



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département : Sciences Agronomiques

Spécialité : Production végétale

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Thème

Distribution et importance des nématodes à kystes de la pomme de terre du genre *Globodera* dans quelques régions d'Algérie

Présentées par

Mr HAFNAOUI Mourad

Mme SAID EL RAHMMANI Ilham

Soutenu le : ...septembre2020, devant le jury:

Président : Mr KARAHACHANE T.

MCB

UDBKM

Promotrice : Mme DJEBROUNE A.

MAA

UDBKM

Examineur : Mr ABDERRAHMANE O.

MAA

UDBKM

Année universitaire : 2019/2020

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.

*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 encadré, pour ses orientations, ses conseils judicieux et sa disponibilité. Elle a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt, nous lui exprimons nos profonds respects.*

*Nos vifs remerciements vont également à **Mr KARAHACANE T.** d'avoir bien voulu présider le jury et juger ce travail.*

*Nos remerciements les plus chaleureux à **Mr Abderrahmane O.** d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.*

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

*Nous remercions l'ensemble du personnel du laboratoire de **recherche** de l'université Djilali Bounaama de Khemis Miliana et particulièrement le directeur **Mr LAZALI M.** et l'ingénieur du laboratoire **Mme MEKFIATI W.***

Nos vifs remerciements s'adressent au corps professionnel et administratif de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et à tous ceux qui nous ont aidé à la réalisation de ce modeste mémoire.

Notre reconnaissance et gratitude envers toute l'équipe de la bibliothèque et de la salle d'internet du l'université Djilali Bounaama de Khemis Miliana.

Nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances à tous nos amis et collègues de 2^{ème} année Master Production Végétale.

Nos profonds remerciements vont également à l'ensemble du personnel de la DSA d'Ain Defla, de Chlef, de Blida et de Tipaza.

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

Nous remercions à nos parents pour leurs encouragements constants.

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

DEDICACES

Avant tous je remercié Dieu qui m'a donné la volonté de continuer ce travail

Je dédie ce modeste travail à :

A 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 faibles pour lui exprimer toute ma reconnaissance. Que Dieu la garde et la protège.

A celui qui m'a toujours encouragé et qui m'a appris de ne jamais me contenter du minimum et que dans les études comme dans la vie, il faut persévérer pour atteindre ses buts, mon très cher papa.

A mes chers frères : Islam, Saad et Nacer.

A mes chères sœurs et ses enfants.

Pour mes très chers amis : Mourad, Moussa, Khalid, Mohamed, Radoine, Hamza, Abed Salam et Houssine.

A tous les membres de groupe El Khayma.

A mon binôme Ilhem.

A tous mes camarades de la promotion de 2ème année Master Production Végétale 2019/ 2020.

A tous mes amis qui de près ou de loin ont rendu plus facile la réalisation de ce travail.

MOURAD

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents qui m'ont fourni au quotidien leur soutien et leur confiance. De ce fait, je ne saurais exprimer ma gratitude seulement par des mots.

A mon époux Djamel, celui qui grâce à ses encouragements, son soutien, sa compréhension et surtout son affection j'ai pu réaliser ce travail.

A mes très chers frères : Amine et Islam.

A mes très chers sœurs : Asma et Ikhlasse.

A mes très chères amies : Sanaa, Manal et Nadjet.

A mon binôme Mourad.

A tous mes camarades de la promotion de 2^{ème} année Master Production Végétale 2019/ 2020.

A tous mes amis qui de près ou de loin ont rendu plus facile la réalisation de ce travail.

ILHEM

Sommaire

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

Partie I : Partie bibliographique

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

I.1. Historique et origine.....	3
I.2. Taxonomie.....	3
I.3. Description botanique et morphologique.....	3
I.3.1. Partie aérienne.....	4
I.3.1.1. Tiges.....	4
I.3.1.2. Feuille.....	4
I.3.1.3. Fleurs.....	4
I.3.2. Partie souterraines.....	5
I.3.2.1. Racines.....	5
I.3.2.2. Stolons.....	5
I.3.2.3. Tubercules.....	5
I.4. Cycle de reproduction et physiologie.....	6
I.4.1. Le cycle sexué.....	6
I.4.2. Le cycle végétatif.....	7
I.4.2.1. La dormance.....	7
I.4.2.2. La germination.....	7
I.4.2.3. La croissance.....	7
I.4.2.4. La tubérisation.....	7
I.5. Différents types de cultures de pomme de terre.....	8
I.5.1. La culture de primeur.....	8
I.5.2. La culture de saison.....	9
I.5.3. La culture d'arrière-saison.....	9
I.6. Importance économique de la pomme de terre.....	9
I.6.1. Dans le monde.....	9

I.6.2. En Afrique.....	10
I.6.3. En Algérie.....	11
I.7. Les exigences écologiques de la pomme de terre.....	13
I.7.1. Les exigences climatiques.....	13
I.7.1.1. La lumière.....	13
I.7.1.2. Température.....	14
I.7.1.3. L'humidité.....	14
I.7.2. Exigences édaphiques.....	14
I.7.2.1. Structure et texture de sol.....	14
I.7.2.2. Le pH.....	14
I.8. Les maladies et les ennemis de la pomme de terre.....	14
I.8.1. Les maladies.....	15
I.8.2. Les ennemis de la pomme de terre.....	18

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

II.1. Historique et origine des nématodes à kyste de la pomme de terre.....	20
II.2. Position systématique.....	20
II.3. Distribution géographique.....	21
II.3.1. Dans le monde.....	21
II.3.2. En Algérie.....	22
II.4. Morphologie de nématodes à kystes genre <i>Globodera</i> sp.	23
II.5. Distinctions entre <i>Globodera rostochiensis</i> et <i>Globodera pallida</i>	24
II.6. Cycle biologique	25
II.7. Dispersion des nématodes à kyste de la pomme de terre.....	27
II.7.1. Dispersion active.....	27
II.7.2. Dispersion passive	27
II.8. Plantes hôtes.....	27
II.9. Facteurs influant sur le développement des nématodes à kyste de la pomme de terre ..	27
II.9.1. Facteurs biotiques.....	28
II.9.2. Facteurs abiotiques	28
II.9.2.1. Le climat	28
II.9.2.2. Le sol	29

II.10. Les symptômes et les dégâts dus au nématode à kystes <i>Globodera</i>	30
II.10.1. Les symptômes.....	30
II.10.2. Les dégâts	31
II.11. La lutte contre les nématodes à kystes <i>Globodera</i>	31
II.11.1. Méthode préventive.....	31
II.11.2. Méthode curative	31
II.11.2.1. Lutte culturale.....	32
II.11.2.2. Lutte physique.....	32
II.11.2.4. Lutte biologique.....	33
II.11.2.3. Lutte chimique.....	33
II.11.2.5. Lutte intégrée	34

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1. Objectif de l'étude.....	35
I.2. Présentation des régions d'études.....	35
I.2.1. Wilaya d'Ain Defla.....	36
I.2.1.1. Situation géographique.....	36
I.2.1.2. Caractéristiques pédologiques.....	37
I.2.1.3. Climat.....	38
I.2.2. Wilaya de Chlef	39
I.2.2.1. Situation géographique.....	39
I.2.2.2. Sol.....	39
I.2.2.3. Climat.....	40
I.2.3. Wilaya de Tipaza	40
I.2.3.1. Situation géographique.....	40
I.2.3.2. Climat.....	41
I.2.4. Wilaya de Blida	41
I.2.4.1. Situation géographique.....	41
I.2.4.2. Caractéristiques pédologiques.....	42
I.2.4.3. Climat.....	42
I.3. L'étude de l'état d'infestation.....	43
I.3.1. L'échantillonnage.....	43

I.3.2. Séchage du sol.....	49
I.3.3. Pesage.....	49
I.3.4. Extraction des kystes.....	50
I.3.4.1. Appareil de Fenwick.....	50
I.3.4.1.2. Méthode d'extraction.....	51
I.3.5. Prélèvement des kystes.....	53
I.3.6. Dénombrement.....	54
I.3.6.1. Dénombrement des kystes.....	54
I.3.6.2. Dénombrement des œufs et des larves contenus dans les kystes.....	54
I.4. Exploitation statistique des résultats.....	55

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Résultats.....	56
II.1.1. Caractéristiques morphologiques des nématodes à kyste de la pomme de terre.....	56
II.1.1.1. Les kystes.....	56
II.1.1.2. Les larves.....	57
II.1.1.3. Les œufs.....	57
II.1.2.1. Fréquence des kystes de <i>Globodera</i> dans l'ensemble des échantillons.....	57
II.1.3. Importance de l'infestation des <i>Globodera</i>	58
II.1.3.1. Dénombrement des kystes de <i>Globodera</i>	58
II.1.4. Analyse statistique.....	63
II.2. Discussion.....	64
Conclusion générale	68
Références bibliographiques	70

Annexes

Résumés

Liste de figures

Figure 1. plant de la pomme de terre	6
Figure 2. Cycle de vie de la pomme de terre	8
Figure 3. Production de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs au monde en 2018	10
Figure 4. Principales wilayas productrices de la pomme de terre en 2018	13
Figure 5. Répartition géographique de nématodes à kyste de la pomme de terre <i>Globodera</i> sp. dans le monde	21
Figure 6. Distribution des nématodes à kyste de la pomme de terre en Algérie	22
Figure 7. Morphologie des nématodes à kyste de la pomme de terre.....	23
Figure 8. Femelle de <i>Globodera rostochiensis</i> (A) et <i>Globodera pallida</i> (B) sur les racines de pomme de terre	25
Figure 9. Cycle de développement des nématodes à kyste de pomme de terre	26
Figure 10. Dommages causés à une culture de pommes de terre par le nématode à kyste <i>Globodera rostochiensis</i>	30
Figure 11. Situation des régions d'étude sur la carte géographique de l'Algérie du Nord	36
Figure 12. Carte géographique de la wilaya d'Ain Defla et localisation des communes étudiées.	37
Figure 13. Carte géographique de la wilaya de Chlef et localisation des communes étudiées.....	39
Figure 14. Carte géographique de la wilaya de Tipaza et localisation des communes étudiées.....	41
Figure 15. Carte géographique de la wilaya de Blida et localisation des communes étudiées.....	42
Figure 16. Echantillonnage du sol	44
Figure 17. Conditionnement des échantillons du sol	45

Figure 18. Séchage du sol	49
Figure 19. Pesage du sol	49
Figure 20. Appareil de Fenwick	50
Figure 21. Extraction des kystes de <i>Globodera</i> par l'appareil de Fenwick	51
Figure 22. Rassemblement de l'extrait au niveau du tamis	52
Figure 23. Récupération de l'extrait de tamis	52
Figure 24. Séchage des papiers filtres contenant l'extrait	53
Figure 25. Prélèvement des kystes sous une loupe binoculaire	53
Figure 26. Boîtes de Pétri contenant les kystes de <i>Globodera</i>	54
Figure 27. Kystes de <i>Globodera</i> présentant différentes couleurs et tailles observés sous loupe binoculaire au grossissement (G : 10×2)	56
Figure 28. Œufs et larves de <i>Globodera</i> vu sous loupe binoculaire (G : 10 ×4)	57
Figure 29. Pourcentage des échantillons de sol infestés et non infestés par les <i>Globodera</i>	58
Figure 30. Importance de l'infestation évaluée en nombre de kystes en fonction des parcelles dans les wilayas d'Ain Defla, Chlef et Blida.	62
Figure 31. Degrés d'infestation dans les différentes parcelles des trois wilayas prospectées.	62
Figure 32. Nombre moyen d'œufs et larves L2 par kyste dans les parcelles infestées des trois wilayas.	63

