

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
جامعة جيلالي بونعامة
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production végétale

Bioécologie des nématodes à kystes du genre *Globodera* inféodés à la culture de la pomme de terre

Présenté par:

- Melle TELDJOUNE Nassima
- Melle MACHIDI Malika

Devant le jury :

M. ABDERAHMANE O.	MCB	Président	(U.D.B Khemis Miliana)
Mme. DJEBROUNE A.	MCA	Promotrice	(U.D.B Khemis Miliana)
Mme. TABOUCHE A.	MAB	Examinatrice	(U.D.B Khemis Miliana)

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Toute notre gratitude, grâce et remerciements au bon Dieu qui nous a donné la force, le courage, la patience, l'amour du savoir et la volonté d'élaborer ce travail.

Toute notre gratitude, grâce et remerciements au bon Dieu qui nous a donné la force, le courage, la patience, l'amour du savoir et la volonté d'élaborer ce travail.

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice **Mme. DJEBROUNE A.** pour nous avoir encadrés, pour ses orientations, ses conseils judicieux et sa disponibilité. Elle a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt.*

*Nos vifs remerciements vont également à **M. Abderrahmane O.** d'avoir bien voulu présider le jury et juger ce travail.*

*Nos remerciements les plus chaleureux à **Mme. TABOUCHE A.** d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.*

*Nous remercions l'ensemble du personnel du laboratoire de recherche de l'université Djilali Bounaama Khemis Miliana et particulièrement le Directeur **M. LAZALIM.** et l'ingénieur du laboratoire **Mme MEKJATI W.***

*Nos remerciements et notre gratitude au groupe de la bibliothèque et d'internet de Djilali Bounaama Khemis Miliana et à la résidence de l'université de Ben Hanour Fatima à Khemis Miliana dirigée par **M. MATEN M.***

*Nous remercions **tous les agriculteurs,** d'avoir accepté notre échantillonnage du sol.*

*Nous adressons nos remerciements à **M. MOKABLI A.** pour ses conseils avisés et ses remarques constructives.*

En fin une haute gratitude et mes remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Grand merci à tous

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À l'être le plus cher du monde ma mère qui est pour un bel exemple de courage, de sagesse et de sens du devoir, les mots sont bien trop faible pour lui exprimer toute ma reconnaissance. Que Dieu la garde et protège.

À celui qui m'a enseigné tendresse sans attendre... à porter son nom fièrement ... qui m'a toujours soutenu, et a été toujours présent pour moi mon très cher père.

À mon soutien et à ma force, mon frère bien-aimé Abbas, la lumière de nos vies, que dieu le protège et protège.

À mes chères sœurs : horia et son enfant Adam et son mari Hamid, fayza et ses enfants Mohamed et ranime et son mari Larbi.

À mon âme sœur et confidente au bout du cluster ma sœur Lamia et son cher mari Amin.

À ma deuxième famille : Abdou Khadidja Iman Rachid Jouri Tasnim.

À ma chère grand – mere saada.

À ma binôme Malika et sa famille machidi

À mes très chères amies : Zahra wiaam ratiba Saada lwiza habiba nadjia Yasmine nassira Yamina Fouzia Aicha Hakima thaldja fahima sabrin Wardia thaldja fahima basma Amina Dalila Fatima Djamilia Marawa Chirfa et Khadidja.

À tous mes collègues de la promotion Master 2 production végétale 2021/2022.

Nassima

Dédicaces

A mon très cher père Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement jusqu'à ce jour, pour son amour, Et ses encouragements. Que ce travail, soit pour vous, un faible témoignage de ma Profonde affection et tendresse. Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde Santé, bonheur et te protège de tout mal.

A ma très chère mère autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et Affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études.

Qu'ALLAH te protège et te Donne la santé, le bonheur et longue vie.

À mon seul frère, mon amour, la plus belle bénédiction de Dieu, Ghano, que Dieu te protège, Zia de nos vie.

A mon gentil cousin, frère Ilyas, qui m'a soutenu tout au Long de mon parcours.

A mes chères sœurs Chaima Fatima Et ses enfants Malek, Mariam Mohammed amine et à son mari Bilal que dieu les protèges.

Aux être chers dans mon cœur, Naima Karima Fatima Noura et Malika, que dieu nous rassemble

A ma chère grand-mère, Mariam, que dieu lui donne longue vie.

A mes oncles particulièrement chers à mon cœur Yahia et Rayane.

A ma binôme Nassima et sa famille Teldjoune.

A mes très chères amies : Wardia Sabrina Saada Habiba Wiaam Cherifa Djamilia Nassira Marawa Khadidja et Zahra.

A tous mes collègues de la promotion Master 2 production végétale 2021/2022.

Malika

Liste des figures

Figure 1 :Plant de la pomme de terre	4
Figure 2 : principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre	6
Figure 3 :coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre	7
Figure 4 : cycle végétatif de la pomme de terre	8
Figure 5 : répartition géographique des <i>Globodera</i> dans le monde	22
Figure 6 :structure d'un nématode femelle	24
Figure 7 :femelle de <i>Globodera pallida</i> (A) et <i>G. rostochiensis</i> (B) sur les racines de pomme de terre	24
Figure 8 : adulte male d'un nématode à kyste de la pomme de terre	25
Figure 9 :description morphologique de <i>Globodera</i> (A) kyste de <i>Globodera</i> sp.(B) kyste ouvert de <i>Globodera</i> sp.	25
Figure 10 : cycle de développement des nématode à kystes de la pomme de terre	27
Figure 11 : carte géographique de la wilaya d' ain defla	34
Figure 12 : carte géographique de la wilaya de chlef	36
Figure 13 :prélèvement des échantillons du sol	38
Figure 14 : conditionnement des échantillons.....	38
Figure 15 : séchage de sol à l'aire libre.....	39
Figure 16 : prise du piods du l'échantillon.....	40
Figure 17 :appariel de Fenwick	41
Figure 18 :extraction des nématodes à kyste à l'aide de l'appariel de Fenwick	42
Figure 19 :Récupération de l'extrait de tamis	42
Figure 20 :séchage naturellement à température ambiante du filtre et son contenu	43
Figure 21 : papiers filtre contenant l'extrait dans des boîtes pétri étiquetées.....	43
Figure 22 :prélèvement des kyste sous une loupe binoculaire.....	44
Figure 23 :Kyste de <i>Globodera</i> présentant différentes couleurs et tailles observés sous loupe binoculaire au grossissement (G : 10×2)	46
Figure 24 : les larve et les oeufs de <i>Globodera</i> sous loupe binoculaire (10X4)	47
Figure 25 :pourcentage des échantillons de sol infestés et non infestés par les <i>Globodera</i>	48
Figure 26 : importance de l'infestation évaluée en nombre de kyste en fonction des parcelles dans les wilayas d'ain defla et chlef	51
Figure 27 :degrés d'infestation dans les différentes parcelles des deux wilayas prospectées..	51

Figure 28 :nombre moyen d'oeufs et larves L2 par kyste dans les parcelles infestées des deux wilays52

Liste des tableaux

Tableau 1 :evolution de la superficie , de la production et du rendement de la pomme de terre dans le monde entre 2008 et 2020	14
Tableau 2 :principaux pays producteurs de pomme de terre en 2020	14
Tableau 3 :production et superficie de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs en Afrique en 2020	15
Tableau 4 :evolution de la production ,de la superficie et du rendement de la pomme de terre en Algirie durant la période allant de 2008 à 2020	16
Tableau 5 :principales maladies de la pomme de terre.....	16
Tableau 6 :principaux ennemis de la pomme de terre.	19
Tableau 7 :les région étudiées et des informations sur les parcelles prospectées et les échantillons prélevés.....	38
Tableau 8 :fréquence de <i>Globodera</i> sp. dans l'ensemble des échantillons des sol.	47
Tableau 9 :Résultats de l'analyse nématologique des parcelles prospectées.	49

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.1. Origine et historique	3
I.2. Taxonomie	3
I.3. Caractéristiques morphologiques	4
I.3.1. Partie aérienne	4
I.3.1.1. Tiges	4
I.3.1.2. Feuilles	4
I.3.1.3. Fleurs	5
I.3.1.4. Fruits	5
I.3.2. Partie souterraine	5
I.3.2.1. Racines	5
I.3.2.2. Stolons.....	5
I.3.2.3. Tubercules	5
I.4. Mode de reproduction	7
I.4.1. Cycle sexué	7
I.4.2. Cycle végétatif.....	7
I.4.2.1. Repos végétatif (dormance)	8
I.4.2.2. Croissance des germes.....	8
I.4.2.3. Croissance et développement végétative.....	8
I.4.2.4. Tubérisation.....	8
I.5. Techniques culturales	9
I.5.1. Préparation des plants.....	9
I.5.2. Fertilisation.....	10
I.5.3. Irrigation	10
I.6. Exigences de la culture de pomme de terre.....	11
I.6.1. Exigences climatiques	11
I.6.1.1. Température.....	11
I.6.1.2. Lumière	11

I.6.1.3. Humidité	11
I.6.2.Exigences édaphiques	12
I.6.2.1. Structure et texture du sol	12
I.6.2.2. Acidité du sol.....	12
I.6.2.3. Salinité du sol	12
I.6.2.4. Calcaire	12
I.7.Variété	12
I.7.1. Pomme de terre primeur	12
I.7.2.Pomme de terre plant	13
I.7.3. Pomme de terre de consommation (marché du frais).....	13
I.7.4. Pomme de terre de consommation (transformation industrielle)	13
I.8.Importance économique de la pomme de terre	13
I.8.1. Dans le monde	13
I.8.2. En Afrique	15
I.8.3.En Algérie	15
I.9. Les maladies et les ennemis de la pomme de terre	16
I.9.1. Les maladies	16
I.9.2. Les ennemis de la pomme de terre	19

**Chapitre II: Généralités sur les nématodes à kyste de la pomme de terre du genre
*Globodera***

II.1. Historique et répartition	21
II.2. Distribution géographique.....	22
II.2.1. Dans le monde	22
II.2.2. En Algérie	23
II.3. Position systématique	23
II.4. Description morphologique	23
II.5. Cycle de développement	26
II.6.Stade de résistance des nématodes.....	27
II.7. Plantes hôtes.....	28
II.8.Principales espèces de genre <i>Globodera</i>	28
II.9.Facteurs influençant la densité des populations de nématodes.....	28
II.9.1. Facteurs abiotiques :	28
II.9.2.Les facteurs biotiques	29

II.10.Symptômes et dégâts	29
II.10.1. Symptômes.....	29
II.10.2. Dégâts	30
II.11. Méthodes de lutte	30
II.11.1. Méthodes culturales	30
II.11.2.Méthodes chimiques	31
II.11.3.Méthodes biologiques	32

Partie expérimentale
Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1. Objectif de l'étude	33
I.2.Présentation des régions d'études	33
I.2.1.Wilaya d'Ain Defla.....	33
I.2.1.1.Situation géographique	33
I.2.1.2. Caractéristiques du sol.....	34
I.2.1.3.Climat.....	35
I.2.2.Wilaya de chlef.....	35
I.2.2.1.Situation géographique	35
I.2.2.2. Caractéristiques du sol.....	36
I.2.2.3. Climat.....	36
I.3. Etude de l'état d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes <i>Globodera</i> de la pomme de terre.....	36
I.3.1.L'échantillonnage	37
I.3.2. Séchage du sol.....	39
I.3.3.Le pesage	40
I.3.4. Extraction des kystes.....	40
I.3.4.1.Description de l'appareil de FENWICK	40
I.3.4.2. Principe	41
I.3.5.Prélèvement des kystes.....	43
I.3.6.Dénombrement	44
I.3.6.1. Dénombrement des kystes et estimation de la fréquence de l'infestation.....	44
I.3.6.2. Dénombrement des œufs et juvéniles contenus dans les kystes et estimation des degrés d'infestations	44
I.3.6.3. Estimation des nombres moyens d'œufs et de juvéniles de deuxième stade contenus dans les kystes	45

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Résultats	46
II.1.1. Caractéristiques morphologiques des nématodes à kystes <i>Globodera</i> sp.....	46
II.1.1.1. Les kystes	46
II.1.1.2. Les larves	47
II.1.1.3. Les œufs.....	47
II.1.2. Fréquence des kystes de <i>Globodera</i> dans l'ensemble des échantillons.....	47
II.1.3. Etat d'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par les nématodes à kystes du genre <i>Globodera</i> dans les wilayas d'Ain Defla et de Chlef.....	48
II.2. Discussion.....	52
Conclusion générale.....	55
Références bibliographiques.....	57

Annexe
Résumé

Introduction générale

Introduction

Introduction

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est l'une des plus importantes cultures sur le plan économique et constitue un élément essentiel à l'alimentation humaine à l'échelle mondiale.

Elle est cultivée dans de nombreuses régions du monde sur une superficie de 16,49 millions d'hectares, assurant une production de 359,07 millions de tonnes en 2020 ce qui permet de classer la pomme de terre au cinquième rang après la canne à sucre, le maïs, le blé et le riz (FAOSTAT, 2022).

La culture de la pomme de terre est sujette à de nombreux pathogènes et ravageurs, notamment des insectes, des acariens, des champignons, des bactéries, des virus et des nématodes. Ces derniers sont représentés essentiellement par le genre *Globodera*, appelé communément nématode doré de la pomme de terre. Les deux espèces : *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont inscrites dans la quasi-totalité des pays du monde sur la liste des parasites de quarantaine dont la lutte est obligatoire (I.N.P.V, 2011). Brown *et al.* (1985) estiment à 22 tonnes par hectare les pertes de rendement maximales dues aux nématodes à kystes sur les cultures de pomme de terre. Grâce à leur forme de résistance, ces parasites peuvent s'adapter aux conditions défavorables et dont la lutte devient plus délicate. Ainsi, il serait très intéressant de bien comprendre les relations qui existent entre ces parasites et leur milieu de vie. Leur densité dans le sol est influencée par des facteurs liés à la plante, aux pratiques culturales employées et par d'autres facteurs liés au type du sol (Schneider et Mugneiry, 1971).

En Algérie, les travaux relatifs à ce nématode se sont limités à détecter sa présence dans plusieurs zones de pomme de terre (Kacem, 1992 ; Belhadj- Benyahia, 2007). De ce fait, des études complémentaires sont nécessaires afin de permettre de diminuer l'incidence due à ce nématode.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude dont l'objectif est d'étudier la distribution des nématodes à kystes de la pomme de terre du genre *Globodera* dans deux régions de production de pomme de terre (Ain Defla et Chlef) et de connaître les facteurs déterminant de leur développement.

Notre travail s'articule sur deux parties ; données bibliographiques et partie expérimentale. Dans la première partie, contient deux chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présenterons quelques données bibliographiques sur la culture de pomme de terre.

Introduction

Dans le deuxième chapitre, nous présenterons quelques données bibliographiques sur les nématodes à kyste de genre *Globodera*.

La deuxième partie, contient aussi deux chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présenterons le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de cette étude.

Dans le deuxième chapitre nous présentons les résultats obtenus et leurs discussions.

Partie bibliographique

Chapitre I :
Généralités sur la pomme de
terre (*Solanum tuberosu* L.)

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.1. Origine et historique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa, 1963), comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes, 1990 ; Dore *et al.* 2006); originaire du Sud d'Amérique, plus précisément des hauts plateaux de la Cordillère des Andes.

Sa consommation par la population indienne date des temps immémoriaux. L'introduction en Europe, vers les deuxièmes moitiés de l'16^{ème} siècle par les navigateurs ou les pirates. Et c'est l'entrée de la pomme de terre dans l'alimentation humaine a éloigné pour toujours la famine qui sévissait périodiquement.

Les études archéologiques montrent que la culture de pomme de terre est très ancienne elle a été déjà cultivée il ya 7000 ans et probablement elle a été domestiquée dans la région du lac Titicaca situé au sud du Pérou et du nord de la Bolivie (Ellisseche, 1992 In Tirilly et Bourgeois,1999). Cette culture a atteint l'Italie et l'Espagne à la fin du XVI^{ème} siècle puis l'Allemagne et s'est propagée vers l'Est, suivant les colonies allemandes qui s'enfoncent dans les pays Slaves et vers l'ouest pays de Montbéliard France (Dore et Varoquaux, 2006).

En Algérie, la pomme de terre a été introduite en 1856 par PARENTIER et ne s'est développé qu'à la fin du siècle dernier (Amirouche, 1989). Les algériens ont la cultiver pour leur usage, car les algériens y sont réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 30/40 qui viendra à bon de cette opposition (Meziane, 1991).

I.2. Taxonomie

Selon Boumlik (1995), la pomme de terre est classée comme suit :

Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Gamopétales

Ordre : Polémoniales

Famille : Solanacées

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum tuberosum* L.

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.3. Caractéristiques morphologiques

C'est une plante à fleur gamopétales, dicotylédones, son port est plus ou moins dressé suivant les variétés, elle comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (Darpoux et Dubelly, 1967).

La plante de pomme de terre est composée de deux parties principales ; partie aérienne et partie souterraine (Fig. 01).

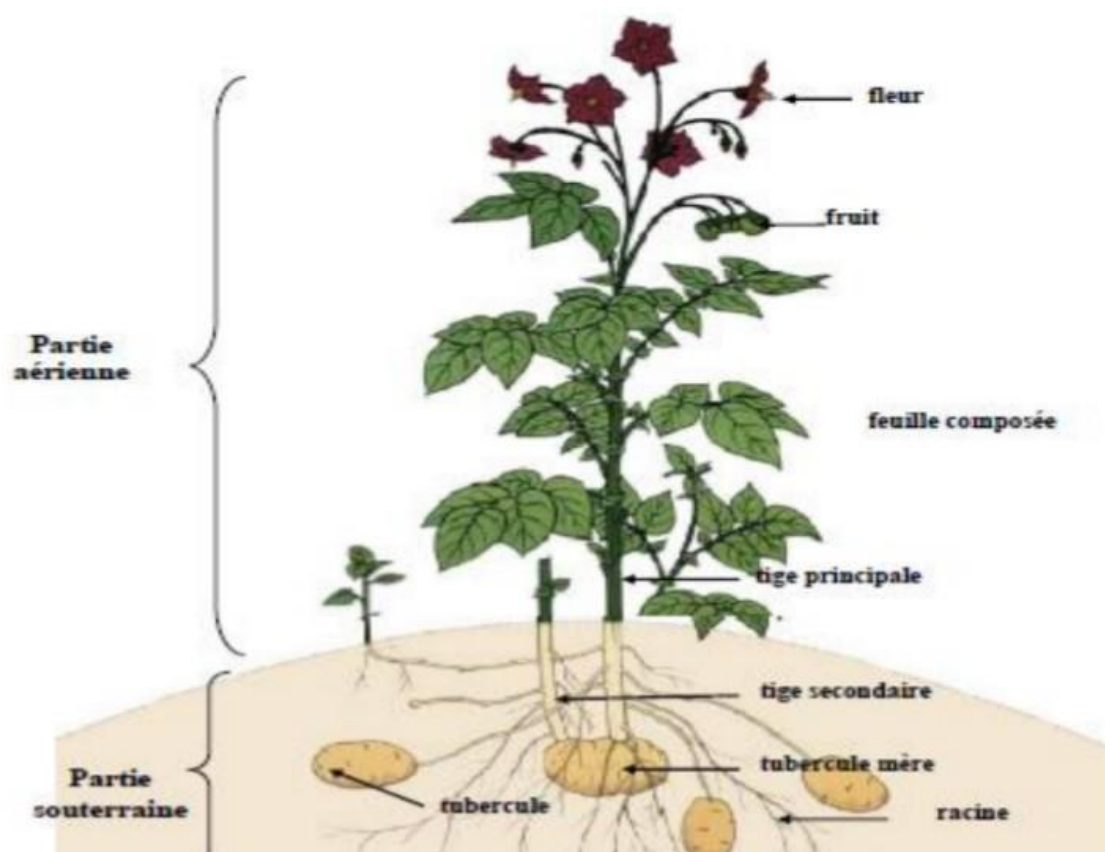


Figure 01. Plant de la pomme de terre (FAOSTAT, 2008).

