

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Amar TELIDJI – Laghouat -

جامعة عمار ثليجي - الأغواط -

Faculté des Science

كلية العلوم

Département d'Agronomie

قسم العلوم الفلاحية



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agronomie
Option : Protection des Végétaux et Environnement

Thème

**Infestation de quelques parcelles de pomme
de terre dans la région d'Aflou (Laghouat)
par le nématode à kystes (*Globodera* sp).**

Présenté par : LAMRI Mohamed

Le : 21 /09/2014

Encadré par : Melle ZAZA M. ; Maître-assistant B

SEPTEMBRE 2014

LAMRI Mohamed

Infestation de quelques parcelles de pomme de terre dans la région d'Aflou (Laghouat) par le nématode à kyste (*Globodera* sp.)

Résumé

Dans ce travail l'infestation de quatre parcelles de pommes de terre, dans la région d'Aflou (willaya de Laghouat) par le nématode à kyste de la pomme de terre (*Globodera* sp.) a été étudiée.

L'analyse nématologique réalisée grâce à la méthode Fenwick, révèle la présence des kystes au niveau de toutes les parcelles étudiées avec des degrés variables. Une infestation marquée par les kystes de *Globodera* sp a été observée au niveau de la parcelle III d'El houd et la parcelle II de à Ain Mansour mais à un degré faible dans les parcelles I et IV de Ain Mansour (0.36 L2/g de sol) et Boudlal (1.08 L2/g de sol) respectivement.

Nos résultats montrent l'existence simultanée des kystes de *Heterodera* sp. et de *Globodera* sp. Le degré d'infestation est très faible au niveau des parcelles II et III (0.24 L2/g de sol) tandis qu'il est plus élevé dans la parcelle IV.

Plusieurs facteurs tels que la plante hôte, la culture précédente, la rotation, l'irrigation et l'outil de travail, peuvent influencer sur la densité de la population des nématodes dans le sol.

Mots clés : Infestation, kyste, *Globodera* sp, *Heterodera* sp, pomme de terre, Aflou

لعمري محمد
الإصابة في بعض القطع الزراعية التي تغرس عادة بالبطاطا في منطقة افلو (ولاية لغواط) بينيماتودا الحويصلية
(*Globodera sp*)

ملخص

في عملنا هذا تناولنا دراسة اصابة أربع قطع زراعية تغرس عادة بالبطاطا في منطقة افلو (ولاية الاغواط) وذلك من اجل تحديد درجة الإصابة بينيماتودا البطاطا الحويصلية (*Globodera sp*).
في المناطق المدروسة كشفت التحاليل النيماتولوجية بفضل طريقة Fenwick ان هذا الطفيلي متواجد في جميع القطع الزراعية.

فيما يخص *Globodera sp* تم تسجيل درجة اصابة ملحوظة في القطعة الزراعية رقم 2 في منطقة الحوض والقطعة رقم 2 في منطقة عين منصور كما سجلت درجة اصابه ضئيلة في كل من القطعة رقم 4 الواقعة في منطقة بودلال (1.08L2/g de sol) والقطعة رقم 1 بعين منصور (0.36 L2/g de sol). و الي الجانب حوصلات *Globodera sp* كشفت التحاليل علي وجود حوصلات *Heterodera sp*.

فيما يخص *Heterodera sp* تم تسجيل نسبة اصابة ضئيلة جدا في القطعتين رقم 2 و 3 (0.24 L2/g de sol) وأما بالنسبة للقطعة رقم اربعة تم تسجيل درجة كبيرة للإصابة. عدة عوامل مثل: النبات المضيف، المحصول السابق، الدورة الزراعية، نظام السقي وادوات العمل الزراعية. كل هذه العوامل بإمكانها التأثير على كثافة النيماتودا في التربة.

كلمات البحث: الإصابة، الحوصلات, *Globodera sp*, *Heterodera sp*, البطاطا, افلو .

LAMRI Mohamed

The infestation of some parcels of potatoes, located in Aflou (wilaya of Laghouat) by nematode with a cyst (*Globodera* sp.)


ABSTACT

In this work the infestation of four parcels of potatoes, located in Aflou area (wilaya of Laghouat) by cyst nematode potatoes (*Globodera* sp.) was studied.

The nematological analysis of method Fenwick show the presence of cysts for all studied parcels with varying degrees. A significant infestation by the cyst of *Globodera* sp. was observed in the parcel III of El houd and parcel II of Ain Mansour but with a low degree in the parcel I and IV for Ain Mansour (0.36 L2 / g of soil) and Boudlal (1.08 L2 / g soil), respectively.

Our results show the presence of both cysts *Heterodera* sp and cysts *Globodera* sp. The infestation degree was lower for both parcels II and III (0.24 L2 / g of soil) but higher for the parcel IV. Several factors such as host plant, before cropping, rotation, irrigation and tool works can influenced on the population density of the nematode in the soil.

Keywords: Infestation, cyst, *Globodera* sp, *Heterodera* sp, potato, Aflou



DEDICACES

Je remercie mon Dieu pour tout ce qu'il m'a donné

Je dédie ce travail :

- + A mes très chers parents pour m'avoir soutenue et entouré d'amour et de tendresses.*
- + A mon chère frère Youcef et mes sœurs Malika et Amel.*
- + A tous mes oncles et toutes mes tantes ainsi qu'à toutes mes cousines et cousins.*
- + A mes copains et frères de la chambre : Nouredine.*
- + A tous mes amis surtout : Samir, Sohaib, Hamza, Abdel Kader.
HADJ AISSA.SAILAA.*
- + A mes amis et mes collègues sans exception.*
- + A tout personne m'ayant encouragé et souhaiter la réussite dans ma vie.*
- + A tous les étudiants du master 2 promotion Protection des végétaux et environnement (2013-2014).*

Lamri M.



Remerciements

Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour faire notre travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à :

Notre promotrice Melle zaza M. pour son aide et ses conseils avec tant de patience et de gentillesse ;

Mr SAIDI R, qui nous a donné l'honneur d'accepter la présidence de jury ;

Nous adressons encore notre remerciement au membre de jury d'avoir accepté de juger ce travail : Mr KADDOURI M.

Tous les enseignants qui ont contribué à notre formation ;

Tous le personnel de l'INPV qui nous aide ;

Mr SMAHA D., Mr SERGHINI ABBES et Mr TAHER (DDS DE AFLOU);

Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des Matières

RESUME.....	I
LISTE DES TABLEAUX.....	II
LISTE DES FIGURES.....	III
LISTE DES PLANCHES.....	IV
LISTE DES ABREVIATIONS.....	V
INTRODUCTION.....	1

PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA PLANTE HOTE

I. Généralité sur la pomme de terre.....	3
I.1. La culture de pomme de terre	3
I.2. la systématique de la pomme de terre.....	3
I.3. Cycle biologique de développement.....	3
I.4. Les différentes variétés de la pomme de terre en Algérie	5
I.5. Importance économique	7
I.5.1. Dans le monde.....	7
I.5.2. En Algérie.....	7
I.5.2.1. A Laghouat	8
I.5.2.1.1. Aflou	9
I.6. Exigences de la culture.....	10
I.6.1. Exigences climatiques.....	10
I.6.2. Exigences hydriques.....	11
I.6.3. Exigences édaphiques.....	11
I.6.4. Exigences nutritionnelles.....	12
I.7. Maladies et ravageurs de la pomme de terre.....	12

CHAPITRE II : LES NEMATODES DE LA POMME DE TERRE

II. Généralité sur les nématodes de la pomme de terre	17
II.1. Les nématodes à kystes de la pomme de terre <i>Globodera sp</i>	18
II.1.1. Classification des nématodes à kystes	18
II.1.2. Répartition géographique	21
II.1.3. Dégâts causés par les nématodes à kystes chez la pomme de terre.....	23

II.1.4. Morphologie des nématodes à kystes	23
II.1.5. Le cycle biologique	25
II.1.6. Plante hôte	26
II.1.7. Facteurs influent sur le développement de <i>Globodera</i> sp.....	27
a. Facteurs abiotiques.....	27
b. Facteurs biotiques.....	28
II.1.8. Les Symptômes.....	30
II.2. Autres nématodes de la pomme de terre.....	31
II.2.1. Nématode à galles de la pomme de terre (<i>Meloidogyne</i> sp).....	31
II.2.2. Nématodes à galle de la pomme de terre (<i>Nacobbus aberrans</i>).....	33
II.3. La lutte contre les nématodes de la pomme de terre	33
II.3.1. Les méthodes préventives	33
II.3.2. Méthodes curatives	33
II.3.3. Les méthodes culturales	34
II.3.4. Utilisation des variétés résistantes	34
II.3.5. La lutte chimique	35
II.3.6. La lutte intégrée	35

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

I. Introduction.....	36
II.1. Présentation de la région d'étude	36
II.1.2. Situation géographique de la zone d'étude "Aflou"	36
III. Les parcelles étudiées	37
IV. Enquête sur terrain	38
V. Données sur les cultures.....	39
VI. Analyse nématologique.....	42
VI.1. Prélèvement des échantillons	42
a. Matériel utilisé	42
b. Méthode	42
VI.2. L'extraction des kystes.....	44

a. Matériel	44
b. Méthode	44
VI.3. La récolte des kystes	45
a. Matériel utilisé	45
b. Méthode	45
VI. 4. Identification des kystes récupérés	46
VII. Analyse statistique des résultats	47

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. Résultats.....	48
II. Analyse statistique des résultats	53
III. Discussions	55
CONCLUSION	59
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	61
ANNEXES.....	69

Liste des tableaux

Tableau 1 Les différentes variétés de pomme de terre cultivées en Algérie	5
Tableau 2 Production et consommation de pommes de terre, à l'échelle mondial en 2007.....	7
Tableau 3 Evolution des superficies, de la production et du rendement de la pomme de terre en Algérie.....	8
Tableau 4 Evolution de la culture maraîchère dans la région de Laghouat durant la période allant de 2000 jusqu'à 2013.....	9
Tableau 5 Présentation des objectifs et des superficies semées de quelque culture maraichère unité, ha.....	9
Tableau 6 Présentation de superficie et production de la pomme de terre dans commune de Aflou durant des années 2000-2013.....	10
Tableau 7 Les exportations de la pomme de terre.....	12
Tableau 8 Les maladies bactériennes et virales de la pomme de terre.....	13
Tableau 9 Les différentes maladies fongique de la pomme de terre.....	14
Tableau 10 Les nématodes de la pomme de terre.....	15
Tableau 11 Les ravageurs de la pomme de terre.....	16
Tableau 12 Principale nématodes déprédateurs en culture de pomme de terre à travers le monde.....	17
Tableau 13 Les critères essentiels utilisés dans la différenciation entre les deux espèces de <i>Globodera</i> sp.....	20
Tableau 14 les parcelles prospectées.....	37
Tableau 15 Données recueillies concernant les parcelles prospectées dans la région d'Aflou.....	39

Tableau 16 Estimation la densité des kystes dans les parcelles prospectées.....	48
Tableau 17 Densités et degré d'estimation des nématodes <i>Heterodera</i> et <i>Globodera</i> dans les régions prospectées.....	50
Tableau 18 Résultats de l'analyse de variance : effet significative entre le nombre des Kystes de <i>Globodera</i> sp et les nombres des Kystes de <i>Heterodera</i> sp dans les parcelles prospecté.....	53
Tableau 19 Résultats de l'analyse de variance : effet significative entre le degré d'infestation des Kystes de <i>Globodera</i> sp et le degré d'infestation des Kystes de <i>Heterodera</i> sp dans les parcelles prospecté.....	53
Tableau 20 Présentation de superficie en irrigué, rendement et prévision de production de blé dur et orge, des années 1996-2006, 2006-2012.....	69
Tableau 21 Les données météorologiques de la région de Laghouat durant la période 2002-2012.....	70
Tableau 22 Les nématodes autorisés en Algérie (vis-à-vis de la pomme de terre).....	72

Liste des Figures

Figure 01	Cycle végétative de la pomme de terre	04
Figure 02	Distribution de <i>Globodera rostochensis</i> dans le monde	22
Figure 03	Distribution de <i>Globodera pallida</i> dans le monde	22
Figure 04	La Morphologie de <i>Globodera rostochiensis</i> et <i>Globodera pallida</i>	24
Figure 05	Le cycle biologique des nématodes à kyste du genre <i>Globodera</i>	26
Figure 06	Retarde de croissance et une végétation rabougrie sur culture de la pomme terre	30
Figure 07	Dégâts notés de 0 à 9 dus aux piqûres de <i>Globodera pallida</i> sur tubercules ...	31
Figure 08	galles des nématodes sur les racines de la pomme de terre	32
Figure 09	Des bour-soufflures de la peau sur les tubercules de la pomme de terre	32
Figure 10	Galles sur racines de pomme de terre causées par <i>Nacobbus aberrans</i>	33
Figure 11	Localisation géographique de la willaya de Laghouat et de la zone d'étude..	37
Figure 12	Prélèvement des échantillons et extraction des kystes à partir des échantillons de sol.....	43
Figure 13	Estimation des degrés d'infestation de nématode à kystes <i>Globodera</i> sp en fonction des parcelles prospectée.....	50
Figure 14	Estimation des degrés d'infestation de nématode à kystes <i>Heterodera</i> sp en fonction des parcelles.....	51
Figure 15	Estimation des degrés d'infestation de nématode à kystes <i>Heterodera</i> sp (H) et <i>Globodera</i> sp (G) en fonction des parcelles.....	52

Liste des Planches

Planche 01	Les Parcelles I et II de pomme de terre prospectées dans les deux Exploitations étudiées à Ain Mansor.....	40
Planche 02	Le Parcelle III de pomme de terre prospectée dans le Exploitation étudiée à El houdh	41
Planche 03	Le Parcelle IV de pomme de terre prospectée dans le Exploitation étudiée à Boudlal	41
Planche 04	Observation des kystes sous une loupe binoculaire.....	46
Planche 05	La forme des kystes de <i>Globodera</i> sp: (A) et d' <i>Heterodera</i> sp : (B) vue sous la loupe binoculaire : (G1.6x10)	49
Planche 06	le matériel de l'échantillonnage de sol.....	70
Planche 07	Appareil de Fenwick et technique d'extraction des kystes.....	71
Planche 08	Matériel utilisé dans la récolte des kystes.....	71

LISTE DES ABREVIATION

F.A.O.: Food and Agriculture Organization.

O.P.P.E.: Ongoing Professional Practice Evaluation.

C.I.P. : Centre International de la pomme de terre.

O.N.M : Office National de météorologie.

D.S.A : Direction des Services Agricoles.

D.D.A. : Daïra sous divisions Agricoles.

L2/g de sol : degré d'estimation.

O.E.P.P. : Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes.

C.N.C.C. : Center National de Contrôle et Certification des plante et des semences.

S.A.U. : surface agricole utile.

M.A.D.R. : Ministère de l'Agriculture et du développement Rural.

RO-4 : Pathotypes de *Globodera rostochiensis* 1-4.

Introduction

Introduction

Les cultures maraîchères apparaissent comme l'un des secteurs les plus prometteurs de l'agriculture algérienne, elles occupent la seconde place après les céréales dans la consommation quotidienne, cultivées en plein champ ou en serre. Les cultures de pomme de terre sont considérées comme aliment de base. Les superficies consacrées à ces cultures évoluent progressivement, mais l'explosion démographique a fait que ces surfaces s'avèrent insuffisantes, pour cela, la politique algérienne a opté pour l'intensification des cultures légumières, même dans les régions du Sud algérien (Amirouche, 2009).

Les superficies occupées par les cultures maraîchères sont passées de 3635.49ha en 2008 à 403027 ha en 2012, avec un volume de production de plus de 08 million de tonne (ITCMI, 2013). Parmi les cultures maraichères, la culture de pomme de terre occupe 30% de la sole maraichère (MADR, 2013). L'Algérie est classée quatrième après le Maroc, la Tunisie et l'Egypte (Ameziane, 2009). Cette culture occupe une surface de 89 825 ha en 2006 et production a atteint 3,2 millions de tonnes en 2010, alors qu'en 2009, elle a avoisiné les 2,67 millions de tonnes (MADR, 2009).

Les principaux facteurs de pertes de la pomme de terre sont constitués par un large éventail de maladies et ravageurs notamment le nématode à kyste de la pomme de terre (*Globodera*) qui est considéré comme un organisme de quarantaine plus dangereux sur ce type de culture (John et Marshal, 1993). Ils persistent dans le sol à l'état de kystes après la récolte, ce qui leur permet de mieux résister et de se conserver dans le sol pour se développer de nouveau lors de la mise en place de la culture suivante.

La commune d'Aflou demeure une région riche en terres fertiliser, sa situation géographique est favorable pour l'instauration d'un véritable plan de développement pour l'agriculture, la texture du sol, la fertilité et la pluviométrie favorise l'application de la culture maraichère qui est la vocation des agriculteurs vu son importance soit sur le plan nutritif ou économique. La culture de la pomme de terre prend la première place parmi les cultures maraichère dans la commune de Aflou, la demande en ce produit ne cesse pas d'augmenter durant toute l'année (D.D.A., 2014).

Dans l'objectif d'estimer le degré d'infestation par le nématode à kyste de la pomme de terre dans la commune d'Aflou, nous avons choisi quatre parcelles où la culture de pomme de terre est largement pratiquée et pour ce faire, notre travail expérimental se résume dans les trois parties suivantes :

Détection des nématodes à kystes dans quatre parcelles cultivées par la pomme de terre dans la région d'Aflou (Laghouat), en suite on procède à une estimation de la densité des effectifs des nématodes à kystes, en fin l'identification des kystes récupérés.

v Partie I

Partie bibliographique

1. Généralités sur la pomme de terre

1.1. La culture de pomme de terre

La pomme de terre est originaire de la cordillère des Andes dans le Sud-Ouest de l'Amérique du sud où son utilisation remonte à environ 8.000 ans. Introduite en Europe vers la fin du XVI^{ème} siècle à la suite de la découverte de l'Amérique par les conquistadors espagnols. On pensait que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique l'espèce (*Solanum tuberosum L*). En 1929 des botanistes Russes, Juzepczuk et Bukasou avaient montré que cette origine est plus complexe et que l'on retrouvait, parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, différentes plantes sauvages (Rousselle *et al.*, 1996).

En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite pour la première fois au XVI^{ème} siècle par les Maures andalous. Dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, les colons l'ont cultivé pour leur usage, car les algériens y étaient réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 1830-1840 qui est venue à bout de cette opposition (Meziane, 1991).

La pomme de terre appartient à la famille des solanacées, au genre *Solanum*, qui comptent 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes ,1990). C'est une plante herbacée, vivace et annuelle à port dressé, qui peut atteindre un mètre de hauteur, devenant plus ou moins étalé avec l'âge (Quezel & Santa, 1963 ; Rousselle *et al*, 1992). Une espèce à multiplication végétative, cultivée pour ses tubercules, organes de réserve et de multiplication riches en substances nutritives, majoritairement glucidiques (amidon) (Soltner, 2005).

1.2. La systématique de la pomme de terre

Selon Boumlik (1995), la position systématique de la pomme de terre est comme suivant :

Sous / Embranchement	:	Angiospermes
Classe	:	Dicotylédones
Sous classe	:	Gamopétales
Ordre	:	Polémoniales
Famille	:	Solanaceae
Genre	:	<i>Solanum</i>
Espèce	:	<u><i>Solanum tuberosum L</i></u>

I.3. Cycle biologique de développement

La pomme de terre peut se reproduire par graines et aussi par les tubercules. Mais la multiplication de la plante est toujours végétative (Darpoux et Debelley, 1967). Le cycle de la pomme de terre est très court (trois à quatre mois), depuis le semis jusqu'à la destruction de l'appareil végétatif (Martin, 2004).