Liste des tableaux

Tableau 1. Production et superficie de la pomme de terre en Afrique en 2018	11
Tableau 2. Production et superficie de la pomme de terre en Algérie durant 2006-2018.....	12
Tableau 3. Principaux maladies de pomme de terre.....	15
Tableau 4. Principaux ennemis de la pomme de terre.....	18
Tableau 5. La différence entre les deux espèces de <i>Globodera</i> (les paramètres sont mesurés en μm).....	24
Tableau 6. Texture du sol dans les différentes communes de la wilaya d'Ain Defla.....	37
Tableau 7. Les régions étudiées et des informations sur les parcelles prospectées et les échantillons prélevés.....	46
Tableau 8. Fréquence de <i>Globodera</i> sp. dans l'ensemble des échantillons de sol.....	57
Tableau 9. Résultats de l'analyse nématologique des parcelles prospectées.....	59
Tableau 10. Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour l'effet des wilayas prospectées sur les variables liées aux nématodes <i>Globodera</i> sp.....	63
Tableau 11. Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour l'effet des communes prospectées sur les variables liées aux nématodes <i>Globodera</i> sp.....	64

Liste des abréviations

DSA : Direction des Services Agricoles.

FAO : Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture.

INPV : Institut National de la Protection des Végétaux.

ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles.

OEPP : Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Production des Plantes.

ET : Ecart type.

J2 : Juvéniles de deuxième stade

L2 : Larves de deuxième stade.

NAPK : Nématodes à Kyste de Pomme de Terre.

NKP : Nombre Kystes Pleins.

NKV : Nombre Kystes vides.

NKT : Nombre Total de Kystes.

P : parcelle.

Tab : tableau.

Introduction générale

Introduction

La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. appartient à la famille des Solanacées originaires des pays andins (Arakawa, 1999). Elle constitue la principale denrée alimentaire non céréalière et une ressource financière des populations à l'échelle mondiale (Rousselle *et al.*, 1996). Suite à sa grande consommation elle occupe une place importante dans le monde. En 2018, la production mondiale de pomme de terre est estimée à 368,16 millions de tonnes pour une superficie cultivée de 17,57 millions d'hectares, ceci lui confère la cinquième place après la canne à sucre, le maïs, le blé et le riz (FAOSTAT, 2020).

En Algérie, la pomme de terre est un produit de base et peut être cultivée dans n'importe quelle région du territoire national, et à n'importe quel mois de l'année, pourvu qu'il n'y ait pas de gel et de sécheresse (Omari, 2011). La superficie réservée à cette culture est de 149665 hectares avec une production obtenue de 46,5 millions de quintaux en 2018 (FAOSTAT, 2020).

Cependant, la production de pomme de terre reste instable d'une année à l'autre à cause des maladies, des aléas climatiques, le choix de la semence, le travail de sol et des ravageurs. Parmi ces derniers, les nématodes à kystes du genre *Globodera*. Les deux espèces appartenant à ce genre ; *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* provoquent des dégâts considérables sur la culture de pomme de terre et elles sont inscrites dans la quasi-totalité des pays du monde sur la liste des parasites de quarantaine dont la lutte est obligatoire (OEPP, 2013).

Grace 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, la majorité des travaux relatifs à ces nématodes reposent sur l'étude de l'état d'infestation de quelques parcelles situées dans différentes régions productrices de pomme de terre (Kacem, 1992 ; Belhadj- Benyahia, 2007 ; Mokhtar, 2007 ; Bougar, 2010 ; Djebroune, 2011, 2013; Tirchi, 2015 ; Trachi et Souana, 2015). Quelques études ont porté sur l'utilisation de variétés résistantes (Belhadj- Benyahia, 2007 ; Djebroune, 2013) et l'effet des pratiques culturales comme la rotation (Mokhtari, 2007). En plus, quelques population originaires de

diverses régions sont identifiées (Tirchi, 2015 ; Mezerket *et al.*, 2018). C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude dont l'objectif est d'étudier la distribution et l'importance des nématodes à kystes de la pomme de terre du genre *Globodera* dans quatre régions de production de pomme de terre (Ain Defla, Chlef, Tipaza et Blida) et de connaître les facteurs déterminant de leur développement.

Ce travail s'articule sur deux parties ; données bibliographiques et partie expérimentale. Dans la première partie, nous avons présenté des données relatives à la culture de la pomme de terre dans un premier chapitre, puis dans le deuxième chapitre, nous avons donné un aperçu sur les nématodes à kystes *Globodera*. La deuxième partie, contient aussi deux chapitres, dans le premier nous avons mentionné le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de cette étude, et le deuxième est consacré à la présentation des résultats obtenus et leur discussions.

Partie : bibliographie

Chapitre I :

Généralités sur la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

Chapitre I :

Généralités sur la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

I.1. Historique et origine

La pomme de terre existe depuis de 8000 ans, elle est originaire d'Amérique du sud (Andes : Bolivie et Pérou) d'où elle a été introduite en Europe vers la fin du 16ème siècle. Puis, elle a poursuivi son voyage vers l'Asie au 17ème siècle et en Afrique au 19ème siècle (Rousselle *et al.*, 1996).

En Algérie, la pomme de terre a été introduite la première fois au 16ème siècle par les Maures andalous mais n'ayant pas suscité d'intérêt, elle est tombée dans l'oubli. Au cours de la deuxième moitié du 19ème siècle, la pomme de terre sera cultivée par les colons pour leur propre besoin (Meziane, 1991).

I.2. Taxonomie

D'après Cronquist (1988), la position systématique de la pomme de terre est comme suite :

Règne: Plantae.

Sous-règne: Tracheobionta.

Division: Magnoliophyta.

Classe: Magnoliopsida.

Sous-classe: Asteridae.

Ordre: Solanales.

Famille: Solanaceae.

Sous-famille: Solanoideae.

Genre: *Solanum*.

Espèce: *Solanum tuberosum*.

I.3. Description botanique et morphologique

La pomme de terre est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative, elle est cultivée comme une espèce annuelle (Rousselle *et al.*, 1992).

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 pomme de terre est composée de deux parties principales (Fig. 1) :

I.3.1. Partie aérienne

Une touffe de pomme de terre comprend un nombre plus ou moins élevé de tiges principales. D'abord dressées mais qui, avec l'âge, peuvent rester dressées ou devenir partiellement ou totalement rampantes, donnant à la plante un port plus ou moins étalé (Rousselle *et al.*, 1996).

I.3.1.1. Tiges

La plante de pomme de terre est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées (2 à 10) de port plus ou moins dressé, le nombre de tiges est influencé par le calibre du plant, son âge physiologique, les conditions de conservation et la germination (Grisson, 1983).

I.3.1.2. Feuilles

Les feuilles composées qu'elles portent permettent, par leur différence d'aspect et de coloration, de caractériser les variétés.

Elles sont alternes, disposées sur la tige suivant une phyllotaxie spiralée avec une spirale génératrice (Artschwager, 1918).

La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (Rousselle et Robert, 1996).

I.3.1.3. Fleurs

Les fleurs de pomme de terre sont groupées en une inflorescence cyme, toujours située à l'extrémité d'une tige et portée par une hampe en inflorescence, improprement appelée "pédoncule". Elles ont des couleurs différentes blanches, bleutées, violacées et rouge-violacées selon les variétés (Rousselle et Robert, 1996).

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 feuillées, 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 longs 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

Il se forme par hypertrophie de l'extrémité du stolon, le tubercule possède les caractéristiques morphologiques et anatomiques d'une tige. Il existe quatre critères principaux permettant de caractériser les tubercules : la forme, la couleur et la texture de la peau, l'enfoncement des yeux et la couleur de la chair (Rousselle *et al.*, 1996).

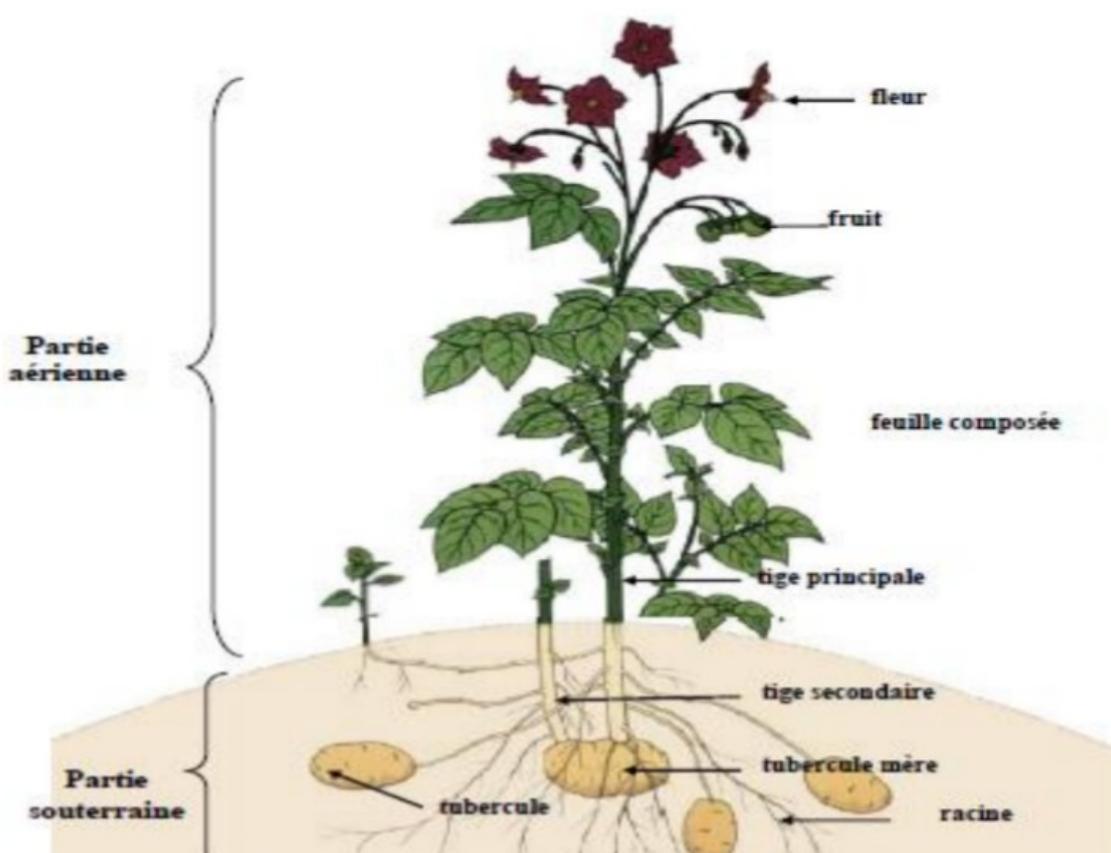


Figure 1. Plant de pomme de terre (FAOSTAT, 2008).