I.3.1. Partie aérienne

I.3.1.1. Tiges

La pomme de terre comprend une tige plus ou moins dressée ou étalée et des tiges secondaires qui se différencient des tiges principales par un diamètre plus faible et une section plus arrondie (Tirrily et Bourgeois, 1999). La tige peut être entièrement verte, mais dans bien des cas elle possède des pigments rouges violacés (Khaldi et Seghiri, 2006).

I.3.1.2. Feuilles

Elles sont alternées de types composés constituées d'importants nombres de folioles, emportés sur un pétiole terminé par une foliole unique (Neggaz, 1991). Les folioles présentent de nombreux caractères distinctifs, mais assez fluctuants, notamment, leur nombre, forme,

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

couleur, pilosité et longueur des pétioles et pétiolules. Les jeunes feuilles sont densément recouvertes de poils soit longs et droits, soit courts et de type glandulaire (trichomes) (Cutter, 1978). La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (Rousselle *et al.*, 1996).

I.3.1.3. Fleurs

Les fleurs sont disposées en cyme bipaire à corolles blanches, roses ou violettes (Peron, 2006). Selon Kebaili *et al.* (2009), les fleurs de pomme de terre sont hermaphrodites de type cinq : calice (5 sépales soudés), corolle (5 pétales soudés), androcée (5 étamines alternipétales), ovaire biloculaire pluriovulé.

I.3.1.4. Fruits

Les fruits sont des baies sphériques vertes, contenant de nombreuses graines plates et de forme ovale (Chelha, 2000), et peuvent contenir jusqu'à 200 graines (Rousselle *et al.* 1992).

I.3.2. Partie souterraine

Le système souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante par ce qu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire.

La partie souterraine comprend le tubercule mère desséché et des tiges souterraines ou stolons (Rousselle et Robert, 1996).

I.3.2.1. Racines

De nombreuses racines adventives, fasciculées, qui naissent au niveau de nœuds enterrés des tiges feuillés, au niveau des nœuds stolons et directement sur les tubercules au niveau des yeux (Rousselle *et al.* 1996).

I.3.2.2. Stolons

Les stolons sont tiges souterraines, diagéotropes mais qui ont parfois tendance à s'enfoncer dans le sol, en forme de crochet au sommet, avec des entre nœuds long et des feuilles réduites à des écailles, réparties en spirale le long des stolons peuvent se ramifier et les tubercules se forment dans leur régions subapicales (Rousselle *et al.* 1996).

I.3.2.3. Tubercules

Le tubercule de pomme de terre n'est pas une portion de racine, c'est une tige souterraine. Comme toutes les tiges, il est constitué d'entre nœuds, courts et tapissés dans le cas présent, et porte des bourgeons que l'on appelle les « yeux » situés dans de petites dépressions. En se développant, les bourgeons donnent les germes et les futures tiges

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

aériennes. Les racines prennent naissance sur différentes parties : au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons ou encore au niveau des yeux du tubercule (Boufares, 2012).

La structure de tubercule :

a. Structure externe : Le tubercule de pomme de terre est une tige souterraine avec des entre-nœuds courts et épais. Il a deux extrémités :

- Le talon (ou hile) rattaché à la plante- mère par le stolon.
- La couronne (extrémité apicale opposée au talon) où, la plupart des yeux sont concentrés.

Les yeux sont disposés en spirale et leur nombre est fonction de la surface (ou calibre) du tubercule. Chaque œil présente plusieurs bourgeons qui donnent des germes. Ces derniers produisent, après plantation, des tiges (principales et latérales), des stolons et des racines. (Fig. 02) (Bernhards, 1998).

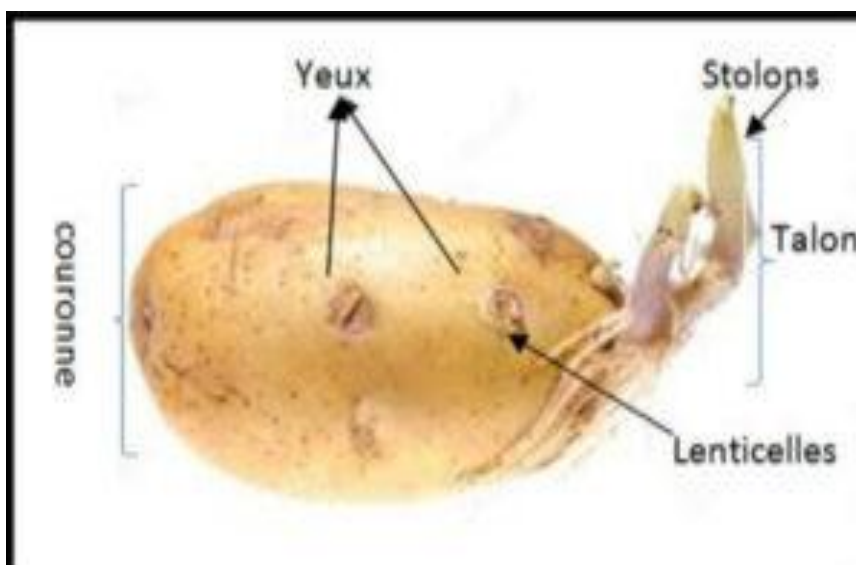


Figure 02. Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre (Boufares, 2012).

b. Structure interne : Sur la coupe longitudinale d'un tubercule arrivé à maturité, on observe de l'extérieur vers l'intérieur tout d'abord le péri derme, connu plus communément sous le nom de la peau. La peau du tubercule mûr devient ferme et à peu près imperméable aux produits chimiques, gazeux et liquides. Elle est aussi une bonne protection contre les micro-organismes et la perte d'eau (Boufares, 2012).

Lenticelles assurent la communication entre l'extérieur et l'intérieur du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration de cet organe. L'examen au microscope Les optique montre

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

que les cellules des parenchymes péri vasculaires sont petites et contiennent de très petits grains d'amidon (Fig. 03) (Bernhard, 1998).

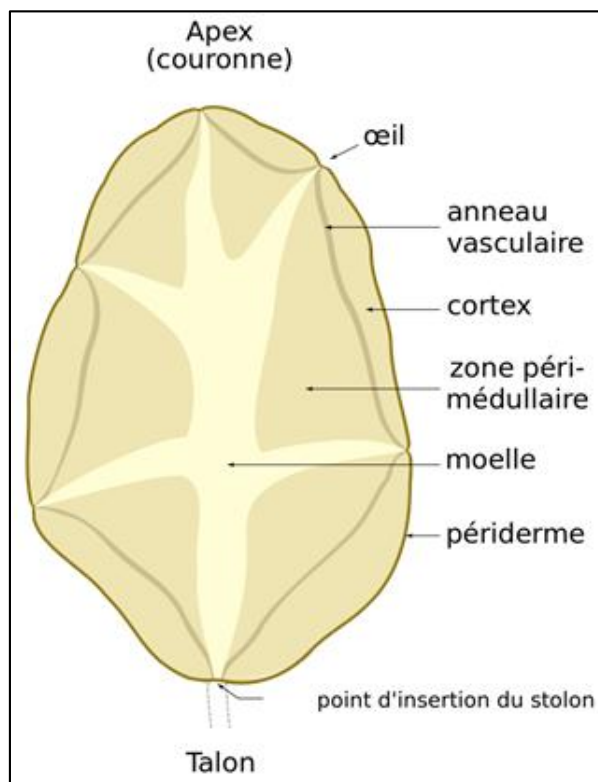


Figure 03. Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre (Boufares, 2012).

I.4. Mode de reproduction

La pomme de terre peut se reproduire soit par graine (reproduction sexuée) ou par multiplication végétative.

I.4.1. Cycle sexué

La pomme de terre est très peu reproduite par graine dans la pratique agricole, elle est l'outil de la création variétale, la germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules fils (Bernhards, 1998).

I.4.2. Cycle végétatif

Selon Soltner (1990), le cycle végétatif de pomme de terre comprend quatre phases principales:

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.4.2.1. Repos végétatif (dormance)

Après ou bien avant d'avoir été récoltés, les tubercules entrent en phase de repos végétatif ou de dormance pendant lequel même placées dans des conditions optimales de température et d'humidité, leurs bourgeons sont incapables de germer. Le repos végétatif s'étend depuis la récolte jusqu'au développement des yeux, la longueur de cette période dépend de la variété, du degré de maturité à la récolte, de la température au cours de la conservation et d'autres facteurs (Moule, 1982).

I.4.2.2. Croissance des germes

La germination se traduit par la levée de dormance. Le tubercule, après évolution physiologique interne, devient capable d'émettre à partir des yeux, des bourgeons qui constituent les futures tiges aériennes (Rousselle *et al.* 1996). D'après Peron (2006), l'incubation du germe est le temps qui s'écoulera entre le départ de la végétation et la formation des ébauches de tubercule à la base du germe.

I.4.2.3. Croissance ET développement végétative

Quand le tubercule est planté, ses germes se transforment et croissent au-dessus du sol en tiges feuillées. Les bourgeons axillaires aériens donnent des rameaux et les bourgeons souterrains donnent des stolons (Grison, 1991). Le sommet du stolon commence à renfler et forme un tubercule et le système aérien se développe suivant un schéma régulier (tige – feuilles - bourgeons-floraux), constituant un premier niveau de feuille, puis des tiges latérales apparaissent formant un deuxième niveau de feuilles (Vanloon, 1987).

I.4.2.4. Tubérisation

La tubérisation est l'accumulation des produits de la photosynthèse qui à lieu une hyperplasie souvent spectaculaire (Martin *et al.* 1982). Environ quinze jours après la tubérisation, les tubercules commencent à croître rapidement, donc dès ce moment-là plus grande partie de la matière sèche produite est acheminée vers les tubercules et que la croissance des fanes et des racines est ralentie (Vander, 1980). Benniou (1988) montre que le rythme de grossissement des tubercules est variable selon le type de sol et de la qualité des eaux d'irrigation. Il existe un véritable antagonisme entre croissance aérienne et tubérisation chez la pomme de terre (Moule, 1982).

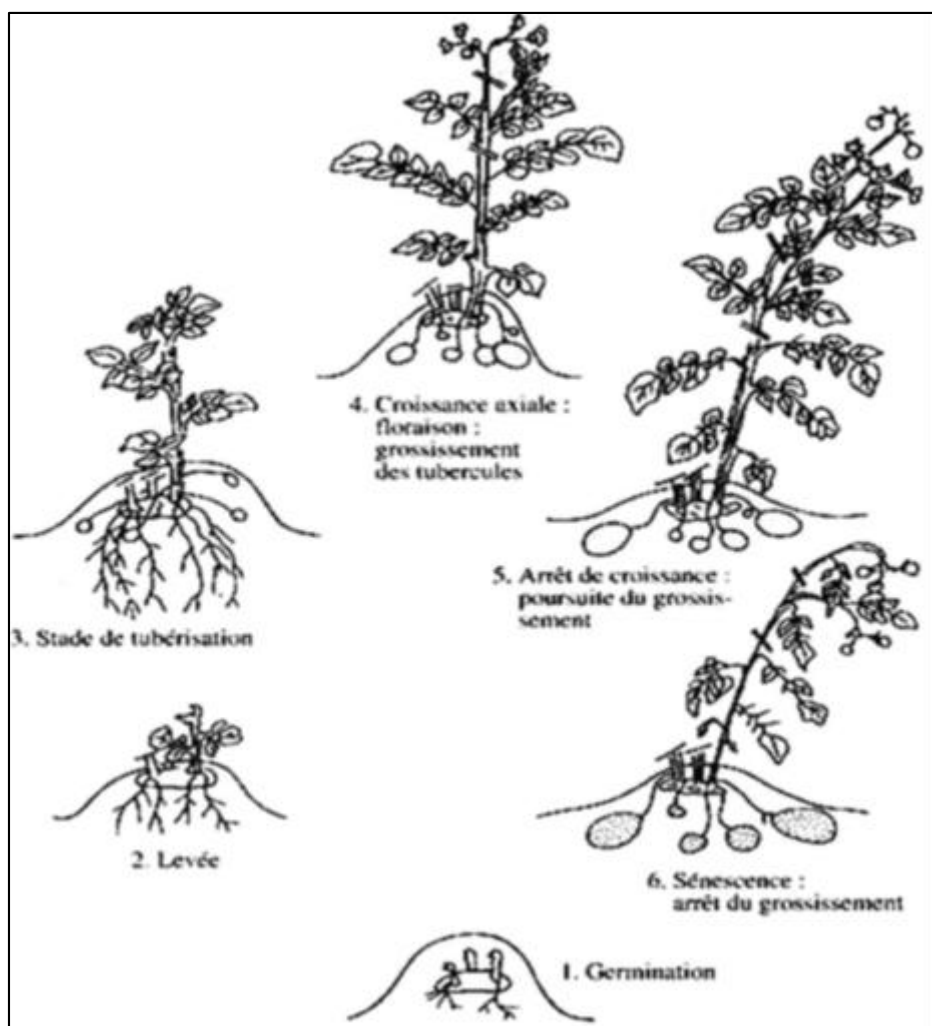


Figure04. Cycle végétatif de la pomme de terre (Rousselle *et al.* 1996).

I.5. Techniques culturales

I.5.1. Préparation des plants

La préparation du sol consiste à assurer un bon contact entre le plant (ou tubercule) et le sol. La levée ainsi que le développement du système racinaire vont généralement tarder si le sol est mal préparé.

Le sol doit être préparé sur une profondeur d'au 10 cm. Une telle couche meuble favorise l'aération du sol, assure un bon développement racinaire et facilite le buttage. La réalisation d'un bon lit de semis peut se faire de la façon suivante:

- Labour moyen: 25 à 30 cm avec la charrue;
- Epandage de la fumure organique et des engrais phospho-potassiques que l'on enfouie à l'aide d'un cover-crop croisé ;
- Confection des lignes ou billonnage: Ces travaux sont beaucoup plus faciles à réaliser dans un sol léger que dans un sol lourd. Dans un sol lourd les travaux du sol doivent se limiter

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

à la couche supérieure suffisamment ressuyée. Une bonne préparation des dix premiers cm permet une bonne couverture du plant (Bamouh, 1999).

I.5.2. Fertilisation

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

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

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

I.5.3. Irrigation

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

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

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

➤ Dose d'irrigation

La pomme de terre est une plante exigeante en eau. Les besoins en eau vont principalement avec la profondeur du système racinaire et varient selon la période de plantation. Ils se situent aux environs de 3 à 4 mm d'eau /jour avant la tubérisation et de 5 à 6mm/jour dès la formation des tubercules. Les besoins totaux atteignent environ 455 mm (Patrice, 2003).

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

➤ Fréquence d'irrigation

Au cours de la germination, la quantité d'eau nécessaire est faible. Le tubercule mère doit être entouré du sol humide, mais pas mouillé. De ce stade jusqu'à la formation des tubercules (60 à 90 jours) après plantation, l'irrigation doit être faite à un intervalle très court, 6 à 7 jours en sol léger et 12 à 15 jours en sol lourd. Les besoins en eau sont très élevés particulièrement au moment de la croissance foliaire de la tubérisation (Bellabaci et Cherfouh, 2004). Pour tous les types de cultures (primeurs ou saison) on arrête l'irrigation 10 à 20 jours avant la récolte (Bamouh, 1999).

➤ Qualité de l'eau d'irrigation

La pomme de terre est relativement sensible à la présence des sels. L'irrigation par aspersion avec de l'eau contenant du sel peut brûler les feuilles. La présence de 4 g/l de sels totaux dans l'eau peut engendrer une réduction du rendement allant jusqu'à 50% (Yacoubi *et al.* 1999).

I.6.Exigences de la culture de pomme de terre

I.6.1. Exigences climatiques

La pomme de terre s'adapte sous tous les climats et se cultive bien dans les pays chauds que les pays froids (Benniou, 1988).

I.6.1.1. Température

La température représente un paramètre climatique très important pour le développement et la croissance de la pomme de terre. La croissance est ralentie à moins de 10°C, ces parties foliacées gèlent à moins de 1°C. La température optimale pour la végétation semble se situer entre 15,5 et 21°C. Les hautes températures stimulent la croissance des tiges, alors que les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule (Mansouri, 2003).

I.6.1.2. Lumière

À la pré-germination, un éclairage suffisant favorise le développement des germes courts et vigoureux (2-3 cm) et bien colorés (Soltner, 1999). La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur du jour élevée (14 à 18 heures), une photopériode inférieure à 12 favorise la tubérisation (Chibane, 1999).

I.6.1.3. Humidité

L'humidité optimale du sol doit être maintenue à 80%. Il est important de maintenir cette humidité pendant toute la végétation jusqu'à la pleine formation des tubercules (Kolev, 1979).

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.6.2. Exigences édaphiques

I.6.2.1. Structure et texture du sol

La plupart des sols conviennent à la culture de pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles. En générale, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule (Benniou, 1988 ; Mansouri, 2003).

I.6.2.2. Acidité du sol

Dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre donne de bons rendements (Cherfi, 1989 ; Bamouh, 1999 ; Lahmissi, 2004 ; Aired, 2007).

I.6.2.3. Salinité du sol

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité en comparaison aux autres cultures maraichères (Benniou, 1988). Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire. Lorsque la teneur en sels est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en lessivant avec une eau d'irrigation douce (Chibane, 1999).

I.6.2.4. Calcaire

La qualité des tubercules de la pomme de terre est meilleure quand ils sont produits sur les sols légers même très légèrement calcaires. Soltner (1988) note qu'une teneur élevée du sol en calcaire actif va entraîner un développement des gâles et d'une altération de la qualité gustative du produit.

I.7. Variété

Bien que les pommes de terre cultivées dans le monde entier appartiennent à la même espèce botanique, *Solanum tuberosum*, il existe des milliers de variétés, qui sont très différentes de par leur taille, leur forme, leur couleur, leur usage culinaire et leur goût (Diouf, 2009).

I.7.1. Pomme de terre primeur

Limiter le nombre de tubercules au profit de leur grosseur et d'une extrême précocité, les principales variétés utilisées sont Nicola, Diamant, Roseval, Yesmina, Timate et Charlotte...etc.

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.7.2. Pomme de terre plant

Nombre élevé de tubercules de calibre moyen et d'une bonne précocité.

I.7.3. Pomme de terre de consommation (marché du frais)

Un nombre élevé de tubercules d'un calibre moyen à grand, sans toutefois dépasser le calibre supérieur. Les variétés les plus utilisées sont Desirée, Spunta, Diamant, Lisetta et Kondor...

I.7.4. Pomme de terre de consommation (transformation industrielle)

Un rendement élevé en tubercules et amidon (Belguendouz, 2012). En Algérie les variétés inscrites aux catalogues sont: Spunta (B), Fabula(B). Nicola (B), Diamant (B), Timate (B), Atlas (B), Bartina (R), Désirée(R), Kondor(R) (ITCMI, 2010). B=Blanche, R=rouge.

I.8. Importance économique de la pomme de terre

La pomme de terre est la première culture maraîchère par ordre d'importance. Elle occupe une place privilégiée dans nos rations culinaires par sa grande diversité d'emploi et par ses excellentes qualités tant gustative que technologique.

I.8.1. Dans le monde

Au cours de ces dernières années, la production mondiale de la pomme de terre a connu un développement considérable. Grâce à l'amélioration des semences, des variétés et des méthodes de culture.