Selon Soltner (2005), le cycle annuel de la pomme de terre se déroule en quatre phases principales (Voir. Figure 01) :

- Un tubercule germé et planté en terre, ses germes se transforment en tiges feuillées ce phénomène assure la nutrition et le fonctionnement physiologique de la plante dont les bourgeons axillaires donnent au sol des rameaux et au-dessous des stolons : C'est **la phase de croissance**.
- Au bout d'un certain temps, variable selon la variété et le milieu de culture les extrémités des stolons cessent de croître et se renflent pour former en une ou deux semaines les ébauches des tubercules : C'est **la tubérisation**.
- La tubérisation se prolonge jusqu'à la mort de la plante, soit naturelle, soit dans les conditions optimales de température et d'humidité : C'est **le repos végétatif**.
- Enfin, après une évolution physiologique interne les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons, plus couramment appelés : C'est **la germination**.

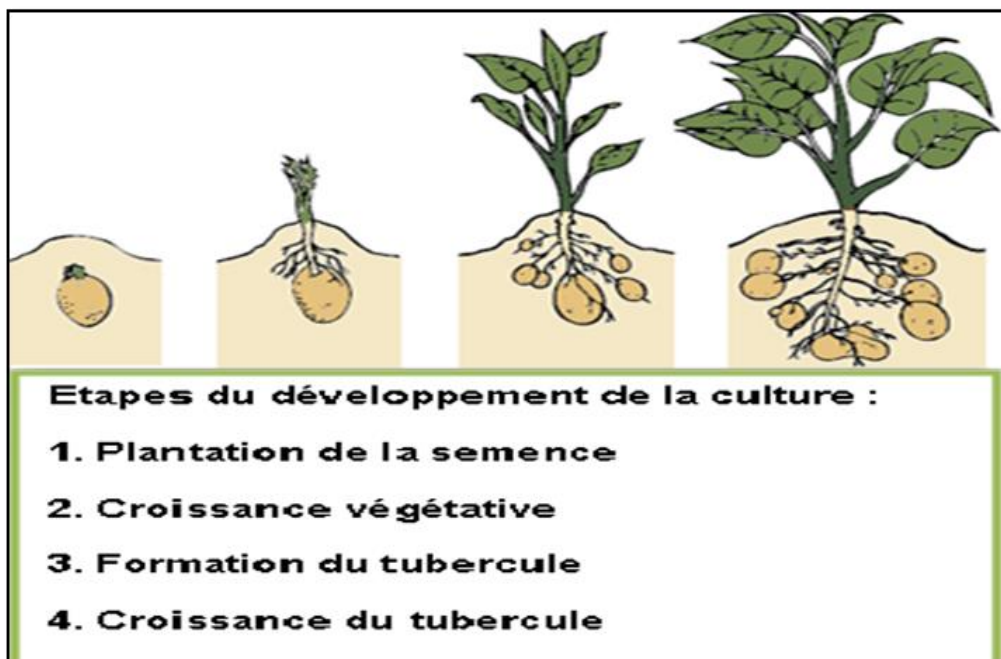


Figure 01 : Cycle végétative de la pomme de terre (Jolivet, 1969).

I.4. Les différentes variétés de la pomme de terre en Algérie

En Algérie plusieurs variétés sont cultivées dont les plus dominantes sont Sponta 35% et Désirée 30% (I.T.C.M.I., 2005).

Selon Taylor (1968), l'utilisation des variétés résistantes est l'un des meilleurs moyens pour combattre les nématodes, parce qu'elle est respectueuse de l'environnement et moins coûteuse que l'application de nématicides. Le Tableaux présentés ci-dessous (1) résume les différentes variétés, caractère du tubercule et sensibilité aux nématodes de pomme de terre cultivées en Algérie :

Tableau 01: Les différentes variétés de pomme de terre cultivées en Algérie

variété	Origine génétique	Caractère du tubercule			Sensibilité aux nématodes
		Forme	Couleur de la peau	Couleur de la chair	
Coralie	Nicola X VK 76-199-3	Oblongue allongée	Rouge	Jaune pâle	Résistante au RO1-4
Désirée	Urgenta X Despesche	Oblongue	Rouge	Jaune	Résistante au RO1-4
Ultra	Planta X Concurrent	Oblongue allongée	Rouge	Blanc jaunâtre	Résistante au RO1-4
Kuroda	AR76-199-3 X KO 80-1407	Oblongue	Rouge	Jaune	Résistante au RO1-4
Timate	Elvira X SVPAM 66-42	Oblongue allongée	Jaune	Jaune pâle	Résistante au RO1-4
Raja	Elvira X CB 70-162-23	Oblongue	Rouge	Jaune	Résistante au RO1-4
Adora	Primura X Alcamaria	Oblongue	Jaune	Blanc	Résistante au RO1-4
Cantate	Pentland Ivory X zpc 79N239	Oblongue	Jaune	Jaune pâle	Résistante au pathotypes de <i>Globodera</i> sp
Fabula	Monalisia X Hodson	Oblongue	Jaune	Jaune pâle	Résistante au pathotypes de <i>Globodera</i> sp

Diamant	Tulner-De Vries 54-30-8 X SVP55-89	Oblongue	Jaune	Jaune pâle	Résistante au pathotypes de <i>Globodera</i> sp
Lady Rosetta	Cardinal X SVP (VTN) 262-33-3	Oblongue	Rouge	Blanche	Résistante au RO1-4
Vivaldi	Monalisia X TS 77-148	Oblongue	Jaune	Jaune pâle	Sensible au pathotypes de <i>Globodera</i> sp
Kuroda	AR 76-199-3 X KO 80-1407	Oblongue	Rouge	Jaune	Résistante au RO1-4
Spunta	BEA X USDA X 96-56	oblongue allongée	jaune	jaune	Sensible au RO1-4
Sarpomira	76-PO12-14268 X D-187	Oblongue	Rouge	Blanc jaunâtre	N.D
Valor	Cara X Solanum vernei CPA.	Oblongue allongée	Jaune	Blanche	N.D
Dura	Stemster X Impala	Oblongue allongée	Rouge	Jaune	N.D
Oscar	Désirée X VR 64-491	Oblongue	Rouge	Jaune	N.D

RO1-4 : Pathotypes de *Globodera rostochensis* 1-4

Source : (C.N.C.C., 2001)

N.D : Non déterminer

I.5. Importance économique

I.5.1. Dans le monde

C'est une culture vivement recommandée pour atteindre la sécurité alimentaire. Elle est cultivée dans 170 pays qui regroupent plus de trois quarts de la population mondiale. Elle occupe la quatrième place dans le monde après le blé, le maïs et le riz (Chabart, 1989). La production mondiale avoisine les 300 millions de tonnes par an avec un rendement moyen de 10 tonnes par hectare. Sa consommation est variable d'un pays à l'autre. Elle est en moyenne de 75 kg par habitant et par an (Robuchon, 1994 ; Rousselles *et al.*, 1996).

En effet, L'Asie et l'Europe sont les deux principaux pays producteurs de la pomme de terre, avec une production de 137 000 000 et 130 000 000 Tonnes respectivement. En 2007, les Européens ont montré la plus grande consommation (87,8 kg/habitant/an) (FAO, 2007). (Voir. Tableau 02), l'Asie consomme près de la moitié des pommes de terre produites dans le monde, mais la consommation par habitant reste modeste, environ 24 kg/habitant/an. L'Algérie, l'Egypte, l'Afrique du sud et le Maroc fournissent 80% de la production de pomme de terre en Afrique. (C.I.D.E.S., 1999).

Tableau 02: Production et consommation de pomme de terre à l'échelle mondial en 2007.

	Surface récoltée	Quantité	Rendement	Consommation
	Hectares	Tonnes	tonnes/hectare	kg/habitant
Afrique	1 541 498	16 706 573	10,83	13,9
Asie et Océanie	8 732 961	137 343 664	15,72	23,9
Europe	7 473 628	130 223 960	17,42	87,8
Amérique latine	963 766	15 682 943	16,27	20,7
Amérique du Nord	615 878	25 345 305	41,15	60,0
MONDE	19 327 731	325 302 445	16,80	31,3

Source : (FAO, 2007)

I.5.2. En Algérie

La pomme de terre c'est un des produits les plus importants en Algérie, pour l'alimentation de la population : Elle occupe la deuxième place après le blé. En 2006, la production a atteint le chiffre record de 2,18 millions de tonnes. La superficie cultivée était de 90 000 ha. (Voir. Tableau 03).

Elle occupe une place dominante dans le système maraichère. Elle représente plus de 28% des superficies consacrées au maraîchage. Sa superficie a connu une augmentation ces dernières années. Elle est passée de 65 790 ha en 2001 à environ 90 000 ha en 2006 soit une augmentation de plus de 30%. Le rendement moyen est passé de 14.7 qx/ha en 2001 à 24.28 qx/ha en 2006 (Voir. Tableau 03). La couverture des besoins de consommation nationale est assurée globalement mais de manière irrégulière, cependant la demande reste stable durant toute l'année (MADR, 2007).

Tableau 03: Evolution des superficies, de la production et du rendement de la pomme de terre en Algérie.

Année	Superficie (ha)	production (Qx)	rendement (Qx / Ha)
2001	65 790	967 232	14,70
2002	72 560	1 333 465	18 ,38
2003	88 660	1 879 918	21,20
2004	93 144	1 896 270	20,36
2005	99 717	2 156 549	21,63
2006	89 825	2 180 961	24,28

Source : (MADR, 2007)

De l'année 2006 jusqu'à l'année 2012, La production de la pomme de terre a connu une augmentation. La production en 2012/2013 toute catégorie de pommes de terre confondues se situe autour de 4,5 millions de tonnes dont 0,45 millions de tonnes de semences pour une superficie de l'ordre de 125.000 hectares, le rendement moyen toute tranche de culture confondue se situe autour de 28 tonnes par hectares, avec des records pouvant atteindre 60 tonnes par hectare (Amrar, 2013).

I.5.2.1. A Laghouat

L'agriculture est considérée comme l'une des principaux secteurs dans la Willaya de Laghouat avec une superficie agricole totale SAT de 2008706 Ha. La principale culture pratiquée est la culture maraichère (pomme de terre, oignon,...etc.). Selon le Tableau n°4, la production des cultures maraichères a été estimée à 2 027 500 Qx en 2013 (DSA, 2013). Concernant la culture de la pomme de terre, pendant la campagne (2012 /2013), sa superficie était estimée à 2978 ha (soit 27.91% de la superficie totale des cultures maraichères) avec une production de 789 880 Qx (38.96 % de la production totale de culture maraichère) (Voir. Tableau 04).

Tableau 04 : Evolution de la culture maraîchère dans la région de Laghouat durant la période allant de 2000 jusqu'à 2013.

Années	Superficies (ha)		Production (qx)	
	Total	Pomme de terre	Total	Pomme de terre
1999-2000	2 663.5	363	266 546	39 400
2000-2001	3520	750	422 400	163 400
2001-2002	3750	800	562 500	100 000
2002-2003	3856	1067	578 515	163 067
2003-2004	4373	950	557 000	113 140
2004-2005	5795	1626	886 617	422 790
2005-2006	6129	1840	951 415	440 200
2006-2007	6135	881	868 320	191 900
2007-2008	6713	1272	1 009 284	583 830
2008-2009	7132	1546	1 375 940	383 800
2009-2010	8729	1576	1 653 075	377 990
2010-2011	8966	2106	1 480 859	475 970
2011-2012	9221	1613	1 764 771	473 500
2012-2013	1 0670	2978	2 027 500	789 880

Source : D.S.A, 2014

La SAU de la culture de pomme de terre pour l'année 1999-2000, a été estimé à 363 ha. Cette superficie a connu une augmentation allant l'année 2003 jusqu'à l'année 2013, où la SAU a été estimé à 2978 ha. L'augmentation de la superficie agricole utile s'est répercutée positivement sur la production qui a connue également une augmentation. (D.S.A, 2014).

I.5.2.1.1. A Aflou

Les principaux cultures rencontrées, et dans le premier rang (Voir. Tableau 05):

- La pomme de terre, l'ail, l'aubergine, les pastèques, les melons, les piments.

Pour les légumes d'hiver on retiendra :

- Carotte, Navet, Laitue, Persil, Radis, Fève et pois potager....etc.

Tableau 05: Présentation des objectifs et des superficies semées de quelque culture maraîchère unité, ha en 2012.

commun	Pomme de terre		oignon		tomate		Haricot vert	
	objectifs	Sup semées	objectifs	Sup semées	objectifs	Sup semées	objectifs	Sup semées
Aflou	245	250	50	60	20	15	15	12

Source : DSA, 2012

Toutefois, le maraîchage occupe aujourd'hui une place importante dans le secteur agricole et s'étend sur l'ensemble du territoire communautaire.

Tableau 06: Présentation de superficie et production de la pomme de terre dans commune de Aflou durant des années 2000-2013.

Année	Superficies (ha)	Production (Tonne)
2000	10	110
2001	162	2 747
2002	50	600
2003	222	3 397,2
2004	265	3100
2005	438	11 423
2006	507	12 124,5
2007	335	78 207
2008	127	31 644
2009	155	38 382
2010	158	3 780,1
2011	298	6700
2012	57	1 187,1
2013	173	4500

Source : DSA, 2014

I.6. Exigences de la culture

I.6.1. Exigences climatiques

La pomme de terre est une plante rustique susceptible de se développer dans les régions les plus variées, son aire d'adaptation va des régions subtropicales aux plus froides. Sous les climats tempérés, humides et brumeux, la pomme de terre réussit mieux et assure les meilleures récoltes.

Son aire d'adaptation va des régions tropicales aux régions plus froides, et elle réussit le mieux sous les climats tempérés humides et brumeux (Laumonier, 1979 ; OECD, 1997).

Selon Moule (1982), le zéro de végétation de la pomme de terre se situerait entre 6 et 8°C, le tubercule gèle entre -1 et -2.2 °C, le feuillage est détruit à -3°C. La pomme de terre demande assez peu de chaleur et souffre à des températures excessives, celles-ci ont tendance à réduire la végétation et la tubérisation (Sapin, 1976). Laumonier (1979), rapporte que la température optimale de croissance se situe entre 15.5 et 21 C°.

Les exigences de la pomme de terre en humidité du sol et de l'atmosphère sont très grandes, surtout pendant le développement des parties aériennes et la floraison. L'humidité optimale du sol doit être maintenue à 80% (Kolev, 1979). D'après Soltner (1988), les températures basses et les jours courts favorisent l'élaboration de la substance de tubérisation, ces conditions sont favorables au départ de la tubérisation et défavorables à la croissance. Les températures élevés et les jours longs favorisent la croissance végétative et retardent ou même arrêtent la tubérisation.

I.6.2. Exigences hydriques

Selon Crosnier (1987), entre la plantation et la levée de la pomme de terre, le sol autour du plant doit être humide sans être gorgé d'eau. Entre la levée et le démarrage de la tubérisation, la quantité d'eau apportée par l'irrigation ne doit pas passer 15 à 20 mm. Une abondance d'eau peut donner des racines " paresseuses " (système racinaire superficiel). Entre le démarrage de la tubérisation et le grossissement des tubercules, (50^{ème} et le 90^{ème} jour de la végétation), les besoins en eau de la pomme de terre sont très importants (Laumonier, 1979 ; OECD, 1997).

I.6.3. Exigences édaphiques

Les sols à pente faible, ne dépassant pas 2% sont idéaux pour la culture de la pomme de terre. A plus de 6%, la culture de la pomme de terre est déconseillée (Meterfi, 1984). Elle préfère les terres légères, siliceuses ou silico-argileuses (Moule, 1982). Généralement les plantes de pomme de terre donnent les meilleurs rendements avec une profondeur utile de plus de 90 cm. (Gaouas, 1990).

La pomme de terre tolère assez mal les terres alcalines (Moule, 1982). La pomme de terre est classée parmi les cultures sensibles au calcaire, cependant une teneur allant jusqu'à 5% de calcaire ne présente aucune contrainte pour le développement de la pomme de terre, et une teneur supérieure à 25% devient limitatif au développement de la culture (Gaouas, 1990). La pomme de terre est une espèce acidophile, qui supporte les PH assez bas de 5.5 à 6 (Moule, 1982), selon Sys (1980), elle supporte des taux de sodium échangeable allant jusqu'à 4%, la culture est sévèrement affectée à des taux supérieur à 15%.

I.6.4. Exigences nutritionnelles

La pomme de terre est une plante exigeante en éléments nutritifs. Les exportations d'une tonne de production, font apparaître les exigences de cette plante en azote et en potasse, ainsi qu'en chaux et en magnésium. Les exportations en potasse paraissent élevées, elles traduisent l'avidité de la pomme de terre pour cet élément qu'elle consomme souvent en excès lorsque la fumure potassique est abondante (Soltner, 1988) (Voir. Tableau 05).

Tableau 07: Les exportations de la pomme de terre.

Elément nutritifs	Exportation en kg par tonne de tubercules
Azote	3,2
Acide phosphorique (P 2O ₃)	1,6
Potasse (K ₂ O)	6,0
Oxyde de calcium (CaO)	0,3
Oxyde de magnésium (MgO)	0,4
Soufre (SO ₂)	0,3





Source: (Soltner, 1988)

I.7. Maladies et ravageurs de la pomme de terre

La pomme de terre est soumise à l'attaque de maladies et ravageurs diverses dues à des champignons, des virus, à des bactéries et à des nématodes. L'attaque de ces ennemies peut avoir des conséquences graves sur différentes parties de la culture de pomme de terre.

Les trois tableaux présentés ci-dessous (6, 7,8) résument les principales maladies et ravageurs pouvant s’attaquer à la culture de pomme de terre :


Tableau 08: Les maladies bactériennes et virales de la pomme de terre.

	La maladie (Nom commun)	Agent causal	Symptôme	Photos
Les maladies bactériennes	Jambe noire	<i>Erwinia</i> spp.	Pourriture au niveau des tubercules	
	La Gale commune	<i>Streptomyces scabies</i>	Présence de taches liégeuses superficielles	
Les maladies virales	Virus de L’enroulement	PLRV	Jaunissement et enroulement des feuilles	
	Virus Y	PVY	Mosaïque sur les feuilles	

Source : (Blancard, 1998)

Tableau 09: Les différentes maladies fongique de la pomme de terre.

La maladie (Nom commun)	Agent causal	Symptôme	Photos
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Sur les tubercules : pourriture à la récolte et sur la plante : nécrose des feuilles et des tiges.	
Rhizoctone brun	Forme parfait : <i>Corticium</i> ; forme imparfait : <i>Rhizoctonia solani</i>	Sur les tubercules : tache superficielles, Au niveau de la plante : levée irrégulière, flétrissement et rabougrissement.	
Fusariose	<i>Fusarium solani</i> var. <i>Coeruleum</i> , <i>F.Sulphureum</i> , <i>F.Avenaceum</i> et autres <i>F. spp</i>	Sur les tubercules : pourriture apparaissant en cours de conservation Au niveau de la plante : non-levée ou manque de vigueur.	
Gale argentée	<i>Helminthosporium solani</i>	Sur les tubercules : tache sur l'épiderme.	
Alternariose	<i>Alternaria solani</i> et <i>Alternaria alternata</i>	Sur les tubercules : pourriture essentiellement superficielle, Sur la plante : nécrose des feuilles.	

Gale poudreuse	<i>Spongospora subterranea</i>	Sur les tubercules : formation de pustules et de chancres sur le talon.	
----------------	--------------------------------	---	---

Source : (Blancard, 1998)

Tableau 10 : Les nématodes de la pomme de terre.





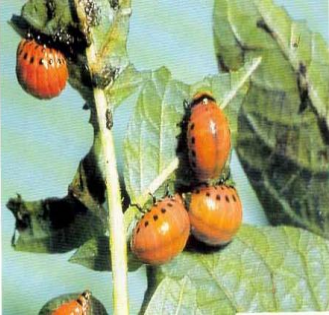


Les ravageurs (Nom commun)	Agent causal	Symptôme	Photos
Nématode à kystes	<i>Globodera rostochiensis</i> et <i>Globodera pallida</i>	Flétrissement et mort de la plante.	
Nématode à galles	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> et <i>fallax</i>	Sur les tubercules : galles superficielles et taches nécrotiques internes.	
Nématode à galles	<i>Nacobbus aberrans</i>	Galles sur les racines	
Nématode libre	<i>Ditylenchus destructor</i>	Sur les tubercules : craquelures de la surface et taches corticales.	