I.4. Cycle de reproduction et physiologie

I.4.1. Le cycle sexué

Le fruit est un sphérique ou ovoïde de 1-3 cm de diamètre, de couleur verte brun violacé jaunissant à la maturité (Bernhards, 1998) et peut contenir jusqu'à 200 graines (Ellissèche, 1996). La pomme de terre est très peu produite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de 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 le jeune plante à seulement quelque centimètre de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situés au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules (Bernhards, 1998).

I.4.2. Le cycle végétatif

Selon Ellissèche (1996) le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve riche en eau et en substances nutritives, il sera considéré comme organe de multiplication ; source de production végétale. Cette dernière se déroule en quatre étapes :

I .4.2.1. La dormance

Le tubercule est incapable de germer même aux conditions optimales de température et l'humidité. Cette période est variée selon les variétés de 2 à 4 mois. A la fin du repos végétatif, la croissance des germes a lieu sous la dépendance des températures basses. Quand les conditions deviennent favorables : le tubercule reprend son activité et se germe (Madec et Perennec, 1962).

I.4.2.2. La germination

Madec et Perennec (1962) ont dénommé stade d'incubation, le stade de tubérisation des germes, et période d'incubation, le temps s'écoulant entre le départ de la germination et la formation des nouvelles ébauches du tubercule par les germes.

Un petit nombre de germes à croissance rapide se développe. Ensuite un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant une perte progressive de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisés (Bernhards, 1998).

I.4.2.3. La croissance

D'après Ellissèche (1996) une fois le tubercule mis en terre au stade physiologique adéquat, les germes se transforment en dessous du sol en tiges herbacées pourvues de feuilles ce qui rend la plante autotrophe dès que la surface foliaire atteint 300 à 400 cm². Les bourgeons axillaires donnent, au-dessus du sol des rameaux, et en dessous, des stolons (Soltner, 2005a).

I.4.2.4. La tubérisation

Selon Soltner (1979), au bout d'un certain temps, variable selon la variété et le milieu, les extrémités des stolons cessent de croître et se renflent pour former en une ou deux semaines les embouches des tubercules, qui se prolonge jusqu'à la mort de la plante par la

phase de grossissement. Sur les organes aériens, aucun indice ne permet d'indiquer le moment de cette embouche des tubercules.

La figure 2 illustre davantage le cycle de vie de la pomme de terre.

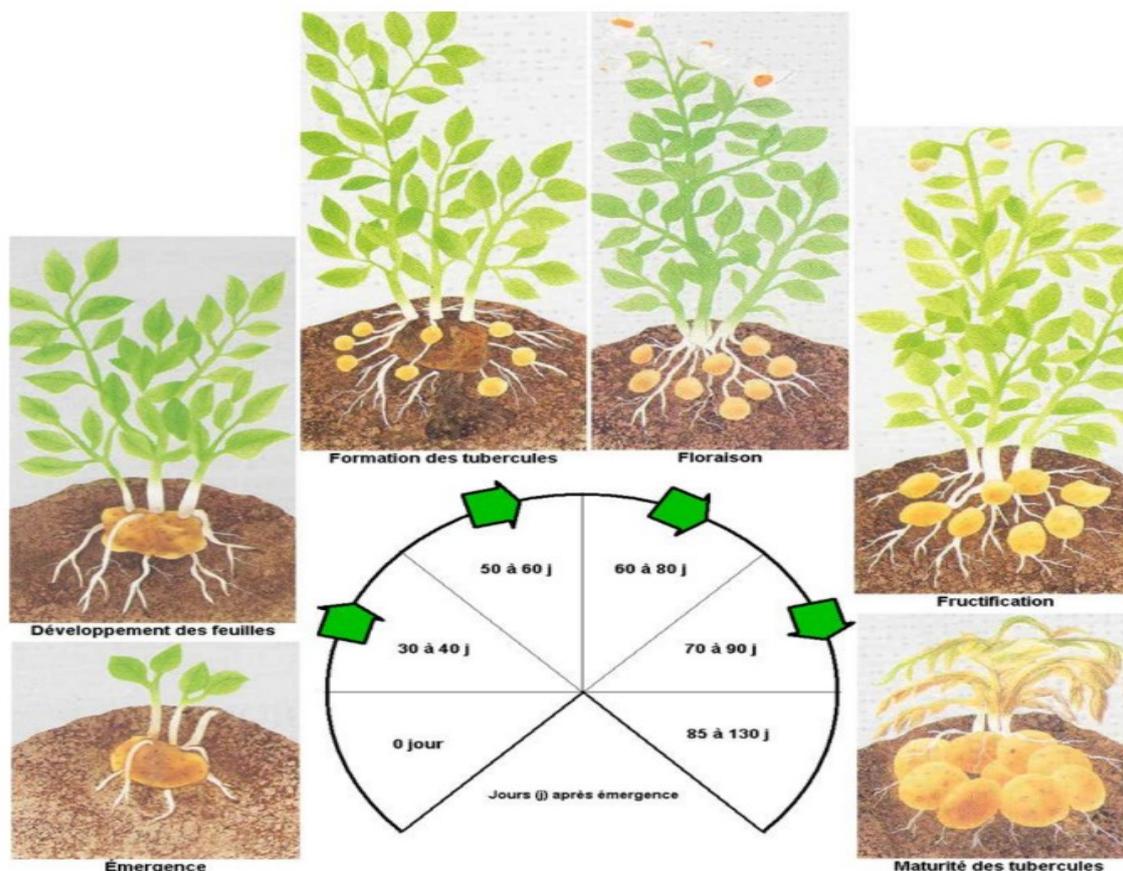


Figure 2. Cycle de vie de la pomme de terre (Soltner, 2005).

I.5. Différents types de cultures de pomme de terre

En Algérie, la pomme de terre est cultivée selon trois types de culture qui sont placés sous la dépendance du climat en trois groupes de saisons qui sont : culture de primeur, de saison et d'arrière-saison (Regueig, 2008).

I.5.1. La culture de primeur

Est pratiquée surtout sur le littoral à température douce, absence de gel et certaines régions du sud (El Oued, Adrar), cela concerne environ 5000 ha ; la plantation à lieu en Novembre et la récolte en Janvier.

I.5.2. La culture de saison

Se pratique dans toutes les régions et concerne environ 50000 ha, dont la mise en place de la culture est réalisée en Janvier au littoral, en Février-Mars dans les plaines, en Mars pour les Hauts Plateaux et la récolte en Mai –Juin.

I.5.3. La culture d'arrière-saison

Se pratique dans des zones à grande possibilité d'irrigation où presque tout le cycle se déroule en absence de pluie, cela concerne environ 34000 ha. Au littoral, la mise en place de la culture se fait en Aout-Septembre, et en Juillet sur les Hauts Plateaux, les récoltes en Octobre –Décembre.

I.6. Importance économique de la pomme de terre

La pomme de terre est la première culture maraichère 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.6.1. 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 2018, la superficie cultivée est de 17,57 millions d'hectares, assurant une production de 368,16 millions de tonnes avec un rendement moyen plus de 20,9tonnes par hectare (FAOSTAT, 2020). 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, 2020).

En 2018, les plus grands pays producteurs de pomme de terre au monde sont en premier la Chine avec 90,32millions de tonnes, vient ensuite l'Inde avec 48,52millions de tonnes, puis la Russie avec 22,39 millions de tonnes et les autres pays. La production de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs est représentée dans l'annexe 1 et illustrée par la figure 3, réalisée à partir des données de FAOSTAT (2020).

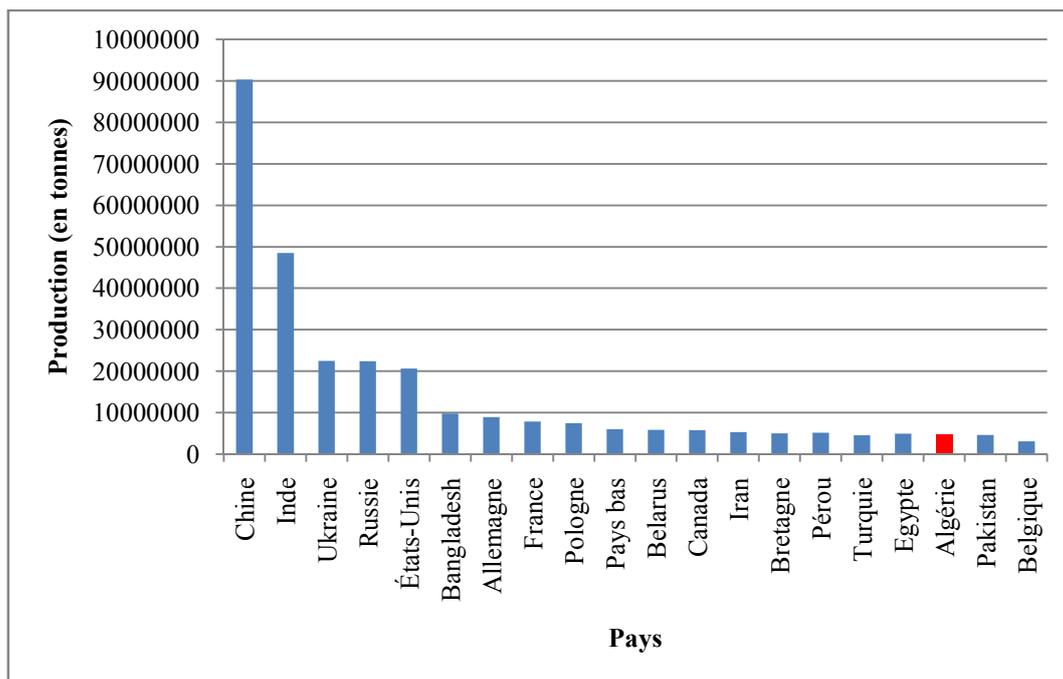


Figure 3. Production de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs au monde en 2018 (FAOSTAT, 2020).

I.6.2. En Afrique

En Afrique, la pomme de terre est très diversement cultivée en bordure de la mer méditerranée, on trouve les deux principaux producteurs africain ; l’Egypte avec 4,8 millions de tonnes où une partie de la production (primeur) part à l’exportation et l’Algérie avec 4,6 millions de tonnes où le produit est classé comme «aliment stratégique » (FAOSTAT, 2020).

Les autre pays d’Afrique du Nord sont également des producteurs et consommateurs importants (Maroc, Tunisie). Dans l’hémisphère Sud on notera également une production importante en Afrique du Sud qui est classé en troisième position avec 2,4 millions de tonnes (FAOSTAT, 2020).

Le tableau 1 présent les principaux producteurs de la pomme de terre en Afrique en 2018.

Tableau 1. Production et superficie de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs en Afrique en 2018(FAOSTAT, 2020).