La pomme de terre est très répandue dans la plupart des régions du monde (Darpoux et Debelley, 1967) et elle occupe une place importante. En 2020, la superficie cultivée est de 16,49 millions d'hectares, assurant une production de 359,07 millions de tonnes avec un rendement moyen plus de 21,7 tonnes par hectare (FAOSTAT, 2022). Avec cette production, la pomme de terre est classée au cinquième rang en importance dans le monde après la canne à sucre, le maïs, le blé et le riz (FAOSTAT, 2022).

Evolution de la superficie, de la production et du rendement de la pomme de terre dans le monde entre 2008 et 2020 est présentée dans le tableau 01.

En 2020, les plus grands pays producteurs de pomme de terre au monde sont en premier la Chine avec 78,23 millions de tonnes, vient ensuite l'Inde avec 51,30 millions de tonnes, puis l'Ukraine avec 20,83 millions de tonnes et les autres pays (FAOSTAT, 2020). La production de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs est représentée dans le tableau 02.

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

Tableau01. Evolution de la superficie, de la production et du rendement de la pomme de terre dans le monde entre 2008 et 2020 (FAOSTAT, 2022).

Années	Surface cultivée (ha)	Production (tonnes)	Rendement (q/ha)
2008	18165898	327218340	180,128
2009	18581429	330778996	178,016
2010	18173548	328663249	180,847
2011	18699491	368983872	197,323
2012	18698238	362049542	193,628
2013	18507223	366205244	197,872
2014	18052210	370014215	204,969
2015	18059210	366058316	202,699
2016	17391028	353987204	203,546
2017	17435959	370113980	212,271
2018	17193567	365666172	212,676
2019	16475816	354812093	215,353
2020	16494810	359071403	217,688

Tableau02. Principaux pays producteurs de pomme de terre en 2020 (FAOSTAT, 2022).

Pays	Production en tonnes
Chine	78236596
Inde	51300000
Ukraine	20837990
Fédération de Russie	19607361
Etats-Unis d'Amérique	18789970
Allemagne	11715100
Bengladesh	9606000
France	8691900
Pologne	7848600
Pays-Bas	7020060

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.8.2. En Afrique

En Afrique, la pomme de terre est très diversement cultivée en bordure de la mer méditerranéenne, on trouve les deux principaux producteurs africain en 2020; l’Egypte avec 5,21 millions de tonnes et l’Algérie avec 4,65 millions de tonnes (FAOSTAT, 2022).

Le tableau 03 présent les principaux producteurs de la pomme de terre en Afrique en 2020.

Tableau03. Production et superficie de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs en Afrique en 2020 (FAOSTAT, 2022).

Pays	Superficie (hectares)	Production (tonnes)
Egypte	178608	5215905
Algérie	149465	4659482
Afrique du Sud	68237	2546996
Kenya	176252	1859776
Maroc	57534	1707068
Nigeria	319024	1199324
Rwanda	104494	858521
Angola	69407	446111
Ethiopie	85988	1141872
Ouganda	50559	309286

I.8.3. En Algérie

La pomme de terre est l’un des produits les plus importants pour l’alimentation de la population algérienne. Elle occupe la deuxième place après le blé (Kechid, 2005).

La production de pomme de terre est en constante augmentation. Ceci s’explique par la croissance des superficies et par l’augmentation des rendements. En 2020, au total 149465hectares sont cultivés par la pomme de terre, assurant une production de 4,65 millions de tonnes avec un rendement moyen de 311,74quintaux par hectare (FAOSTAT, 2022).L’évolution de la superficie, de la production et du rendement de pomme de terre en Algérie de 2008 à 2020 est présentée dans le tableau 04.

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

Tableau 04. Evolution de la production, de la superficie et du rendement de la pomme de terre en Algérie durant la période allant de 2008 à 2020 (FAOSTAT, 2022).

Année	Superficie (hectares)	Production (tonnes)	Rendement (qx /ha)
2008	91 841	2 171 058	236,3
2009	105 121	2 636 057	250,7
2010	121 996	3 300 312	270,5
2011	131 903	3 862 194	292,8
2012	138 666	4 219 476	304,3
2013	161 156	4 886 538	303,2
2014	156 179	4 673 516	299,2
2015	153 313	4 539 577	296,1
2016	156 296	4 758 137	306,1
2017	156 296	4 606 403	309,7
2018	149 665	4 653 322	310,9
2019	157864	5020249	318,01
2020	149465	4659482	311,74

I.9. Les maladies et les ennemis de la pomme de terre

La pomme de terre est soumise à l'attaque de maladies diverses dues à des champignons, à des virus et viroïdes, à des bactéries et à des mycoplasmes. Ces pathogènes, en infectant le feuillage, les racines et les tubercules, provoquent des manques à la levée, un affaiblissement des plantes, une mort prématurée et une mauvaise qualité des tubercules. (Jellis et Boulons, 1984).



I.9.1. Les maladies

Les principales maladies de la pomme de terre, et leurs agents causaux, sont résumés dans le tableau 05.



Tableau 05. Principales maladies de la pomme de terre.

Maladies	Agents pathogènes	Organes touchés	Symptômes
Maladies fongiques			
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Jeunes pousses, feuilles, pétioles,	Les symptômes peuvent être observés sont : les jeunes pousses attaquées sont grêles et couvertes d'un duvert blanchâtre. Des taches

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

		tiges, tubercules.	brunes sur les feuilles, un dessèchement progressif des folioles sur tiges, et sur les tubercules. Le mildiou se révèle par des plages superficielles irrégulières, gris-bleuâtre, violacées, ou brunes (Duvauchelle et Andrivon, 1996).
Rhizoctone brune 	<i>Rhizoctoniasolani</i>	Les jeunes pousses, tiges, feuilles, stolons, tubercules. (Bedin, 1996).	Les dommages sont : des manques à la levée intervenant par la suite de la destruction des pousses grêles avant même qu'elles ne sortent de terre ou des retards de levée (Hideet al. 1989). Les attaques sévères sur les tiges et sur les stolons diminuent en tubercules.
Fusariose 	<i>Fusariumroseum</i>	Tubercules	Une surface du tubercule plissée en rides plus ou moins concentriques autour du point d'infection sur lesquelles se forme des coussinets fructifères, les poinnotes (Tivoli, 1996).
Verticilliose 	<i>Verticilliumalbostatum</i> et <i>Verticilliumdahliae</i> (Rowe, 1984).	Les feuilles, la tige, stolons, tubercules.	Décoloration jaune puis flétrissement sur les feuilles et la tige. L'anneau vasculaire prend une coloration brune (Isaac et Harrison, 1968). Dans certains cas le parasite atteint les tubercules.
Alternariose 	<i>AlternariaSolanii</i>	Feuilles	Les symptômes sont : la sénescence des feuilles et des plantes. La défoliation et la mort de la plante et le rendement en est affecté (Mackenzie, 1981).
Maladies bactériens			
Galle commune	<i>Streptomycescabeii</i>	Feuilles, tiges, tubercules.	Les lésions sont de forme et de dimension variables : superficielles, réticulaires, profondes, en cratère ou

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

			protubérantes. Et en se joignant, peuvent couvrir toute la surface du tubercule.
Jambe noire 	<i>Erwiniacarotovora</i>	Tiges, feuilles, tubercules.	A la base de la tige se développe une lésion noire, souvent visqueuse (jambe noire), généralement commençant à partir du tubercule de semence, les feuilles s'enroulent, jaunissent et finalement flétrissent. Les tubercules pourrissent à partir du stolon.
Maladies virales			
Virus Y	Le virus Y de la pomme de terre est un membre du groupe potyvirus .	Feuilles	Les symptômes le plus fréquent associés au virus Y sont des mosaïques foliaires accompagnées de frisolées parfois de nécroses.
Virus de l'enroulement de la pomme de terre.	Ce virus fait partie du groupe des lutéovirus .	Feuilles	Les symptômes caractéristiques de l'infection secondaire sont l'enroulement des feuilles de la base en cuillère, le port dressé et le nanisme de la plante. Aussi l'accumulation d'amidon rend les feuilles dures et craquantes (Kerlan, 1996).
Virus A de la pomme de terre (PVA).	Est un virus membre du groupe des potyvirus .	Feuilles	Des symptômes de marbrures plantent très légères, assez souvent fugaces, et exceptionnellement accompagnées de chlorose légère (Kerlan, 1996).
Virus X de la pomme de terre (PVX).	Est un virus membre du groupe des potexvirus .	Feuilles	L'infection par le virus X se traduit généralement par des mosaïques planes avec des décolorations internervaires assez diffusé.

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.9.2. Les ennemis de la pomme de terre

La pomme de terre est attaquée par de nombreux ennemis, particulièrement des insectes et des nématodes qui peuvent nuire à cette culture. Le tableau 06 présente les principaux ennemis de la pomme de terre.

Tableau 06. Principaux ennemis de la pomme de terre.

Ennemis	Organes touchés	Symptômes
Pucerons	Feuilles, tubercules.	Sur végétation : provoque des piqûres sur la face inférieure des folioles. On observe des déformations diverses des feuilles (mosaïques, nécroses enroulement) et écoulement de miellat. Sur tubercules : certains pucerons transmettent le virus (YNTN), responsable de nécroses en formes de taches annulaires liégeuse pouvant atteindre les 5 mm de profondeur (Rousselle <i>et al.</i> , 1996).
Teignes	Feuilles, tiges, tubercules.	La teigne cause d'importants dégâts sur la pomme de terre en plein champ et dans les lieux de stockage. Ces dégâts sont provoqués par les larves par minage des feuilles et des tubercules qui favorisent la propagation des champignons et des bactéries causant la pourriture et la décomposition des tubercules (Rousselle <i>et al.</i> 1996).
Taupins	Feuilles, tiges, racines, tubercules.	Sur feuilles : Les taupins peuvent se nourrir du feuillage des plantes en végétations mais généralement les dégâts ne sont pas importants sur plan économique. Sur tubercule : les larves creusent de petits trous ou des tunnels plus profonds à l'intérieur du tubercule. Ces tunnels constituent un point d'entrée pour d'autres agents pathogènes, ce qui peut causer une pourriture des tubercules (Rousselle <i>et al.</i> 1996).
Nématodes à kystes	Racines, tubercules.	Symptômes : Foyer de végétation chétive,

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

<i>Globodera rostochiensis</i> et <i>Globodera pallida</i>		chevelu racinaire dense, plantes avec parfois feuilles réduites et décolorées. Dégâts : Des petits tubercules, perte de rendement pouvant atteindre 80 % (Mugniéry, 1996).
Nématodes à galles <i>Meloidoyne</i> spp. (C.I.P., 1979).	Racines et tubercules.	Symptômes : plantes chétives, galles sur les racines, boursouflures sur tubercules de tissus brunâtres. Dégâts : déformation des tubercules, perte de rendement (Mugniéry, 1996).
Nématodes des tiges <i>Ditylenchus</i>	Racines	Symptômes : plantes chétives, renflement des tiges, pas de symptômes aériens. Dégâts : pustules et nécroses brunâtres, perte de rendement (Taupin, 2012).

Chapitre II :
Généralités sur les
nématodes à kyste de la
pomme de terre du genre
Globodera

Chapitre II:

Généralités sur les nématodes à kyste de la pomme de terre du genre *Globodera*

Les nématodes à kyste *Globodera* sp. Sont des vers microscopiques, hétérotrophes qui parasitent les racines des plantes essentiellement de la famille des Solanacées. Ces organismes sont des endoparasites obligatoires qui établissent une relation très étroite avec leur plante hôte (Blanchard, 2007). À l'échelle mondiale, ils sont les nématodes qui causent les plus importantes pertes économiques pour la culture de la pomme de terre (Turner, 1996). Par leur petite taille, ils peuvent être facilement transportés passivement par l'homme lors du déplacement de matériel végétal ou de machineries contaminées, ou encore par des phénomènes naturels tels que le vent ou le ruissellement (Turner et Evans, 1998). Ils possèdent également une capacité de survivre jusqu'à 30 ans dans le sol en absence de plantes hôtes (Turner, 1996).

II.1. Historique et répartition

Originaire d'Amérique et particulièrement du Sud du Pérou, les nématodes à kyste du genre *Globodera* ont été nommés d'abord sous le nom *Heterodera schachtii* « race pomme de terre » c'est en 1923, que WOLLENWEBER les a désignés sous le nom « *d'Heterodera rostochiensis* » Groupés sous le nom du « nématode doré » de la pomme de terre, Parrot (1972) et Stone (1973) ont séparé les deux espèces *H. rostochiensis* et *H. pallida* par la couleur des femelles ; plus tard, les deux espèces ont été assignées dans le genre *Globodera* par Behrens, 1975 (Mulvey et Stone, 1976). Ce genre renferme une douzaine d'espèces dont trois sont inféodées aux Solanées : *G. rostochiensis* (Wollenweber, 1923) ; *G. pallida* (Stone, 1972) et *G. tabacum* (Lownsberry et Lownsberry, 1954) (Ferraz et Brown, 2002).

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

II.2. Distribution géographique

II.2.1. Dans le monde

Après la découverte de nématode doré de la pomme de terre en Amérique du sud et décrit comme *Heterodera rostochiensis* Wollenber (1923) cette espèce a été signalée dans la plupart des pays de l'Europe (Turner, 1996). La répartition actuelle de *Globodera* comprend les zones tempérées jusqu'au niveau de la mer et de les zones tropicales à des altitudes supérieures. A l'intérieur de ces zones, la répartition est liée à celle de la culture de pomme de terre (CABI et OEPP, 1990). Selon l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments (A.C.I.A.) en 2006, les nématodes à kystes de la pomme de terre sont présents dans tous les continents : l'Asie (Inde, Japon, Pakistan, Philippines et Sri Lanka), Amérique du sud (Argentine, Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Equateur, Pérou et Venezuela), Amérique du Nord (Canada, Etats-Unis), Europe (tous les pays sauf la Turquie), moyen-orient (Liban), Amérique centrale et Caraïbes (Costa Rica et Panama) et en Afrique (Algérie, Egypte, Libye, Maroc, Sierra Leone, l'Afrique du sud et Tunisie). Les deux espèces de *Globodera* diffèrent dans leurs exigences ce qui affecte leurs distributions géographiques dans le monde (Moxnes et Hausken, 2007).

La répartition des *Globodera* dans le monde est illustrée par la figure 05.

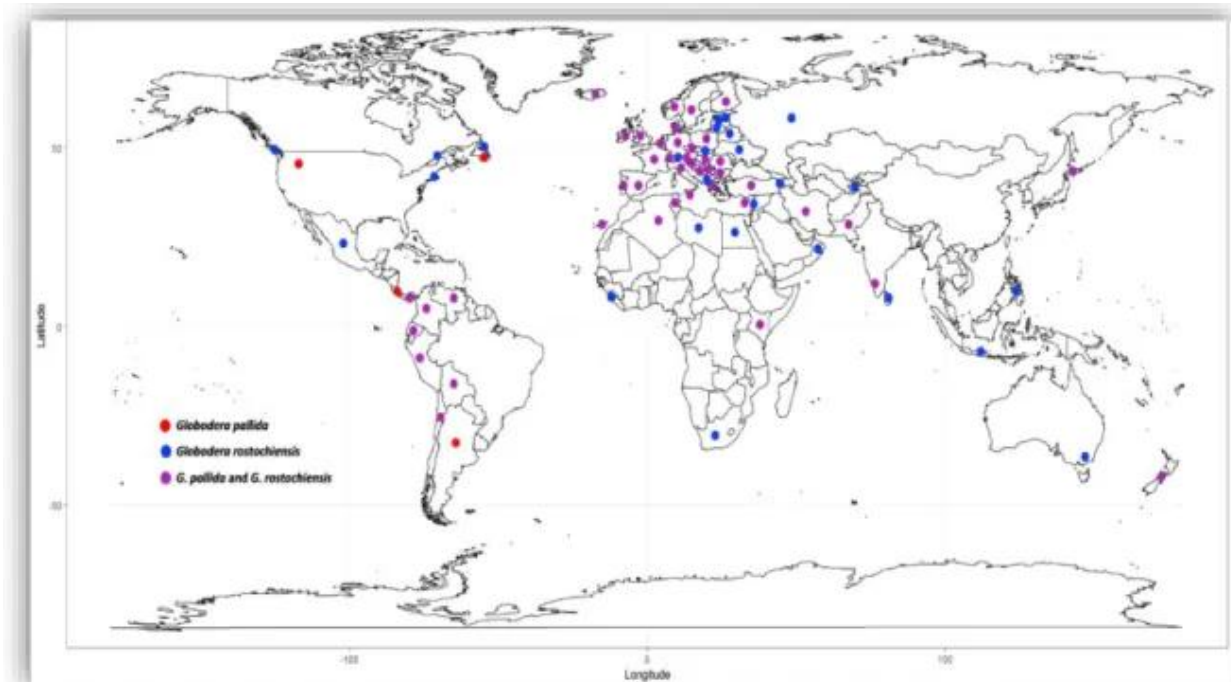


Figure 05. Répartition géographique des *Globodera* dans le monde (CABO/EPPO 2018).

II.2.2. En Algérie

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

Le nématode doré de la pomme de terre est considéré comme étant parmi les principaux parasites de la pomme de terre, il peut nuire considérablement au rendement de cette culture, c'est pour cela qu'il a fait l'objet de plusieurs investigations de la part des hématologistes. Après la découverte de ce nématode en Algérie, plusieurs travaux ont été faits montrant leur présence dans différentes régions. En effet, il a été reencé à Chlef par Kacem en 1992 ; Belhadj Ben Yahia en 2007 ; Salam Attia en 2010 ; Mazouz en 2011 et Baloul en 2012. Il a été signalé également dans la région de Bouira par Merah (1998) ; Belhadj Ben Yahia (2007) ; Mokhtari, 2007 ; Bougar, 2010 ; Djebroune, 2011 et Baloul, 2012). Il existe également à Boumerdes (Kacem, 1992). Il a été également décelé à Tipaza (Belhadj Ben Yahia, 2007). Ce nématode a été signalé également récemment dans la région de Mila (Khenioui, 2011).

II.3. Position systématique

La systématique des nématodes est comme suit (Skarbilovich, 1959):

Phyllum : Nematoda

Classe : Secernentea

Ordre : Tylenchida

Sous ordre : Tylenchina

Super famille : Tylenchoidea

Famille : Heteroderidae

Sous famille : Heteroderidae

Genre : *Globodera*

II.4. Description morphologique

Les nématodes sont des organismes vermiformes à symétrie bilatérale recouverts d'une cuticule continue et souple mais très résistante. Ils sont ainsi contraints à croître de façon discontinue en passant par quatre mues larvaires avant d'atteindre la forme adulte. Les nématodes sont enveloppés d'une cuticule externe renfermant deux tubes internes superposés, le tube digestif et le tractus génital (Cayrol, 1975). Les nématodes phytoparasites se

caractérisent par la présence dans la cavité buccale d'un stylet perforant. C'est cet organe en forme d'aiguille creuse que l'animal enfonce dans les tissus du végétal pour absorber le contenu prédigéré des cellules. Il est suivi d'un canal œsophagien comprenant une partie musculaire, un bulbe médian et une partie glandulaire (Fig.06).