Tableau 11 : Les ravageurs de la pomme de terre.

<p>Doryphore</p>	<p><i>Leptinotarsa decemlineata</i></p>	<p>Au niveau de la plante : dégâts sur les feuilles</p>	
<p>Taupin</p>	<p><i>Agriotus sp.</i> <i>A. obscurus,</i> <i>A. sputator,</i> <i>A. lineatus /</i> <i>Tandonia budapestensis,</i> <i>Arion hortensis</i></p>	<p>Sur les tubercules : formation de galeries et de trous</p>	
<p>Teigne</p>	<p><i>Phthorimea operculella</i></p>	<p>Au niveau de la plante : dégâts sur les feuilles et sur les tubercules : galeries percées dans la chair</p>	

Source : (Blancard, 1998)

II. Généralités sur les nématodes de la pomme de terre

Les nématodes phytoparasites les plus dommageables au monde appartiennent au type endoparasite sédentaire. Parmi les principaux genres de ce groupe il existe les nématodes à kystes (*Globodera*). Les dommages dus à ces nématodes sont plus graves surtout dans le cas de *Globodera pallida*, car il ya un manque de cultivars de pomme de terre résistants à cette espèce (CABI et OEPP, 1990).

L'importance des dégâts causés par les nématodes dépend d'un grand nombre de facteurs, comme leur nombre, la virulence de l'espèce ou de la souche, la résistance ou la tolérance de la plante hôte. D'autres facteurs sont également aggravants comme le climat, la disponibilité en eau, le type de sol, la fertilité et la présence d'autres maladies et ravageurs (Coyne *et al.*, 2010). Chez ces nématodes, la larve du deuxième stade pénètre derrière l'apex de la racine et migre vers les cellules vasculaires en développement. Au cours des premiers stades de développement, les nématodes sont complètement enchâssés dans la racine mais plus tard font saillie sur la racine (Whitehead, 1997).

Plus de 40 espèces de nématodes infectent les pommes de terre, mais il n'ya en a que quelques-unes qui ont une importance réelle. La plupart de ces nématodes responsables de dégâts sont répartis dans le monde entier et ont une gamme d'hôtes relativement étendue (Javier, 1972). Le tableau 12, présenté la répartition à travers le monde des principaux nématodes déprédateurs en culture de pomme de terre.

Tableau 12 : Principale nématodes déprédateurs en culture de pomme de terre à travers le monde.

Nom scientifique	Nom commun	Distribution climatologique			
<i>Globodera pallida</i>	Nématode à kyste de la pomme de terre		F	s	T
<i>Globodera rostochiensis</i>	Nématode doré ou		F	s	T
<i>Meloidogyne</i> sp	Nématode à kyste de la pomme de terre	C	F	S	T
<i>Nacobbus aberrans</i>	Nématodes endoparasites des racines				
	Faux nématode de la nodosité des racines	c	F		T
<i>Pratylenchus</i> sp		c	F	s	T
<i>Ditylenchus destructor</i>	Nématodes des lésions radiculaires				T

<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Nématodes de la pourriture du tubercule		f		T	
Vecteurs de virus						
{ <i>Longidorus</i> sp <i>Paratrichodorus</i> <i>Trichodorus</i> sp <i>Xiphinema</i> sp	Nématodes du bulbe et des tiges		f		t	
	Nématode aiguille		f		t	
	} Nématode de l'atrophie radiculaire		c	f	s	t
		Nématodes stylets				

Source : (Javier, 1972)

C : tropical chaud, **F** : tropical frais

S : subtropical, **T** : tempéré

Les caractères majuscules ou minuscules indiquent respectivement un degré d'importance fort ou faible (Cf. Tableau 11).

II.1. Les nématodes à kystes de la pomme de terre *Globodera* sp

Les nématode à kystes, sont des endoparasites munis d'un stylet plutôt court et robuste pour leur permettre de détruire mécaniquement les cellules végétales et pénétrer dans la racine (Sijmons *et al.*, 1994). Les œufs du nématode *Globodera* sp peuvent rester à l'état latent pendant 10 ans, sans perdre leur pouvoir infestant, un constat qui démontre leur grande résistance dans le sol (Vallonton, 1983). Chaque kyste est protégés par une enveloppe individuelle et peut rester en vie 20 ans et plus, les œufs peuvent reprendre leur activité chaque fois que le plant hôte est plantée (Javier, 1972).

Les nématodes à kystes de la pomme de terre, sont représentés par deux espèces : *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* qui sont des nématodes de quarantaine Ces deux espèces constituent des menaces importantes et réelles sur la culture de pomme de terre, notamment pour la production de semence (Bélaïr, 2005). Ils sont capables d'affecter la croissance des plantes et la taille des tubercules (Mugniéry *et al.*, 1996).

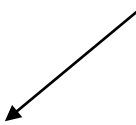
II.1.1. Classification des nématodes à kystes

La classe des nématodes constitue l'un des groupes zoologique les plus importants par le nombre d'espèces qu'elle contient et la diversité qu'en y rencontre (Ritter, 1986). Les nématodes à kyste de la pomme de terre appartiennent à la classe des Nematoda.

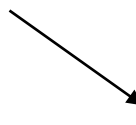
Récemment, ils ont été affecté au genre *Globodera* vu la forme ronde et globuleuse de leurs kystes. Onze espèces de *Globodera* attaquent les plantes de plusieurs familles, Deux espèces *G. rostochiensis* (Wollenweber, 1923) et *G. pallida* (Stone, 1972) attaquent la pomme de terre. (Javier, 1972).

Reddy, (1983). Rapporte que la classification des deux espèces *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* se présente comme suit :

Règne	Animal
Sous règne	Métazoaires
Embranchement	Némathelminthes
Classe	Nematoda
Sous classe	Secerentea
Ordre	Tylenchida
Sous ordre	Tylenchina
Famille	Heteroderidae
Sous famille	Heteroderinae
Genre	<i>Globodera</i>



Globodera rostochiensis



Globodera pallida

La différence la plus évidente entre les deux espèces est la couleur des femelles immatures. Les femelles immatures de *G. rostochiensis* sont jaunes ou dorées, d'où le nom de nématode doré. Les femelles de *G. pallida* ne passent pas par le stade "doré". D'après Javier (1972), une autre caractéristique taxonomique nous permette également de distinguer entre les deux espèces, il s'agit d'une pièce buccale en fer de lance (le stylet) avec ses boutons basaux.

- *G. rostochiensis* : Stylet de 19-21µm de long, boutons basaux vers l'arrière.

- *G. pallida* : Stylet de 23-24 µm de long, boutons basaux vers l'avant.

Mais le caractère le plus important dans la différenciation entre ces deux espèces c'est le nombre de rides entre l'anus et le fenestre vulvaire (Greco, 1988) (Voir. Tableau 13). Toutefois, le statut spécifique de ces deux espèces a été confirmé par la démonstration de leur non-interfécondité hybridation in vitro (Mugniéry, 1979).

Tableau 13 : Les critères essentiels utilisés dans la différenciation entre les deux espèces de *Globodera* sp.

Paramètres (µm)	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
Nombre de rides entre l'anus et les fenestres	16 - 31	8 - 20
La distance entre l'anus et la bordure des fenestres	68	43
Rapport de GRANECK-Distance anus-vulve/Distance fenestre-vulve	4.5	2.5

Source : (Nobbs, 1989)

Devant la complicité de la différenciation des espèces de *Globodera* par les critères morphologiques, le recours à des méthodes moléculaires est devenu indispensable. Parmi ces méthodes nous avons la technique IEF, ELISA et PCR par les quelles ont été différenciés les *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* dans différents régions (Ibrahim *et al.*, 2001 ; Vejl *et al.*, 2002 ; Polypenko *et al.*, 2005 ; Reid, 2009, Sirca *et al.*, 2010 et Groza *et al.*, 2011).

II.1.2. Répartition géographique

➤ Dans le monde

Les deux espèces : *G. rostochiensis* et *G. pallida*, sont originaires d'Amérique du sud (Mugniery, 1984). Ces espèces ont été signalées pour la première fois en Allemagne à Rostock en 1880, en Angleterre en 1917, en Irlande et en Suède en 1922, aux Etats-Unis et aux pays bas en 1941, alors qu'en Belgique, ils ont été détectés en 1949 (Poignant, 1951) (Voir. Figure 02 et 03).

Les nématodes à kystes inféodés à la culture de pomme de terre ont été longtemps considérés comme seule espèce : *Heterodera rostochensis* depuis sa description par Wollenber en 1923. Ce n'est qu'en 1973 que Stone les a séparés en deux espèces.

➤ En Algérie :

Les nématodes à kystes (*Globodera* sp) ont été découverts pour la première fois en Algérie en 1953, suite à l'introduction des semences d'origine Britannique à la fin de la deuxième guerre mondiale. Une année après, ils ont été signalés dans tout le littoral algérois (Frezal, 1954).

En 1961, Scoto la Massese révèle que les surfaces contaminées se sont étendues très rapidement touchant 33 communes dont la quasi-totalité se trouve dans les environs d'Alger (Voir. Figure 02 et 03). En fin, il a été signalé à Tlemcen, Ain Ti mouchent, Blida, Sétif, Sidi Bel Abbés, Tipaza, Skikda, Taref, Guelma, Mostaganem et Mascara et cela dans les parcelles de pomme de terre (Boutehra, 1992).

Djebroune en 2011 (0.6-10.50) kyste pleins/100 g de sol, relatif à l'infestation des parcelles de la culture de pomme de terre d'arrière-saison par les *Globodera* dans la région d'Ain Defla. Ce nématode a été signalé également récemment dans la région de Mila (Khenioui, 2011). Les résultats de la présente étude révèlent la présence de ce parasite dans toutes les communes prospectées à Ain Defla pour la culture de pomme de terre d'arrière-saison (Djebroune, 2013). Ainsi Merah en 1998, a trouvé tous les échantillons analysés infestés notamment à Bouira et Ain Defla.

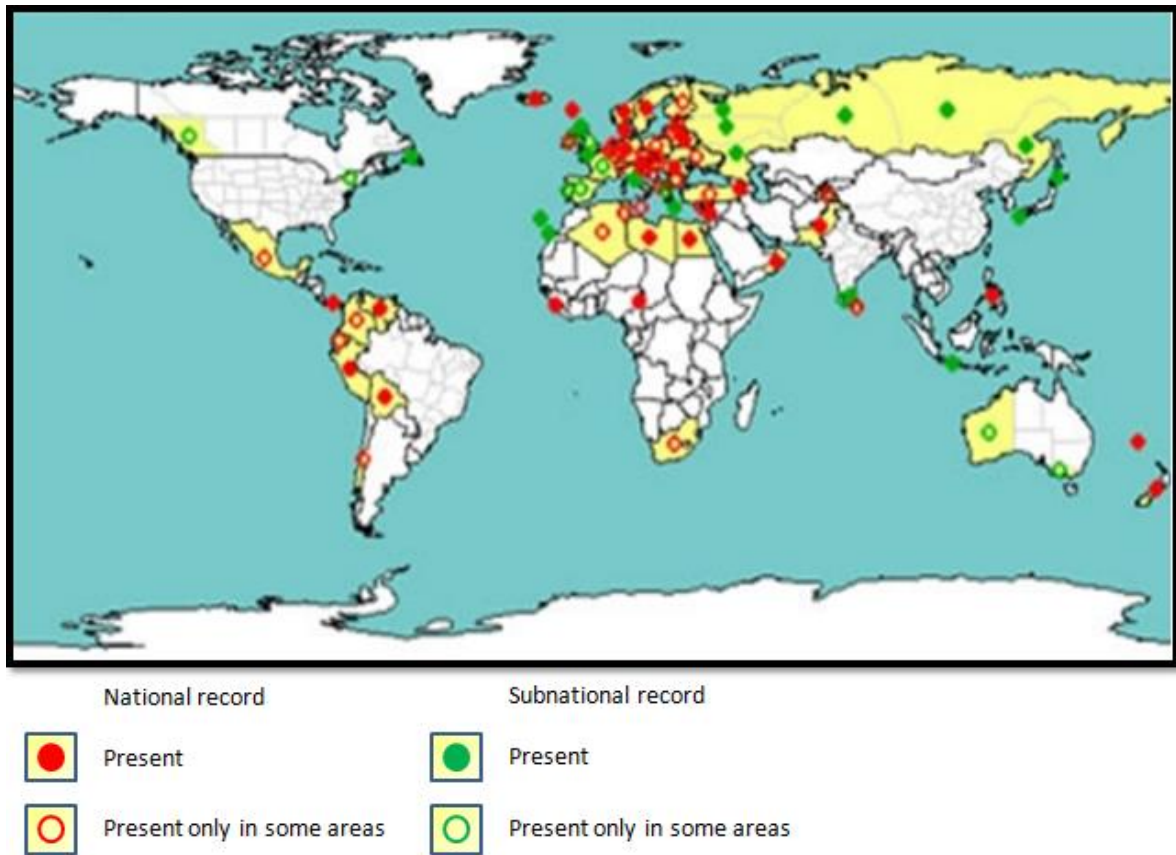


Figure 02 : Distribution de *Globodera rostochensis* dans le monde (E.P.P.O, 2006).

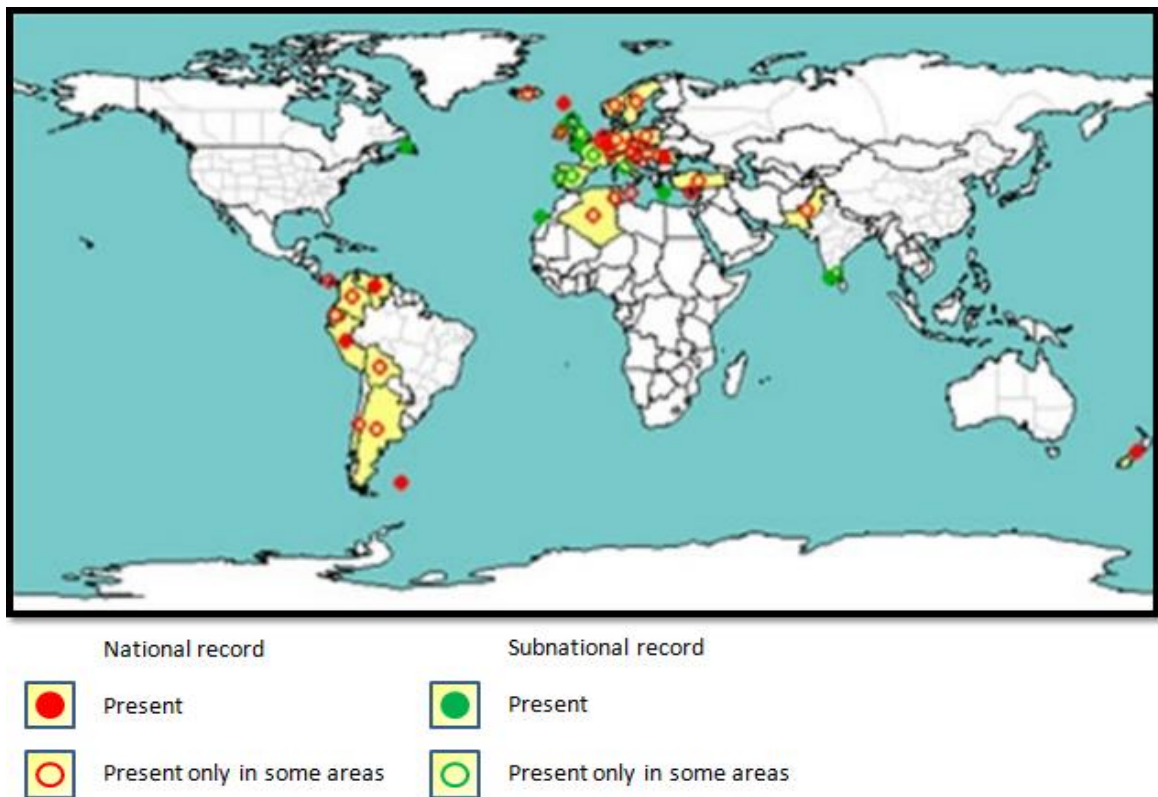


Figure 03 : Distribution de *Globodera pallida* dans le monde (E.P.P.O. , 2006).

II.1.3. Dégâts causés par les nématodes à kystes chez la pomme de terre

Les nématodes à kystes du genre *Globodera* sont des principaux ravageurs de la pomme de terre dans les régions tempérées ou froides (CABI et OEPP, 1990). Ils sont capables de causer de lourdes pertes aux rendements de la pomme de terre et déprécient la qualité des récoltes (A.C.I.A., 2006). Frezal (1954) cité par Hammouda (1991) a estimé que *Globodera sp.*, a entraîné la diminution de la moitié des récoltes de la pomme de terre passant de 100-150 qx/ha à 60 qx/ha dans le littoral algérois. Aux Etats Unis d'Amérique seulement les pertes sont estimées entre 4 et 5 millions de dollars par an, soit la deuxième de la valeur des récoltes (Brown, 1969).

L'étendue des dégâts, en particulier en relation avec le poids de tubercules produit est fortement liée à la quantité d'œufs du nématode par unité de sol. On estime une perte d'environ 2 tonnes/ha de pomme de terre pour chaque 20 œuf par g de sol (Brown, 1969). Si les niveaux de populations du nématode sont très élevés, à cause de la culture répétée de pomme de terre, jusqu'à 80% de la récolte peut être perdue (CABI et OEPP, 1990). Selon Greco (1988), les pertes de rendement peuvent aller de 20% à 70% selon la densité initiale de la population. En France, Des pertes de rendement de l'ordre de 50% sont fréquemment constatées, surtout en sol sableux (Leveillard, 2011). L'impact économique des nématodes peut être élevé non seulement en raison des pertes de rendement, mais aussi des dépenses entraînées pour lutter contre ces derniers et des interruptions de l'accès aux marchés (A.C.I.A., 2006).

II.1.4. Morphologie des nématodes à kystes

Le deuxième stade larvaire du nématode à kystes de la pomme de terre a une morphologie caractéristique. Les formes juvéniles de deuxième stade sont vermiformes de 470 µm de longueur environ leur bouche contient un puissant stylet pour piquer les parois cellulaires et leur queue est effilée (Golden et Ellington, 1972).

Le canal alimentaire se compose d'un rectum et d'un anus. A son extrémité postérieure, des muscles sont rattachés à 3 boutons basaux caractéristiques. Le stylet sert à percer les cellules de la racine et à absorber la nourriture. Il mène au tube œsophagien qui contient le bulbe médian. A l'aide des muscles et d'une "valve", le bulbe médian fonctionne comme une pompe refoulant la nourriture dans l'intestin. Après le bulbe médian, trois glandes œsophagiennes forment le bulbe terminal en continuité avec

l'intestin. L'intestin, en temps qu'organe de réserve, est souvent rempli de globules d'une substance apparemment grasseuse. Il se rétrécit en un rectum qui se termine à l'anus (Javier, 1972).

Ce nématode est caractérisé par un dimorphisme sexuel très prononcé chez les adultes (Nobbs, 1989). Les mâles sont mobiles et leur aspect général est similaire à celui des formes juvéniles (filiformes) (Voir. Figure 04), mais ils ont 1200µm de longueur environ et à proximité de la queue, courte et émoussée, s'observent les organes copulateurs (Golden et Ellington, 1972) et Les femelles se transforment après la fécondation en sacs sphériques "kystes", résistants de couleur brun rouge, remplis d'œufs, de 0.3 à 0.9 de diamètre (Riga et al., 1996). La forme des kystes est similaire à celle des femelles adultes, mais leur peau est tannée et les organes internes ont dégénéré. Les femelles sont pratiquement sphérique avec un cou qui fait saillie et qui contient l'œsophage et les glandes associées (Golden et Ellington, 1972).