Pays	Superficie (hectares)	Production (tonnes)
Egypte	176 670	4 896 476
Algérie	149 665	4 653 322
Afrique du Sud	68 277	2 467 724
Kenya	217 315	1 870 375
Maroc	62 033	1 869 149
Nigéria	371 341	1 363 358
Rwanda	92 800	847 302
Angola	131 403	806 552
Ethiopie	66 933	743 153
Ouganda	37 754	162 151

I.6.3. En Algérie

La pomme de terre est l'un des produits les plus importants pour l'alimentation de la population Algérienne, sachant que c'est le deuxième aliment après le blé. Elle occupe aujourd'hui une place stratégique dans la nouvelle politique du renouveau agricole et rural (Amirouche, 2009).

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 2018, au total 149 665 hectares sont cultivées par la pomme de terre, assurant une production de 4,6 millions de tonnes avec un rendement moyen de 310,9 quintaux par hectare. Avec cette production, l'Algérie occupe la 18^{ième} place mondiale et la deuxième place en Afrique (après l'Egypte) (FAOSTAT, 2020). L'évolution de la superficie, de la production et de rendement de pomme de terre en Algérie de 2006 à 2018 est présentée dans le tableau 2

La pomme de terre peut être cultivée dans n'importe quelle région du territoire national compris dans les oasis du Sud du pays. Elle est fortement influencée par les conditions agro

climatiques et les possibilités d'irrigation. En 2018, les wilayas qui ont un grand potentiel dans la division de la production de pommes de terre en Algérie sont El Oued, Ain Defla, Mascara et Mostaganem (DSA d'Ain Defla, 2020). La figure 4 illustre davantage les principales wilayas productrices de la pomme de terre en 2018.

Tableau 2. Evolution de la production, superficie et rendement de la pomme de terre en Algérie durant la période allant de 2006 à 2018 (FAOSTAT, 2020).

Année	Superficie (hectares)	Production (tonnes)	Rendement (qx /ha)
2006	98 825	2 180 961	220,6
2007	79 339	1 506 859	189,9
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

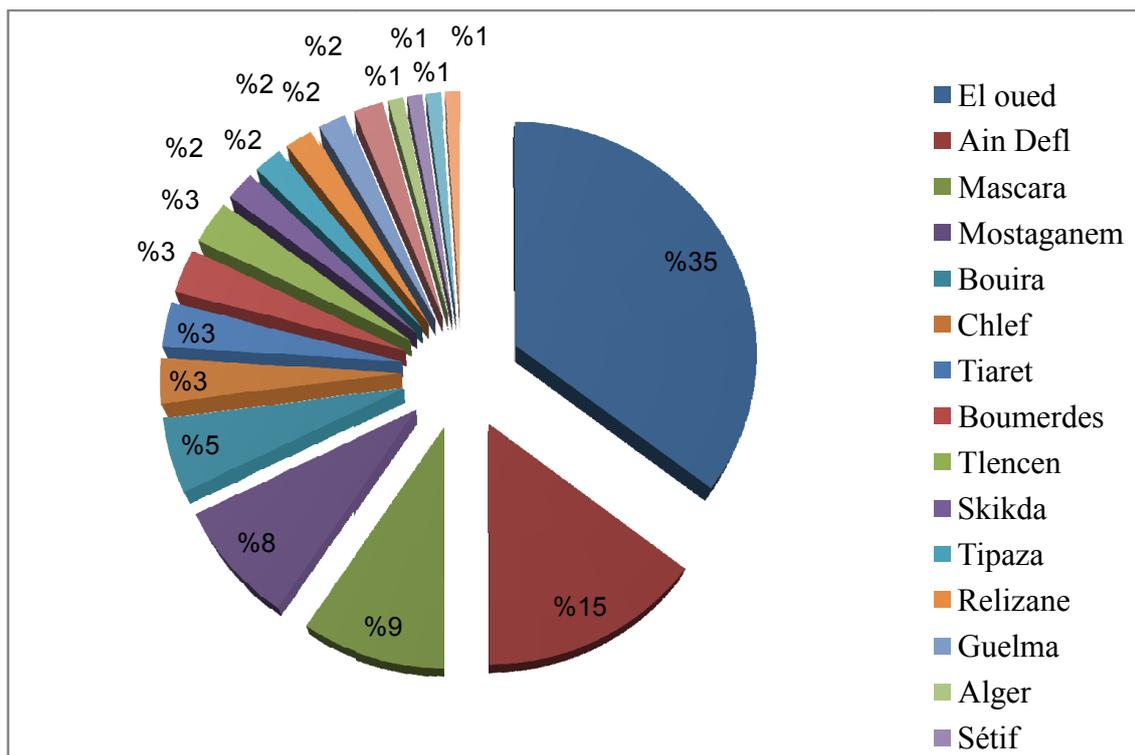


Figure 4. Principales wilayas productrices de la pomme de terre en 2018 (DSA d'Ain Defla, 2020).

I.7. Exigences écologiques de la pomme de terre

La pomme de terre a des exigences spécifiques qui sont :

I.7.1. Exigences climatiques

I.7.1.1. La lumière

La lumière intervient par son effet photopériodique dans l'induction de la tubérisation et par son intensité dans l'activité photosynthétique. Les photopériodiques courts sont plus favorables à la tubérisation et les photopériodiques longs plus favorables à la croissance. (Ellissèche, 1996).

La pomme de terre est une plante héliophile. Ses besoins en lumière sont importants surtout pendant la phase de croissance. Ce facteur est déterminant pour la photosynthèse et la richesse en fécule des tubercules (Moule, 1972).

I.7.1.2. température

La température a une influence sur la croissance et le développement de la pomme de terre. Les températures basses ont une influence défavorable sur la croissance et favorisent l'induction de la tubérisation, et les températures élevées ont l'effet contraire.

Il existe des températures seuils pour la pomme de terre son zéro de végétation se situe entre +5°C et +7°C et sa température optimale de tubérisation est +18°C.

Des températures élevées de l'ordre de +29°C perturbent la tubérisation et provoquant la repousse. Le risque de geler des tubercules à partir de -2°C (Ellissèche, 1996).

I.7.1.3. L'humidité

La pomme de terre est une culture de la zone tempérée. Elle exige une humidité abondante et régulière. La plante a besoin de grandes quantités de pluie, parce que 95% de l'eau absorbée par les racines passent dans l'air par transpiration (Arvalis, 2008).

Pour la pomme de terre, l'humidité est un facteur limitant de la production bien sur taux suffisant pour permettre à la plante de suivre son développement normal, à notre qu'une carence ou un déficit en humidité pourrait avoir des conséquences très graves vis-à-vis du rendement surtout aux stades croissance et tubérisation.

I.7.2. Exigences édaphiques

I.7.2.1. Structure et texture de sol

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 fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêche tout grossissement de tubercule (Bamouh, 1999).

I.7.2.2. Le PH

Dans les sols acides ($PH\ 5,5 < PH < 6$) la pomme de terre peut donner bons rendement. Néanmoins elle peut s'adapter aux sols faiblement alcalins (Moule, 1972).

I.8. Les maladies et les ennemis de la pomme de terre

La pomme de terre est soumis 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 Boulton, 1984).

I.8.1. Les maladies

Les principales maladies de la pomme de terre, et leurs agents causaux, sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3.Principales maladies de la pomme de terre.

Maladies	Agents pathogènes	Organes touchés	Symptômes
Maladies fongiques			
Mildiou 	<i>Phytophthora infestans</i>	Jeunes pousses, feuilles, pétioles, tiges, tubercules.	Les symptômes peuvent être observés : les jeunes pousses attaquées sont grêles et couvertes d'un duvert blanchâtre. Des taches 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>Rhizoctonia solani</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 (Hide <i>et al.</i> 1989). Les attaques sévères sur les tiges et sur les stolons diminuent en tubercules.

<p>Fusariose</p> 	<p><i>Fusarium roseum</i></p>	<p>Tubercules</p>	<p>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).</p>
<p>Verticilliose</p> 	<p><i>Verticillium albo-astumet</i> <i>Verticillium dahliae</i> (Rowe, 1984).</p>	<p>Les feuilles, la tige, stolons, tubercules.</p>	<p>Décoloration jaune puis flétrissement sur les feuilles et la tige. L'anneau vasculaire prend une coloration brune (Isaac et Harrisson, 1968).</p> <p>Dans certains cas le parasite atteint les tubercules.</p>
<p>Alternariose</p> 	<p><i>Alternaria Solani</i></p>	<p>Feuilles</p>	<p>Les symptômes sont : la sénescence des feuilles et des plantes.</p> <p>La défoliation et la mort de la plante et le rendement en est affecté (Mackenzie, 1981).</p>
<p>Maladies bactériennes</p>			
<p>Galle commune</p> 	<p><i>Streptomyce scabies</i></p>	<p>Feuilles, tiges, tubercules.</p>	<p>Les lésions sont de forme et de dimension variables : superficielles, réticulaires, profondes, en cratère ou protubérantes. Et en se joignant, peuvent couvrir toute la surface du tubercule.</p>

<p>Jambe noire</p> 	<p><i>Erwinia carotovora</i></p>	<p>Tiges, feuilles, tubercules.</p>	<p>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.</p>
<p>Maladies virales</p>			
<p>Virus Y</p>	<p>Le virus Y de la pomme de terre est un membre du groupe potyvirus.</p>	<p>Feuilles</p>	<p>Les symptômes le plus fréquent associés au virus Y sont des mosaïques foliaires accompagnées de frisolées parfois de nécroses.</p>
<p>Virus de l'enroulement de la pomme de terre.</p>	<p>Ce virus fait partie du groupe des lutéovirus.</p>	<p>Feuilles</p>	<p>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.</p> <p>Aussi l'accumulation d'amidon rend les feuilles dures et craquantes (Kerlan, 1996).</p>
<p>Virus A de la pomme de terre (PVA).</p>	<p>Est un virus membre du groupe des potyvirus.</p>	<p>Feuilles</p>	<p>Des symptômes de marbrures plantent très légères, assez souvent fugaces, et exceptionnellement accompagnées de chlorose légère (Kerlan, 1996).</p>
<p>Virus X de la pomme de terre (PVX).</p>	<p>Est un virus membre du groupe des potexvirus.</p>	<p>Feuilles</p>	<p>L'infection par le virus X se traduit généralement par des mosaïques planes avec des décolorations internervaires assez diffusés.</p>

I.8.2. 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 4 présente les principaux ennemis de la pomme de terre.

Tableau 4. Principaux ennemis de la pomme de terre.

Ennemis	Organes touchés	Symptômes
Pucerons	Feuilles, tubercules.	<p>Sur végétation : provoque des piqures sur la face inférieure des folioles. On observe des déformations diverses des feuilles (mosaïques, nécroses enroulement) et écoulement de miellat.</p> <p>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).</p>
Teignes	Feuilles, tubercules, tiges,	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.	<p>Sur feuilles : Les taupins peuvent se nourrir du feuillage des plantes en végétations mais généralement les dégâts ne sont pas importants sur plan économique.</p> <p>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>,</p>

		1996).
Nématodes à kystes <i>Globodera rostochiensis</i> et <i>Globodera pallida</i>	Feuilles, racines, tubercules.	Symptômes : Foyer de végétation chétive, 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, boursoufflures 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, 2015).