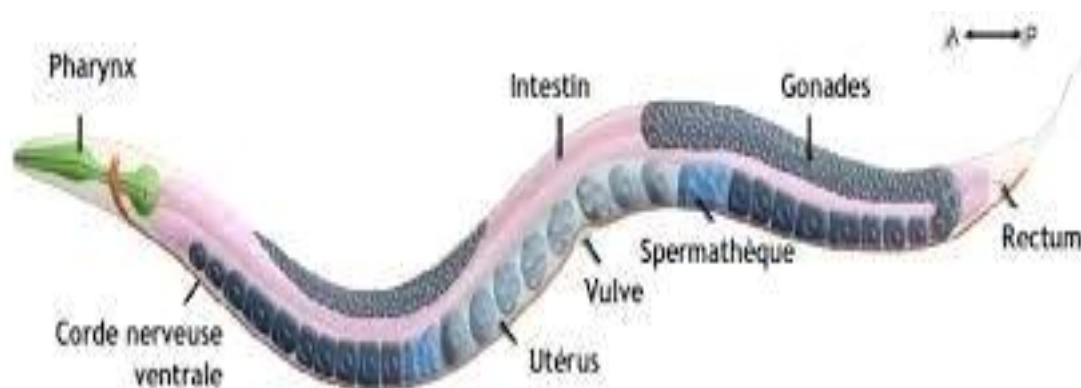


Figure 06. Structure d'un nématode femelle (Altun et Hall in Blanchard, 2006)

Femelle

Les femelles sont sphériques avec un cou qui fait saillie et qui contient l'œsophage et les glandes associées, leur diamètre est d'environ 450 μm , la forme des kystes est similaire à celle des femelles adultes (Golden et Ellington, 1972 ; OEPP, 2004). La couleur de la femelle peut être utilisée comme indication d'espèce « Nématodes blanc de la pomme de Terre » pour *Globodera pallida*, « Nématodes doré de pomme de Terre » pour *Globodera rostochiensis* (Franco, 1989) (Fig.07).

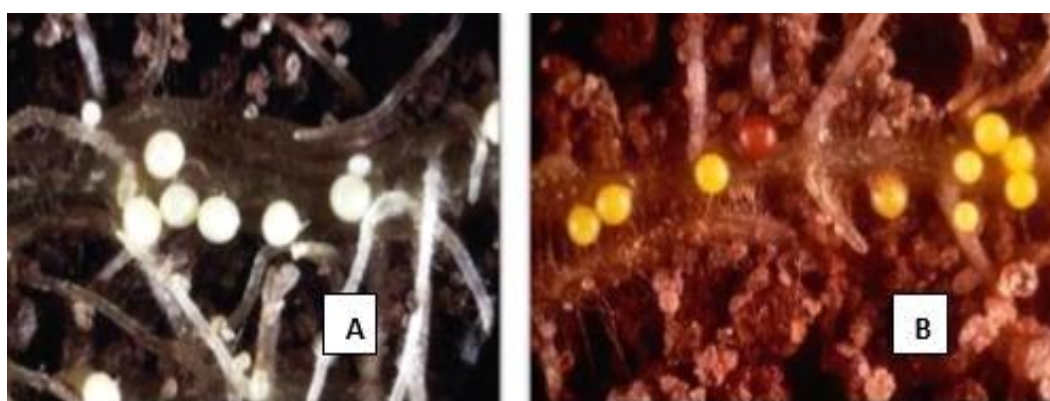


Figure 07. Femelle de *Globodera pallida* (A) et *G.rostochiensis* (B) sur les racines de pomme de terre (Hockland, 2002).

Mâles

Les mâles (Fig.08) sont filiformes, mobiles et ils ont 1200 µm de longueur environ et à proximité de la queue, courte et émoussée, s'observent les organes copulateurs (OEPP, SD).



Figure08. Adulte male d'un nématode à kyste de la pomme de terre (ITCMI, 2006).

Les kystes

Les femelles se transforment après fécondation en sacs sphériques, résistants, de couleur brune rouge appelés kystes de 0,3 à 0,9 mm de diamètre (Schneider et Mugniery, 1971) (Fig.09).

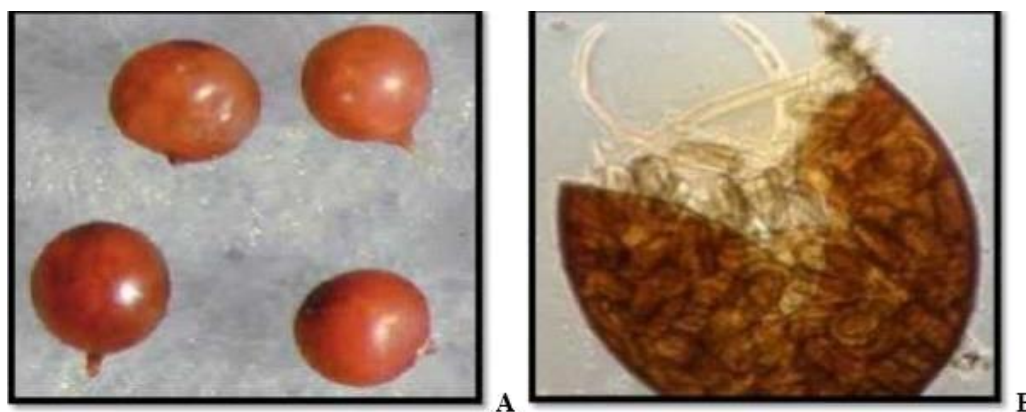


Figure 09. Description morphologique de *Globodera* (A) kyste de *Globodera* sp. (B) kyste ouvert de *Globodera* sp. (INPV, 2013).

La larve du deuxième stade

La larve de deuxième stade est filiforme avec deux extrémités effilées et annulaires. La longueur du corps est comprise entre 440 à 470µm (Schneider et Mugniery, 1971).

II.5. Cycle de développement

Les nématodes à kystes sont des endoparasites sédentaires, ils passent par des stades juvéniles et un stade adulte. La première mue a lieu dans l'œuf.

Les juvéniles de deuxième stade (J2) de nématodes à kyste pénètrent par la zone d'élongation racinaire et progressent ensuite directement vers le cylindre central, détruisant les cellules corticales situées sur leur passage grâce à leur stylet et leurs sécrétions glandulaires. Arrivés à proximité de l'endoderme, ils testent, avec leur stylet, les cellules qui les entourent avant de choisir celle qui servira de point de départ à l'induction du site nourricier (Rice *et al.* 1985). Les critères qui déterminent ce choix ne sont pas encore connus. Le stylet perce la paroi de la cellule choisie et s'enfonce de quelques microns sans abîmer la membrane plasmique.

Les J2 subiront deux mues successives, donnant des juvéniles J3 puis J4, avant de se transformer lors d'une dernière mue en adultes sexués. Les mâles filiformes redeviennent mobiles. Les femelles restent en place et grossissent jusqu'à faire éclater l'épiderme de la racine. La copulation déclenche la ponte des ovocytes. La fécondation et l'embryogenèse ont lieu dans les oviductes de la femelle meurt. Sa cuticule, riche en tanins, durcit et se transforme en kyste protégeant ainsi 200 à 1200 œufs. Une première mue a lieu dans l'œuf et les juvéniles J2 en arrêt de développement (diapause) peuvent rester viables jusqu'à vingt ans dans l'enveloppe protectrice du kyste (Thiery, 1996). La diapause ne sera levée que sous l'action du froid et des exsudats racinaires d'une autre culture de pomme de terre. On n'observe qu'une génération par an chez *G. pallida* et une à deux générations par an chez *G. rostochiensis* pour qui la diapause est moins longue (Mugniery, 1996).

Le cycle de développement des nématodes à kystes est illustré sur la figure 10.

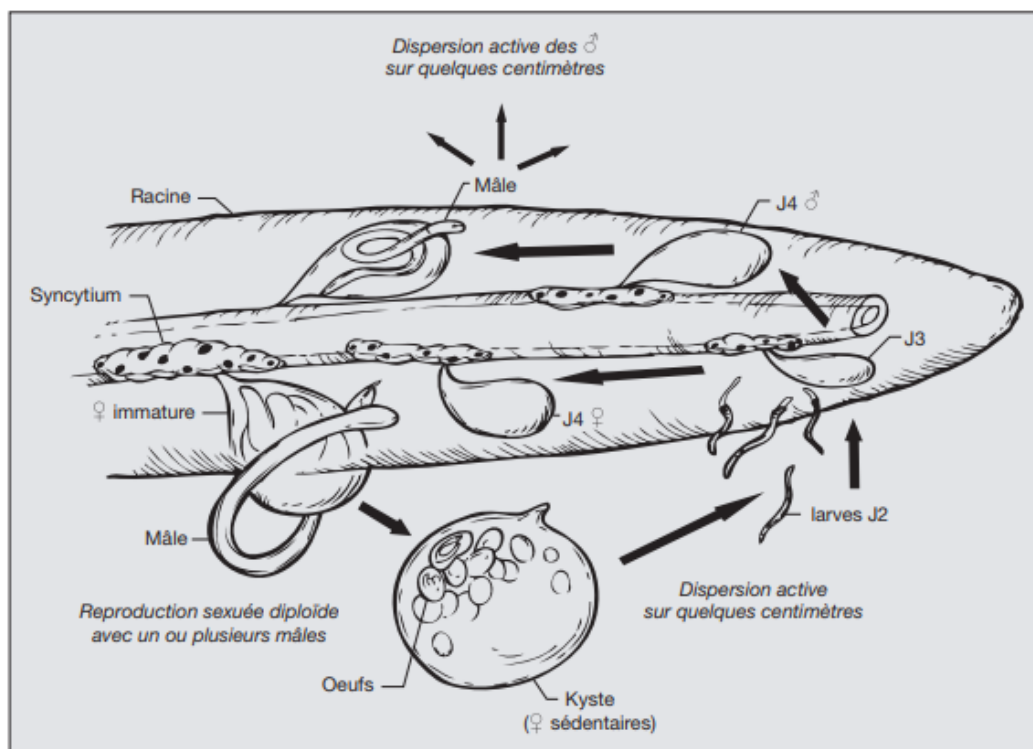


Figure 10. Cycle de développement des nématodes à kystes de la pomme de terre (Pauline caster-Picard in Chauvin *et al.*, 2008).

II.6. Stade de résistance des nématodes

Après la mort de la femelle, la cuticule de celle-ci durcit, devient brune et se transforme en kyste. Celui-ci peut renfermer plus de 1 000 œufs contenant un juvénile du deuxième stade en arrêt de développement et incapable d'éclore, même sous l'action des exsudats radiculaires. Cette diapause n'est levée que sous l'action de température basse.

La diapause est la règle chez *G. pallida* qui n'a donc qu'une génération par an. Elle est moins forte en général chez *G. rostochiensis*, dont certaines populations peuvent éclore immédiatement dès la fin de l'embryogénèse, pour peu qu'elles soient sous l'influence d'exsudats radiculaires de pomme de terre.

Les kystes constituent un organe de dispersion et de résistance extraordinaire. Présent dans la terre accompagnant les tubercules, il permet à ces espèces de coloniser des zones très éloignées de leur point d'origine, d'où leur répartition actuelle. Par ailleurs, le fait que les juvéniles situés dans les kystes n'éclosent massivement qu'en présence d'exsudats radiculaires de Solanacées leur permet d'attendre de nombreuses années sans diminution trop forte de leurs affectifs. Protégés par le kyste, ils sont très résistants à l'action de la température et de la sécheresse. En zone tempérées, ils peuvent rester viables pendant 15-20 ans (Stones *et al.* 1973). Par contre, en climat chaud, leur viabilité est plus réduite : trois mois

d'été algérois diminuent les populations de 50%, une année dans le sud du Maroc élimine plus de 95% du potentiel infectieux du sol (Schluter, 1976).

II.7. Plantes hôtes

Le genre *Globodera* possède une gamme de plantes hôtes très réduites (Mugneiry, 1975). Du fait que leur développement est inféodé aux Solanacées, tout particulièrement à la pomme de terre et à la tomate (Kort, 1974).

II.8. Principales espèces de genre *Globodera*

Deux espèces appartiennent à ce genre : *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*.

***Globodera rostochiensis*:**

Nom: *Globodera rostochiensis* (WOLLENWEBER, 1923); (BEHRENS, 1975).

Synonyme: *Heterodera rostochiensis* Wollenweber.

Noms communs: kartoffel nematode (allemand).

Yellow potato cyst nematode, golden potato cyst nematode, golden (anglais).

Nematode dorado (espanol), nématode doré de la pomme de terre (français).

***Globodera pallida* :**

Nom : *Globodera pallida* (STONE ,1973) (BERHRENS, 1975).

Synonymes : *Heterodera pallida* Stone.

Heterodera rostochiensis Wollenweber.

Nom communs: withe potato cyst nematode, pale potato cyst nematode (anglais),

Nématode blanc de la pomme de terre (français).

II.9. Facteurs influençant la densité des populations de nématodes

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

II.9.1. Facteurs abiotiques :

❖ Les facteurs climatiques:

-La température :

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

-La pluviométrie :

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

-L'humidité :

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

II.9.2. Les facteurs biotiques

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

II.10. Symptômes et dégâts

II.10.1. Symptômes

Selon Mugniery *et al.* (1989), Franco (1989) et Ferraz et Brown (2002) les symptômes causés par ces bioagresseurs sont décrits comme suit :

***Au champ :**

Les symptômes au champ se traduisent par de grandes taches de forme ovale dans le sens du travail du sol.

***Sur la partie souterraine :**

Une réduction du système racinaire,

La présence de femelle de couleur blanchâtre ou jaunâtre ainsi que des kystes de couleur brunâtre sur racines des plants infestés.

***Sur la partie aérienne :**

Les symptômes qui apparaissent sur les plantes infestées par les *Globodera* se traduisent par :

- Un aspect chétif de la plante
- Un feuillage jaunâtre, flétri ou desséché.
- Une floraison et une fructification réduite
- Une diminution de la taille des tubercules
- Un retard dans la croissance des plants
- Une baisse de rendement

II.10.2. Dégâts

S'ils ne sont pas contrôlés, les nématodes à kystes causent de lourdes pertes aux rendements de la pomme de terre (Greco *et al.* 1993). Les dégâts de ces parasites, en particulier, en relation avec le poids de tubercules produits sont fortement liés à la quantité d'œufs de ces nématodes par unité de sol. On estime une perte d'environ 2t/ha de pomme de terre pour chaque 20 œuf par gramme du sol (Brown, 1969). En Europe, les pertes de rendements causées par ces espèces sont approximativement, 9% de la production de pomme de terre (Bacic *et al.* 2011). En France, le seuil de nuisibilité est estimé à 10 larves de deuxième stade (L2) par gramme du sol (Mugniery, 1975).

Perte économiques considérable (jusqu'à 80%) (INRA, 2012). Problèmes de qualité des plantes (aspect) qui les rendent impropres à la commercialisation et à la consommation (INRA, 2010).

II.11. Méthodes de lutte

La lutte contre les nématodes à kystes de la pomme de terre est difficile car ces même sans plantes, les parasites peuvent rester dans le sol héberger. L'élaboration du programme de contrôle doit mettre en œuvre un ensemble de mesures préventives et thérapeutiques pour assurer une population équilibrée Dans le sol, il est inoffensif pour les cultures. Il existe plusieurs méthodes disponibles ou en cours de développement.

II.11.1. Méthodes culturales

Le but de la rotation des cultures est d'introduire des espèces ou des cultivars dans un système de plantation afin que les nématodes se reproduisent moins ou pas du tout. Ces espèces ou variétés sont non hôtes, résistantes ou partiellement résistantes. Tiilikkala en 1991 a découvert que dans une monoculture, la densité de population de nématodes pouvait passer de 0,1 larve par gramme de sol à 265 larves en 3 ans. En tournant, le temps entre les

génération passera de 2 ans à 5 ans (Bakker, 1992), au lieu de générer une génération par saison. La densité des nématodes de la pomme de terre peut être réduite de 30 % par an, prouvant l'efficacité de cette technologie. Ce rapport est largement influencé par le rapport sensibilité/tolérance de la race et les facteurs suivants. Environnement (Hokland, 2002). En Algérie, les cultures non hôtes au printemps et à l'automne ont entraîné une réduction de la population de 30 à 33 % (Mugniery, 1982).

Cependant, cette méthode présente des inconvénients en ce qu'elle est lente, car la décontamination est progressive, et qu'elle laisse un foyer de contamination dans les zones sensibles en quelques années, avec tous les risques de dispersion. Les cultures de pièges à pommes de terre peuvent considérablement accélérer la décontamination. Elle consiste à planter de petits tubercules fortement pré-germés à haute densité. Après cinq semaines, les cultures ont été interrompues chimiquement ou mécaniquement. Dans ces conditions, il n'y a pas de formation de tubercules filles et donc pas de régénération estivale (Chauvin *et al.*, 2008). Après perturbation de la culture, une réduction de population d'environ 70% à 80% a été mesurée, ce qui correspond au pourcentage d'éclosion de kystes sous l'influence des exsudats racinaires observé lors de la culture de la pomme de terre.

Cette diminution des populations est largement supérieure à celle attendue, de l'ordre de 30%, consécutive à une simple absence de pomme de terre, en plus les risques de dissémination sont fortement diminués (Mugniery et Balandras, 1984). Selon Timmermans (2005) *S. sisymbriifolium* est intéressant en culture piège des nématodes à kyste de la pomme de terre.

II.11.2. Méthodes chimiques

Près de 30 000 hectares de cultures de pommes de terre sont traités aux nématoïdes chaque année pour un coût d'environ 10 millions d'euros (KWS). Expérimentalement, les nématodes à kyste de la pomme de terre peuvent être traités avec des fumigants à base de fumigants (dichloropropane) (Whitehead *et al.* 1994), dibromoéthane (EDB), dazomal (Trudgill *et al.* 1978), et profos, glufosinate (Mugniery et Balandras), 1984 ; Lamondia, 1990), ou des carbamates à action systémique tels que le carbofurane et l'aldicarbe (Gurr, 1992 ; Whitehead et Nichols, 1992). Cette méthode de lutte nécessite une parfaite connaissance du stade d'émergence larvaire pour s'assurer que l'application du produit est synchronisée avec la présence du stade d'infection dans le sol et les plantes.

Des études menées par Cavalier, Mugniery et Mansour, 1987 ont mis en évidence un effet biologique du bénomyl sur diverses séquences du cycle de développement des nématodes à

kystes de la pomme de terre avec des effets variés qui laissent suggérer une activité biochimique multi sites du bénomyle.

II.11.3. Méthodes biologiques

Les pathogènes microbiens, endophytes et antagonistes sont extrêmement importants dans la régulation de la population de nématodes parasite des plantes. Plusieurs travaux concernant les agents microbiens en lutte biologique ont été publiés, et démontre l'importance que peut avoir ces agents dans la gestion des nématodes (Trifonova et Karadjova, 2003 ; Reitz *et al.* 2000 ; Javed Asghar, 2008). Plusieurs agents peuvent être utilisés dans la lutte biologique contre les nématodes à kyste de la pomme de terre. Nous avons les champignons tels que *Botryotrichum piluliferum* ; *Scolecobasidium constrictum* ; *Gliocladium roseum* et *Phoma fineti* qui parasitent les œufs (ou *Pochonia chlamydosporia* et fosthiazate qui affectent le taux de multiplication des nématodes (Tobin *et al.*, 2008), ainsi que la bactérie *Rhizobacterium rhizobium* qui induit dans les racines de la pomme de terre une résistance systémique contre les nématodes à kyste de la pomme de terre. Cette lutte n'est appliquée présentement qu'à titre expérimental.

Partie expérimentale

Chapitre I :

Matériels et méthodes

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1. Objectif de l'étude

L'étude consiste à faire des prospections sur le terrain et des échantillonnages du sol dans quelques parcelles cultivées en pomme de terre dans quelques régions productrices de ce produit en Algérie.

Les principaux objectifs de notre étude sont :

1-Détecter la présence de *Globodera* sur un certain nombre de parcelles de pomme de terre dans les régions prospectées.

2- Evaluation de degré d'infestation des parcelles de pomme de terre par ces parasites.

3- L'influence des conditions de culture sur le développement de ces ravageurs.

I.2.Présentation des régions d'études

L'étude a été menée dans deux wilayas productrices de pomme de terre en Algérie ; Ain Defla et Chlef.

I.2.1. Wilaya d'Ain Defla

I.2.1.1.Situation géographique

Le territoire de la wilaya d'Ain Defla reste inséré entre les massifs montagneux du Dahra Zaccar au Nord et l'Ouarsnis au Sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversé d'Est en Ouest par Oued Cheliff, cours d'eau d'une grande importance économique.