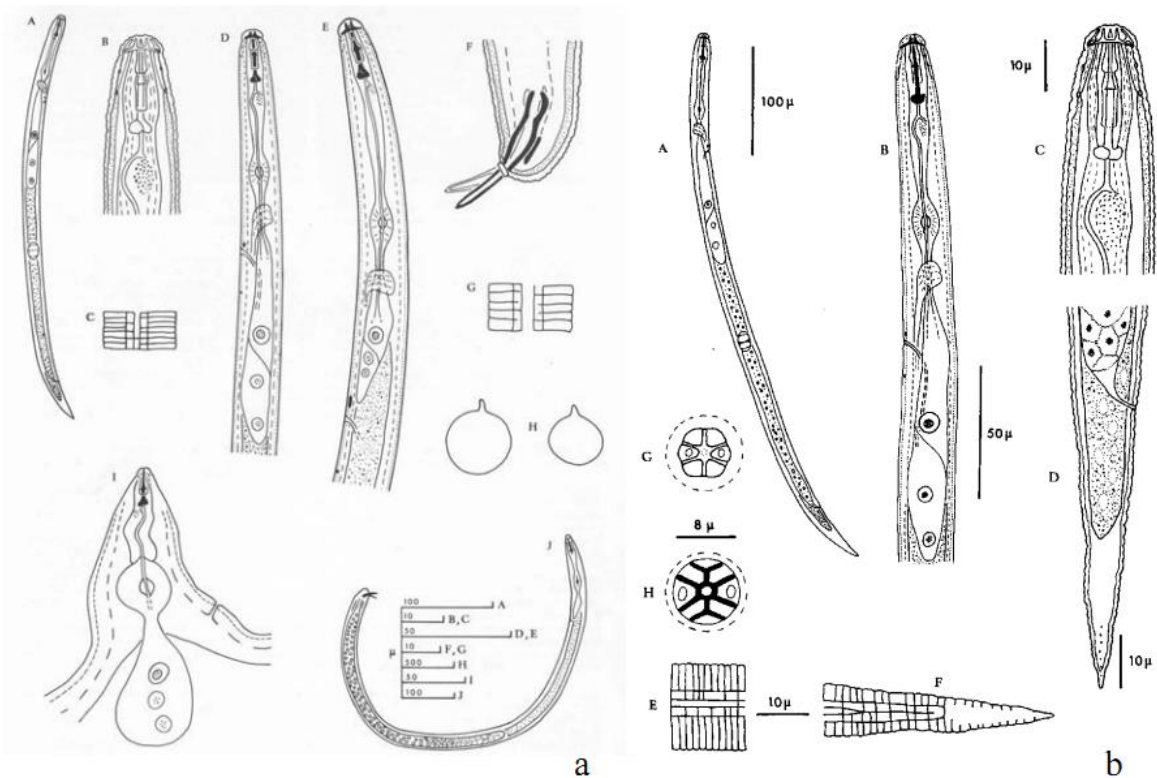


Figure 04 : La morphologie de *G. rostochiensis* et *G. pallida* :

a : *G.rostochiensis*, A.Juvénile entier, B. région de la tête de 2^{ème}-stade juvénile. C.12^{ème}-stade juvénile, champ latérale, mi-corps, D. Région pharyngée de 2^e stade juvénile. E. Région pharyngée de mâle. F.Queue de male. G. champ latéral de mâle, mi-corps, H. kystes entier. I. Tête et cou de femelle. J. mâle entier. **b** : *G.pallida*, A.Juvénile entier. B. Antérieur, C. tête, D. queue. E. Champ latéral, région de mi corps, F. Champ

latéral de la queue. G. Tête en face au niveau de lèvres de la base (D'après Stone, 1972 in Den nus et Karssen, 2002).

II.1.5. Le cycle biologique

Les kystes sont, plus exactement, les dépouilles des femelles fécondées. Ces enveloppes maternelles, durcies en une coque protectrice Le nombre d'œufs que peut contenir et protéger chaque kyste peut être minime ou aller jusqu'à 600 (Javier, 1972).

Il est à signaler que l'œuf se développe à l'intérieur du corps enkysté de la femelle jusqu'au second stade larvaire (Balandras, 1988). Après l'éclosion, des larves infectieuses quittent le kyste maternel (principalement de mars à juillet) et se déplacent jusqu'à 10-20 cm dans le sol puis pénètrent dans les racines près de la coiffe qu'elles perforent à l'aide de leur stylet buccal (Taylor, 1968). Généralement environ 30% des larves restent à l'état de vie ralentie dans leur kyste d'origine. En revanche celles qui ont migré provoquent, par leur sécrétion, la formation de groupe de cellules végétales géantes dans les tissus attaqués. Ces cellules perdent bientôt les parois qui les séparent et forment une vaste cellule nourricière (syncytium) dans laquelle les larves vont se nourrir (Blancard, 1988) (Voir. Figure 05).

Au bout de quatre semaines environ et après avoir subi plusieurs mues successives, les larves se transforment en males et femelle adultes et ces dernières font éclater l'écorce des radicelles et ne restent accrochées à celles-ci que par le cou et la tête. Quant aux mâles, ils sortent des radicelles pour s'accoupler aux femelles accrochées aux racines (Merah, 1988). Les kystes (forme de résistance), se détachent ensuite facilement des racines et sont dispersés dans le sol au moment de la récolte. La durée du cycle vital complet dure de 8 à 10 semaines. Le nombre de génération diffère selon le nombre de cultures (Greco *et al.*, 1988). En Algérie, nous pouvons trouver 2 à 3 cultures de pomme de terre donc, il ya 2 à 3 génération de *Globodera* sp par an (Schneider et Mugniéry, 1971). Les œufs du nématode *Globodera* sp peuvent restent à l'état latent pendant 10 ans, sans perdre leur pouvoir infestant, un constat qui démontre leur grande résistance dans le sol (Vallonton, 1983). On n'estime que le nombre des larves infestantes diminue d'environ 30% par année de repos du sol, donc en l'absence de plant-hôte. Le seuil de détection par analyse de terre se situe vers 30 millions de kystes à l'hectare (Blancard, 1988).

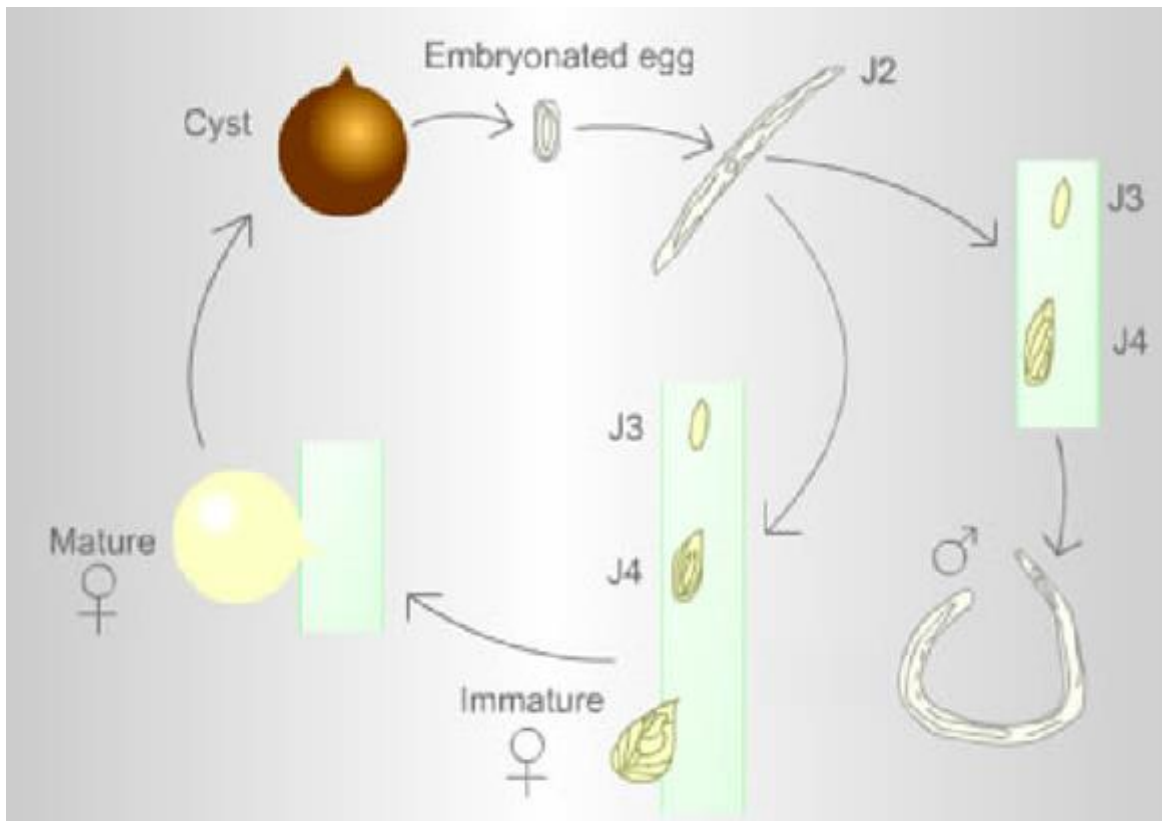


Figure 05 : Le cycle biologique des nématodes à kyste du genre *Globodera* (Kiezebrink, 2004).

II.1.6. Plante hôte

Les nématodes à kystes de la pomme de terre se multiplient sur les Solanacées, plus particulièrement la pomme de terre, tomate, piment, poivron et l'aubergine. Ils font des dégâts très importants sur ce genre de culture (Whitehead, 1977). Au total, quelques 90 espèces du genre *Solanum* sont reconnues comme étant des hôtes de ces ravageurs (Bélaïr, 2005). Les *Globodera* sp peuvent être inféodés également aux adventices associées à la culture de pomme de terre, tel la douce-amère (*Solanum dulcamara*), la morelle noire (*Solanum nigrum*) et la jusquiame (*Hysagamus niger*) (Schneider et Mugniéry, 1971).

Cette spécificité est essentiellement due aux exsudats radiculaires des Solanacées qui entraînent une éclosion massive et rapide des larves infestantes situées dans les kystes, éclosion moins forte avec *Globodera pallida* que *Globodera rostochiensis*. L'importance de cette éclosion varie énormément avec la plante testée. Avec la pomme de terre, elle est de l'ordre de 80 %-90%. Avec l'aubergine, elle est de l'ordre de 5 % (Rousselle *et al.*, 1996).

II.1.7. Facteurs influent sur le développement de *Globodera* sp.

L'interaction entre le parasite et son hôte est un phénomène complexe, géré par de nombreux facteurs tenant au nématode et à la plante mais aussi au climat et à la nature physique et chimique du sol (Schneider et Mugniéry, 1971). Certains de ces facteurs ont pu être mis en évidence.

a. Facteurs abiotiques**➤ Facteurs climatiques****✓ La température**

Elle influence les activités suivantes des nématodes : éclosion des œufs, reproduction, croissance et survie qui déterminent leur installation et le parasitisme. Les exigences thermiques varient suivant l'espèce du nématode. la température optimale se situe entre 15°C et 30°C pour la plupart des nématodes phytoparasites (Parviz, 1972). L'optimum thermique pour le développement des nématodes à kystes est inférieur à celui des *Meloidogyne* 15°C à 29 °C (Messiaen *et al.*, 1991). *Globodera rostochiensis* éclot mieux dans les températures 15 et 20°C alors que pour *Globodera pallida* la température optimale pour l'éclosion est quelque peu basse, entre 10 et 20°C (Salazar et Ritter, 1993).

✓ L'humidité

La fluctuation de l'humidité du sol provenant des précipitations ou de l'irrigation est le principal facteur influençant la dynamique des populations de nématodes. La présence d'une humidité convenable au niveau des sites d'attaque d'un nématode endoparasite favorise la pénétration des larves (Caubel *et al.*, 1980). Lorsqu'il n'existe pas de film d'eau, les nématodes se déshydratent et meurent ou s'enkystent, par conséquent, ce l'excès d'eau induit une réduction de l'oxygénation du sol et une asphyxie du parasite (Cayrol, 1975). Les kystes de *Globodera* sp supportent la dessiccation et les œufs qu'ils contiennent peuvent survivre 20 ans et plus les kystes ne représentent le moyen principal de dissémination chez *Globodera* sp (Parviz, 1972).

➤ **Facteurs édaphiques**

✓ **La texture du sol**

L'activité et les mouvements d'un nématode dans le sol pour atteindre son hôte sont fonction de la porosité du sol, de la taille des particules du sol et de l'épaisseur de la pellicule d'eau en présence. La texture du sol influence la structure, une propriété du sol en rapport avec la géométrie des espaces poreux. Par conséquent, un sol argileux à fine texture peut empêcher la croissance et la pénétration des racines par suite de l'étroitesse des pores. Il peut aussi inhiber les nématodes qui exigent pour leur déplacement dans le sol des pores de 0.02 mm de diamètre (Parviz, 1972). Le manque d'alternance des cultures favorise le maintien du nématode dans le sol (Mugniery, 1975)

✓ **L'aération :**

Une mauvaise aération du sol diminue la durée de survie des nématodes et la densité de la population. Ceci est particulièrement vrai pour la survie des nématodes dans le cas de sols irrigués parce que l'apport d'oxygène est réduit considérablement pendant les périodes d'irrigation (Parviz, 1972).

✓ **Les propriétés chimiques du sol**

La salinité, le pH, la matière organique, les engrais et les pesticides agissent sur l'éclosion et l'activité des nématodes.

Les produits chimiques influencent les parasites soit par l'intermédiaire des plantes ou d'autres organismes, soit directement. Par exemple, les composées azotées ajoutées au sol ou leurs produits de dégradation, ont une influence sur les microorganismes entraînant une diminution des populations de *Pratylenchus penetrans*. De même, l'application de nitrate de sodium (NaNO₃) et de nitrate d'ammoniac (NH₂NO₁) réduit l'éclosion, la pénétration et le développement des nématodes à kystes (Parviz, 1972).

b. Facteurs biotiques

✓ **La plante hôte**

Les nématodes à kystes de la pomme de terre ne peuvent se multiplier qu'en présence de plantes hôtes. Les exsudats radiculaires de la pomme de terre provoquent l'éclosion des œufs contenus dans les kystes. En général, *G. rostochiensis* éclot plus fortement que *G. pallida*. Manifestement l'exsudat racinaire est le facteur majeur qui induit l'éclosion chez

G. pallida, alors que pour *G. rostochiensis* d'autres facteurs peuvent induire l'éclosion aussi bien. *G. rostochiensis* montre un comportement plus opportuniste, en réagissant à des déclenchements d'éclosions non spécifiques.

Toutefois, elle a la capacité de survivre pendant une certaine période dans le sol sans qu'il y ait la plante hôte. Elle survit dans le sol plus longtemps que *G. pallida* (Den Nijs et Lock, 1992).

✓ **Micro-organisme du sol**

Des études récentes ont montré que les micro-organismes du sol qui viennent dans la rhizosphère jouent un rôle significatif dans l'éclosion des nématodes à kyste (Olsson, 2009). Rayan et Jones, en 2004, ont isolé et testé 70 rhizobactéries. Ils ont trouvé que neuf d'entre elles ont un effet sur l'éclosion des *Globodera* sp. Six affectent l'éclosion de *Globodera pallida* et trois affectent *Globodera rostochiensis* ; mais aucun n'affecte les deux à la fois.

✓ **Matière organique**

D'après Jones (1982), la décomposition de la matière organique dans le sol libère certains produits toxiques tels que l'acide butyrique qui agit négativement sur le développement des nématodes (il permet la réduction des populations).

D'autres facteurs qui influencent la croissance de la plante ont aussi un effet sur les nématodes. De plus, la résistance de la plante et les mauvaises herbes qui entretiennent les populations de nématodes sont en relation directe avec l'augmentation des populations de nématodes et la gravité des dégâts (Parviz, 1972). Le taux de multiplication du nématode est important dans le cas d'une culture de pomme de terre à variété sensible (Mugniery, 1978).

Le système de culture joue un rôle très important sur le développement de *Globodera*. En effet, la monoculture favorise la pullulation de *Globodera*. Par contre, la rotation des cultures avec des plantes non hôtes peut limiter et retarder l'augmentation des niveaux de population (Mugniéry, 1982).

II.1.8. Les Symptômes

Dans leur grande majorité, les nématodes phytophages vivent dans le sol et se nourrissent sur les racines au dépend de la plante infestée (Ritter, 1965), Les nématodes à kystes de la pomme de terre ne provoquent pas immédiatement de symptômes visibles en surface. Ils peuvent rester dans le sol pendant des années avant d'être détectés (Javier, 1972).

Les premiers symptômes sont des retards de croissance et une végétation rabougrie qui se manifestent par foyers au milieu d'une culture d'apparence normale (Voir. Figure 06). En cas de forte attaque les pousses et les feuilles sont petites. Le feuillage de la base se fane et pend le long de la tige. Les folioles du haut de la plante s'enroulent, palissent puis il ya des taches brunes en bordure et à l'extrémité (Blancard, 1988). Par un examen attentif des racines on aperçoit de minuscules corps ronds d'environ 0.5 à 1 mm de diamètre, de couleur blanche, jaune ou brune. La couleur dépend de l'espèce de nématode et du degré de maturité des femelles qui forment les kystes. Les kystes se détachent facilement des racines (Javier, 1972).



Figure 06 : Retarde de croissance et une végétation rabougrie sur culture de la pomme terre (Blancard, 1988).

Ainsi la réduction de la taille et le nombre de tubercules, et détérioration de la qualité suite aux piqûres de nématode sur la surface des tubercules (Chauvin et al, 2008).

(Voir. Figure 07).



Figure 07 : Dégâts notés de 0 à 9 dus aux piqûres de *Globodera* sur tubercules (0= aucune infestation, 3= peu infestations, 9= fortement infestation) (Chauvin et al, 2008).

II.2. Autres nématodes de la pomme de terre

II.2.1. Nématode à galles de la pomme de terre (*Meloidogyne* spp)

Les *Meloidogyne* sont par excellence, les nématodes des cultures maraîchères et peut-être les plus graves ennemis des maraîchères sous toutes les latitudes (De Guiran, 1983). Elles sont des endoparasites sédentaires, appelées nématodes à galles des racines parasitent à elles seules plus de 2000 espèces végétales et sont largement répandues dans le globe (Taylor *et al.*, 1978). Le nématode à galle est répandu dans le monde entier, toutefois, dans les conditions de plein champ, il n'est actuellement pas à comparer avec le nématode doré ou le nématode à kyste blanc en ce qui concerne l'importance économique par rapport à la culture de pomme de terre (Blancard, 1988).

En Algérie, il a été répertorié pour la première fois par Delassus en 1928 dans les régions maraichères et sur amandier à Tlemcen (Scotto La Massese, 1961 cité par Dallil, 1999). Ces ravageurs se distinguent comme étant de redoutables ennemis et constituent un facteur limitant de production maraichère aussi bien sous abri plastique qu'en plein champ (Sellami *et al.*, 1999). Sur littoral, la pomme de terre vient en association avec les autres cultures légumières. A ce moment-là, elle est multiplicatrice des nématodes à galles et augmente le nombre de génération dans ces régions où cette culture peut être considérée comme mauvais précédent cultural (Tebib, 2006).

➤ Les symptômes

Une forte attaque se remarque à une faible croissance des parties aériennes de la plante. Si on l'arrache on observe des galles de différentes grosseurs sur les racines latérales (Voir. Figure 08). Les tubercules sont également attaqués et montrent des boursoflures de la peau (Voir. Figure 09). Sous lesquelles on trouve une zone de tissus brunâtre. La gravité du dégât dépend du pathotypes et des conditions de l'environnement (Blancard, 1988). Ces déformations constituent les galles qui deviennent visibles 2 à 3 jours après la pénétration des J2 (Mateille, 1996 ; Noir, 2002)



Figure 08 : galles des nématodes sur les racines de la pomme de terre (Blancard, 1988).



Figure 09 : Des boursoflures de la peau sur les tubercules de la pomme de terre (Blancard, 1988).