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*

II.1. Historique et origine des nématodes à kyste de la pomme de terre

Les nématodes à kyste de la pomme de terre sont originaires d'Amérique du Sud, entre la frontière du Pérou et de la Bolivie, où ils ont co-évolué avec la pomme de terre sauvage (Grenier *et al.*, 2010). Il existe deux espèces de ces nématodes, soit le nématode doré *Globodera rostochiensis* et le nématode pâle *Globodera pallida*. Au niveau mondial, le nématode doré est le plus fréquemment retrouvé (Evans et Stone, 1977) et est recensé dans plus de 75 pays (Yu *et al.*, 2010).

Les deux espèces auraient été introduites en Europe vers les années 1850, lors de l'importation de variétés de pommes de terre sauvages d'Amérique du Sud dans le but de trouver des sources de résistance au mildiou de la pomme de terre *Phytophthora infestans*. Plusieurs hypothèses stipulent que ce serait à partir de l'Europe que les *Globodera* se seraient propagés autour du monde (Evans et Stone, 1977).

II.2. Position systématique

Selon Reddy (1983), les nématodes à kyste de la pomme de terre appartiennent à la classification suivante :

Embranchement : Némathelminthes

Classe : Secernentea

Sous classe : Nematoda

Ordre : Tylenchidea

Super famille : Tylenchoidea

Famille : Heteroderidae

Genre : *Globodera*

Espèces : *Globodera rostochiensis*

Globodera pallida

II.3. Distribution géographique

II.3.1. Dans le monde

Les nématodes à kyste de la pomme de terre sont originaires d'Amérique du Sud. Ils sont présents sur tous les continents sauf en Antarctique. De ces pays, 47 ont rapportés la présence des deux espèces, 23 seulement *Globodera rostochiensis* et 2 seulement *Globodera pallida* (Grenier et Mimee, 2017).

La répartition de *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* dans le monde est représentée dans la figure 5.

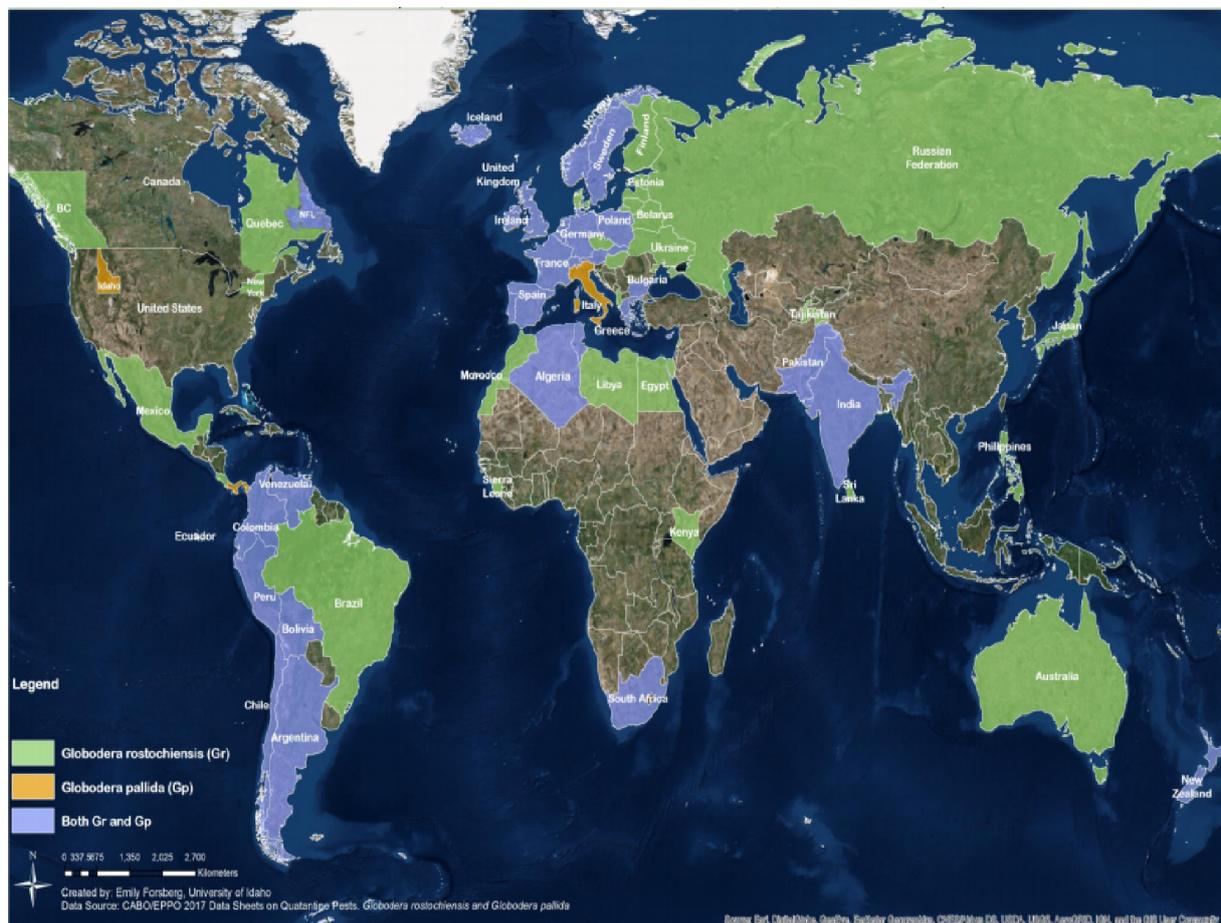


Figure 5. Répartition géographique des nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera* sp dans le monde (Grenier et Mimee, 2017).

II.3.2. En Algérie

Ces nématodes ont été découverts en Algérie 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, 2011).

La distribution des *Globodera* dans quelques régions en Algérie est représentée dans la figure 6.

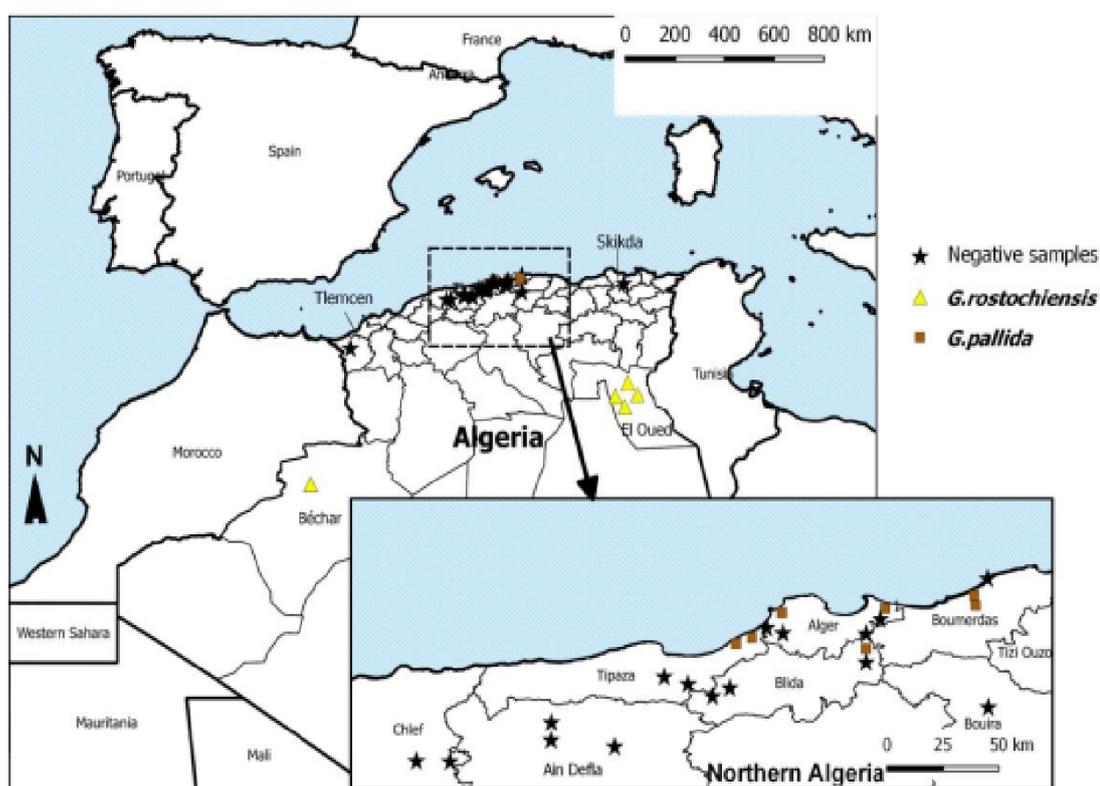


Figure 6. Distribution des nématodes à kyste de la pomme de terre en Algérie (Mezerket et al., 2018).

II.4. Morphologie des nématodes à kyste *Globodera* sp.

Les nématodes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont caractérisés par un dimorphisme sexuel des adultes (Schneider et Mugniery, 1971).

-Les mâles : sont filiformes, mobiles et atteignent 1 mm de long.

-Les femelles : se transforment après la fécondation en sacs sphériques, résistants, de couleur brune rouge appelé kyste de 0,3 à 0,9 mm de diamètre. Ces kystes sont remplis d'œufs ou de larves du deuxième stade (100 à 200) (INPV, 2009). Ces dernières sont de 0,44 à 0,47 mm de long (Fig. 7) (Taupin, 2012).

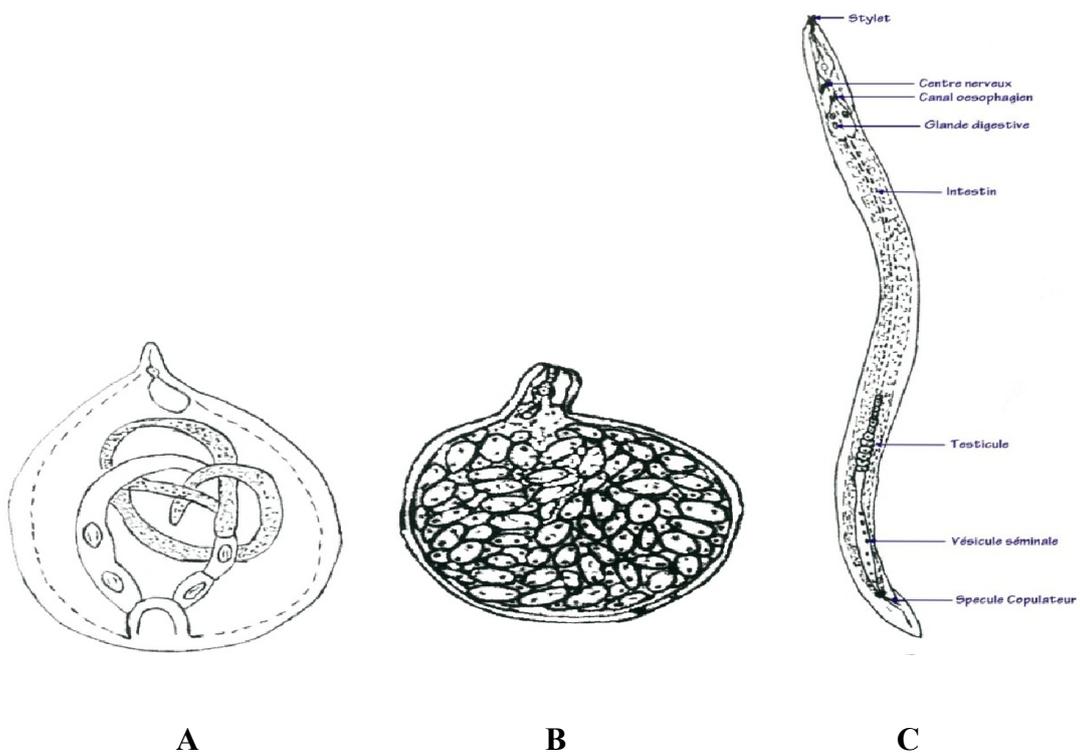


Figure 7. Morphologie des nématodes à kyste de la pomme de terre.