La wilaya d'Ain Defla se situe à 145km au sud-ouest d'Alger.Elle comprend 14 daïra, qui regroupent 36 communes, elle s'étend sur une superficie de 4260km² avec une population estimée au 31/12/2007 à 777264 habitants, soit une densité de 182h /Km².L'agriculture constitue la principale activité de ses habitants (Fig.11).

La wilaya d'Ain Defla est limitée par :

Au Nord : la wilaya de Tipaza

Au Nord-est : la wilaya de Blida

A l'Est : la wilaya de Medea

A l'Ouest : la wilaya de Chlef

Au Sud : la wilaya de Tissemsilt



Figure 11. Carte géographique de la wilaya d'Ain Defla.

I.2.1.2. Caractéristiques du sol

La wilaya d'Ain Defla présente un sol riche qui favorise le développement de la culture de la pomme de terre. Elle est classée parmi les premières wilayas productrices de ce produit. L'étude géologique effectuée par BOULAINÉ en 1957 révèle que les sols de la région sont généralement des sols lourds, fertiles et de texture variable avec prédominance d'éléments fins (80) dont plus de (45) d'argile. Cette particularité leur confère une plasticité excessive, qui les rend difficiles à structurer. Les meilleurs sols sont répartis de part et d'autre de l'oued Cheliff sur toute la vallée du Cheliff avec une superficie globale d'environ 6500ha.

On distingue une mosaïque de texture à savoir :

- sols limono-argileux.
- sols argilo-limoneux.
- sols calci-mégnésiques.
- sols fer-sialitiques.
- sols sablo-limoneux.

I.2.1.3. Climat

La wilaya d'Ain Defla présente un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité.

La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an, une série d'étages climatiques qui va du subaride au fond de la vallée au subhumide sur les reliefs. Ce type de climat perturbe sérieusement les campagnes agricoles.

La température est marquée de 20°C de janvier à aout. L'été s'étend sur six mois environ avec des masses d'air chauds. L'hiver étant froid dans la partie centrale de Zaccar et les gelées relativement fréquentes de Novembre à Mai.

I.2.2. Wilaya de chlef

I.2.2.1. Situation géographique

La wilaya de Chlef est située dans le Telle occidental à 200 km (jusqu'à 300 km pour les communes du Nord-Ouest) à l'Ouest d'Alger, elle compte une population de 1 122 765 habitants avec une superficie totale de 4 795 km². Elle est limitée par :

Au Nord : la mer méditerranée.

Au Sud : la wilaya de Tessemsilt.

À l'Est : les wilayas de Ain Defla et Tipaza.

À l'Ouest : les wilayas de Mostaganem et Relizane.

La wilaya de Chlef compte 35 communes regroupées en 13 Dairas (Fig.12).

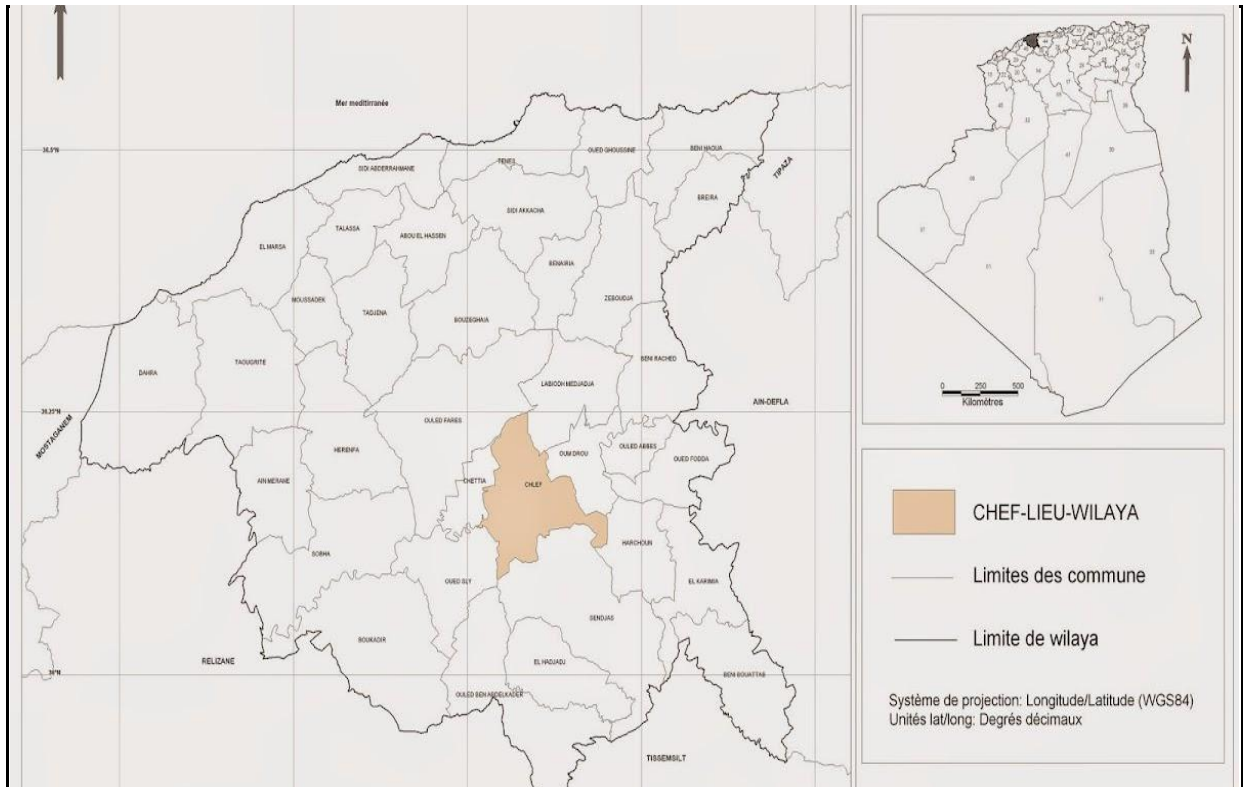


Figure 12. Carte géographique de la wilaya de chlef.

1.2.2.2. Caractéristiques du sol

Les sols de la plaine de Chéliff sont argileux excepté à proximité immédiate des Oueds, sur les piémonts, où l'on trouve des sols à texture plus grossières et naturellement drainés.

1.2.2.3. Climat

La wilaya est caractérisée par un climat méditerranéen subhumide dans la partie Nord et un climat continental au Sud, froid en hiver et chaud en été.

La pluviométrie annuelle moyenne est 40,06 mm par mois.

La température atteint son maximum au mois d'août avec plus de 38,80°C en été, son minimum au mois de janvier avec +06,1°C en hiver.

1.3. Etude de l'état d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes *Globodera* de la pomme de terre

Pour évaluer l'état d'infestation des parcelles de pomme de terre appartenant à différentes régions par les nématodes à kystes du genre *Globodera*, une analyse nématologique a été effectuée.

L'analyse comprend trois étapes :

1-Echantillonnage du sol.

Chapitre I : Matériels et méthodes

2- Extraction des kystes.

3- Récupération et comptage des kystes.

Au cours de la première phase, on prélève sur le terrain considéré un certain nombre d'échantillons supposé représentatif de l'ensemble. Durant la deuxième, on tente d'extraire, par des moyens appropriés, la totalité des nématodes contenus dans ces échantillons. La troisième partie concerne le comptage des nématodes contenus dans l'extrait obtenu.

L'analyse nématologique permet une estimation quantitative des populations de nématodes à kyste *Globodera* de pomme de terre présents dans le sol (Merny et Luc, 1969).

I.3.1. L'échantillonnage

Nous avons effectué des sorties sur le terrain pour faire un échantillonnage de sol dans des parcelles cultivées en pomme de terre situées dans deux wilayas productrices de ce légume (Ain Defla et Chlef). L'échantillonnage est réalisé après la récolte de la pomme de terre.

La technique utilisée pour faire nos échantillonnages consiste à délimiter une parcelle élémentaire d'1 hectare pour l'échantillonnage dans chaque parcelle prospectée. Pour un échantillonnage représentatif, 50 sous-échantillons sont prélevés selon les deux diagonales de chaque parcelle, puis rassemblés pour former un échantillon composite de 1,5 à 2 kg. Le prélèvement des sous-échantillons est effectué à l'aide d'une pelle à une profondeur allant 10 à 30 cm (Fig. 13).

Les échantillons sont mis dans des sacs en plastique (Fig. 14) portant des étiquettes où sont mentionnées tous les informations nécessaires (la date de prélèvement de l'échantillon, la commune, numéro de la parcelle, la wilaya, variété de la pomme de terre cultivée, mode d'irrigation, traitement, type de sol, maladies ainsi que toutes les informations susceptibles d'expliquer l'importance de l'infestation par ces nématodes phytophages. Ces sacs sont transportés vers le laboratoire.

Les régions étudiées et les principales informations sur les parcelles prospectées et les échantillons prélevés sont indiquées dans le tableau 7.



Figure 13. Prélèvement des échantillons du sol (Originale).



Figure 14. Conditionnement des échantillons (Originale).

Tableau 7. Les régions étudiées et des informations sur les parcelles prospectées et les échantillons prélevés.

Wilaya	Commune	Parcelle	Date d'échantillonnage	Précédent cultural (sur quatre ans)	Variété utilisée	Mode d'irrigation
	Rouina	Parcelle 1	01/01/2022	Pomme de terre /Pastèque	Spunta	Aspersion
		Parcelle 2	27/01/2022	Pomme de terre /Jachère/Blé/ Pastèque.	Désirée	Aspersion
		Parcelle 3	03/02/2022	Pomme de terre / Orge /Pomme de terre / Blé dur	Spunta	Aspersion

Chapitre I : Matériels et méthodes

Ain Defla	El Amra	Parcelle 4	03/02/2022	Pomme de terre/ pomme de terre / blé dur / orge	Spunta	Aspersion
		Parcelle 1	24/05/2022	Blé / Pomme de terre	Résona	Aspersion
		Parcelle 2	15/01/2022	Pomme de terre / blé dur / blé dur / blé dur	Kondor	Aspersion
	Parcelle 3	15/01/2022	Pomme de terre / Pomme de terre / Jachère /Jachère	Désirée	Aspersion	
	Khemis Miliana	Parcelle 1	16/01/2022	Pomme de terre /Pomme de terre	Désirée	Aspersion
		Parcelle 2	26/01/2022	/	Spunta	Aspersion
	El Attaf	Parcelle 1	15/01/2022	Blé	Spunta	Aspersion
		Parcelle 5	12/01/2022	Blé tendre/ Pomme de terre/ Blé dur/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion
		Parcelle 6	12/01/2022	Jachère / Pomme de terre/ Orge/Blé dur	Spunta	Aspersion
	El Abadia	Parcelle 1	08/02/2022	Jachère /Blé	Spunta	Aspersion
		Parcelle2	22/02/2022	/	Spunta	Aspersion
		Parcelle 3	28/01/2020	Blé dur / pomme de terre / Jachère/ Orge	Spunta	Aspersion
		Parcelle 4	28/01/2020	Blé dur/ Pomme de terre/Blé dur/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion
	Ain defla	Parcelle1	26/01/2022	Pomme de terre /Pomme de terre	Désirée	Aspersion
		Parcelle2	20/03/2022	Pomme de terre/jachère /Pomme de terre	Spunta	Aspersion
	Chlef	Oued El fada	Parcelle 1	11/02/2022	Blé	Spunta
Parcelle 2			12/02/2022	Pomme de terre/ blé dur / blé dur / vesce-avoine	Spunta	Aspersion
Parcelle 3			12/02/2022	Pomme de terre / blé dur / Pomme de terre / blé dur	Kondor	Aspersion
Parcelle 4			20/02/2022	Jachère /pomme de terre/Blé.	Spunta	Aspersion

I.3.2. Séchage du sol

Tous les échantillons du sol prélevés sont étalés sur un papier dans une salle bien aérée pour se sécher (Fig. 15).



Figure 15. Séchage d sol à l'aire libre (Originale).

I.3.3. Le pesage

Le sol préalablement séché est pesé à l'aide d'une balance de précision. A partir de chaque échantillon global, un sous échantillon de 1 kg représentatif de la parcelle est analysé (Fig. 16).

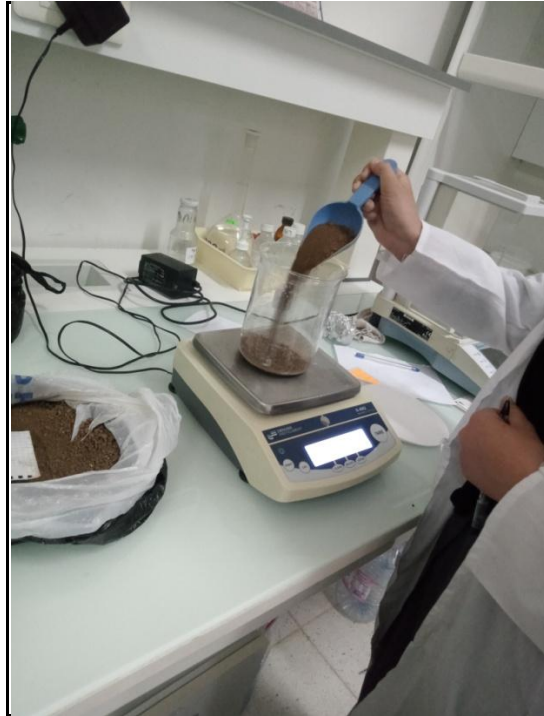


Figure 16. Prise du poids de l'échantillon (Originale).

I.3.4. Extraction des kystes

L'étude d'une population de nématode nécessite des méthodes d'extraction permettant de les séparer de la matière végétale ou minérale et autres matériaux. Parmi ces méthodes qui reposent sur le poids spécifique des nématodes, nous avons utilisé la technique proposée par Fenwick en 1940 basée sur la flottation des kystes plus ou moins secs, possèdent une densité inférieure à 1 mm, facilement récupérés (Nakachian et Jacquemont, 1971).

I.3.4.1. Description de l'appareil de FENWICK

L'appareil de FENWICK est un appareil qui est décrit par un chercheur nommé Fenwick en 1940. Il a été modifié Oostinbrink en 1960 (Nakachien et Jacquemont, 1971). C'est un grand récipient métallique de forme conique, plus large à la base qu'à la surface. L'appareil est muni d'un demi-cylindre qui porte une gouttière périphérique inclinée vers le bas avec un orifice conçu pour l'évacuation et l'écoulement de l'eau et des matériaux légers. Il est constitué d'un orifice à sa base qui se trouve ou sens contraire de la gouttière pour vider l'appareil après la récupération de la matière organique accompagnée des kystes (Fig.17).



Figure 17. Appareil de Fenwick (Originale).

I .3.4.2. Principe

Afin d'extraire les kystes *Globodera* des autres matériaux, nous avons utilisé la méthode classique décrite par FENWICK en 1940, qui est basée essentiellement sur le principe de flottaison des kystes (basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau). Les particules fines et les kystes passent tandis que les grosses particules minérales et végétales sont retenues. Les éléments légers qui flottent à la surface de l'eau sous l'action du trop-plein tels que les graines de mauvaises herbes, la matière organique et les kystes vont être entraînés dans la gouttière pour s'écouler sur un tamis de 250 µm (Fig.18). Le contenu du tamis est récupéré à l'aide des jets d'eau d'une pissette sur papier filtre soutenu par un entonnoir (Fig.19). Une fois égoutté et séché au laboratoire (Fig.20), le papier filtre est récupéré dans une boîte de Pétri étiqueté (Fig.21).



Figure 18. Extraction des nématodes à kyste à l'aide de l'appareil de Fenwick (Originale).



Figure 19. Récupération de l'extrait de tamis (Originale).



Figure 20. Séchage naturellement à température ambiante du filtre et son contenu (Originale).



Figure 21. Papiers filtre contenant l'extrait dans des boites pétri étiquetées (Originale).

I.3.5. Prélèvement des kystes

Après le séchage de l'extrait, la récupération des kystes de nématode s'effectue sous une loupe binoculaire au grossissement ($G : 10 \times 2$) à l'aide d'un pinceau fin humide (Fig. 25). Une fois récupérés, les kystes sont déposés dans une boites de pétri tapissée d'un papier filtre, portant une étiquette sur laquelle sont mentionnées les informations nécessaires concernant l'échantillon (numéro de l'échantillon, la commune ...) (Fig. 22).



Figure 22. Prélèvement des kystes sous une loupe binoculaire (Originale).

I.3.6. Dénombrement

I .3.6.1. Dénombrement des kystes et estimation de la fréquence de l'infestation

Le dénombrement des kystes se fait sous une loupe binoculaire et à l'aide d'un pinceau très fin, on sépare les kystes vides et les kystes pleins, ils sont dénombrés par la suite. Les kystes vides sont identifiés par leur couleur claire qui devient transparente lorsqu'ils sont au contact d'une goutte d'eau, apparaissent dépourvus des œufs ou des larves. Par contre, les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspects turgescents, leur couleur foncée et parfois claire, et une grande taille mais parfois petite.

La fréquence de l'infestation est calculée pour chaque commune et pour chaque wilaya. Il s'agit du pourcentage des échantillons infestés par rapport au nombre total d'échantillons prélevés (dans chaque commune ou dans chaque wilaya). Un échantillon est considéré infesté lorsqu'au moins un kyste plein y est détecté. Les échantillons contenant des kystes vides ne sont pas considérées infestés.

I.3.6.2. Dénombrement des œufs et juvéniles contenus dans les kystes et estimation des degrés d'infestations

Les kystes pleins de *Globodera* contiennent des œufs et des larves. L'écrasement de ces kystes se fait sous la loupe binoculaire ($G : 10 \times 4$), à l'aide d'un pinceau on met un kyste sur une lame contenant une goutte d'eau. Ensuite, on l'écrase en deux par un scalpel, on vide le kyste de son contenu en séparant les œufs et les juvéniles regroupés à l'aide d'une épingle, puis on dénombre tous les œufs et les juvéniles contenu dans l'ensemble des kystes de chaque échantillon pour estimer leur densité par 1 kg de sol. Enfin, on reporte cette dernière à un gramme du sol afin de calculer les degrés d'infestations des différentes parcelles. Cela pour

Chapitre I : Matériels et méthodes

estimer si le niveau des différentes populations a atteint le seuil de nuisibilité sachant que le seuil de nuisibilité est estimé à 10 larves/g du sol (Mugniery, 1975).

I.3.6.3. Estimation des nombres moyens d'œufs et de juvéniles de deuxième stade contenus dans les kystes

Après le dénombrement des œufs et de juvéniles de deuxième stade contenus dans les kystes de chaque échantillon du sol (comme il a été décrit précédemment), on procède au calcul des moyennes pour chaque échantillon. Cela permet de caractériser les kystes de chaque population de *Globodera*.

Chapitre II :

Résultats et discussion

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Résultats

II.1.1. Caractéristiques morphologiques des nématodes à kystes *Globodera* sp.

Les observations de matériel biologique récolté de différentes parcelles de pomme de terre sous loupe binoculaire montrent qu'il y a une large variabilité entre les kystes, les larves et les œufs sur le plan morphologique (couleur et taille).

II.1.1.1. Les kystes

Les kystes de *Globodera* présentent une forme arrondie, ils possèdent un cou qui lui permet de se fixer sur les racines de la plante hôte, ils sont de tailles variées et leur couleur varie entre le marron, marron clair, marron foncé, brun, brun clair et brun foncé (Fig.23).

De même, les observations microscopiques effectuées ont mis en évidence que dans certains kystes la présence des œufs et des larves à l'intérieure sont des kystes pleins. Tandis que les autres kystes ne renferment pas d'œufs et de larves, sont des kystes vides.