II.2.2. Nématode à galles de la pomme de terre (*Nacobbus aberrans*)

Les galles racinaires sont la plupart du temps causés par les nématodes à galles (*Meloidogyne spp*), bien que d'autres nématodes comme *Nacobbus aberrans* puissent aussi former des galles. Le nématode *N. aberrans* sont de principaux ravageurs de la pomme de terre dans les régions tempérées/subtropical : Amérique de Nord, Sud et Central et Europe, les symptômes de ce nématode les galles sur racines (Voir. Figure 10) (Coyne *et al.*, 2010).



Figure 10 : Galles sur racines de pomme de terre causées par *Nacobbus aberrans* (Coyne *et al.*, 2010).

II.3. La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre

Plusieurs méthodes de lutte sont utilisées dans le but d'éviter la dissémination du nématode, de détecter et même d'éradiquer dès son installation.

II.3.1. Les méthodes préventives

Les méthodes préventives consistent à l'utilisation de plants et semences saines, la destruction des débris des plantes atteintes et l'élimination des adventives (Dalmasso et Missonnier, 1986). Des contrôles systématiques à la frontière et dans les parcelles de production de semences sont également indispensables (Mugniery *et al.*, 1988). Le nettoyage des outils de travail peut minimiser les risques de la désamination de ce ravageur d'une parcelle à une autre (Mugniery *et al.*, 1973). La rotation judicieuse avec des cultures non hôtes qui, d'après Balandras (1988), reste le meilleur moyen de lutte culturale. Peuvent réduire les populations de ce nématode.

II.3.2. Méthodes curatives

Les méthodes curative sont utilisées dans le but d'éradiquer le ravageur ou de diminuer sa population.

➤ **Les méthodes physiques**

La méthode est basée sur la sensibilité des nématodes à la chaleur, au froid, à l'excès d'eau, à l'irradiation, aux ultrasons (Reddy, 1983).

❖ **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). Cependant c'est un moyen très peu utilisé, parce que l'utilisation des parcelles difficile après inondation et même le coût.

➤ **Les méthodes biologiques**

Parmi les ennemis naturels des nématodes, les champignons sont le plus étudiés. Parmi eux le *Penicillium anotolicum*, peut réduire les populations de *Globodera rostochensis*. *Trichurus* sp. et *Trichacladium* sp, peuvent affecter l'éclosion de *Globodera pallida*. (Gonzales *et al* en 1984 in Rezki, 1996). Selon Wolfgang et Wacler (1991) la lutte contre ce genre de nématodes peut être effectuée par l'utilisation des nématodes prédateurs, des acariens et des amibes de l'espèce *Theratromyxa webri*.

II.3.3. Les méthodes culturales

Cette lutte consiste L'utilisation de plantes non hôtes qui peuvent réduire la population de nématodes à kystes de 80 % (Mugniery, 1975), L'emploi de la jachère qui, elle aussi, permet de réduire la population des nématodes de moitié voire plus (Mugniery *et al.*, 1973) et La rotation des cultures, qui, d'après balandras(1988), reste le meilleur moyen de lutte cultural. Cependant, pour qu'elle soit efficace, la rotation doit être méthodiquement répétée à moyen terme.

II.3.4. Utilisation des variétés résistantes

Selon Taylor (1968), l'utilisation des variétés résistantes est l'un des meilleurs moyens pour combattre les nématodes, parce qu'elle est respectueuse de l'environnement et moins couteuse que l'application de nématicides. Elle est capable à court et moyen terme d'abaisser les populations et réduire leur dommage. Selon Halsetch, (2003) cité par Mazouz (2011), à chaque saison d'utilisation d'un cultivar résistant, la population de nématode décroît de 90-95%, comparé à une réduction de 80-90% obtenue par fumigation du sol et 30-40% suite à l'utilisation des plants de pomme de terre indemnes.

Actuellement, il n'existe pas de variétés résistantes à *Globodera pallida*. Par contre, il existe plusieurs variétés commerciales résistantes au *Globodera rostochensis* notamment *Solanum audigum* (Vallonton, 1983 in Hammouda, 1991).

II.3.5. La lutte chimique

Elle consiste à réduire, voire même, éliminer les populations en place grâce à l'utilisation de différents traitements appelés nématicides dont la valeur varie avec l'espèce et la température du sol (Peachy, 1969).

Les fumigants solides et les fumigants liquides sont les seuls produits efficaces, ils sont très volatiles comme le **Dazomet**, le **Dibromométhane**, **Dichloropropane-Dichloropropène**. Les nématicides autorisés en Algérie sont portés dans le tableau (Voir. Tableau 22 Annexe).

II.3.6. La lutte intégrée

Elle consiste à utiliser des différentes méthodes de lutte dans le but de mieux réduire la population des nématodes (Balandras, 1988), vu qu'aucune méthode n'est susceptible d'être efficace si elle est utilisée seule, une stratégie de lutte intégrée pourrait être plus efficace et ce, utilisant :

- **Rotation** : la rotation constitue la mesure de lutte la plus classique 4 années de rotation constituent un minimum, mais il faut s'assurer que les repousses ne réapparaissent durant ces 4 ans. Il est conseillé d'introduire les cultures maraichères dans le système de rotation s'il s'agit d'un périmètre irrigué. Si ce n'est pas le cas, il faut faire des céréales, des fourrages ou bien la jachère travaillée afin d'éliminer les repousses, donc empêchera le cycle de s'accomplir.
- **Variétés résistantes ou tolérantes** : On favorisera des cultures et variétés moins sensibles aux nématodes. Il ne faut pas cultiver la même variété résistante dans la parcelle plusieurs années, afin d'éviter le problème de contournement.
- **Le désherbage** : le désherbage chimique s'impose notamment dans les parcelles de multiplication de semence.
- **Labour** : le labour d'été il est conseillé pour toutes les parcelles (la solarisation du sol permet une réduction importante de la population). Le labour de printemps pour les parcelles en jachère travaillée.
- **Hygiène au sein des exploitations** : Il est que le nettoyage systématique des parcelles diminue le risque de propagation.

Partie II

Matériel et méthodes

I. Introduction

Dans l'objectif d'évaluer l'infestation du sol par le nématode à kystes de la pomme de terre (*Globodera* sp) nous avons choisi quatre parcelles au niveau de la région d'Aflou (Laghouat) où la culture de pomme de terre est largement pratiquée.

Au niveau de la région d'Aflou où les cultures maraichères occupent une place plus importante par rapport à la culture fourragère et céréalière. Cette région est classée la 3^{ème} commune de point de vue production de la pomme de terre après Oued Morra et Ben nacer ben Cho dans la willaya de Laghouat avec une production de 45000 Qx enregistrée en 2013, (DSA, 2014).

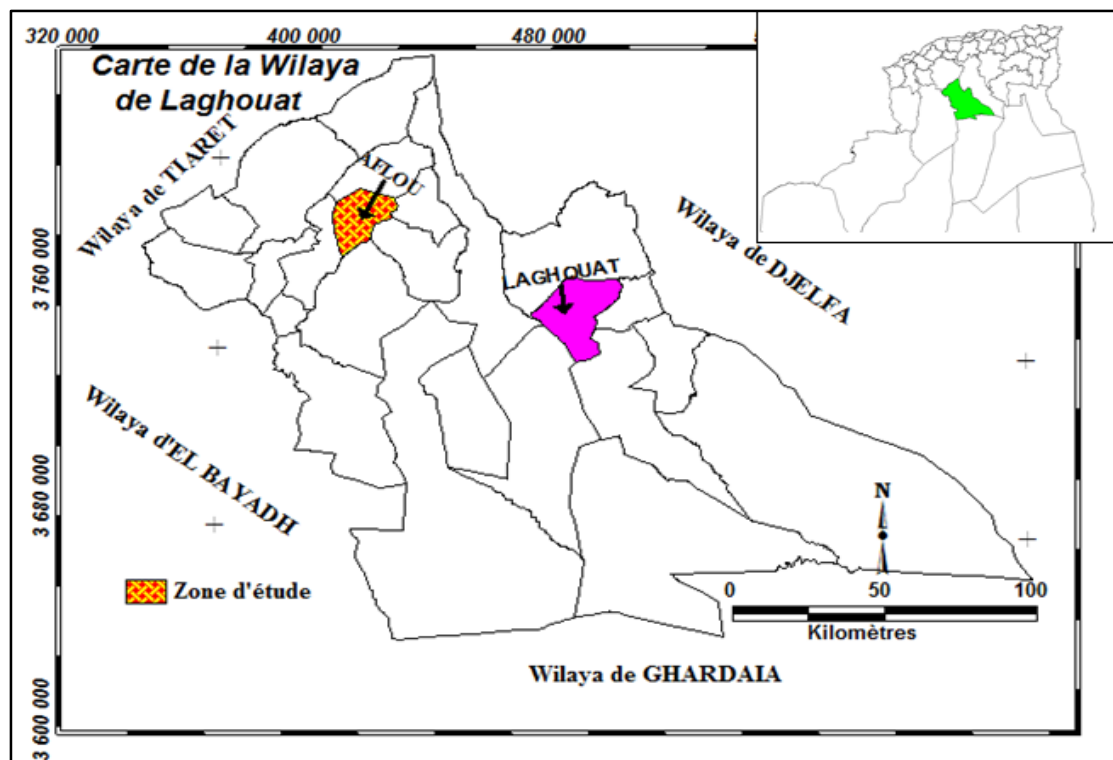
II. Présentation de la région d'étude

II.1. Situation géographique de la zone d'étude "Aflou"

La zone étudiée appartient à la commune d'Aflou, qui est située à 110 km de chef-lieu de la willaya de Laghouat. C'est l'une des localités les plus élevées de l'Algérie, à 1426 mètres d'altitude, l'une des plus froides (Voir. Figure 11). Géographiquement, la commune d'Aflou se situe entre le parallèle 30°5' de latitude nord, et 2°5' de longitude Est, la population comptait 103868 habitants au recensement préliminaire de 2013, dont 15580 habitants vivant en zone rurale, considérés comme nomades, se déplaçant avec leurs troupeaux à travers les territoires et pâturages des communes avoisinantes (DDA d'Aflou 2014).

La commune d'Aflou est limitée au nord et ouest par la commune de Sebgag et Sidi bouzide, ce dernier est prolongé à l'est avec oued Morra et au sud par la commune de Kaicha. D'après la DSA 2013 leur Superficie totale est de 40.500 ha, dont :

- SAU 6.000 ha dont SAU Irriguée 1.251 ha.
- 1.251 ha de Parcours dont parcours à reconstituer 16.632 ha.



Source : Elaborée par Benchettouh d'après C.N.T.S, 2014

Figure 11 : Localisation géographique de la wilaya de Laghouat et de la zone d'étude

III. Les parcelles étudiées

Dans l'objectif d'estimer la densité des nématodes à kystes de la pomme de terre de la région d'Aflou (Laghouat) notre choix a porté sur les quatre parcelles qui sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : les parcelles prospectées.

Région	Parcelle	Nom de la parcelle	Date de prélèvement	Précédent cultural	Poids d'échantillons
Ain Mansour	P I	Sidiki Mohamed	26/03/2014	Pomme de terre	2 kg
	P II	Chrifi Taher	26/03/2014	Pomme de terre	2 kg
El houd	P III	Noureddine Hamza	17/04/2014	Pomme de terre	2 kg
Boudlal	P IV	Abdel kader kantour	17/04/2014	Pomme de terre	2 kg

➤ Parcelle I de SIDIKI MOHAMED

L'exploitation s'étend sur une superficie totale de 11.5 hectares dont 10 hectares uniquement son cultivé; la pomme de terre occupe la majeure partie de cette surface, le

reste est cultivé par d'autres cultures maraichères (oignon, potiron, petit pois). La parcelle que nous avons choisie est cultivée de pomme de terre, sa superficie s'étend à 3ha (Voir. Planche 01).

➤ **Parcelle II de CHRIFI TAHER**

L'exploitation s'étend sur une superficie totale de 8 hectares dont 6 hectares uniquement son cultivé; la pomme de terre occupe la majeure partie de cette surface, le reste est cultivé par d'autres cultures maraichères (oignon, potiron, petit pois). La parcelle que nous avons choisie est cultivée de pomme de terre, sa superficie s'étend à 4 ha (Voir. Planche 01).

➤ **Parcelle III de NOUR EDDIN HAMZA**

L'exploitation s'étend sur une superficie totale de 20 hectares dont 15 hectares uniquement son cultivé ; la pomme de terre occupe la majeure partie de cette surface, le reste est cultivé par d'autres cultures maraichères (oignon, potiron, petit pois), La parcelle que nous avons choisi est cultivée de pomme de terre, sa superficie s'étend à 5 ha (Voir. Planche 02).

➤ **Parcelle IV de ABDE LKADER KANTOUR**

L'exploitation s'étend sur une superficie totale de 5 hectares dont 3 hectares uniquement son cultivé ; la pomme de terre occupe la majeure partie de cette surface, le reste est cultivé par d'autres cultures maraichères (oignon, potiron, petit pois), La parcelle que nous avons choisi est cultivée de pomme de terre, sa superficie s'étend à 3 ha (Voir. Planche 03).

VI. Enquête sur terrain

Une enquête à été établie près des agriculteurs de ces parcelles choisies dans l'objectifs de se renseigner sur : L'évaluation dans les différentes parcelles s'est déroulée sous forme d'une enquête qui comporte des questionnaires soumis aux agriculteurs des parcelles prospectées (Voir. Fiche d'enquête, Annexe).

(Voir. Fiche d'enquête Annexe), vise à connaître l'influence des pratiques culturales, les conditions climatiques, le choix des variétés et la couverture phytosanitaire assurée. L'objectif du questionnaire est de cerner les facteurs qui peuvent avoir une influence sur le développement de ces nématodes, en particulier la couverture sanitaire, la période de plantation et les variétés cultivées.

V. Données sur les cultures

Les informations recueillies auprès les agriculteurs nous nous sommes particulièrement intéressés sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 15: Données recueillies concernant les parcelles prospectées dans la région d'Aflou.

Parcelle		Parcelle I	Parcelle II	Parcelle III	Parcelle IV
Paramètres					
Culture précédente	Pomme de terre				
Espèce	<i>Solanum tuberosum</i>				
Variété	Spunta	Spunta	Sarpomira	Spunta	
Couleur de la peau	jaune	jaune	rouge	jaune	
Surface	3 ha	4 ha	5 ha	3 ha	
Système d'irrigation	Aspersion				
Traitements phytosanitaires (Nématicides)	Aucun traitement				
Fertilisation	Fumier				
Epannage d'engrais de fond (N.P.K.)	15.15.15				
Fertilisation de couverture	N(Urée) 46 %. K (Potasse) 50 %.				
Combien des années cultivé cette culture	2 ans	1 an	2 ans	1 an	
Culture actuelle	Pomme de terre	Pomme de terre	Blé dur	Pomme de terre	
Variété	Sponta	Sponta	Non déterminée	Partina	
Couleur de la peau	jaune	jaune	Non déterminée	rouge	
Rotation	OUI	NON	OUI	NON	
Historique de parcelle	2009	oignon	Pomme de terre	pomme de terre	Blé dur
	2010	Pomme de terre	Pomme de terre	pomme de terre	pomme de terre
	2011	oignon	Jachère non travaillé	blé dur	Jachère travaillé
	2012	Pomme de terre	Jachère non travaillé	pomme de terre	Jachère travaillé
	2013	Pomme de terre	Pomme de terre	pomme de terre	pomme de terre
	2014	pomme de terre	Pomme de terre	blé dur	pomme de terre

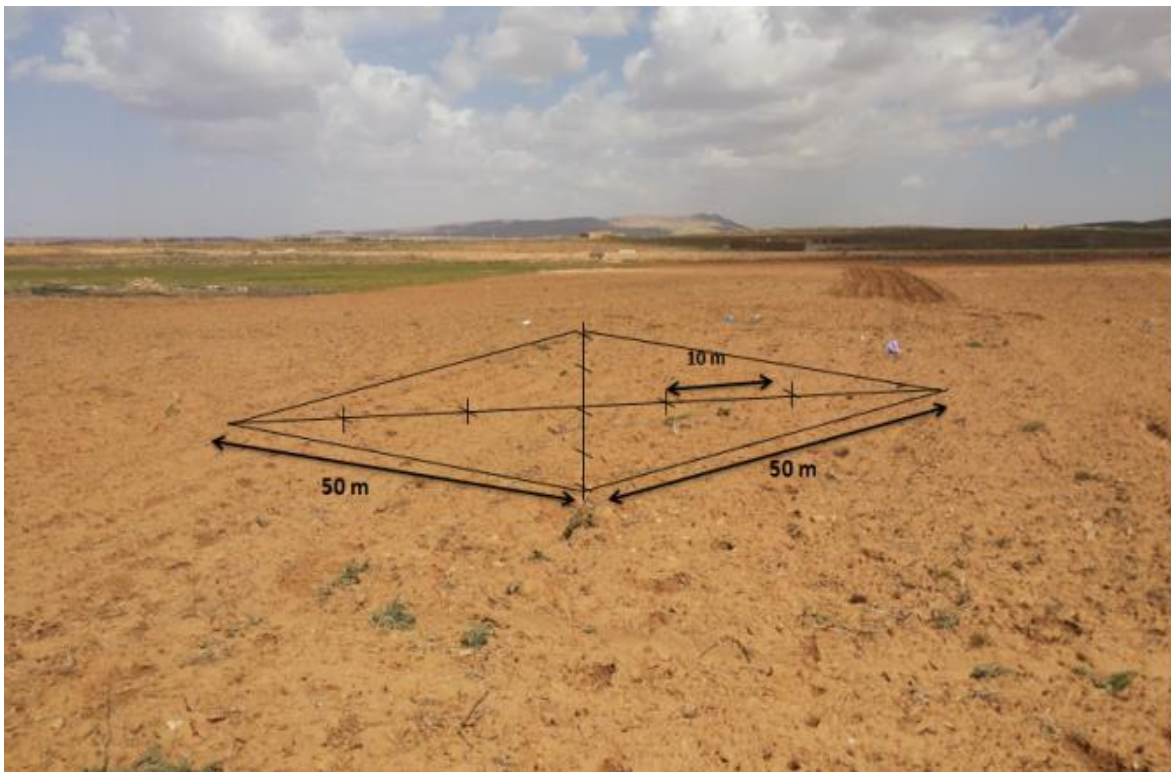
**Parcelle I****Parcelle II**

Planche 01: Les Parcelles I et II de pomme de terre prospectées dans les deux Exploitations étudiées à Ain Mansour (*original, 20014*).



Planche 02: Le Parcelle III de pomme de terre prospectée dans le Exploitation étudiée à El houdh
(*original, 20014*).



Planche 03: Le Parcelle IV de pomme de terre prospectée dans le Exploitation étudiée à Boudlal (*original, 20014*).

VI. Analyse nématologique

Notre expérimentation a été effectuée au laboratoire de nématologie de l'INPV (Institut National de la Protection des Végétaux), d'El Harrach (Alger) ;

Pour évaluer l'état d'infestation des parcelles de pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera*, on a réalisé une analyse nématologique qui comprend quatre étapes successives et complémentaires :

- Prélèvement de l'échantillonnage de sol.
- L'extraction des kystes.
- La récolte et le comptage des kystes.
- Identification des kystes récupérés.

VI.1. Prélèvement des échantillons de sol

Dans l'objectif de faire le Prélèvement des échantillons de sol dans chacune des parcelles étudiées nous avons utilisé le matériel suivant :

a. Matériel utilisé (Voir. Planche 06. Annexe).

Pour échantillonner le sol nous avons utilisé le matériel suivant :

- 1- Carotte
- 2- Décamètre
- 3- Une binette.
- 4- Des étiquettes.
- 5- Une pioche.
- 6- Des sachets en plastique.
- 7- Calepin
- 8- Marqueur indélébile
- 9- Appareil à photo

b. Méthode

L'échantillonnage du sol consiste à prélever des quantités élémentaires de 200 g par prise à une profondeur de 20 à 30 cm. Les échantillons élémentaires sont mélangés après. A partir de chaque mélange, on prend 2 kg de sol afin d'avoir un échantillonnage représentatif. (Voir. Figure 13).