A : Femelle (Anonyme, 1983 in Ziouani et Boukhelifa, 1994).

B : Kyste (Bonnmalson, 1962 in Ziouani et Boukhelifa, 1994).

C : Mâle (Anonyme, 1983 in Ziouani et Boukhelifa, 1994).

II.5. Distinction entre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

La distinction entre les deux espèces de *Globodera* est devenue possible, grâce à certain critère d'ordre microscopique (Dahou, 1998). Plusieurs caractères morphologiques sont utilisés pour différencier les espèces de *Globodera*. Mais les caractéristiques de la région périnéale du kyste (le nombre de rides entre la vulve et l'anus et Ration de Granek (Distance vulve-anus/ Diamètre de la vulve)) et certains caractères des larves de deuxième stade (L2) (longueur de stylet et forme des boutons de stylet) sont les caractéristiques les plus importants pour la distinction (Tableau 5)(Fleming et Power, 1998).

Tableau 5. La différence entre les deux espèces de *Globodera* (les paramètres sont mesurés en μm) (Fleming et Power, 1998).

Caractère Espèce	<i>Globodera rostochiensis</i>	<i>Globodera pallida</i>
Forme des boutons basaux du stylet des L2.	Surface antérieur rond	Surface antérieure plate à concave
Longueur du stylet des L2.	21-23 (22)	21-6 (>23)
Nombre de rides entre la vulve et l'anus	12-31 (>14)	8-20 (<14)
Diamètre de la fenêtre vulvaire. Diamètre de bassin vulvaire	8-20 (<19)	18-21 (>19)
Distance entre l'anus et la fenêtre vulvaire	37-77 (>55)	22-67 (<50)
Ration de Granek (Distance vulve-anus/ Diamètre de la fenêtre vulvaire)	1,3-9,5 (>3)	1,2-3,5 (<3)

La différence la plus évidente entre les deux espèces est la couleur des femelles immatures. Les femelles immatures de *Globodera rostochiensis* sont jaune ou dorées, d'où le nom de nématode doré. Par contre les femelles de *Globodera pallida* sont blanches ou crèmes. Ensuite les femelles des deux espèces deviennent des kystes brunes (Fig. 8) (Chauvin *et al.*, 2008).



Figure 8. Femelle de *Globodera rostochiensis* (A) et *Globodera pallida* (B) sur les racines de pomme de terre (Chauvinet *al.*, 2008).

II.6. Cycle biologique

Les nématodes à kystes *Globodera* sp sont des endoparasites, ils passent par quatre stades juvéniles et un stade adulte. La première mue à lieu dans l'œuf (Rice *et al.*, 1985).

Le cycle de développement des nématodes à kyste commence par le deuxième stade larvaire qui sort des œufs situés à l'intérieur des kystes. L'éclosion de ce deuxième stade larvaire est stimulée par une substance exsudée par les racines de pomme de terre en croissance. Certains œufs restent dans les kystes explosent les saisons suivantes. Attirés par les exsudats des racines, le deuxième stade larvaire perforé puis pénètre dans les racines pour se nourrir et se développer par deux mues supplémentaires.

La quantité de nourriture disponible détermine le sexe des larves du troisième stade. Les femelles dominant lorsqu'il ya peu de nématodes et beaucoup de nourriture, si la population est élevée et la nourriture est limitée, ce sont les nématodes qui dominant (Sawyer, 1972).

Les mâles ressortent de la racine pour migrer activement dans le sol, tandis que les femelles, se rendent et deviennent piriforme (par de cône vulvaire) pour les *Globodera*. Hiles font saillie à la surface de racines hôte. Les mâles sont attirés par les phéromones libérées par la cuticule de la femelle. La femelle fécondée produit des œufs puis meurt et se transforme alors

en kyste. Initialement, tous les kystes sont blancs, mais ceux de *Globodera rostochiensis* transformer un jaune doré. Ceux de *Globodera pallida* restent blanches, mais finalement se transformer en brune foncé (Stuart *et al.*, 2008).

Les kystes désolidarisent de la racine et entrent en diapause, cette diapause n'est levée qu'après l'action de température baisse. Ces kystes peuvent résister dans le sol pendant plus de 20 années, alors que ceux de *Globodera rostochiensis* persister plus de 30 années dans le sol (Blanchard *et al.*, 2009). Le cycle biologique de *Globodera* sp. est représenté dans la figure 9.

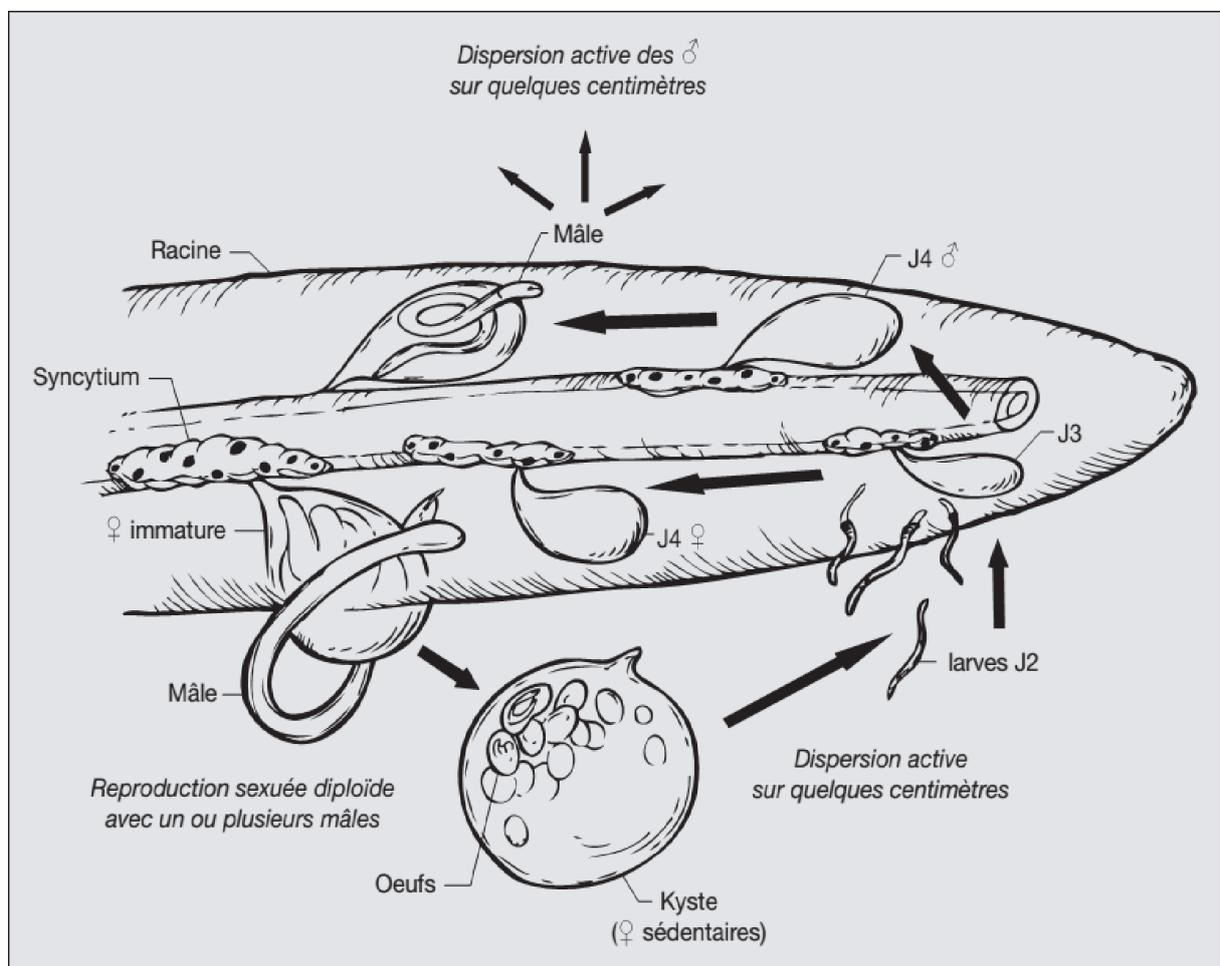


Figure 9. Cycle de développement des nématodes à kyste de pomme de terre (Picard, 2005).

II.7. Dispersion des nématodes à kyste de la pomme de terre

II.7.1. Dispersion active

Les juvéniles infestantes se déplacent dans le sol même si leur petite taille ($\approx 500 \mu\text{m}$) ne leur permet pas de migrer au-delà d'un mètre. Ils ne peuvent donc pas se disperser facilement de champ en champ (Blancard *et al.*, 2009).

II.7.2. Dispersion passive

Les kystes, forme de survie des nématodes à kyste contenant les œufs peuvent facilement être transportés par les activités humaines (le matériel agricole, les chaussures, ou encore l'eau d'irrigation). Le vent peut également propager les kystes, très légers, à plus longue distance. Enfin, des transports occasionnels mais sur de très longues distances peuvent se faire au cours des importations/exportations de plantes ou de tubercules contaminés (Blancard *et al.*, 2009).

II.8. Plantes hôtes

Les nématodes *Globodera* sp possèdent une gamme de plantes hôtes très réduites (Mugneiry, 1975) du fait que leur développement est inféodé aux Solanacées, la pomme de terre est la plante hôte la plus important (Kort, 1974), aussi que la tomate et l'aubergine sont également attaquées. Les *Globodera* peuvent être inféodés également aux adventices associées à la culture de pomme de terre, telles que la douce-amère (*Solanum dulcamara* L.), la morelle noire (*Solanum nigrum* L.) et la jusquiame (*Hysagam usniger* L.) (Schneider et Mugniéry, 1971).

II.9. Facteurs influant sur le développement des nématodes à kyste de la pomme de terre

L'interaction entre le parasite et son hôte est un phénomène complexe, régi par de nombreux facteurs biotiques (la plante-hôte) et les facteurs abiotiques (climat et sol).