Figure 23. Kystes de *Globodera* présentant différentes couleurs et tailles observés sous loupe binoculaire au grossissement (G : 10×2) (Originale).

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1.1.2. Les larves

Les larves sont filiformes d'une couleur transparent à blanchâtre (Fig.23).

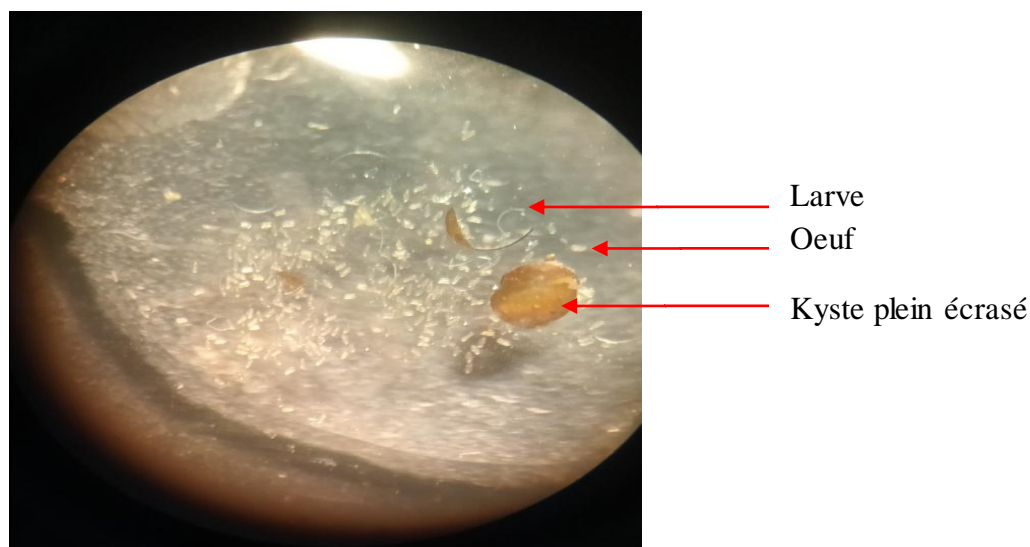


Figure24. Les larves et les œufs de *Globodera* sous loupe binoculaire (G:10X4) (Originale).

II.1.1.3. Les œufs

Les œufs sont de forme rectangulaire et de couleur transparent à blanchâtre (Fig.23).

II.1.2. Fréquence des kystes de *Globodera* dans l'ensemble des échantillons

Les taux d'infestation des échantillons analysés par les kystes de *Globodera* sp. Sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8. Fréquence de *Globodera* sp. dans l'ensemble des échantillons de sol.

Wilaya	Nombre d'échantillons prélevés	Nombre d'échantillons infestés	% des échantillons infestés
Ain Defla	16	8	50
Chlef	4	1	25
Total	20	9	45

D'après les résultats présentés dans le tableau 8, on remarque qu'au niveau de 20 parcelles prospectées, les kystes pleins de *Globodera* sont détectés dans 9 parcelles soit une fréquence d'infestation de l'ordre de 45 %. De plus, nous notons une présence des nématodes *Globodera* sp. Dans les deux régions étudiées (Ain Defla et Chlef). Cependant, la fréquence de l'infestation est variable entre les régions. La fréquence la plus élevée a été enregistrée dans la wilaya de Ain Defla avec 50 % soit 8 parcelles infestées sur 16 prospectées, alors que

Chapitre II : Résultats et discussion

la plus faible a été notée dans la wilaya Chlef avec 25% soit 1 parcelles infestées sur 4 échantillonnées.

La figure 24 illustre davantage le taux d'infestation des échantillons par les kystes de nématodes *Globodera* sp.

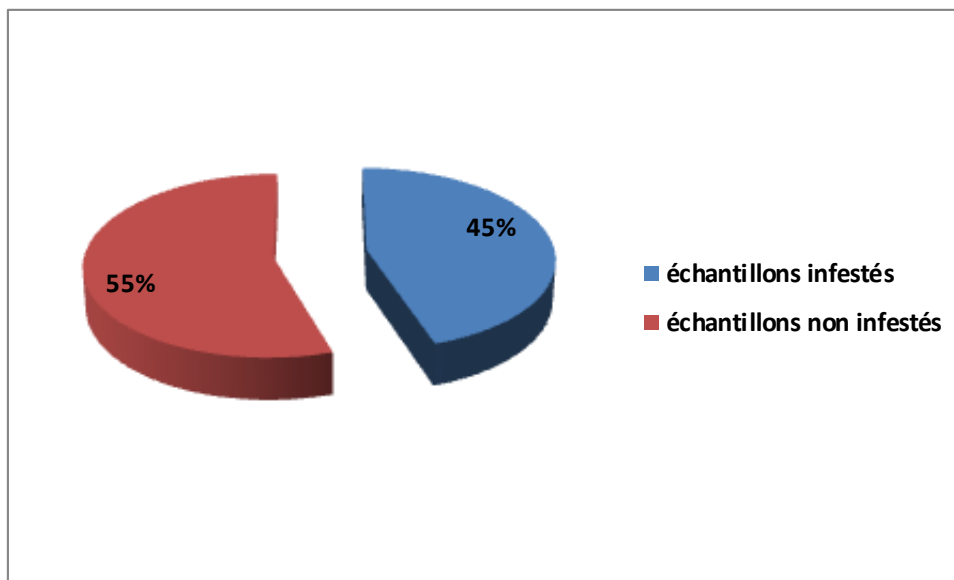


Figure 25. Pourcentage des échantillons de sol infestés et non infestés par les *Globodera*.

II.1.3. Etat d'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera* dans les wilayas d'Ain Defla et de Chlef

Les résultats de l'analyse nématologique des différents échantillons prélevés dans 7 communes de wilaya de Chlef et d'Ain Defla sont présentés dans le tableau 09 et illustrés par les figures 25, 26 et 27. Les résultats de dénombre des œufs et des larves contenus dans les kystes sont représentés en Annexe 01.

Chapitre II : Résultats et discussion

Tableau 09. Résultats de l'analyse nématologique des parcelles prospectées.

Wilaya	Commune	Parcelle	Nombre de Kystes pleins/kg de sol	Nombre de Kystes vides/kg de sol	Nombre total de Kystes/kg de sol	% Kyste plein	% Kyste vide	Degré d'infestation (œufs + L2/g de sol)	Nombre moyen d'œufs et de larves/kyste
Ain Defla	Rouina	01	00	50	50	00	100	00	00
		02	01	00	01	100	00	0,043	43
		03	27	22	49	55,10	44,90	1,508	55,85
		04	28	11	39	71,79	28,21	4,492	160,43
	El Amra	01	00	04	04	00	100	00	00
		02	3	10	13	23,08	76,92	0,307	102,33
		03	12	17	29	41,38	58,62	1,76	163,33
	Khmis Miliana	01	00	15	15	00	100	00	00
		02	01	12	13	7,69	92,31	0,05	50
	El Ataf	01	00	31	31	00	100	00	00
	El Abadia	01	01	53	54	1,85	98,15	0,395	395
		02	00	12	12	00	100	00	00
		03	04	07	11	36,36	63,63	0,51	127,5
		04	00	00	00	00	00	00	00
	Ain Defla	01	00	09	09	00	100	00	00
		02	00	00	00	00	00	00	00
Chlef	Oued El Fodda	01	00	04	04	00	100	00	00
		02	00	00	00	00	00	00	00
		03	00	00	00	00	00	00	00
		04	18	16	34	52,94	47,06	7,181	398,94

Les résultats d'analyse nématologique présentés dans le tableau 9 montrent une variation de l'infestation entre les régions voire entre les parcelles :

Nombre de kystes :

Dans la wilaya d'Ain Defla, les kystes pleins de nématodes sont détectés dans 8 parcelles parmi les 16 parcelles prospectées. Le nombre le plus élevé est noté dans la parcelle P4 de la commune de Rouina (28 kystes par 1 kg de sol), et le plus faible est observé dans les parcelles P2 de la commune de Khmis Miliana (1 kystes par 1 kg de sol). Par contre, dans les parcelles P1, P2 de la commune d'Ain Defla, les parcelles P2, P4 de la commune d'El Abadia, P1 de la commune d'El Ataf, P1 khmis Miliana, P1 d'El Amra et P1 de Rouina aucun kyste plein n'est collecté.

Chapitre II : Résultats et discussion

Relativement aux kystes vides, ils sont collectés dans les parcelles P1, P3, P4 de Rouina, P1, P2, P3 d'El Abadia, P1 d'Ain Defla et P1, P2, P3 d'El Amra, P1, P2 de Khmis Miliana avec une densité variée de 4 à 53 kystes par 1 kg de sol.

Dans la wilaya de Chlef, le nombre de kystes pleins varie d'une parcelle à l'autre. Les nombres les plus élevés sont détectés dans une parcelle ; P4 de la commune d'Oued El Fodda (18 kystes par 1 kg de sol). Par contre, dans les parcelles P1, P2 et P3 d'Oued El Fodda, aucun kyste plein n'est collecté.

Pour les kystes vides, ils sont enregistrés dans la parcelle P1 d'Oued El Fodda (04 kyste par 1 kg de sol) .En fin, dans les parcelles P2, P3 d' Oued El Fodda, aucun kyste vide n'est collecté. En ce qui concerne le pourcentage des kystes, l'analyse nématologique montre que le pourcentage des kystes vides est supérieur à celui des kystes pleins pour tous les échantillons considérés.

Degré d'infestation :

Les résultats montrent que le degré d'infestation ne dépasse pas le seuil de nuisibilité (fixé à 10 larves L2/g de sol) dans toutes les parcelles infestées, il varie entre 0,043et 7,181œufs+L2/ g de sol enregistré respectivement dans la parcelle P2 de Rouina et la parcelle P4 d'Oued El Fodda.

Nombre d'œufs et de larves par kyste :

Les résultats obtenus sur le nombre moyen d'œufs et de larves par kyste, montrent une grande différence entre les kystes. Le grand nombre est enregistré chez les kystes pleins provenant de la parcelle P4 d'Oued El Fodda (wilaya de Chlef) avec 398,94œufs et larves par kyste, alors que le faible nombre est noté chez les kystes pleins récoltés dans la parcelle P1 de Rouina (wilaya d'Ain Defla) avec 43 œufs et larves par kyste.

Chapitre II : Résultats et discussion

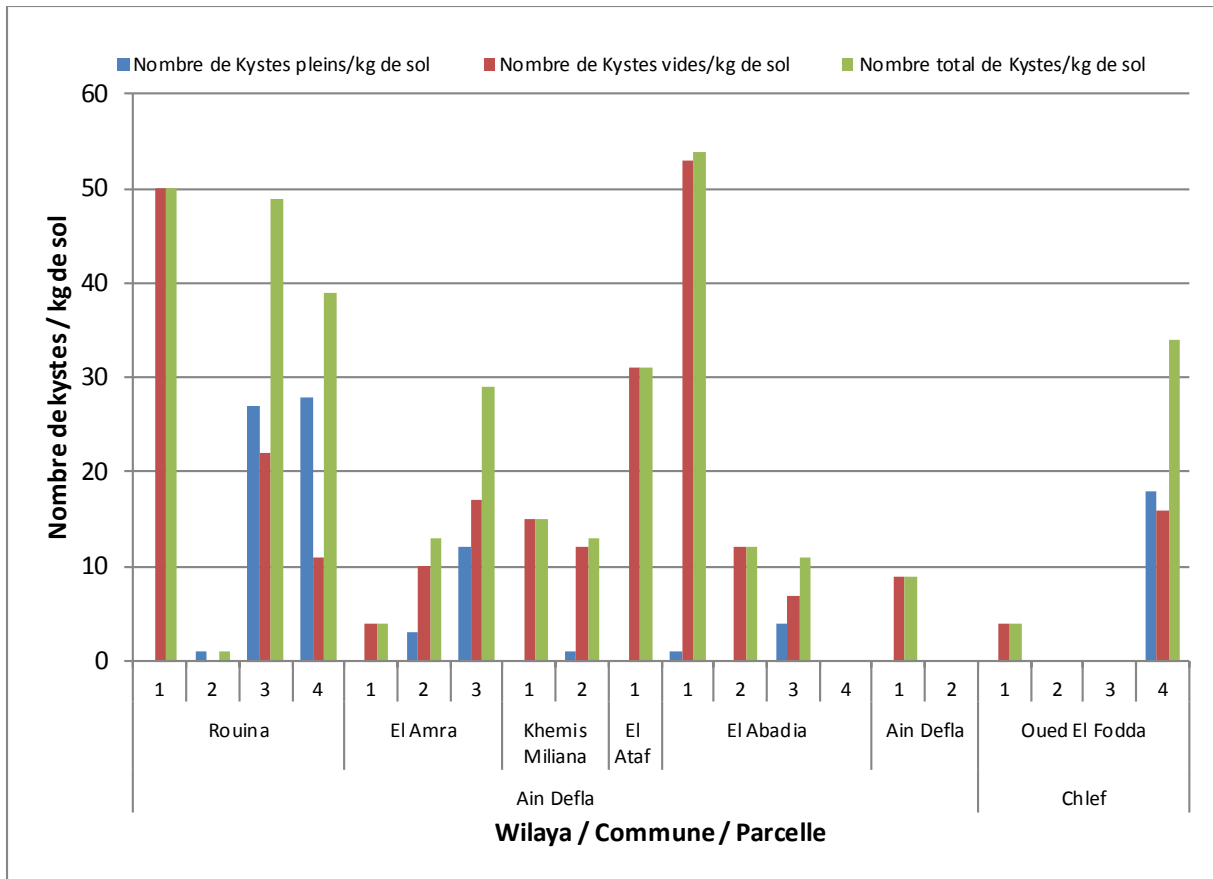


Figure 26. Importance de l'infestation évaluée en nombre de kystes en fonction des parcelles dans les wilayas d'Ain Defla et Chlef.

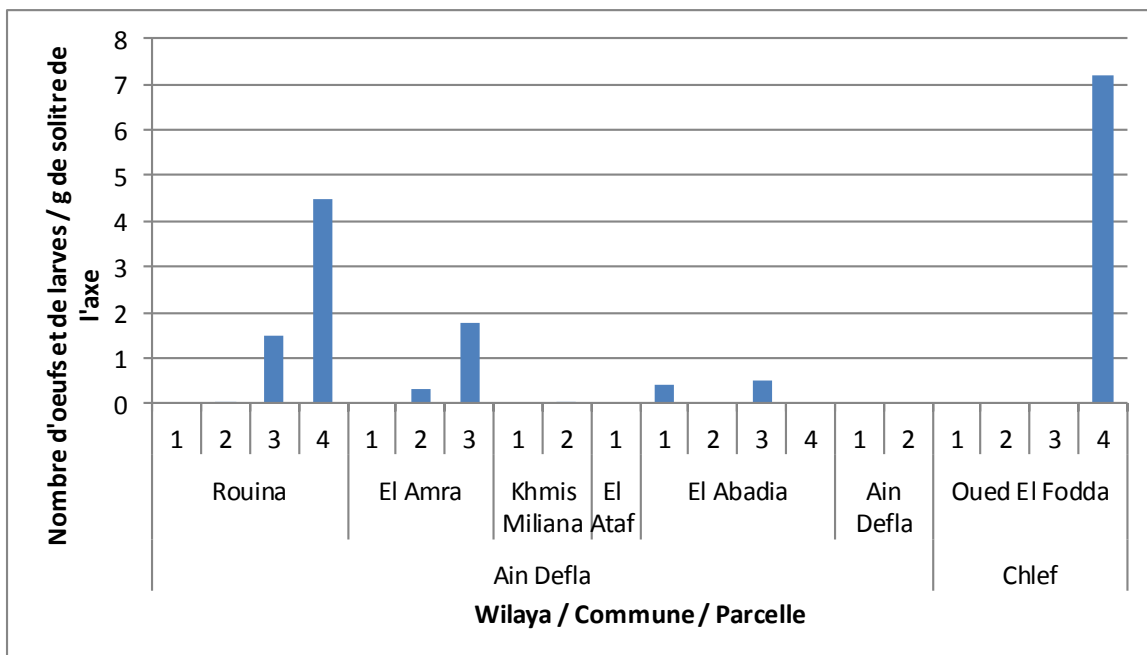


Figure 27. Degrés d'infestation dans les différentes parcelles des deux wilayas prospectées.

Chapitre II : Résultats et discussion

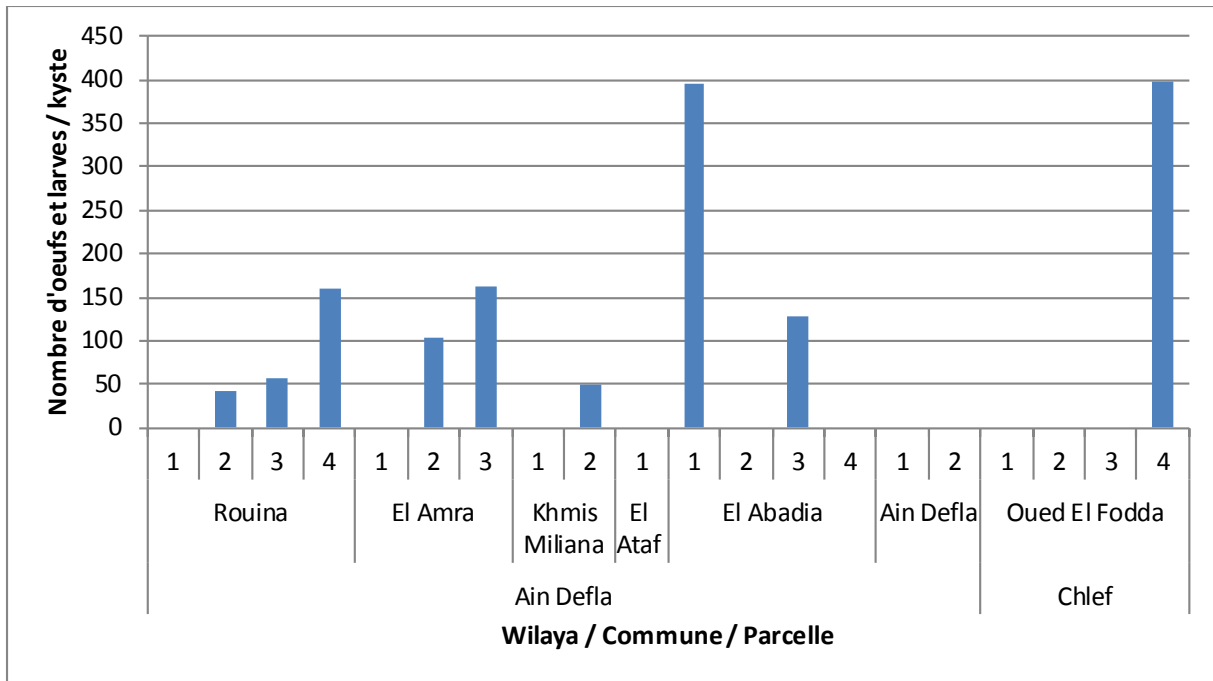


Figure 28. Nombre moyen d'œufs et larves L2 par kyste dans les parcelles infestées des deux wilayas.

II.2. Discussion

Nous avons étudié l'état d'infestation de 20 parcelles cultivées en pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera* inféodés à cette culture. Ces parcelles sont situées dans 02 wilayas productrices de la pomme de terre en Algérie ; Ain Defla (commune : Ain Defla, El Ataf, Khemis Miliana, El Abadia, El Arma et Rouina), Chlef (commune : Oued El Fodda).