Figure 12 : Prélèvement des échantillons et extraction des kystes à partir des échantillons de sol (*original, 2014*).

Après avoir procédé à un échantillonnage au niveau chacune des parcelles. Les échantillons sont mises dans un sachet stériles portant des étiquettes sur lesquelles nous avons noté toutes les indications nécessaires ;

- 1- Date de prélèvement.
- 2- Lieu de prélèvement.
- 3- Précédent cultural.
- 4- Une fois au laboratoire, les échantillons sont mis au séchage puis pesés avant de procéder à l'extraction des kystes.

VI.2. l'extraction des kystes (Voir. Planche 07. Annexe).

Cette opération qui consiste à séparer les kystes du sol pour les compter et éventuellement les utiliser tout le long de notre expérimentation, pour cela nous avons utilisé le matériel suivant :

a. Matériel

- 1- Appareil de Fenwick.
- 2- Une passoire à mailles de 1 mm de diamètre.
- 3- Un tamis de 250 μm .
- 4- Papier filtre.
- 5- Entonnoir.
- 6- Erlen-Meyer.
- 7- Boites de pétri.
- 8- Une pissette.

b. Méthode

L'extraction des kystes se fait à partir d'un sol recueilli à partir des quatre parcelles I dont la culture précédente ou en place est la pomme de terre. Le sol est trié et étalé sur un papier journal pour lui permettre une déshydratation homogène.

Nous avons procédé à l'extraction des kystes par la méthode classique décrite par Fenwick en 1949 (Nackachian, 1971).

➤ Le principe de l'appareil

Les kystes pleins et humides possèdent une densité supérieure à 1.08. Les kystes secs ont une densité inférieure à 1, donc ils flottent sur l'eau et peuvent être facilement récupérés alors que les kystes pleins et humides sédimentent très vite.

Le procédé consiste à entraîner le sol séché à travers une passoire de 1 mm de mailles dans un entonnoir qui plonge dans le corps de l'appareil, le gros élément minéraux et végétaux sont retenus par la passoire alors que les kystes flottent à la surface de l'eau et sont entraînés par le trop-plein dans la gouttière pour s'écouler sur un tamis à mailles de 250 µm. Le contenu du tamis (kystes et matière organique) est récupéré par des jets d'eau d'une pissette sur un papier filtre placé dans un entonnoir porté par un Erlen-Meyer. Une fois le contenu séché, on le récupère dans une boîte de pétri (Voir. Planche 07. Annexe).

VI.3. La récolte des kystes

La matière organique de la suspension retenue sur le tamis de 250 µm est rassemblée à l'aide d'une lame ou une cuillère dans des entonnoirs en plastique contenant du papier buvard, l'ensemble est superposée sur un récipient pour l'évacuation de l'eau. Nous avons laissée la suspension se déshydrater pendant un ou deux jours. Nous retirons soigneusement la suspension et nous la mettons dans des boites de pétri, en ajoutant de l'eau à l'aide d'une pissette (Voir. Planche 08. Annexe).

a. Matériel utilisé

- Une loupe binoculaire.
- Un pinceau.
- Une épingle.
- Des boites de pétri.
- Des étiquettes.
- Une pissette.

b. Méthode

Sous une loupe binoculaire (G1.6x10) ; les kystes sont récupérés à l'aide d'un pinceau et d'une épingle et déposés dans une boîte de pétri étiquetée sur laquelle sont mentionnées la date et la région dont les kystes sont originaires (Voir. Planche 04).



Observation des kystes sous loupe
binoculaire



kystes Récupérés



Différents kystes récupérés

Planche 04 : Observation des kystes récupérés sous une loupe binoculaire (G1.6x10) (*original, 2014*).

VI.4. Identification des kystes Récupérés

L'identification des kystes récupérés est basée sur les caractères morphologiques et morphométriques des kystes récupérés, et ceux-ci sont inclus dans la plupart des clés d'identification. Les méthodes morphométriques sont rapide et peuvent être appliquées à la plupart des échantillons, mais elles exigent un spécialiste qualifié et expérimenté, Les observations des kystes sous la loupe binoculaire montrent qu'ils sont variables entre eux sur le plan morphologique. (Skantar *et al.*, 2007).

Une large variabilité entre les kystes, concerne : la forme (globuleuse, arrondi et Citriforme), la couleur (brun, brun foncé, marron, marron foncé, marron clair et jaune). En outre, la taille est différente. On peut trouver des petits kystes et des kystes de grande taille. Enfin, la longueur de la tête diffère d'un kyste à l'autre (Skantar *et al.*, 2007 et OEPP/EPPO, 2009).

VII. Analyse statistique des résultats

Dans l'objectif de rechercher une éventuelle différence significative entre les quatre parcelles prospectées de point de vue nombre des kystes et degré d'infestation par *Globodera* sp et *Heterodera* sp. Le traitement statistique des résultats de l'analyse nématologique a été effectué utilisant avec le logiciel l'Excel Statistica.

Partie III

Résultats et discussions

I. Résultats

Notre travail a porté sur une analyse nématologique dans quatre parcelles ayant comme précédent culturale la pomme de terre au niveau de la région d'Aflou et ce, dans l'objectif d'estimer le taux d'infestation par *Globodera* sp. et d'évaluer l'influence de la culture hôte sur les populations de ce nématode dans chacune de ces parcelles.

L'analyse nématologique des échantillons du sol a été faite la méthode de Fenwick (Nackachian, 1971). Elle a permis d'estimer la densité des kystes présents dans chacune des quatre parcelles étudiées, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Estimation la densité des kystes dans les parcelles prospectées.

Région	Parcelle	Date de prélèvement	Nombre total des kystes /2 kg
Ain Mansour	P I	26/03/2014	3
	P II	26/03/2014	33
El houd	P III	17/04/2014	40
Boudlal	P IV	17/04/2014	58

D'après les résultats obtenus, les kystes sont présents dans toutes les parcelles prospectées avec des densités variables d'une parcelle à l'autre.

Après l'analyse nématologique, l'identification des kystes a été faite en se basant sur les critères morphologiques des kystes récupérés ; la taille, la couleur et la forme des kystes (Skantar *et al.*, 2007 et OEPP/EPPO, 2009). Les observations des kystes sous la loupe binoculaire montrent qu'ils sont variables entre eux sur le plan morphologique. Pour bien voir les critères morphologiques spécifiques des kystes, une observation de ceux-ci a été faite sous un microscope optique.

L'observation montre qu'il y a une large variabilité entre les kystes. Elle concerne : la forme (globuleuse, arrondi et citriforme), la couleur (brun, brun foncé, marron, marron foncé, marron clair et jaune). En outre, la taille est différente. Nous avons trouvé de petits kystes et des kystes de grande taille. Ainsi, la longueur de la tête diffère d'un kyste à l'autre.

D'après cela, deux genres ont été identifiés : *Globodera* sp et *Heterodera* sp. (Voir. Planche 05). Les kystes de *Globodera* sont ronds de petite taille et de couleur marron foncée au plus claire (Djebroune, 2011 et Baloul, 2012), par rapport à ceux d'*Heterodera* sp qui sont citriforme, de grande taille et couleur brun foncé (Volvas *et al.*, 1985).



Planche 05 : La forme des kystes de *Globodera* sp : (A) et d'*Heterodera* sp : (B) vue sous la loupe binoculaire : (G1.6x10) (original, 20014).

Le degré d'infestation est exprimé en nombre d'œufs ou de larves par gramme de sol (Wolfgong, 1991). Ce degré exprime réellement le seuil de nuisibilité. Pour estimer le seuil de nuisibilité (L2/g de sol) nous avons utilisé la formule suivante :

$$\text{L2/g de sol} = \frac{\text{Nbr (Kyste)} \times 240 \text{ L2}}{1 \text{ kyste} \times 2000 \text{ g}}$$

L2/g de sol : Le degré d'infestation.

Nbr (Kyste) : Nombre des kystes récupérés.

Le nombre de kystes et le degré d'infestation des deux genres *Globodera* et *Heterodera* a été calculé pour l'ensemble les échantillons étudiés. Ils sont variables d'une parcelle à une autre, les résultats obtenus se résument dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Densités et degré d'infestation par les nématodes *Heterodera* et *Globodera* dans les parcelles prospectées.

La région			Genre en cause/Forme des kystes			
			<i>Globodera</i> /Arrondie		<i>Heterodera</i> /Citriforme	
Précédent cultural	Parcelle		Nombre des Kystes de <i>Globodera</i> sp	L2/g de sol	Nombre des Kystes d' <i>Heterodera</i> sp	L2/g de sol
Pomme de terre	Ain	I	3	0.36	0	0
		Mansour	II	31	3.72	2
	El houd	III	38	4.56	2	0.24
	Boudlal	IV	9	1.08	49	5.88

La présence des kystes du nématode à kyste de la pomme de terre (*Globodera* sp) a été mise en évidence dans toutes les parcelles étudiées, avec des degrés d'infestation variable d'une parcelle à l'autre (Voir. Tableau 17). Les résultats obtenus sont présentés dans l'histogramme ci-dessous (Cf. Figure 13), suivant :

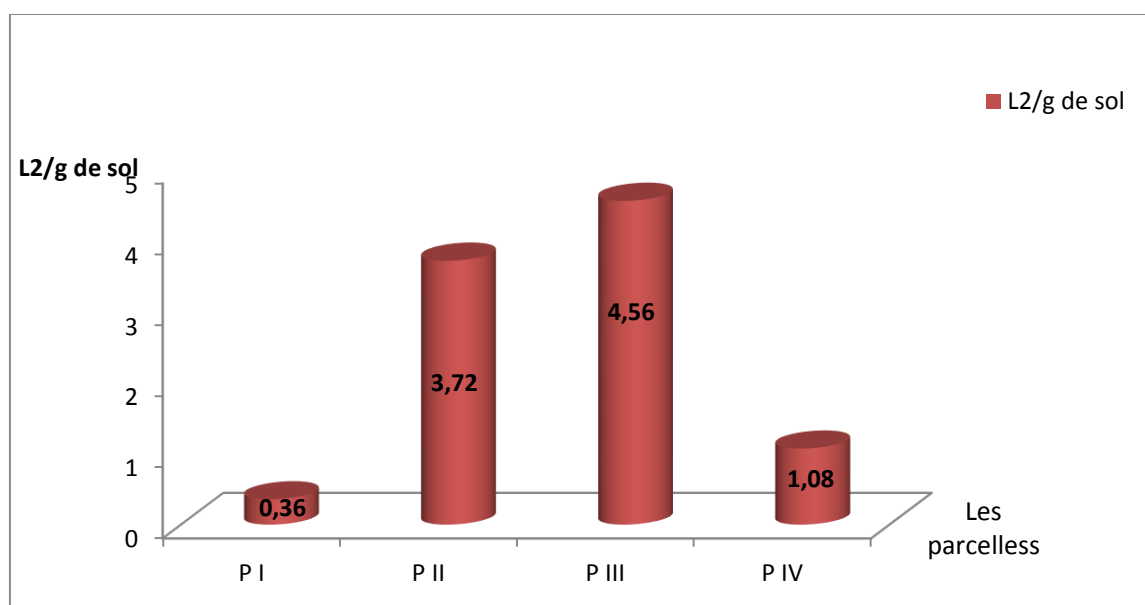


Figure 13 : Estimation de degrés d'infestation par le nématode à kyste *Globodera* sp au niveau des parcelles prospectées.

- A Ain Mansour, deux parcelles PI et PII ont été étudiées, le nombre de kystes enregistré est 3 kystes/2kg de sol avec un degré d'infestation de 0.36 L2/g de sol pour la parcelle I et de 31 kystes /2kg de sol avec un degré d'infestation de 3.72 L2/g de sol pour la parcelle II. D'après ces résultats, nous remarquons que la première parcelle est très faiblement infestée par rapport à la deuxième parcelle.
- L'analyse nématologique réalisée au niveau de la parcelle III à El houd révèle la présence de 38 kystes/2 kg de sol, avec un seuil de 4.56 L2/g de sol. 'est la parcelle la plus infestée par rapport aux autres parcelles.
- Pour la parcelle IV de Boudlal, le nombre des kystes est 9 kystes /2kg de sol avec un degré d'infestation de 1.08 L2/g de sol.

Ces résultats montrent que la P II et PIII sont fortement infestées par rapport aux deux parcelles I et IV

L'identification des kystes récupérés à partir de nos échantillons des sols révèle la présence des kystes de *Heterodera* sp à coté des kystes de *Globodera* sp dans les trois parcelles II, II et IV. Le degré d'infestation par le nématode à kyste *Heterodera* sp est présenté dans l'histogramme ci-dessous (Voir. Figure 14), suivant :

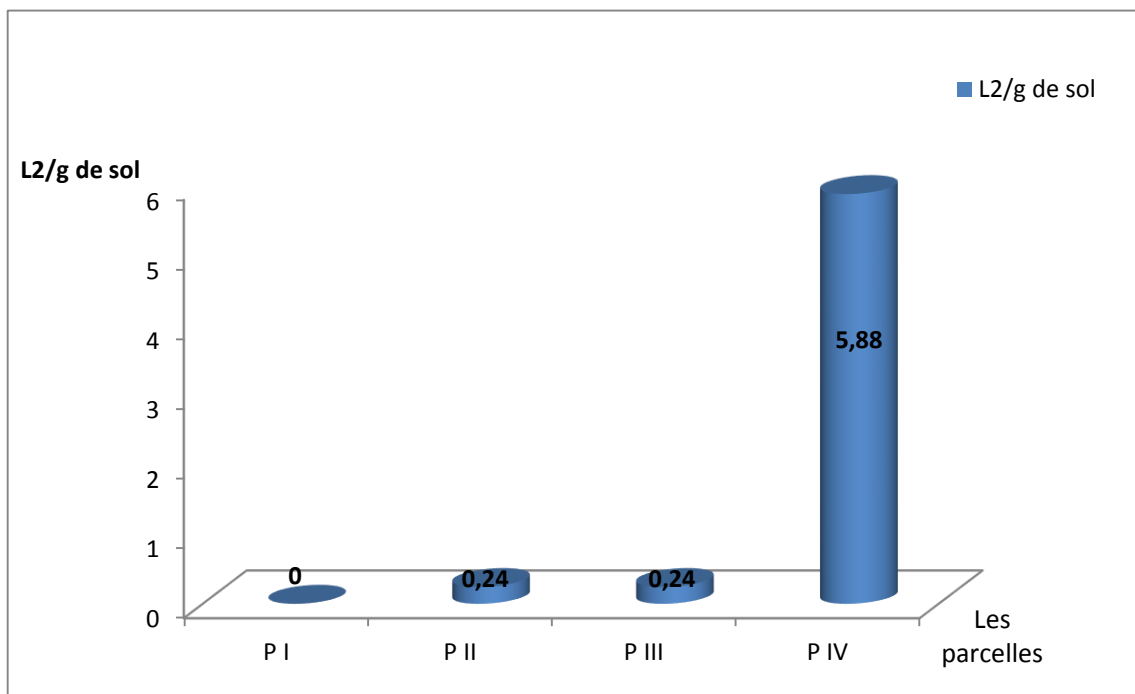


Figure 14 : Estimation du degré d'infestation par le nématode à kyste *Heterodera* sp au niveau de chacune des parcelles prospectées

Pour l'*Heterodera* sp, l'analyse nématologique révèle l'absence des kystes au niveau de la parcelle I par contre le nombre des kystes enregistré au niveau des deux parcelles II et III est de 2 avec un degré d'infestation de 0.24 L2/g de sol. Ces deux parcelles sont faiblement infestées. Dans la parcelle IV, nous avons enregistré un nombre plus élevé de kystes (49) avec un degré d'infestation de 5.88 L2/g de sol.

Nous remarquons dans l'histogramme ci-dessous (Voir. Figure 15), que les deux parcelles II et III sont fortement infestés par rapport aux deux autres parcelles I et p IV qui se sont révélées faiblement infestées par les kystes de *Globodera* sp. Pour l'*Heterodera* sp, l'analyse nématologique révèle l'absence des kystes au niveau de la parcelle et un degré d'infestation très faible (0.24 L2/g de sol) au niveau des parcelles (II.III), comparé à la parcelle IV qui montre un degré d'infestation plus élevé (5.88 L2/g de sol).

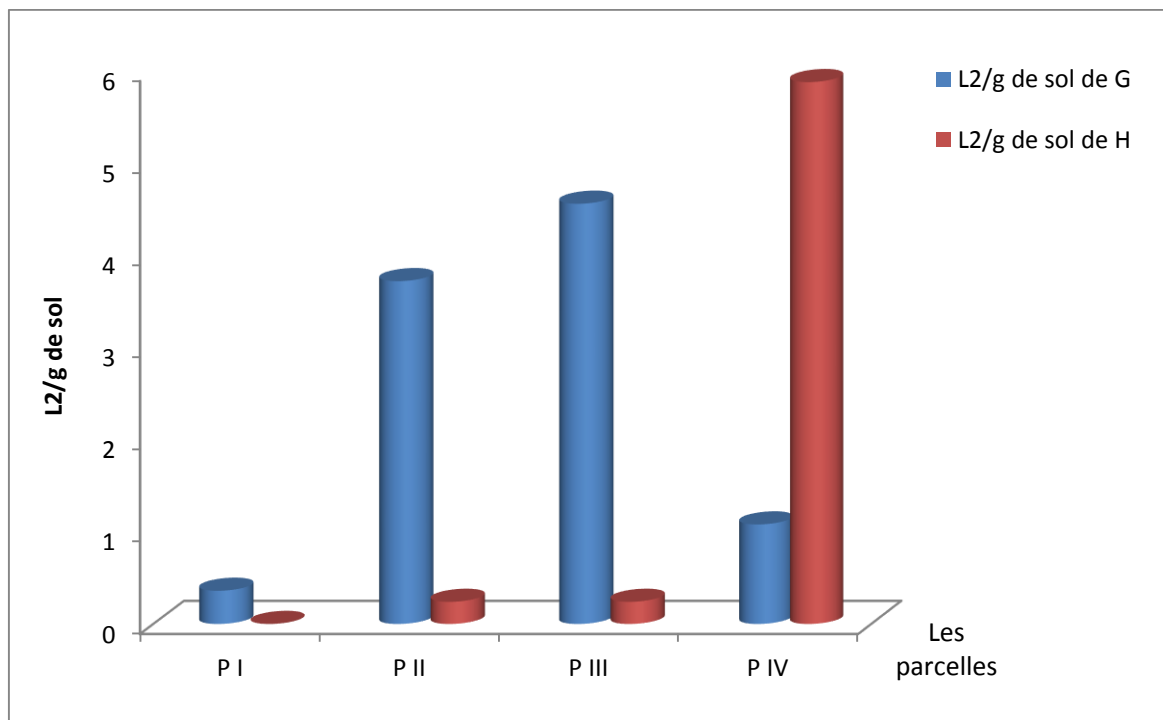


Figure 15 : Estimation des degrés d'infestation de nématode à kystes *Heterodera* sp (H) et *Globodera* sp (G) en fonction des parcelles.

II. Analyse Statistique des résultats

Dans l'objectif de vérifier l'existence une éventuelles déférence significative entre les moyenne des quatre parcelles prospectée de point de vue le nombre des kystes et le degré d'infestation de *Globodera* et *Heterodera*.

D'après l'analyse statistique des résultats de l'analyse nématologique a été effectué avec le logiciel l'Excel Statistica, ayant donné les résultats suivants :

Tableau 18 : Résultats de l'analyse de variance : effet significative entre le nombre des Kystes de *Globodera* et les nombres des Kystes de *Heterodera* dans les parcelles prospecté.

Variable	Rapport	F (Valeur observée)	F (Valeur observée)	p-value (bilatérale)	alpha
Nombre des Kystes de <i>Globodera</i>	0,501	0,501	15,439	0,584	0,05
Nombre des Kystes de <i>Heterodera</i>					

H0 : Le rapport entre les variances est égal à 1.