II.9.1. Facteurs biotiques

Les plantes hôtes

Des substances exsudées par les racines des plantes hôtes (les exsudats racinaires) entraînent une éclosion massive et rapide des larves infestantes situées dans les kystes, et les formes juvéniles portent et envahissent les racines. L'attraction des larves par les racines ne s'observe jamais avec des plantes n'appartenant pas à la famille des Solanacées (Rousselle *et al.*, 1996).

II.9.2. Facteurs abiotiques

II.9.2.1. Le climat

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

La température

Les larves ne peuvent éclore que si la température du sol dépasse 7°C. L'optimum pour leur sortie des kystes se situe autour de 15°C et 20°C (Schneider et Mugniéry, 1971).

Selon Mugniery et Person (1976), les températures basses favorisent le développement de *Globodera pallida*, alors que les plus élevées favorisent la pullulation de *Globodera rostochiensis*

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 de nématodes par le biais de la quantité d'eau disponible dans le sol, c'est-à-dire de la capacité de rétention en eau de celui-ci.

Lorsque les racines des plantes sont envahies par les nématodes, l'alimentation en eau et en matières nutritives se fait mal, à cause de la désorganisation partielle du système vasculaire. Si la quantité d'eau disponible dans le sol est faible, les symptômes apparaîtront précocement ; si par contre, elle est importante, elles pourront avoir une végétation convenable (Schneider et Mugniéry, 1971).

II.9.2.2. Le sol

La nature physique du sol : Les attaques sont plus sévères dans les sols légers et poreux qui paraissent favoriser les nématodes. Après leur éclosion, les larves qui tendent à se diriger vers les racines ne peuvent se mouvoir que dans un film d'eau, lequel est retenu par la capillarité dans les pores du sol les plus petits et sur le pourtour des pores les plus grands. Plus les pores de très grande taille seront rares, ou au contraire plus les pores de très petites tailles seront nombreux, et plus les larves auront des difficultés d'acheminer vers les racines. Donc, l'intensité de l'attaque sera réglée par la taille des interstices du sol par rapport au diamètre des larves et par la quantité d'eau qu'ils retiennent (Schneider et Mugniéry, 1971).

Selon Bovey *et al.* (1979), le nombre de kystes de *Globodera* est plus nombreux dans des sols sablonneux ou tourbeux que dans des terrains argileux.

La composition chimique du sol : Toute carence en éléments minéraux associée avec les attaques des nématodes entraîne un système racinaire réduit et déficient, alors qu'une bonne fumure bien équilibrée pourrait masquer les conséquences des attaques pendant un certain temps (Schneider et Mugniéry, 1971).

L'aération du sol : Si la quantité d'oxygène disponible dans le sol est plus élevée, l'éclosion des larves et leurs migrations vers les racines sont d'autant plus rapides (Schneider et Mugniéry, 1971).

Humidité du sol : D'après Alfrod (1994), l'activité du nématode est liée à la présence d'humidité, les individus se déplacent généralement dans le sol, leur faible taille les rend très sensible à la dessiccation, aussi tout dessèchement prolongé du sol entraîne le dépérissement d'un grand nombre d'individus (Grasse, 1965).

Selon Reddy (1983), les nématodes sont actifs dans un sol ayant un taux d'humidité allant de 40 à 60 %.

PH du sol : La nature du pH influence l'émergence et le comportement des adultes (Ritter, 1971), un pH fortement acide ou fortement basique a une action défavorable sur le développement des nématodes (Allili, 1985).

Matière organique : La matière organique augmente les capacités de rétention du sol à l'eau et aux éléments nutritifs et améliore la structure de sol. Ce qui fournit un meilleur environnement pour les plantes et les nématodes. En parallèle, elle peut libérer des produits chimiques ou gaz qui sont toxiques aux nématodes (Maggenti, 1981).

II.10. Symptômes et les dégâts dus au nématode à kyste *Globodera*

II.10.1. Symptômes

Il n'y a pas de symptômes spécifiques de l'attaque des *Globodera*. Les symptômes décrits pour ces derniers peuvent être provoqués par de nombreuses autres causes. Donc il faut confirmer par une analyse nématologique qui s'avère indispensable.

D'après Duvauchelle (2013), les dégâts dus au *Globodera* sp se traduisent par de grandes taches dans le sens de travail du sol avec des plantes de végétation faible, dont certaines sont naines au centre de ces zones avec parfois des déformations foliaires. Mais, de tels symptômes apparaissent seulement quand les niveaux d'infestation sont déjà élevés.

Il peut y avoir jaunissement, flétrissement ou mort du feuillage, ce qui peut résulter dans une partie de la culture une croissance médiocre accompagnée par des tubercules de petite taille (Fig. 10) (Fortin, 2013).



Figure 10. Dommages causés à une culture de pomme de terre par le nématode à kyste *Globodera rostochiensis* (Nigel, 2006).

II.10.2. Dégâts

Selon Rousselle *et al.*, (1996), les dégâts dus à *Globodera* sp correspondent essentiellement à une diminution des rendements (tailles et poids des tubercules) consécutive à une mauvaise croissance du végétal.

D'après l'organisme de quarantaine OEPP (2013), l'étendue des dégâts, en particulier en relation avec le poids de tubercules produit et liée à la quantité d'œufs du nématode par unité de sol. Si les niveaux de population du nématode sont très élevés, 80% de la récolte de pomme de terre peut être perdue.

II.11. Lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre

Les nématodes à kystes *Globodera* sp sont classés de quarantaine et doivent faire l'objet de mesure de lutte obligatoire. La lutte contre ces parasites des racines de la pomme de terre est extrêmement difficile, malgré l'effort très important accomplis au cours des dernières années (Blanchard, 2008).

La mise au point d'un programme de lutte contre ces parasites doit mettre en œuvre un ensemble de mesures préventives et curatives pour mieux protéger la culture de pomme de terre.

II.11.1. Méthode préventive

La lutte contre le nématode doit commencer avant son installation dans la parcelle :

1. Installation des plantations dans des parcelles indemnes.
2. Le nettoyage du matériel utilisé (tracteur, charrues, semoir, ... etc), pour éviter les contaminations inter parcelles, les semences certifiées (Reddy, 1983).
3. Rotations de culture pour éviter la multiplication du pathogène. Des longues rotations contribuent à la diminution naturelle des populations jusqu'à 30% par an (Stuart *et al.*, 2008).

II.11.2. Méthode curative

Par l'utilisation des moyens : culturaux, physiques, chimiques et biologiques.

II.11.2.1. Lutte culturale

Cette lutte se base sur :

1. L'utilisation des plantes pièges : il est possible de planter des Solanacées sauvages non tubéreuses (exemple : *Solanum Sisymbriifolium* ou *raketblad*) qui vont piéger les larves dans la plante et à les détruire avant la fin du cycle des parasites (Somerhausen, 2006).
2. L'utilisation des variétés résistantes. Méthode prometteuse pour assurer un contrôle durable des populations de nématodes (Bélair, 2005).
3. Le choix de la date de mise en culture : En production de primeurs, on récolte le plus tôt possible en jouant sur le différentiel de développement entre les nématodes et la pomme de terre (Rousselle *et al.*, 1996).

L'emploi de la jachère qui permet de réduire la population des nématodes de moitié voire plus (Mugniery *et al.*, 1975).

II.11.2.2. Lutte physique

Il existe plusieurs méthodes de lutte physique telles que :

Lutte par la chaleur

Les nématodes comme toute la majorité des ennemis des cultures sont très sensible à la chaleur et rares sont ceux qui survivent à des températures supérieures à 60°C.

La désinfection de sols par la chaleur utilise principalement la vapeur d'eau sous pression, et la désinfection de plantes contaminées s'effectue par trempage dans l'eau chaude (Guany et Mimaud, 1971).

La lutte par le froid

D'après Guany et Mimaud (1971), les endoparasites sont plus sensibles aux températures que les ectoparasites et pense qu'un traitement rapide à très faible température ou une alternance de froid et de chaud seraient les meilleures solutions.

La lutte par irradiation

Les conséquences de divers rayonnement (rayons ultraviolets, X et gamma) sur la reproduction, la mobilité et la morphologie des nématodes ont été étudiées. Myers et Dropkin (1959) rapportent que l'utilisant le cobalt 60 comme source d'irradiation sur onze espèces différentes, remarquent que la reproduction est stoppée dans un seul cas : la dose d'irradiation étant de 40000 röntgens. Une dose de 160000 röntgens fut nécessaire pour arrêter la multiplication de six autres espèces de nématodes (Guany et Mimaud, 1971).

II.11.2.3. Lutte biologique

Beaucoup de microorganismes sont utilisés pour lutter contre les nématodes phytoparasites de genre *Globodera*. Parmi ces organismes les champignons du sol prédateurs (*Arthrobory irregularis*) (Bélaïr, 2005). Qui ont la particularité de piéger les nématodes grâce à des enroulements de leurs hyphes en forme de nœud collant (Bouchet *et al.*, 1999), ou parasites des nématodes (*Paecylomyces lilancinus*).

Les bactéries telles que (*Penicilium anotolicum*), réduisent fortement les populations de *Globodera rostochiensis* (Bélaïr, 2005).

II.11.2.4. Lutte chimique

La lutte chimique s'inscrit comme un moyen plus efficace, destinée à réduire les populations de nématodes. Les nématicides utilisables sont soit des nématostatiques soit des nématicides :

1. Les nématostatiques qui bloquent temporairement les principales fonctions vitales des organismes, viennent : éclosion, orientation, développement larvaire, alimentation et reproduction.
2. Les nématicides qui provoquent la mort des nématodes les plus utilisables sont :
 1. Les fumigants: détruisent les nématodes dans le sol. Donc, utilisables avant ou après la culture de pomme de terre.
 2. Les carbamates : désorientent les juvéniles infectants qui ne peuvent pénétrer dans les racines. Ils ne doivent être utilisés que sur des juvéniles éclos. Donc, à la plantation de pomme de terre.

3. Les organophosphorés ont une double action et doivent donc également être utilisés à la plantation (Rousselle *et al.*, 1996).

Cependant, leur utilisation est limitée ou interdite du fait de leur forte toxicité pour l'environnement et l'utilisateur.

II.11.2.5. Lutte intégrée

Bien que toutes les méthodes aient leurs mérites. En pratique, l'intégration ou la combinaison de plusieurs moyens de lutte est nécessaire pour maintenir les densités de population de nématodes à des niveaux tels qu'ils ne causent pas de dommages économiques, et pour empêcher leur établissement dans de nouvelles zones.

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 pomme de terre 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 du 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.

4-La proposition des méthodes de lutte efficaces contre ces bioagresseurs sans faire appel à l'emploi de nématicides pour limiter leur dissémination dans les parcelles saines et leur pullulation dans les parcelles infestées.

I.2. Présentation des régions d'étude

L'étude a été menée dans quatre wilayas productrices de pomme de terre en Algérie ; Ain Defla, Chlef, Tipaza et Blida. Les régions étudiées sont représentées dans la figure 11.