L'analyse nématologique a montré la présence de ces nématodes de quarantaine dans les deux wilayas prospectées (Ain Defla et Chlef). Ces bioagresseurs sont signalés sous formes de kystes pleins dans 9 parcelles des 20 étudiées soit une fréquence de 45 %. Cette fréquence élevée peut être expliquée par les conditions culturales et pédoclimatiques favorables au développement de ces parasites. La fréquence d'infestation est importante à Ain Defla qu'à Chlef. Les nématodes sont présents dans 50% des parcelles prospectées à Ain Defla alors qu'à Chlef 25%. Cette différence peut être expliquée par la variation des facteurs influençant le développement et la pullulation de ces nématodes phytophages dans les deux wilayas.

La fréquence la plus élevée (50 %) a été enregistrée dans la wilaya d'Ain Defla puisque ces bioagresseurs sont signalés dans 8 parcelles des 16 parcelles étudiées.

Cette fréquence peut être expliquée par le fait que la production agricole est basée sur la culture de la pomme de terre dans la plupart des parcelles prospectées. Ce taux est largement

Chapitre II : Résultats et discussion

supérieur à ce obtenu par Tirchi (2015), qui a révélé que ces nématodes endoparasites sont présents sous forme de kystes viables dans 18 parcelles des 81 parcelles étudiées soit une fréquence d'infestation de 22,22%. Cependant, d'autres auteurs ont signalé une infestation importante de ces nématodes dans cette wilaya. Djebroune (2013) a montré que les nématodes à kystes de pomme de terre sont très fréquents dans cette zone avec une fréquence de l'infestation de 77,08% soit 37 parcelles sont infestées de 48 parcelles prospectées. L'analyse nématologique effectuée par Trachi et Souna en 2016 a mis en évidence 20 parcelles sur un total de 27 prospectées, soit 74%, étaient infestées par les nématodes à kystes *Globodera* sp. La faible fréquence d'infestation a été notée dans la wilaya de Chlef qui est de l'ordre de 25%, soit 01 parcelles infestées des 04 étudiées. Ceci pourrait s'expliquer par la rotation culturale avec des plantes non hôtes dans les parcelles étudiées.

Nous avons noté que le nombre de kystes vides est nettement plus important que le nombre de kystes pleins. Ce résultat nous laisse supposer qu'il s'agit de kystes anciens qui ont déjà éclos dans le temps. Aussi on peut penser à des femelles non fécondées voire même stériles, ou bien à l'effet des variétés résistantes qui bloquent le développement de ces nématodes. Le climat joue aussi un rôle très important dans l'évolution des nématodes. En effet, les larves de *Globodera* ne peuvent éclore que si la température du sol dépasse +7 °C et que l'optimum pour l'émergence des juvéniles à partir des kystes se situe entre +15 °C et 20°C (Schneider et Mugniery, 1971).

Le degré d'infestation des nématodes varie d'une parcelle à l'autre. Cette variation est expliquée par la nature de sol, les différentes pratiques culturales et aux conditions climatiques qui prévalent dans les lieux prospectés, comme cela a été montré par plusieurs auteurs (Belhadj Ben Yahia, 2007 ; Bougar, 2010 ; Djebroune, 2011, 2013).

Un faible niveau d'infestation a été enregistré dans les parcelles : P2 de Rouina (0, 43, Œufs+ L2/g de sol), P3 de Rouina (1,508 Œufs+ L2/g de sol), P2 d'El Amra (0,307 Œufs+ L2/g de sol), P3 d'El Amra(1,76 Œufs+ L2/g de sol). P2 de Khemis Miliana(0,05Œufs+ L2/g de sol).P1 de abadia (0, 395 Œufs+ L2/g de sol) et P3 d'El Abadia(0,51 Œufs+ L2/g de sol) malgré que les conditions sont favorables pour le développement des *Globodera* telles que la variété cultivée (Spunta) et l'irrigation par aspersion, ce qui serait lié à la faiblesse de l'inoculum initial de ce parasite, ou à la présence d'autres facteurs qui inhibent la multiplication de ce parasite (telles que les caractéristiques physico-chimiques du sol : texture non convenables, pH non adéquat,.....). Mais grâce à cette faible infestation on peut avoir un danger sur les cultures ultérieures si l'agriculture n'a pas respecté la pratique de la rotation car à partir d'un seul kyste on peut avoir un nombre important des kystes.

Chapitre II : Résultats et discussion

Les autres parcelles des wilayas prospectées : Chlef (P1, P2, P3 d'Oued El Fodda), et Ain Defla (P1 de Rouina, P1 et P2 d'Ain Defla, P1 d'El Amra, P1 de Khemis Miliana, P2, P4 d'El Abadia et P1 d'El Ataf) sont considérées indemnes car aucun kyste plein de *Globodera* n'y est détecté. Ceci s'explique principalement par l'influence des conditions de la parcelle qui sont toutes défavorables à la multiplication de ces nématodes.

Les résultats du dénombrement des œufs et des larves des kystes pleins des différentes populations de *Globodera*, montre que le nombre varie d'une population à une autre et d'un kyste à l'autre, cette variabilité pourrait être le résultat des conditions de culture ou de la virulence de la population.

La répartition des nématodes dans le sol est influencée par des facteurs liées à la plante hôte (importance des racines et nature de leurs exsudats), aux pratiques culturales employées (rotation, irrigation, type de labour) et d'autres facteurs liés au type du sol (texture, teneur en matière organique, pH, taux de calcaire).

D'après les résultats obtenus dans cette étude sur les facteurs qui peuvent expliquer l'infestation des parcelles par les nématodes à kystes de la pomme de terre dans les régions prospectées, nous avons jugé utile de proposer quelques méthodes de lutte contre ces parasites qui cause des dégâts à une culture stratégique la pomme de terre et qui se résume comme suit:

- Des longues rotations avec des plantes non hôtes (pas moins de 4 ans).
- Utilisation des variétés résistantes vis-à-vis de ces parasites.
- Emploi de la jachère.
- Travail de sol (surtout le labour d'été).

Conclusion générale

Conclusion

Conclusion générale

L'enquête menée sur les nématodes de genre *Globodera* dans les deux régions (Ain Defla et Chlef) nous a permis de donner une idée générale sur la situation sanitaire des parcelles cultivées de la pomme de terre vis à vis ce ravageur, ainsi de connaître les causes susceptibles d'être responsable de sa propagation. En effet, nous avons décelé que 9 sites sont touchés par ce parasite sur 20 sites prospectés.

Les nématodes à kystes de la pomme de terre du genre *Globodera* sont des ravageurs les plus redoutables sur la culture de pomme de terre dans le monde, causant des pertes conséquentes et significatives tels qu'ils justifient leur classification en parasites de quarantaine et l'adoption de mesures de lutte obligatoires appliquées à l'échelle internationale.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'état d'infestation de quelques parcelles de pomme de terre situées dans 2 wilayas (Ain Defla et Chlef) par les nématodes à kystes du genre *Globodera*. En effet, la connaissance de leur distribution dans le sol ainsi que les facteurs favorables à leur développement est d'une importance majeure pour contribuer à la lutte contre ces bioagresseurs.

Les résultats obtenus montrent que ces parasites sont présents dans les deux wilayas par ce qu'ils sont détectés dans les différents sites d'échantillonnages des deux wilayas. Ils sont signalés sous forme de kystes pleins ou vides. Les parcelles sont considérées infestées quand des kystes pleins sont détectés. La fréquence de l'infestation est très élevée puisque dans 9 des 20 parcelles échantillonnées (soit une fréquence de 45 %), des kystes pleins de ces nématodes sont détectés. La fréquence de l'infestation est variable entre les wilayas et elle est plus importante à Ain Defla (50%) comparativement aux wilayas de Chlef (25 %).

Concernant le nombre des kystes pleins et vides varie significativement dans les différentes régions étudiées (entre les communes et entre les parcelles).

Les degrés d'infestation estimés par le nombre d'œufs et des juvéniles par g du sol sont différents d'une wilaya à une autre, d'une commune à une autre et entre les parcelles. Le degré d'infestation le plus élevé est noté dans la parcelle P4 d'Oued El Foudda avec (7,181 œufs+larves par g du sol).

L'interaction de différents facteurs (climatiques, édaphiques et humains) seraient la cause de l'infestation des parcelles prospectées. La rotation non raisonnée, le choix de la variété de la pomme de terre cultivée et le type d'irrigation sont les principaux facteurs qui influencent le développement et la dissémination de ces nématodes. Donc, il faudrait utiliser des rotations

Conclusion

longues (4 ans au minimum) en introduisant des plantes non hôtes et choix des variétés résistantes à ce ravageur afin de limiter sa pullulation et sa propagation et ainsi augmenter le rendement et la production de la pomme de terre.

En termes de cette étude, nous pouvons recommander :

- D'élargir cette étude à d'autres régions productrices de la pomme de terre en Algérie, il faut faire de prospections régulières afin de compléter l'information sur la distribution de ces nématodes et des densités de leurs populations dans le sol.
- Identifier les espèces qui sont présentes dans les différentes régions afin de choisir les méthodes de luttés appropriées.
- Création des services spécialisés afin d'intervenir par des méthodes de lutte appropriées.
- Etudier la virulence des différentes populations des deux espèces de *Globodera* et de développer la biologie de ces nématodes.
- De faire des tests de sensibilité des variétés de pomme de terre aux attaques de ces nématodes pour une meilleure connaissance des variétés résistantes.
- Utilisation des méthodes de lutte, alternatives aux nématicides chimiques qui seraient plus respectueuse pour l'environnement et à la santé humaine.
- D'organiser des journées de sensibilisation par des instituts agricoles au profit des agriculteurs afin de les sensibiliser et les aider à diminuer les risques d'infestation par les nématodes à kystes du genre *Globodera* et minimiser les pertes dues à leurs attaques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1- **Amirouche B., 1989** : Maraichage potagère, culture maraichère en Algérie, Rev.n°01. INRA. Alger., 80 p.
- 2- **Aired S., 2007** : La culture de la pomme de terre in Agriculture et développement. Rev. Vulg. Communication., Inst. Nati. Vul. Agri., n° 05 : 49-54.
- 3- ACIA, AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, Bonnes pratiques visant à prévenir la contamination par les nématodes à kyste de la pomme de terre, [En ligne], URL: <http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/pestrava/gloros/producf.shtml>
- 4- **Bernhards N., 1998** : Etude sur la tubérisation. Rev. Gène- botanique : 14-58.
- 5- **Benniou R., 1988** : Etude de l'influence de quelques caractéristiques physiques du sol sur la production chez quatre variétés de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) cultivés en région sétifeinne. TheseMag. INA., El harrach. Alger., 81 p.
- 6- **Benniou R., 1988** : Etude de l'influence de quelques caractéristiques physiques du sol sur la production chez quatre variétés de la pomme de terre (*Solanumtu berosum* L.) cultivés en région sétifeinne. TheseMag. INA., El harrach. Alger., 81 p.
- 7- **Bamouh A., 1999** : Technologie de production de la pomme de terre au Maroc in transfert de technologie en agriculture. Bull. Liai. Info., P.N.T.T.A., n° 52 :10-15.
- 8- **Bradshaw J., 2007**- Breeding Potato as a Major Staple Crop. Dans M. KANG, P. PRIYADARSHAN, Breeding Major Food Staples, 1ère éd., Blackwell Publishing, Iowa, p. 277-332.
- 9- **Boumlik, 1995** : Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaire. Ben Aknoun. (Alger) p80.
- 10-**Bernhards U., 1998** - la pomme de terre solanumtuberosum l. monographie institut national agronomique paris – grignon.
- 11-**Boufares., 2012**-Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique p3- 4-6-7
- 12-**Bamouh H., (1999)**. Technique De Production De La Culture De Pomme De Terre, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 58, p.p.1- 5.
- 13-**Bamouh., 1999** -Technique de production de la pomme de terre au Maroc, fiche technique, N° 52. PNTTA.4P.

Références bibliographiques

- 14-Bellabaci, H., Cherfouh, R., 2004** - Développement de la culture de pomme de terre dans la région saharienne, séminaire sur la culture de pomme de terre, wilaya d'El-Oued du 11 au 13 janvier 2004, PP. 7-8.
- 15-Bamouh, 1999** : Technique de production de la pomme de terre au Maroc, bulletin
- 16-Blanchard, A., 2006-** Identification, polymorphisme et évolution moléculaire de gènes du pouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la pomme de terre *Globodera pallida*. Biochimie [q-bio.BM]. Université Rennes 1. 09 P.
- 17-Belair g. et Laplante G., 2007-** Le nématodes à kyste de la pomme de terre, *Globodera rostochiensis* : Mise au point sur la situation au Québec. CRDH, St-Jean-sur Richelieu; ACIA, Québec.
- 18-Behrens E., 1975-** *Globodera skarlovich* 1959 un genre indépendant de la sous famille des Hetroderinae skarbiovich, 1949 (Nematoda : Heteroderidae). Problemen der Phytonematologie N 01, pp. 12-26.
- 19-Belhadj Ben Yahia F., 2007** - Variation de l'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par le nématode doré du genre *Globodera*. Test de sensibilité de deux variétés (Désirée et Spunta) au laboratoire. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 57 p.
- 20-Baloul D., 2012** - Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kystes, (*Globodera* sp.) inféodés à la culture de la pomme de terre. Thèse de magister en Science Agronomique, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger, 116 p.
- 21-Bougar D., 2010** - Etude des nématodes à kystes du genre *Globodera* inféodés à la culture de la pomme de terre dans la wilaya d'Ain-Defla. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Centre Universitaire de Khemis Miliana, 109 p.
- 22-Bakker J., Bouwman-Smits L. ET Gommers F.J., 1992** - Genetic relationships between *Globodera pallida* pathotypes in Europe assessed by using two-dimensional gel electrophoresis of proteins. Fundam. appl. Nématol., vol. 15, N°: 06, pp.481-490
- 23-Belhadj Ben Yahia F., 2007.** Variation de l'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par le nématode doré du genre *Globodera*. Test de sensibilité de deux variétés (Dsérée et Spunta) au laboratoire. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 57p.
- 24-Bougar D., 2010.** Etude des nématodes à kystes du genre *Globodera* inféodés à la culture de la pomme de terre dans la wilaya d'Ain-Defla. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Centre Universitaire de Khemis Miliana, 109 p.

Références bibliographiques

- 25-Chauvinn L., Caromel B., Kerlan M.C., Rulliat E., Fournet S., CHAUVIN J.E., Ellisseche D. et Mugniery D., 2008** – La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Cahiers agricoles, Vol. 17, n° : 04, pp. 368 – 374.
- 26-Cee-onu., 2014-** Guide de la CEE-ONU sur les maladies, parasites et défauts des plants de pomme de terre. Designed and printed at the United Nations, Geneva 1421074(F) —August 2014 —200 ECE/TRADE/416.
- 27-Chibane A., 1999** : Technologie de production de la pomme de terre au Maroc in transfert de technologie en agriculture. Bull. Liai. Info., P.N.T.T.A, n° 52 :1-20.
- 28-Cherfi M., 1989** : Comparaison de différentes variétés de pomme de terre pour la détermination des meilleurs. Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Ens. Sup. Scie. Biol., Sétif., 38 p.
- 29-Chelha M., 2000** : Essai sur l'évolution de résistance de quelques variétés de pomme de terre vis-à-vis de *phthorimaeoeperculellazeller* (lepidoptera : gelechidea). MémIng. Agro., INA.Elharrach. Alger., 71 p.
- 30-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'OOEPP pour l'UE sous contrat 90/399003,6p.
- 31-Chitwood, D.J., Hutzell, P.A., Lusby, W.R., 1985-** Sterol composition of the corn cyst nematode, *Heterodera Zeae*, and corn, *J. Nematol.* Vol 17, pp.64-68.
- 32-Dore, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., Roger-Estrade, J., 2006-**l'agronomie aujourd'hui.' (Quae: Paris).
- 33-Dore C, Varoquaux F., 2006** : Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées RINRA.240 p.
- 34-Doré C., Varoquaux F., Coordinateur., (2006).** Histoire Et Amélioration De Cinquante Plantes Cultivées RINRA.
- 35-Darpoux R., 1967** : Les plantes sarclées Paris : maison rustiques, 399 p.
- 36-Diouf J., 2009** - *Année internationale de pomme de terre. Eclairage sur un trésor enfoui. Compte rendu de fin d'année, Rome. 134P.*
- 37-Duvauchelle S., Andrivon D., 1996.** Les ennemis. Maladies ; Pp 231-336 in Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J. C. (eds). *La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation.* Ed. INRA ET ITCF, Paris, 607p.

Références bibliographiques

- 38-Djebroune A., 2011** - Etude des nématodes à kystes du genre *Globodera* inféodés à la culture de la pomme de terre dans la wilaya d'Ain-Defla. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Centre Universitaire de Khemis Miliana, 116 p.
- 39-Djebroune A., 2013-** Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kystes (*Globodera* sp.) inféodé à la culture de pomme de terre. Thèse Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger. 195 p.
- 40-Djebroune A., 2013.** Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kystes (*Globodera* sp.) inféodés à la culture de la pomme de terre. Thèse de Magister en Agronomie, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, El Harrach, Alger, 171 p.
- 41-Eppo/Oepp, 2004-** Diagnostic protocols for regulated pests- *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. OEPP/EPPO Bulletin 34, 309-314.
- 42-Evans, K., Franco, J., & Descurrah, M.M., 1975.** Distribution of species of potato cyst nematode in South America. *Nematologica* N° 21, pp. 365–369.
- 43-Evans, K., Stone, A.R., 1977.** A review of the distribution and biology of the potato cyst- **nematodes** *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Pans* N°23, pp.178–189.
- 44-Faostat, 2020.** URL : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize/>. 85. (accédé : 02 Septembre 2020).
- 45-Faostat, 2022.** URL : <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize/>. 85. (accédé : 07mai 2022).
- 46-Franco J., 1989.** Nématodes à kyste de la pomme de terre ; *Globodera* spp. Bulletin d'Information Technique 9. Centre International de la Pomme de terre, Lima, Pirou p 65.
- 47-Ferraz L.C. B and Brown D.J.F., 2002.**An introduction to plant nematology. Eds . Pensoft Series. *Parasitologica*.N°3, Sofid Bulgaria. 211pp.
- 48-Franco J., 1989.** Nématodes à kyste de la pomme de terre ; *Globodera* spp. Bulletin d'Information Technique 9. Centre International de la Pomme de terre, Lima, Pirou p 65.
- 49-Ferraz L.C. B and Brown D.J.F., 2002.**An introduction to plant nematology. Eds. Pensoft Series. *Parasitologica*.N°3, Sofid Bulgaria. 211pp
- 50-Fenwick D.W., 1940.** Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*. 18, 155-172.
- 51-Grison G., 1991** : La germination et les relations nombre de germes, nombre de tiges. *Rev. Pomme de terre Francise*. N° 463 : 57-66.