Ha : Le rapport entre les variances est différent de 1.

- La valeur de p-value calculée (Voir. Tableau 18) de 0.584 est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0,05, on peut valider l'hypothèse nulle H0 et le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est 58,44%.

Ce qui implique qu'il y a de différence significative entre le nombre des kystes *Globodera* sp et le nombre des kystes *Heterodera* sp.

Tableau 19 : Résultats de l'analyse de variance : effet significative entre le degré d'infestation des Kystes de *Globodera* et le degré d'infestation des Kystes de *Heterodera* dans les parcelles prospecté.

Variable	Rapport	F (Valeur observée)	F (Valeur observée)	p-value (bilatérale)	alpha
L2 de <i>Globodera</i>	0,501	0,501	15,439	0,584	0,05
L2 de <i>Heterodera</i>					

- La valeur de p-value calculée (Voir. Tableau 19) de 0.584 est supérieure à celle de seuil $\alpha=0,05$, on peut valider l'hypothèse nulle H_0 et le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est 58,44%.

Nous pouvons en fin conclure qu'il y a une différence significative entre le degré d'infestation de *Globodera* et le degré d'infestation de *Heterodera*.

III.2. Discussion

Les nématodes à kyste du genre *Globodera* de la pomme de terre sont considérés parmi les principaux ennemis de cette culture. Ils sont présents dans de nombreux bassins de production de pomme de terre où les dégâts sont parfois considérables (Coyne *et al.*, 2010).

La présence de ce nématode dans différentes régions du pays, a été signalée à Boumerdes et Chlef par Kacem en 1992, à Bouira par Merah en 1998, à Tipaza par Belhadj Ben Yahia en 2007. Il a également été signalé également récemment dans la région de Mila (Khenioui, 2011). Dans la région d'Ain Defla, la première détection du nématode a été faite en 1992 par Kacem. Les résultats obtenus dans la présente étude révèlent la présence de ce le nématode *Globodera* dans la région d'Aflou (Laghout) avec des degrés d'infestation variables d'une parcelle à autre.

La présence des kystes de *Globodera* peut s'expliquer par le fait que la production agricole est basée sur la culture de la pomme de terre dans toutes les parcelles prospectées. D'autres facteurs comme la nature de sol, les différentes pratiques culturales et conditions climatiques qui prévalent dans les lieux prospectés ((Kacem, 1992), peuvent également favoriser la persistance de ces kystes.

D'après les résultats obtenus les kystes de *Globodera* ont été décelés dans les trois parcelles I, II et IV ayant comme précédent cultural la pomme de terre variété "Spunta". La présence des kystes de *Globodera* au niveau de ces trois parcelles peut être liée à la sensibilité de cette variété (Belhadj Ben Yahia, 2007 et Hlaoua *et al.* , 2010). Les kystes de *Globodera* ont été également retrouvées dans la parcelle III, cultivée depuis deux ans par pomme de terre, par la variété "Sarpomira". La sensibilité de cette variété vis-à-vis le ce nématode n'a été étudiée au paravent.

Selon Mokhtari (2007), certaines variétés de pomme de terre, développent une résistance à l'attaque des nématodes tels que la pomme de terre "Condor". Ce n'est pas le cas des pommes de terre "Spunta", qui peut favorisée la pullulation des kystes de *Globodera*.

A **Ain Mansour**, une faible infestation par les kystes de *Globodera* sp a été enregistrée au la parcelle I (0.36 L2/g de sol), ce qui peut être liée au système de rotation appliqué qui peut réduire la population de ce parasite au niveau de cette parcelle. Pour ce système de rotation une culture non hôte a été utilisé "oignon" en alternance avec la pomme de terre (oignon /pomme de terre) (Voir. Tableau 15). D'autres auteurs, ont constaté qu'une rotation

culturelle, permet de maintenir ou de réduire les populations de nématode (Chauvin et al. (2008).

Dans la deuxième parcelle d'Ain Mansour une forte infestation par les kystes *Globodera* sp a été révélé (3.72. L2/g de sol). Elle Pourrait être due essentiellement à son précédent cultural la "pomme de terre" suivant la jachère non travaillée (Voir. Tableau 15) qui peut favoriser la pullulation des kystes. Certains travaux ont montré que les nématodes phytoparasites sont plus abondants dans les sols peu perturbés que dans les sols fréquemment travaillés (Yeates et al., 1991 ; Korenko et Schmidt, 2006). De sa part Mugniery (1975) a rapporté que le manque d'alternance des cultures favorise le maintien du nématode dans le sol. Certaines conditions favorables pour l'éclosion des œufs comme les conditions climatiques, la présence de la plante hôte et les exudats racinaires peuvent jouer un rôle important dans la persistance des kystes dans sol. Selon Taylor (1968), le bon enracinement et les exsudats racinaires de l'hôte stimulent l'éclosion des œufs de *Globodera* sp.

Les œufs du nématode *Globodera* sp peuvent rester à l'état latent pendant 10 ans, sans perdre leur pouvoir infestant, un constat qui démontre leur grande résistance dans le sol (Vallonton, 1983).

La parcelle III d'El houd est la plus infestée avec degré d'infestation (4.56 L2/g de sol), Ceci malgré les conditions défavorables au parasite (rotation représenté par des plantes non hôtes "blé dure"). Cette parcelle a été irriguée par aspersion, cela pourrait être l'un des facteurs qui ont favorisé la multiplication des populations de ce nématode (Voir. Tableau 15). Selon Reddy (1983), le système d'irrigation par aspersion favorise le développement de ce parasite, par contre, le système gouttes à gouttes défavorise le développement de ce nématode

Une faible infestation (1.08 L2/g de sol) a été enregistrée dans la parcelle IV de Boudlal. Ceci s'explique par l'effet de la jachère travaillée qui a duré deux ans (2011-2012) (Voir. Tableau 15). Une telle jachère est défavorable au développement de ces nématodes travaillés (Yeates et al., 1991 ; Korenko et Schmidt, 2006). D'après Greco (1988), le déclin annuel de population est de 20 à 60% en absence de la plante hôtes ou en jachère.

L'identification des kystes récupérés à partir de nos échantillons des sols révèle la présence des kystes de *Heterodera* sp à côté des kystes de *Globodera* sp dans les trois parcelles II, II et IV. Selon Mokabli (2002) les successions des cultures au cours de plusieurs

saisons peuvent déterminer la présence des espèces *Heterodera* sp ou, *Globodera* sp seules ou regroupées sur une même parcelle.

Au niveau de la parcelle I, nous avons noté l'absence totale des kystes d'*Heterodera* sp, ce qui la n'est pas étonnant vu que cette parcelle n'a pas été plantée de céréale auparavant.

Le degré d'infestation enregistré au niveau deux parcelles II et III était faible (0.24. L2/g de sol). Au niveau de la parcelle II le matériel infesté, le système d'irrigation par aspersion et à la nature du sol peuvent être à l'origine de cette faible infestation. Sachant que certains es conditions favorables à ce nématode tel que la jachère non travaillée.

L'infestation faible de la parcelle III par les kystes d'*Heterodera* sp peut s'expliqué par le système de rotation appliqué (blé dur /pomme de terre), favorable à son développement et à la propagation de kystes par différents facteurs comme les outils de travail de sol et la semence. Selon Reddy (1983) la polyculture au fil du temps régit cette répartition des espèces d'*Heterodera* sp et de *Globodera* sp. D'autres facteurs pourraient expliquer la fréquence d'une ou de plusieurs espèces comme la dissémination par un certain nombre de facteurs (vent, température, humidité, la texture du sol, l'aération, semence,...etc.) (Mugniéry, 1975).

Le niveau d'infestation des kystes d'*Heterodera* sp, s'élève à 4.50 L2/g de sol dans la parcelle IV (Voir. Tableau 20). Ceci s'explique par l'historique de la parcelle cultivée depuis 4 ans par le Blé dure trois ans de suite. Sachant que les kystes d'*Heterodera* sp peuvent persister des années dans le sol. L'existence DE plusieurs parcelles avoisinantes cultivées par pomme de terre et céréales peut être une éventuelle source de contamination. Selon Blancard (2006), les kystes peuvent facilement être transportés par les activités humaines (le matériel agricole, les chaussures, ou encoure l'eau d'irrigation). Le vent peut également propager les kystes, très légers, à plus longue distance. Ainsi dans l'absence de désherbage de la mauvaise herbe, peuvent constituer d'excellents hôtes pour ce parasite. En dehors céréales, *Heterodera* sp peut parasiter plusieurs graminées sauvages et cultivées (Mokabli *et al* ., 2001 ; Mokabli, 2002).

Heterodera sp est un nématode à kyste endoparasite sédentaire des racines des céréales. Selon Reddy (1983), Il a été découvert pour la première fois en Allemagne par Kuhn en 1874, C'est une espèce particulièrement ubiquiste que l'on retrouve dans toutes les régions du monde.

En Algérie, ce nématode a été identifié pour la première fois par Scotto la Massese (1961), Il a été mis en évidence par Lamberti et al, (1975) sur orge à Birtouta et sur blé à El Amra et à Sidi Bel Abbès. Des travaux de recherche ont été ensuite entrepris dans la région Ain Defla de Djendel par Lounis, Ferhaoui en (1993) et Hoceinia et de Djendel et par Azizi en Mitija. Ce nématode a été signalé dans d'autres zones céréalières telles que Tiaret, Mascara, Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Mostaganem, Bouira, Tissemsilt, Chlef, Alger, Blida, Bordj Bou Arréridj, Sétif, Tizi Ouzou, Constantine, Annaba et Béjaia (Mokabli, 2002).

L'utilisation raisonnée et intégrée d'un certain nombre de moyens aidé l'agriculteur à réduire les populations de ce nématode dans le sol. Parmi ces moyens :

- Il est conseillé d'introduire les cultures maraichères dans le système de rotation s'il s'agit d'un périmètre irrigué. Si ce n'est pas le cas, il faut faire des céréales, des fourrages ou bien la jachère travaillée afin d'éliminer les repousses, ce qui empêchera le cycle de s'accomplir. La rotation judicieuse avec des cultures non hôtes qui, d'après balandras (1988), reste le meilleur moyen de lutte cultural,
- L'utilisation des variétés résistantes ou tolérantes à ce nématode.
- Le labour d'été il est conseillé pour toutes les parcelles (la solarisation du sol permet une réduction importante de la population) et le nettoyage systématique des parcelles diminue le risque de propagation.

Au terme ce travail de recherche basé sur l'infestation des parcelles des pommes de terre par *Globodera* sp sur la commune d'Aflou. L'analyse nématologique est indispensable pour avoir une idée sur l'état d'infestation et estimer la densité de la population de ces nématodes néfastes et ce dans l'objectif de préconiser les moyens de lutte les plus efficaces.

Concernant nos futures perspectives, il serait intéressant de suivre l'évolution de l'infestation pour contribuer avec les services de la protection des végétaux à mieux maîtriser ce nématode surtout pour les zones destinées à la multiplication de la semence. Et pourquoi ne pas tester les variétés à l'égard des *Globodera* sp pour avoir une idée réelle sur leur résistance, leur tolérance ou leur sensibilité.

Conclusion générale

Conclusion générale

La culture de la pomme de terre prend la première place parmi les cultures maraichère dans la commune de Aflou, la demande en ce produit ne cesse pas d'augmenter durant toute l'année. Les nématodes à kystes de la pomme de terre sont des ravageurs importants de la culture de la pomme de terre et font l'objet d'une réglementation stricte de quarantaine dans de nombreux pays, dont la culture est obligatoire.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'infestation de quatre parcelles de pommes de terre, dans la région d'Aflou (willaya de Laghouat), par le nématode à kyste de la pomme de terre (*Globodera* sp), et ce dans l'objectif d'estimer le degré d'influence et étudier les facteurs pouvant influencer sur cette infestation. D'après les résultats obtenus, les kystes sont présents dans toutes les parcelles prospectées avec des densités variables d'une parcelle à l'autre. Après l'analyse nématologique, l'identification des kystes a été faite en se basant sur les critères morphologiques des kystes récupérés. Deux genres ont été identifiés : *Globodera* et *Heterodera*.

Concernant les kystes de *Globodera* sp, une infestation marquée a été enregistrée au niveau de la parcelle III d'El houd et la parcelle II de à Ain Mansour et un degré faible dans la parcelle IV de Boudlal (1.08 L2/g de sol) et au niveau de parcelle I de Ain Mansour (0.36 L2/g de sol).

Pour *Heterodera* sp, la parcelle I, nous avons noté l'absence totale des kystes, cependant un degré d'infestation très faiblement infestée a été enregistré au niveau des deux parcelles II et III (0.24 L2/g de sol). Dans la parcelle IV, nous avons estimé un degré d'infestation très marquée. Cette étude fait ressortir une différence entre les parcelles prospectées mais ne dépasse pas le seuil de nuisibilité qui est reconnu en Algérie (de 10 L2/g de sol), Il est nécessaire de varier les cultures afin d'exploiter des parcelles de polycultures et éviter les monocultures, tout en donnant plus d'importance aux cultures maraichère dans les rotations, surtout quand l'eau d'irrigation est disponible.

Nous avons mené une enquête dans la région d'étude, dans laquelle nous avons peut avoir des informations émanant des agriculteurs qui résume leur total méconnaissance, quant aux dégâts occasionnés par les nématodes à kystes et les moyennes de lutte utilisés.

Parallèlement, un suivi de l'évolution des densités des nématodes *Heterodera* sp et *Globodera* sp est impératif afin d'avoir une meilleure connaissance sur plusieurs années.

Une bonne maîtrise des facteurs favorisant la pullulation et la propagation des nématodes du genre *Globodera* et une bonne campagne de sensibilisation des agriculteurs sur les dégâts que peuvent occasionner ces nématodes à kyste, pourrait prévenir l'installation de ce ravageur dans nos plantations ainsi que la mise en place d'une bonne stratégie de lutte. Il serait intéressant de poursuivre les études en vue d'identifier les espèces de nématodes, et par la suite évaluer l'infestation au niveau de la région d'Aflou.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- A.C.I.A., 2006.** Gestion intégrée des nématodes à kyste de la pomme de terre. [http : //Publications.gc.ca /collection/collection-2010/agr/A52-138-2009-Fra.pdf](http://Publications.gc.ca/collection/collection-2010/agr/A52-138-2009-Fra.pdf).
- AMRAR M., 2013.** La culture de la pomme de terre : possibilité pour la transformation. Journée de la Pomme de Terre CCI DAHRA. Mostaganem, le 04/12/2013, ITCMI ,18 page.
- CIDES. 1999.** Cahier de références techniques. Micro propagation pour l'entreprise serricole. Centre d'Information et de développement expérimental en serriculture (CIDES) : <http://www.cides.qc.ca>
- Baloul D., 2012.** Contribution à l'étude de la bio écologie des nématodes à kyste, (*Globodera sp*) inféodés à la culture de la pomme de terre, Thèse de magistère en science Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger, 116p.
- Bélaïr G., 2005.** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes ... par la racine. *Phytoprotection*, 86(1) : 65-69.
- Belhaday Ben Bahia F., 2007.** Variation de l'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par les nématodes dorés du genre *Globodera*, test de sensibilité de deux variétés (Désirée et Spunta) au laboratoire. Mémoire d'ingénieur en Agronome. Institut National Agronomique. El-Harrach, Alger, 57p.
- Blancard D., 1998.** Les maladies de la pomme de terre, observée, identifiées, luttées. 210p. identifier, connaître, maîtriser, p 419-647.
- Blancard A., 2006.** Identification, polymorphisme et évolution moléculaire de gènes du pouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la pomme de terre *Globodera pallida*. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Rennes/Agrocampus, 264p.
- Boutehra R., 1992.** Effet de la jachère travaillée sur la mortalité des larves de *Globodera sp* sur la pomme de terre dans le domaine Boudhra (Ain taya), Th. Ing. Agro., Inst. Nati.Agro., El – Harrach, P. : 32.
- Brown E.B., 1969.** Assessment of the damage caused to potatoes cyst eelworm, *Heterodera rostochiensis* Woll. *Annals of Applied Biology*, 63: 493-502.
- CABI et OEPP., 1990.** Fiche informative sur les organismes de quarantaine *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*, CABI et l'OEPP, préparé par le CABI et l'OEPP pour l'UE sous contrat 90/399003, 6p.
- Caubel G., Persson F et Rivoal R., 1980.** Les nématodes dans les rotations céréalières. *Perspectives Agricol*, 36 : 31-48.
- Cayrol J.C., 1975.** Comment se maintenaient les nématodes dans le sol ? *Rev.P.H.M.*, 155 : 31-35.

Chauvin L., Caromel B., Kerlan M.C., Rulliat E., Fournet S., Chauvin J.E., Crenier E., Ellissèche D. et Mugniéry D., 2008. La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Cahiers Agricultures, 17(4) : 368-374.

Chehat M., 2008. La filière pomme de terre algérienne : une situation précaire. Journée d'étude sur la filière pomme de terre, situation actuelle et perspectives. INA El Harrach, le 18 juin 2008.pp 1-13p

C.N.C.C, 2001- Teste réglementaires relatifs aux semences et plants, 15p.

Cook R ., 1982. Cereal grass hosts of some graminous cyst nematodes. Bull. OEPP., V.12, N°4, Pp.: 399-411.

Coyne D.L., Nicol J.M. et Claudius – Cole B., 2010. Les nématodes des plantes : Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Ed. IITA (International Institute of tropical Agriculture), Nigeria, 93p.

Dalmasso A.et Missonnier J., 1986. La lutte intégrée contre les nématodes des cultures : Intérêt des variétés .Rev . Phytoma, Défense des cultures, Paris, Pp. : 13-16.

Darpoux R. et Debelley M., 1967. Les plantes sarclées. Ed, BAILLIERE et FILS, Paris, 307p.

De Guiran G., 1983. Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés. Ed. Littorale S.A., Béziers, France, p41

Den nus I. et Karssen G., 2002. Protocol for the diagnosis quarantine organisms (*Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*), Netherlands, plant protection Service, EPPO list : No. 124,10p.

Djebroune A., 2011. Etude des nématodes à kyste du genre *Globodera* inféodent à la culture de la pomme de terre dans la willaya d'Ain Defla. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Centre universitaire de Khemis Miliana, 116p.

Djebroune A., 2013. Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kyste, (*Globodera sp*) inféodés à la culture de la pomme de terre, Thèse de magistère en science Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger, 371p.

DSA. 2012. (La production de culture maraîchère) 2012. Secteur Agriculture Laghouat.

DSA. 2013. Direction des Services Agricoles, Rapport Statistique agricoles. Laghouat.

DSA. 2014. (La production de pomme de terre) 2014. Secteur Agriculture Laghouat.

FAO. 2007. (La production de pomme de terre) Bulletins statistiques de la FAO .2007 [http//WWW.foo.org](http://WWW.foo.org).

FAO, 2008. Climat change and Food Security : a Framework for Action, Rome, 2008 (Document publié pour la conférence de Bali).

Ferhaoui S., 1993. Contribution à l'étude de la bio écologie du nématode à kyste de céréale *Heterodera avenae* (Nematoda : *Heteroderidae*) dans la région de Djendel. Essai de comportement variétal. Thèse ing., agro., Inst., nati., agro., El-Harrach, Alger, 123p.

Frezal P., 1954. Importance et répercussion de la contamination de l'Algérie par le nématode doré, Acad., Agri., France C.R., Hebdo., Séance 2, pp : 71-74.

Gaouas A., 1990. Cours de pédologie et mise en valeur des terres. Département des sciences du sol, INA, El Harrach, 76p.

Golden A.M. et Ellington D.M.S., 1972. Redescription of *Heterodera rostochiensis* (Nematoda: *Heteroderidae*) with a key and notes on closely related species. Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 39(1): 64-78.

Greco N., Inerre R.N., Brandonisio A., Tirro A. et Marinis G., 1988. Life cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. Nematol Medit., 16: 69-73.

Groza M., Rosea I., Costache C. et Boros L., 2011. Research regarding the identification of *Globodera spp.* Using morphological characters and polymerase chain reaction in Romania. Scientific papers, UASVM Bucharest, Serues A, Vol. IIV: 409-413.

Hajihassani A., Ebrahimian E and Hajihassani M., 2013. Estimation of yield damage in potato caused by Iranian population of *Globodera rostochiensis* with. Int.J.Agric.Biol., 15: 352-356.

Hammouda C., 1991. Bio systématique de deux espèces de *Globodera*, *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis*. Nématode à kystes sur pomme de terre, Thèse ing. Agro. INA, El Harrach, 50p.

Hawkes J.G., 1990. The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources. London. Belhavenpress, 259p

Hlaoua W., Kallel S, et Horrigue – Raouani N., 2010. Effets des composantes de l'environnement et des pratiques culturales sur les communautés des nématodes associées à la culture de pomme de terre en Tunisie. Nématol médit, 38 : 13-26.

Ibrahim S.K., Minnis S.T., Barker A.D.P., Rossell M.d., Haydock.P.P.J., Evans K., Grove I.G., Woods S.R. et Wilcox A., 2001. Evaluation of PCR, IEF and ILISA technique for the detection and identification of potato cyst nematodes from field soil samples in England and Wales. Pest Management science, 57(11): 1068-1074.

INPV. 2003. (Institut National de la protection des végétaux). Nématode à kyste de la pomme de terre. *Globodera rostochiensis* et *G. pallida*. Ed. INPV.4P.

I.T.C.M.I, 2002. Guide pratique du plant de pomme de terre. I.T.C.M.I, 19p.

- I.T.C.M.I., 2005** (Institut Technique des Cultures Maraichère et Industrielles). La production de la pomme de terre en Algérie. Agriculture et développement. Ed. INVA, Alger, pp.8-10.
- I.T.C.M.I., 2013.** Culture de la pomme de terre. Br., 10p.
- Javier F. 1972.** Nématode kyste de la pomme de terre "*Globodera spp*" In Richard L. Sauyer. Directeur général du CIP. La pomme de terre Bulletins d'information technique 1à 9.Ed. CIP.136p.
- John W. Marshal L. 1993.** Detecting the presence and distribution of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* mixed populations in New Zealand using DNA probes, Rev. New Zealand, Journal of Crop and Horticultural Science, Vol.21: 219-223.
- Jolivet E., 1969.** Physiologie de la tubérisation. Ann. Physiol. Veg. 11: 265-301.
- Kacem N., 1992.** Répartition des nématodes à kystes de la pomme de terre dans la willaya de Boumerdes. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut Agronomique El-Harrach, Alger, 72p.
- Khenioui A., 2011.** Impact des rotations sur l'infestation des cultures de céréales et de la pomme de terre par les nématodes à kyste du genre *Heterodera* et *Globodera* dans la région de Mila. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique. El-Harrach, Alger, 88p.
- Kiezebrink D., 2004.** Life cycle of *Globodera spp*: PNC control group, Nématode Interaction Unit, 2p.
- Lambert F., Greco N. et Zaouchi H., 1975.** Etude sur les nématodes et chez les palmiers dattiers et autres cultures importantes en Algérie. Bull. Phytosanitaire, F.A.O., N°23, Pp. :156-161.
- Laumonnie R., 1979.** Culture légumière et maraichères. Ed. Baillère, Tome 3, pp92-105.
- Leveillard J.P., 2011.** Pomme de terre. Bulletin de santé du végétal, région centre, n°3, 3p.
- MADR. 2007.** Ministère de l'Agriculture et du développement Rural., 2007- Bulletin Statistique agricoles, série B.
- MADR. 2009.** Ministère de l'Agriculture et du développement Rural., 2009- Bulletin Statistique agricoles, série B.
- MADR. 2013.** statistique agricole : superficie et production, série B -2000-2013.
- Mateille T., 1996.** Initiation a la nématologie : application aux !' cultures maraichères. département de formation en protection des végétaux, Niamey BP 12625 – Niger.52.

- Mazouz K., 2011.** Etude préliminaire de la répartition et de la distribution des nématodes à kystes de la pomme de terre, du genre *Globodera* dans la wilaya de Chlef. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Université Hassiba Ben-Bouli, Chlef, 75p.
- Merah F., 1998.** Etude comparative de l'infestation des régions du littoral et les plaines intérieures par le nématode doré de la pomme de terre. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 74p.
- Meziane D., 1991.** Histoire de la pomme de terre. Diététique (25) : 29.
- Mokabli A., 2002.** Biologie des nématodes à kystes (*Heterodera*) des céréales en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doct., Inst. Nat. Agro., El Harrach. 63p.
- Mokhtari A., 2007.** Contribution à l'étude de l'impact d'une rotation sur l'évolution des densités de deux nématodes *Heterodera* et *Globodera* (nématoda-*Heteroderidae*) à Mekhtaria (Ain Defla). Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique. El-Hrrach, Alger, 84p.
- Moule C., 1982.** Plantes sarclées et diverses. Ed. Maison rustique, Paris, 399p.
- Mugniery D., Scotto la masses C., Ritter M., Bourdin J., Schneider J. et Joubert J., 1973.** Etat des taux de recherches sur les nématodes à kystes de la pomme de terre, Revue pomme de terre Française, n427, Paris, Pp. : 34-43.
- Mugniery D., 1975.** Importance des dégâts provoqués par les nématodes à kystes de la pomme de terre : *Heterodera pallida* et *Heterodera rostochiensis* (Woll). Ext. Pro. VER., Ac. Agri., France, Pp. : 636-644.
- Mugniéry D., 1978.** Vitesse de développement, en fonction de la *Globodera rostochiensis* et *G. pallida* (Nematoda : *Heteroderidae*). Rev. Nématol., 1(1) : 3-12.
- Mugniéry D., 1979.** Hybridation entre *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) et *G. pallida* (Stone). Revue de Nématologie, 2(2) : 153-159.
- Mugniéry D., 1982.** Diversités régionales d'application de lutte intégrée en culture de pomme de terre en fonction de la variabilité des populations de nématodes à kystes I.N.R.A., Rennes 2 (7) : 629-644.
- Mugniéry D. et Fayet G. 1984.** Détermination du sexe de *Globodera rostochiensis* Woll, et influence des niveaux d'infestation sur la pénétration, le développement et le sexe de ce nématode. Revue de Nématologie, 7(3), 233-338.
- Mugniery D., Blandras C., Marzin H. et Rousselle P., 1988.** Les nématodes à kystes de la pomme de terre, distribution, nuisibilité, lutte. Ann. ANPP, Conf. Inter. Mal. Plantes, Bordeaux, Lac., Pp. : 658-666.

- Mugniéry D., Robert Y. et Blanc M., 1996.** Ennemis animaux : Nématodes. Pp 163-183 in Rousselle P., Robert y. et Crosnier J.C., (Eds), la pomme de terre : production, amélioration ennemis et maladies, utilisation. Ed. INRA, Paris, 607p.
- Nakachia J.M. et Jacqement R., 1971.** L'analyse nématologique. Pp. 759-792 in les nématodes des cultures -journées d'études et d'information. Ed. ACIA et PNGPC, Paris, 828p.
- Nobbs J. M., 1989.** Identification of *Heterodera* and *Globodera* CAB, Inter. Parasito. Fourth inter trining course on the identification of plant parasitic nematodes of economie important. 13p.
- Noir S., 2002.** Diversité des gènes de résistance au sein du génome des caféiers (*Coffea*L.) Analyse génétique de la résistance au nématode à galles, *Meloidogyne exigua* chez *C. arabica*. Université Montpellier II.
- OECD, 1997.** Consensus Document on the Biology of *Solanum tuberosum* subsp. *Tuberosum* (potato). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, N°8, OECD, Paris, 38p.
- OEPP, 2006. PM. 3/68 (1) :** procédures phytosanitaires : test de variétés de pomme de terre pour évaluer leur résistance à *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*, 3p.
- OEPP/EPPO, 2009. PM 7/40(1):** *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallid*, Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 34: 309-314.
- Parviz E.Bryan.1972.** Nématode kyste de la pomme de terre In Richard L. Sawyer. Directeur général du CIP. La pomme de terre Bulletins d'information technique 1à 9.Ed. CIP.136p.
- Peachy J.O., 1969.** Lutte contre les nématodes parasites des plantes. Action des fumigants dans le sol. Span, Vol.12, T.2, St Albans, pp 78-80.
- Picard D., 2005.** Génétique des populations et phytogéographique du nématode à kyste de la pomme de terre (*Globodera pallida*) au Pérou. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Rennes 1/Agro Campus, 185p.
- Poignant P., 1951.** Quelques notes sur le nématode doré de pomme de terre .Rev. Phytoma, n°23, Pp. : 20-21.
- Polypenko L., Uehara T., Phillips M., Sigareva D. et Blok V., 2005.** Identification of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* in the Ukraine by PCR. European journal of plantpathology, 111(1): 39-46.
- Quezel P. & Santa S., (1962-1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales 1-2. C.N.R.S. Paris : 1170.
- Rayan A., 2011.** La production de pommes de terre en Algérie en 2010. <http://www.algerie-dz.com/article19137.html>

- Reddy P.P., 1983.** Plant nématology. Agric. Publis. Acad., India, 287p.
- Rezki F., 1996.** Etude de l'interaction entre les nématodes à kystes (*Globodera*) et les nématodes à galles (*Meloidogyne*) à une température de 25°C cycle de développement de *Globodera*. Th. Ing. INA. El- Harrach, 51p.
- Riga E., Perry R.N et Barrett J., 1996.** Electrophysiological analysis of the response of males of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* to their female sex pheromones and to potato root diffusate. *Nematologica*, 42: 493-498.
- Rivoal R., 1983.** Biologie d'*Heterodera avenae*. Wollenweber en France. III. Evolution des diapauses des races. Fr1 et Fr4 au cours de plusieurs années Consécutives : Influence de la température. *Rev. Nématol.*, V.6, N°2, Pp. : 157-164.
- Robuchon S.I., 1994.** Le meilleur et le plus simple de la pomme de terre. Ed. Robert. Laffont, 250p.
- Rousselle P., Robert Y., Crosnier J.C., éd INRA, 1996.** La pomme de terre production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. 607p
- Salazar A. et Ritter E., 1993.** Effects of day length during cyst formation, storage time and temperature of cysts on the in vitro hatching of *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Fundam. Appl Nématol.*, 16(06): 567-572.
- Schneider J., 1971.** Les nématodes à culture, Ed, A.C.T.A., Pp. : 328-343.
- Scotto La Massèse C., 1961.** Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie, journées d'étude et d'information, Versailles, pp.83-109.
- Sellami s., Lounici M., Eddou D. et Benseghir H., 1999.** Distribution eplantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abri plastique en Algérie. *Nematol. Medit.* 27: 295-301.
- Sijmons P.C., Atkinson H.j. and Wyss U., 1994.** Parasitic strategies of root nematodes and associated host cell responses. *Annual. Review of Phytopathology*, 32: 235-259.
- Sirca S., Gerie S.B., Strajnar P. et Urek G., 2010.** PCR-AFLP diagnostic method for identifying *Globodera* species in Slovenia. *Phytopathology Mediterranean*, 49: 361-369.
- Skantar A.M., Handoo Z.A., Carta L.K. and Chitood D.J., 2007.** Morphological and molecular identification of *Globodera pallida* associated with potato in Idaho, *Journal of Nematology*, 39(2): 133-144.
- Soltner D., 1988.** Les grandes productions végétales. Collection Scientifique des Technologies Agricoles. 16ème édition: 494p.

Soltner D., 2005. Les grandes productions végétales. Ed. CSTA (Collections Sciences et techniques agricoles), Angers. 490p.

Stone A.R., 1972. *Heterodera pallida* n'sp. (Nematoda: *Heteroderidae*), a second species of potato cyst nematode. *Nematologica*, 18(4): 591-606.

Sullivan M., Inserra R.N., Franco J., Moreno-Leheude A. and Greco N., 2007. Potato cyst nematodes: plant host status their regulatory impact. *Nematropica*, 37: 193-201.

Sys A., 1980. *Potato* évolution. Part II, state university of gent, Belgium, 319p.

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

Taylor A.L. and Sasser J.N., 1978. Biology, identification and control of root knot nematode (*Meloidogyne spp.*). North California State University graphs, Raleigh, N.C. 111 p.

Vallanton R., 1983. Les nématodes à kystes de la pomme de terre, Rev. Suisse, Agri., Vol. n°5, Pp. : 201-204.

Vejl P., Skupinova S., Sedlak P. and Domkarov J., 2002, Identification of PCN specie (*Globodera rostochiensis*, *G. pallida*) by Using of ITS-1 region's polymorphism. *Rostinna Vyroba*, 11: 486-489.

Volvas N., 1985. Morphology and histopathology of the cereal cyst-nematode, *Heterodera avenae* Woll. attacking wheat, oats and barley in Italy. *Rev, Nematol, Medit.*, V.13, Pp.: 87-96.

Whitehead A.G., 1997. Plant nematode control, Ed, CIP, Pp.: 146 – 166.

Wolfgag R.et Wacler R., 1991. Maladies et ravageurs de la pomme de terre, Ed.TH. MANN, France, Pp. : 131-134.

Annexes

Annexe

Fiche d'enquête :

Date de visite :

Station : Région :

Statut : familial locataire société propriétaire coopératif

Superficie de l'exploitation :

Précédents cultural : Variété :

Cultures voisines : Variété :

Culture en place : Variété : stade végétatif :

Date de semis : Date de plantation :

Surface : Distance de plantation :

Façons culturales : Travaux de sol, fertilisation,

Système d'irrigation : Arrosage : fois par semaine

Les traitements :

-
-
-

Pratiquez- vous la jachère

.....

Tableau 20: Présentation de superficie en irrigué, rendement et prévision de production de blé dur et orge, des années 1996-2006, 2006-2012.

En irrigué						
Aflou	Espèce	Superficie emblavée	Superficie A moissonné	Rendement (Qx/ha)	Prévision de production	Espèce
					(Qx/ha)	
	Blé dure	120	20	10	200	/
	Orge	140	140	12	1680	/

Source : DSA, 2012

Tableau 21: Les données météorologiques de la région de Laghouat durant la période 2002-2012.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Moy
P (m)	10. 61	07. 41	13. 77	<u>25.</u> <u>17</u>	11. 1	09. 82	5.5 6	13. 52	<u>27.</u> <u>48</u>	<u>24.</u> <u>35</u>	13. 36	11. 30	14.45
T (C°)	8.1 7	9.5 6	13. 72	16. 20	22. 37	28. 08	32. 16	30	25	19. 5	12. 5	8.7 8	18.84
H (%)	66. 72	59. 54	46	45. 90	40. 27	36. 18	28. 54	32. 18	46. 63	56. 36	64. 63	<u>68.</u> <u>45</u>	49.26
V (m/s)	2.7 8	3.5 8	3.7 6	4.5 1	3.7 2	3.5 9	3.7 2	3.2	2.8 9	2.4 6	2.7 4	<u>2.8</u> <u>3</u>	3.28
Nbre de jrs de gelée	8.4 5	4.3 6	0.2 7	00	00	00	00	00	00	00	0.0 9	5	1.51

ONM ; Laghouat, 2014

T (C°) : Température exprimée en degrés Celsius.

P (mm) : Précipitation en millimètre.

P (mm) : Précipitation en millimètre.

H (%) : Humidité relative.

V (m/s) : Vent en mètre par seconde

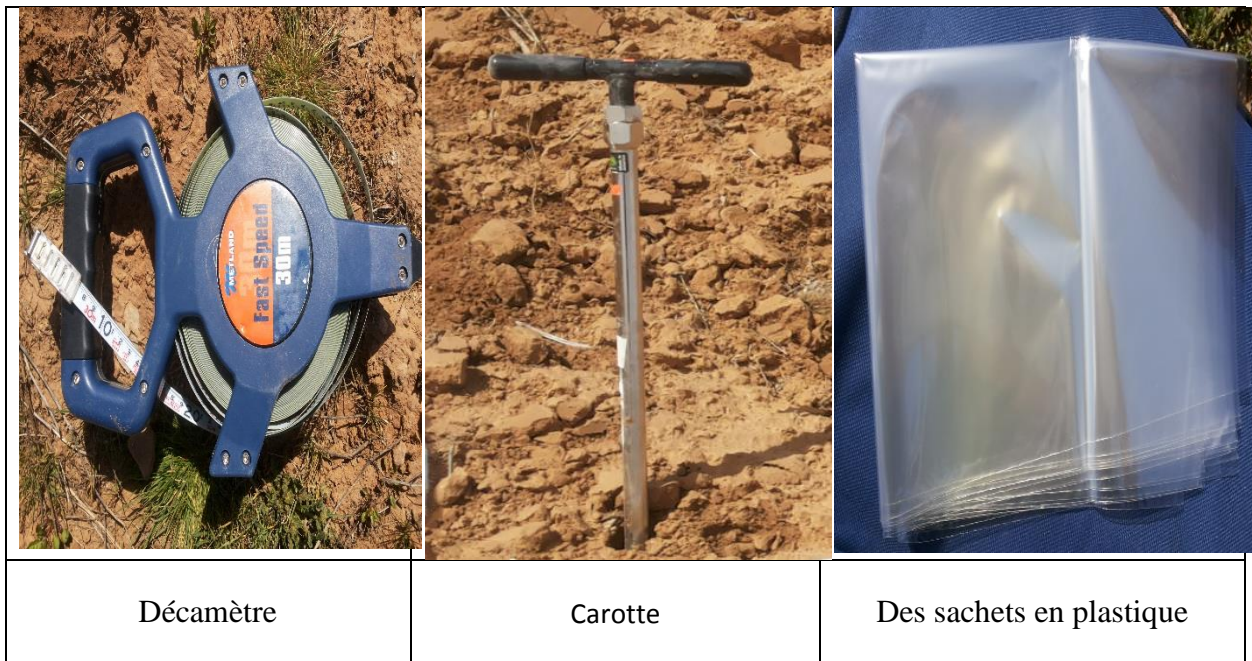


Planche 06 : le matériel de l'échantillonnage de sol.



Planche 07 : Appareil de Fenwick et technique d'extraction des kystes

Les légendes :

- | | |
|---------------------------|------------------|
| 1- Passoire (1mm). | 5- Tamis 250 µm. |
| 2- Déversoir (Gouttière). | 6- Papier filtre |
| 3- Orifice de l'appareil. | 7- Entonnoir. |
| 4- La base de récipient. | 8- Erlen-Meyer. |



Une loupe binoculaire
(G.1.6x10)



Une pissette



Un pinceau- épingle avec
les boîtes de pétri

Planche 08 : Matériel utilisé dans la récolte des kystes (*originale, 20014*).

Tableau 22 : Les nématodes autorisés en Algérie (vis-à-vis de la pomme de terre).

produit	Matière active	formule	La dose utilisée	Utilisation de produit
BASAMID	Dazomet 98%	GR	60 g /m ²	Nématodes à kystes et autres nématodes de la pomme de terre
D.D.92	Dichloropropéne 1113 g/l Dichloropropane 48g/l	SL	150-550 l/ha	Nématodes ectoparasites et endoparasites des organes souterrains sur toutes les cultures
MOCAP 10G	Ethoprophos 10%	GR	3x50 kg/ha	Nématodes des cultures sous terrain
NEMASOL	Metamsodium 51g/l	SL	100 l/ha	Nématodes ectoparasites et endoparasites des organes souterrains sur toutes les cultures
RYGBY 10G	Cadusafos 10%	GR	60 kg/ha	Nématodes des cultures sous serre et de la pomme de terre
FUMICAL	Metam Sodium 510 g/l	SL	1000 l/ha pour nématode et 1/m ³ pour désinfection du terreau	Nématodes ectoparasites et endoparasites des organes souterrains sur toutes les cultures . désinfection du terreau
NEMACUR 10 %	Phenamiphos	GR	30-40 kg/ha	Sur la pomme de terre

(I.N.P.V., 2003)

SL : Solution,

GR : Granule,

GR : Granule

EC : Concentré émulsifiable