Références bibliographiques

- 52-Greco, N., Moreno, I., 1993.** Development of *Globodera rostochiensis* during three different growing seasons in Chile. *Nematropica* 22, pp. 175–181.
- 53-Gurr G.M., 1992** - Control of potato cyst nematode (*Globodera pallida*) by host
- 54-Plant resistance and nematicide.** *Annals of Applied Biology.*, vol. 121, N°: 01, pp.167-173.
- 55- Hawkes, J.G., 1990** - The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources. London, BelhavenPress, 259p.
- 56-Hide G. A., Read P. J., Firmager J. R. et Hall S. M., 1989.** Stem canker (*Rhizoctonia solani*) on five early and seven maincrop potato cultivars. I- Infection of shoots, stolon and tubers. *Ann. Appl. Boil.*, 114, 255-265.
- 57-Hockland S., 2002** – Potato cyst nematodes, a technical overview for England And Wales. pp. 1 – 17
- 58-Hallman J. et Sikora R.A., 2000** – Lipopolysaccharides of rhizobium ET li Strain G12 Act in Potato roots as an inducing agent of systemic resistance to infection by the cyst Nematode *Globodera pallida*. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 66, n°: 08, pp. 3515 – 3518.
- 59-Isaac I. et Harrison J.A.C., 1968.** The symptoms and causal agents of early dying disease (*verticillium wilt*) of potatoes. *Ann. Appl. Boil.*, 61: 231-244.
- 60-Jellis G. J. et Boulton R. E., 1984.** *Damage and losse caused by potato diseases. In Plant diseases: infection, damage and loss*, 372 p., R. K. S. Wood et G. J. Jellis Eds., Blackwell Scientific Publication, Oxford, 255-266.
- 61-Kolev N., 1979** : Les cultures maraichères en Algérie. T (3). C.N.P.A : 95-120.
- 62-Kechid M., 2005.** Physiologie et Biotechnologie de la micro tubérisation de la pomme de terre *Solanumtuberosum*. L. Mémoire de Magister, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Mentouri de Constantine, 128p
- 63-Kleinkopf G.E., 1983:** Potato in crop-Water relation. TEARE ID: 287-305.
- 64-Khaldi A et Seghiri A.A., 2006** : Contribution à l'étude de l'effet calibre et densité plantation chez deux variétés de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) dans les conditions agro-climatiques de la région de Sétif – Mezlug. *Mém. Ing. Agro., Univ. M'sila. Algérie.*, 57 p.
- 65-Kebaili L., Adadi F et Derradji W., 2009** : Contribution à l'étude de l'effet d'une fertilisation foliaire de type potassique sur le développement et la croissance de la

Références bibliographiques

- culture de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) dans la région nord de Sétif –Cas de Béni-fouda. Mém. Ing. Agro., Univ. M'sila. Algérie., 63 p.
- 66-Kerlan C., 1996.** Les ennemis; Maladies. Pp 231-336 in Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J. C. (esd), *la pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation*. Ed. INRA et ITCF, Paris, 607 p.
- 67-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 ,88 p.
- 68-Kort J., 1974-** Identification of pathotypes of the potato cyst nematode. Bulletin OPP/EPPO? 4,511-518.
- 69-Lahmissi A., 2004 :** Assainissement de deux variétés de pomme de terre (*solanumtuberosum* L.) (Diamant et désirée) par culture de méristème et thermothérapie. These. Mag. INA., El harrach. Alger., 122 p.
- 70-Lahouel.Z., 2015.** Etude diagnostique de la filière pomme de terre dans la région de Tlemcen, Cas de deux fermes pilotes : Hamadouche et Belaidouni.
- 71-Lownsbery, B.F., Lownsbery, J.W... 1954-***Heterodera tabacum* new species, a parasite of Solanaceous plant in Connecticut. Proc Helminth Soc Wash. 21:42-47.
- 72-Lamondia J.A., 1990 –** Effect of Oxamyl on *Globodera* growth and yield. Supplement to journal of Nematology, Vol. 22, and n °: 4S, pp. 654 – 657.
- 73-Meziane F., 1991 :** Histoire de la pomme de terre. Détritique. N°25 : 29.
- 74-Moule C., 1982 :** Les plantes sarclées. Ed. Maison rustique. Paris. 246 p.
- 75-Martin C., Vernog R et Paynot M., 1982 :** Photopériodisme, tubérisation, floraison et phénalanides. C.R. Aca.
- 76-Mansouri R., 2003 :** Influence de la vitesse et de la profondeur de travail sur les pertes et la qualité des tubercules de la pomme de terre l'hors d'une récolte mécanisée. Mém. Ing. INA., El harrach. Alger., 76 p.
- 77-Mugneiry, D., 1975-** Importance des dégâts provoqués par les nématodes à kyste de la pomme de terre : *Globodera pallida* et *Globodera rostochienisis* (Wooll). Ext. Pro. Agro. France, pp. 636-644.
- 78-Mackenzie D. R., 1981.** Association of potato early blight, nitrogen fertilizer rate, and potato yield. Plant Dis., 65, 575-577.
- 79-Mulvey, R.H., Stone, A.R., 1976.** Description of *Punctodera matadorensis* n.gen, n.sp. (Nematoda: Heteroderidae) from Saskatchewan with lists of species and generic

Références bibliographiques

- diagnoses of *Globodera*) (n. rank), Heterodera, and Sarisodera. Canadian Journal of Zoology 54, 772-785. Nematodes.
- 80-Mulley, R.H., Stone, A.R., 1976.** Description of *Punctodera matadorensis* n. gen., n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) from Saskatchewan with lists of species and generic diagnoses of *Globodera* (n. rank), Heterodera, and Sarisodera. Can. J. Zool. 54, 772-785
- 81-Moxnrs J.F. et Hausken K., 2007-** The population dynamics of potato cyst nématodes. Ecological modelling, 207:339- 348.
- 82-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, 74 p.
- 83-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 Mekhatria (Ain Defla). Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 84 p.
- 84-Mugniéry, D., Phillips, M.S., Rumpfenhorst, H.J., Stone, A.R., Treur, A., Trudgill, D.L. (1989)** Assessment of partial resistance of potato to, and pathotype and virulence differences in, potato cyst nematodes. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 19, pp 7-25.
- 85-Mugneiry, D., 1975-** Importance des dégâts provoqués par les nématodes à kyste de la pomme de terre : *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* (Wooll). Ext. Pro. Agro. France, pp. 636-644.
- 86-Mugnery D., 1996-** Nématodes. In : La pomme de terre. Rousselle, P., Robert, Y. et Crosnier, J. C., eds. INRA Editions (Paris). pp 164-171.
- 87-Tiilikkala K., 1991** – Effect of crop rotation on *Globodera rostochiensis* and on potato yield. Ello Bulltin, Vol. 21, n°: 01, pp. 41 – 47
- 88-Mugniery 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. Revue Agronomie, Vol. 02, n° : 07, pp. 629 – 640
- 89-Mugniery D., et Balandras C., 1984** – Examen des populations d'éradication du nématode à kystes *Globodera pallida* Stone. Revue Agronomie, Vol. 04, n° : 08, pp. 733 – 778.
- 90-Merny G. et Luc M., 1969.** Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. Pp. 237-272 in *problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Ed. Masson et Cie, Paris, 360 p.

Références bibliographiques

- 91-Neggaz, N., 1991** - L'influence de cinq doses d'azote sur la croissance et le rendement de la pomme de terre variété claustra. Thèse d'ingénieur de Chélif.
- 92-Nakachian J.M. et Jacquemont 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.
- 93-Peron J.Y., 2006** : Production légumière. Ed. Lavoisier. 2eme édition. France., 316 p.
- 94-Parrot, D. M., 1972.**Mating of *Heterodera rostochiensis* pathotypes. *Ann. appl. Biol.*, 71: 271-273.
- 95-Quezel. Santa, 1963** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8).
- 96-Rousselle P, Robert Y et Crosnier G., 1996** : La pomme de terre. ED. ITPT. ITCF. INRA. Paris. 603 p.
- 97-Rousselle, P., Rousselle, Bour-Geois., Ellisseche, D., 1992.** *La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées.* INRA, Paris, 504 p.
- 98-Rousselle, P., Robert, Y., Crosnier.J.C., 1996-** La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et maladies Utilisations, INRA.ITCF.ITPT.Paris. 278p.
- 99-Rousselle P, Robert Y et Crosnier G., 1996** : La pomme de terre. ED. ITPT. ITCF.INRA. Paris. 603 p.
- 100- Rousselle P, Robert Y et Crosnier J.C., 1992** : Utilisation des paramètres génétiques dans l'amélioration de la pomme de problèmes posés. 10eme Conf. trisannuelle d'EARP. Danemark : 241-242.
- 101- Rajnchapel M. J., 1987-** la pomme de terre fait peau neuve. *Biofutur*, Pp. 25-33.
- 102- Rousselle P., Robert Y., Crosnier J C., 1996.***La pomme de terre production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation.* Ed. INRA et ITCF, Paris, 607.
- 103- Rice, S. L., Leadbeater, B. S. C. et stone, A. R., 1985-** Changes in cell structure in roots of resistant potatoes parasitized by potato cyst- nematodes. I. Potatoes with resistance gene H1 derived from *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*. *Plant Pathol.* Pp 219-234.
- 104- Reitz M., Rudolph K., Schroder I., Hoffmann-Hergarten S., JAVED Asghar T., 2008** – Bioantagonistic activity of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) against *Meloidogyne javanica* for the control of root knot disease of Tomatoes. *Doct. Agri., Faisalabad*, 106 p.

Références bibliographiques

- 105- Rousselle, P., Rousselle, B., Ellisseche, D., 1992** - La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées. Gallais A, Bammerot H.
- 106- Soltner D., 1999** : Les grandes productions végétales. Ed. Coll. Sci. Tech. Agri. 19emeédition. Paris. 239-274.
- 107- Soltner D., 1988** : Les grandes productions végétales. Ed. Coll. Sci. Tech. Agri. 16emeédition. Paris. 239-274.
- 108- Serail, 2003-** Sources principales : Mémento du producteur : Pomme de terre, Maladies et ravageurs des légumes de plein champ en Bretagne. Ed. Chambres d'Agriculture de Bretagne.
- 109- Stone L.E.W., Webley D.P., Lewis S., et Evans E.G., 1973-** the persistence of potato cyst eelworm (*Heterodera pallida* Stone) under different non- host regimes. Plant pathol. 22, PP: 181-183.
- 110- Schluter, K., 1976-** The potato cyst eelworm *Heterodera rostochiensis* Woll. In Morocco: its distribution and economic importance. Z. Pflanzenkr, Pflanzenschutz, pp 401- 406.
- 111- Stone A.R., 1973-** *Heterodera pallida* (Nématoda: Heteroderidae), à second species of potato cyst nematode. Nematologica N°18, p 591.
- 112- Stone, AR., 1972.** The round cyst species of *Heterodera* as a group. Annals of Applied Biology. 71:280–283.
- 113- Stone, A. R. 1972:** *Heterodera pallida* n.sp. (Nematoda: Heteroderidae), a second species of potato cyst nematode. Nematologica 18: 591-606.
- 114- Stone A. R., 1973.** *Heterodera pallida* n.sp. (Nematoda: Heteroderidae), a second species of potato cyst nematode. Nematologica 18, 591–606.
- 115- Salam Attia S., 2010** - Etude de nématode doré de la pomme de terre (*Globodera*, Tylenchida, Heteroderidae) associée aux céréales dans la région de Chleff. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger, 72 p
- 116- Skarbilovich, T.S., 1959.** On the structure of the systematic of nematode, order Tylenchida Thorne, 1949. Acta Parasitologica Polonica 7, 117-132.
- 117- Schneider, J., Mugniery, D., 1971-** Les nématodes parasites de la pomme de terre in Les nématodes des cultures. Ed. ACTA, Paris, pp.327-348
- 118-**
- 119- Tirrily Y et Bourgeois C.M., 1999** : Technologie des légumes. Ed. Lavoisier. Paris., 558 p.

Références bibliographiques

- 120- Tivoli B., 1996.** Les ennemis ; Maladies. Pp. 231-336 in Rousselle P., Robert Y. et Grosnier J.C. (ed), *La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation*. Ed. INRA, Paris, 607 p.
- 121- Taupin P., 2012.** Les nématodes en production de terre. Ed. ARVALIS. 6p.
- 122- Turner, S. J., 1996-** Population decline of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*) in field soils in Northern Ireland. *Annals of Applied Biology*, 129 (2): 315-322.
- 123- Turner, S.J., Evans, K., 1998-** The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* (Woll.) and *Globodera pallida* Stone). Dans *Potato cyst nematodes biology, distribution and control*, R.J. Marks et B.B. Brodie, éd. (Royaume Uni: CAB International), pp. 7-26.
- 124- Thierry M., 1996-** Etude du polymorphisme biologique et moléculaire des nématodes à kyste des Solanacées. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. 116p.
- 125- Tiilikkala K., 1991 –** Effect of crop rotation on *Globodera rostochiensis* and on potato yield. *Ello Bulltin*, Vol. 21, n°: 01, pp. 41 – 47
- 126- Timmermans B.G.H., 2005 –** *Solanum sisymbriifolium* (Lam): Atrap crop for potato cyst nematodes. These Doctorat, Wageningen University, the Netherlands, 135 p.
- 127- Trudgill D. L., Mackintosh G. M., OSBORNE P. et Ewart R. M., 1978 -** Control of potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) by nematicides and a resistant potato cultivar at four sites in Scotland. *Annals of Applied Biology.*, vol. 88, N°: 03, pp.393–399.
- 128- Trifonova Z. et Karadjova J., 2003 -** Fungal parasitism of the cysts and eggs Of the *Globodera rostochiensis*. *Journal of Agricultural Sciences.*, vol. 48, N°: 01, pp.103-110.
- 129- Tobin J.D., Haydock P.P.J., Hare M.C., Woods S.R. et Crump D.H., 2008 –**Effect of the fungus *Pochonia chlamydosporia* and Fosthiazate on the multiplication rate of potato cyst nematodes (*Globodera pallida* et *G. rostochiensis*) in potato crops grown Under UK field conditions. *Biological control*, Vol. 46, pp. 194 – 201.
- 130- Trachi Y. et Souna S., 2015.** *Enquête sur les nématodes à kystes Globodera de la pomme de terre et état d'infestation de quelques parcelles dans les wilayas d'Ain*

Références bibliographiques

- Defla et de Blida*. Mémoire de Master en Agronomie, Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, 73 p
- 131- Van Loon C.D., 1987** : Stage sur la production de la pomme de terre. La hauya. NIVAA. Staouali : 12-23.
- 132- Vander Zaag D.E., 1980** : La pomme de terre et sa culture aux Pays-Bas. Inst. Consultatif Néerlandais sur la pomme de terre.
- 133- Wollenweber, H.W., 1923-** Krankheiten und beschädigungen der kartoffeln. Abr Forschungsinst Kartoffelbau Heft. 7, Berlin, 56 p.
- 134- Whitehead A.G., Nichols A.J. et Senior J.C., 1994** – The control of potato pale cyst-nematode (*Globodera pallida*) by chemical and cultural methods in different soils. Inst. Entomology and Nematology.
- 135- . Whitehead A.G.et Nichols A.J.F., 1992** - Control of potato golden cyst-nematode, *Globodera rostochiensis*, by nematicides applied once or twice in two
- 136-** Rotations. Journal of Agricultural Science., vol. 119, N°: 02, pp.191-196.
- 137- YACOUBI-Soussae M. ; Oumen M., Khiati D.et Najih A. (1999).**

Annexe

Annexe

Annexe 1. Nombre d'œufs et de larves par kyste.

Wilaya	Commune	Parcelle	Nombre de kystes pleins/kg de sol	Kyste	Nombre d'œufs/ Kystes	Nombre de larves /kyste	Nombre d'œufs et de larves /kyste		
Ain Defla	Rouina	Parcelle02	01	01	43	00	43		
		Parcelle03	27	01	196	00	196		
				02	39	06	45		
				03	133	00	133		
				04	151	00	151		
				05	103	03	106		
				06	173	02	175		
				07	249	30	279		
				08	37	02	39		
				09	65	00	65		
				10	41	01	42		
				11	252	55	307		
				12	235	08	243		
				13	178	24	202		
				14	70	07	77		
				15	156	17	173		
				16	95	08	103		
				17	258	21	279		
				18	242	21	263		
				19	183	18	201		
				20	211	17	228		
				21	273	22	295		
				22	193	08	201		
				23	203	12	215		
				24	192	06	198		
				25	83	00	83		
				26	96	09	105		
				27	296	18	314		
				28		01	12	02	14
						02	487	04	491
		03	61			03	64		
		04	165			05	170		
		05	242			10	252		
		06	294			30	124		

Annexe

		Parcelle04		07	191	10	201				
				08	90	00	90				
				09	54	00	54				
				10	113	04	117				
				11	83	02	85				
				12	43	04	47				
				13	185	15	200				
				14	53	13	66				
				15	163	04	167				
				16	202	04	206				
				17	383	09	90				
				18	72	18	242				
				19	242	00	36				
				20	36	00	36				
				21	123	00	123				
				22	282	09	301				
				23	409	40	449				
				24	92	40	449				
				25	63	00	63				
				26	126	00	126				
				27	231	25	256				
				28	330	11	341				
				El Amra		Parcelle01	00	00	00	00	00
						Parcelle02	03	01	174	00	174
								02	22	00	22
								03	107	04	111
						Parcelle03	12	01	217	00	217
								02	382	02	384
03	47	00	47								
04	71	00	71								
05	53	00	53								
06	23	00	23								
07	169	00	169								
08	44	01	45								
09	233	07	240								
10	151	11	162								
11	63	06	69								
12	155	15	170								

Annexe

	Khmis Miliana	Parcelle02	01	01	50	00	50
	El Abadia	Parcelle01	01	01	360	35	395
		Parcelle02	00	00	00	00	00
		Parcelle03	04	01	54	00	54
				02	170	15	185
				03	119	13	132
				04	131	08	139
Chlef		Oued El Fodda	Parcelle 04	18	01	498	41
	02				575	25	600
	03				364	19	383
	04				120	15	135
	05				670	30	700
	06				287	30	317
	07				100	05	105
	08				200	20	220
	09				138	20	158
	10				300	50	350
	11				110	10	120
	12				600	30	630
	13				500	52	552
	14				550	12	562
	15				190	05	195
	16				600	25	625
	17				250	20	270
	18				680	40	720

Résumé

Résumé

Résumé

Bioécologie des nématodes à kystes du genre *Globodera* inféodés à la culture de la pomme de terre

Ce travail consiste à étudier le cas de l'infection de diverses parcelles de pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera* dans deux régions productrices de ce produit en Algérie (Ain Defla et Chlef) et l'impact des conditions de culture sur le développement de ces ravageurs.

L'étude a montré que ces parasites sont présents dans les deux wilayas prospectées mais avec une fréquence d'infestation variable, elle est de 50 et 25 % respectivement à Ain Defla et Chlef. Le degré d'infestation par ces bioagresseurs varie d'une parcelle à une autre.

Le développement de ces parasites est lié à plusieurs facteurs : méthode d'irrigation, type et durée de rotation et qualité des pommes de terre plantées ... etc.

Mots clés: Pomme de terre, *Globodera*, Chlef, Ain Defla, degré d'infestation.

Abstract

Bioecology of cyst nematodes of the genus *Globodera* dependent on potato cultivation

This work consists in studying the case of infection of various plots of potato land by cyst nematodes of the genus *Globodera*. In two producing regions of this product in Algeria (Ain Defla and Chlef) and the impact of growing conditions on the development of these pests.

The study showed that these parasites are present in the two wilayas surveyed but with a variable frequency of infestation, it is 50 and 25% respectively in Ain Defla and Chlef the degree of infestation by these bioagressors varies from one plot to another.

The development of these parasites is linked to several factors: irrigation method, type and duration of rotation and quality of the potatoes planted Etc.

Key words: Potato, *Globodera*, Chlef, degree of infestation.

علم البيئة الحيوية لنيماتودا البطاطس من جنس قلوبوديغا التي تعتمد على زراعة البطاطس

يتكون هذا العمل من دراسة حالة إصابة قطع مختلفة من أراضي البطاطس بنيماتودا كيسيه من جنس قلوبوديغا في منطقتين منتجتين لهذا المنتج في الجزائر (عين الدفلى والشلف) وتأثير ظروف النمو على تطور هذه الآفات

أوضحت الدراسة إن هذه الطفيليات موجودة في الولايتين اللتين شملتهما الدراسة ولكن مع تواتر متفاوت للإصابة تبلغ 50% على التوالي في عين الدفلة والشلف. درجة الإصابة بهذه العوامل البيولوجية تختلف من قطعة أرض إلى أخرى.

يرتبط تطور هذه الطفيليات بعدة عوامل طريقة الري. نوع ومدة الدوران وجودة البطاطس المزرعة.... الخ.

كلمات مفتاح: *Globodera* البطاطا الشلف درجة الإصابة .