Dans chaque wilaya, quelques communes les plus exploitées en pomme de terre ont été prospectées. Au total, 14 communes considérées ; 4 à Ain Defla (Rouina, Attaf, El Amra et Djendel), 4 à Chlef (Boukadir, Oum Drou, Ouled Fares et Oued Fodda), 3 à Tipaza (Hadjout, Ahmar El Aïn et Bourkika), et 3 à Blida (Meftah, Affroun et Larbaa).

Au niveau de chaque commune, un certain nombre de parcelles de pomme de terre ont été échantillonnées. Au total, 41 parcelles sont prises en considération.

Les wilayas, les communes et les parcelles concernées par cette étude seront détaillées en ce qui suit.

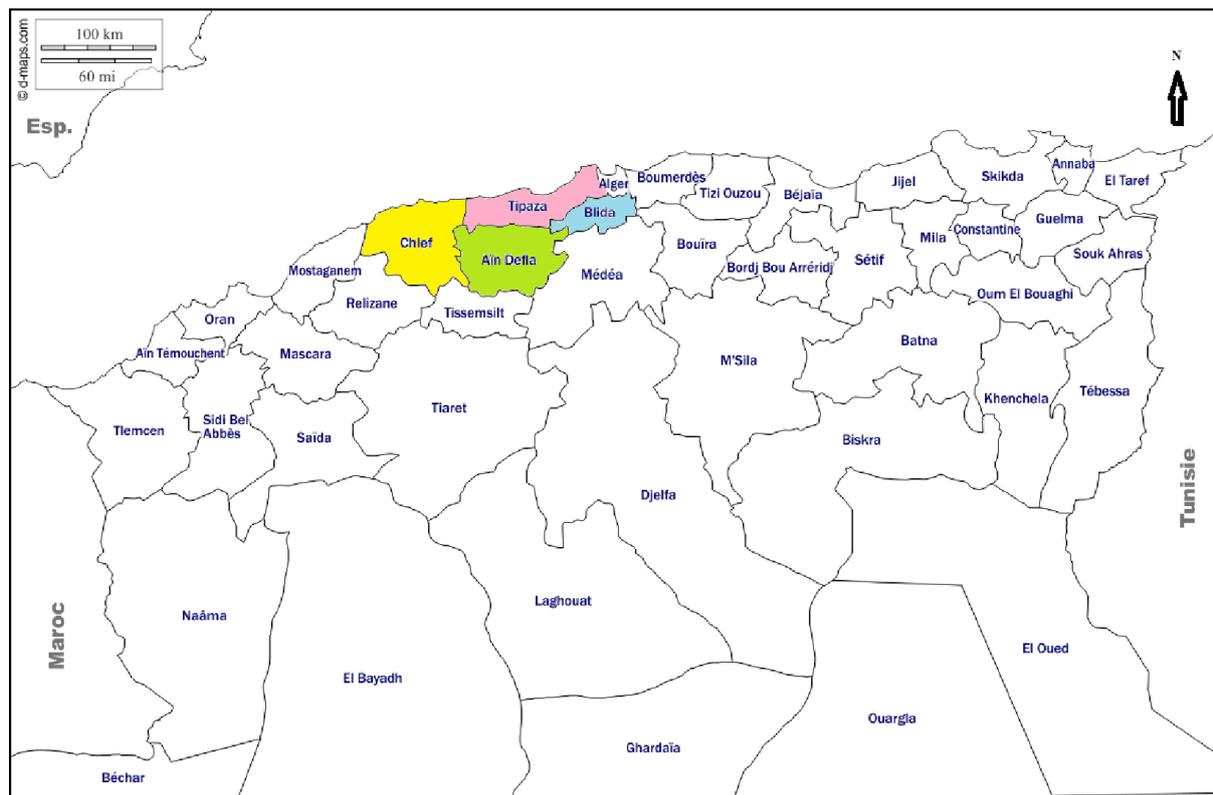


Figure 11. Situation des régions d'étude sur la carte géographique de l'Algérie du Nord (Originale).

I.2.1. Wilaya d'Ain Defla

I.2.1.1. Situation géographique

La wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et l'Ouest, le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du Dahra et Zaccar au Nord et l'Ouarsanis au Sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'Est en Ouest par Oued Chellif, cours d'eau d'une grande importance économiques (Fig. 12).

La wilaya d'Ain Defla est située à 145 km au sud-ouest de la capitale et s'étend sur une superficie de 4260 km². Elle comprend 14 daïras, qui regroupent 36 communes. L'agriculture constitue la principale activité de ses habitants (DSA d'Ain Defla, 2020).

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 12. Carte géographique de la wilaya d’Ain Defla et localisation des communes étudiées.

I.2.1.2. Caractéristiques pédologiques

D’après les études établies par des organismes spécialisés les sols de la wilaya sont en générale légers, meubles et fertiles. Les meilleurs sols sont répartis de part et d’autre de l’Oued Chélif avec une superficie globale d’environ 65 000 ha (DSA d’Ain Defla, 2020).

On distingue une mosaïque de textures (Tableau 6) :

Tableau 6. Texture du sol dans les différentes communes de la wilaya d’Ain Defla (DSA d’Ain Defla, 2020).

Types de sols	Communes	Cultures
sols limono-argileux	El Attaf et Tiberkanine (avec un taux de sel élevé).	Vigne, céréales, fourrages, agrumes, pomme de terre.
Sols limono-argileux	Ain Beniane, Hoceinia,	Rosacées, vigne, légumes, secs,

	Boumedfâa, Techta, Ainmarâichage, fourrage, céréales, Bouyahia, Hamam Righa, pomme de terre, Oléiculture. Bourached, Ain Turki.
Sols argilo-limoneux	Arib, Sidi Lakhdar, Djelida, Ain Agrumes, Pomme de terre, Defla, Khemis, El Amra, Djendel Rosacées, céréales, fourrages en (en partie). irrigué.
Sols calci-magnésiques	Ain Chiakh, Oued Djemâa, Tarik Rosacées, Figuier, céréales, Ibn Ziad, Djemâa Ouled Chikh, pastèques, melon. Belâs, El Maine, Bethia.
Sols fer-scialitiques	Zeddine et Rouina (taux élevé) El Artichauts, pomme de terre, Amra, El Abadia (en partie), céréales, Rosacées, Agrumes,, Mekhatria (avec taux élevé en cultures industrielles sable), El Hassania, Miliana, Ben (betteraves). Allel.
Sols sablo-limoneux	Bir Ould Khelifa, Bordj Emir Maraîchers, céréales, cultures Khaled, Ain Soltane. industrielles, Figuier, Rosacées, oléiculture.

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 compagnes 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 Tsessemilt.

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 Daïras (Fig. 13).



Figure 13. Carte géographique de la wilaya de Chlef et localisation des communes étudiées.

I.2.2.2. Sol

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

I.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 et un minimum au mois de janvier avec +06,1°C en hiver.

I.2.3. Wilaya de Tipaza

I.2.3.1. Situation géographique

La wilaya de Tipaza est située sur la côte au pied du mont Chenoua, à l'extrémité des collines du Shale. Tipaza au charme que confère la proximité de la montagne et de la mer.

Compte tenu de sa position géographique la wilaya de Tipaza dispose d'un réseau hydraulique relativement important : d'Est en Ouest, nous rencontrons Oued Mazafran, Oued El Hachem, Oued Djer et Oued Damous (DSA de Tipaza, 2020).

La wilaya de Tipaza se situe au Nord de Tell central, elle est limitée géographiquement par :

Au Nord : la mer méditerranée.

À l'Ouest : la wilaya de Chlef.

Au Sud : la wilaya de Ain Defla.

À l'Est : la wilaya d'Alger.

Tipaza compte une population de 694 589 habitants (estimation 2018) avec une superficie totale de 1707.5 km². Elle compte 28 communes regroupées en 10 Daïras (Fig. 14).

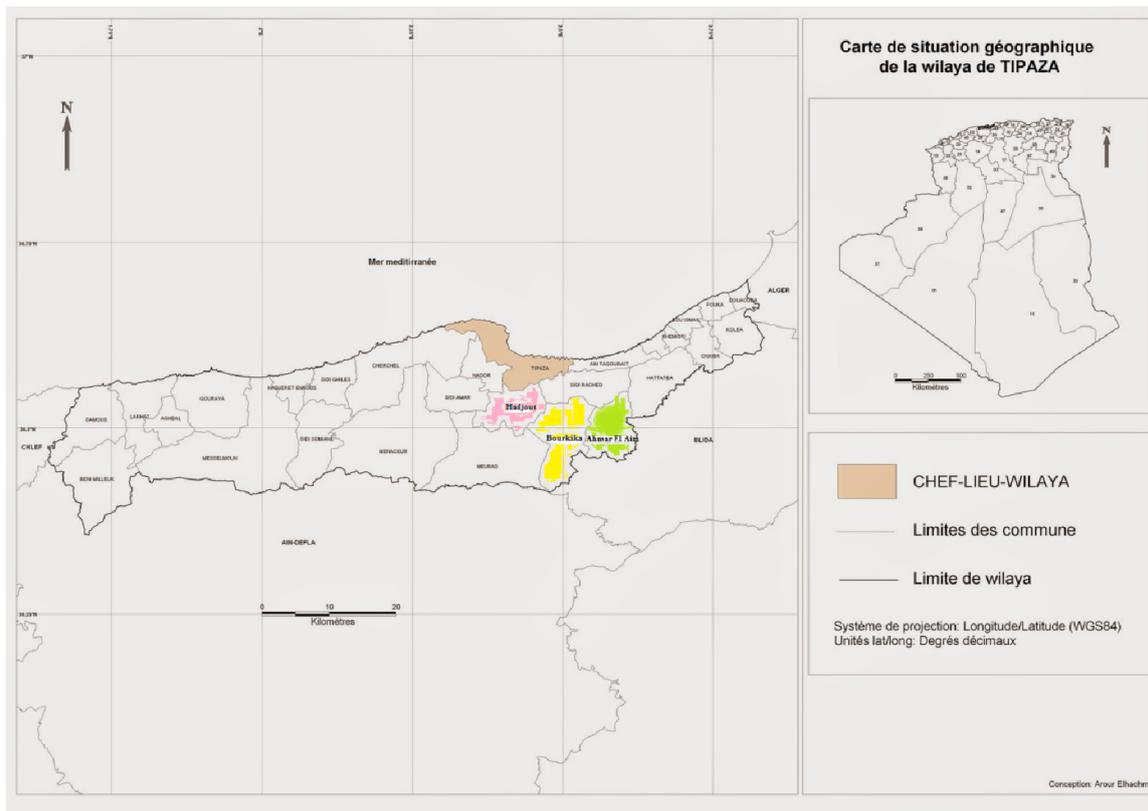


Figure 14. Carte géographique de la wilaya de Tipaza et localisation des communes étudiées.

I.2.3.2. Climat

La wilaya de Tipaza se situe dans un seul étage bioclimatique subdivisé en 02 variantes :

1. L'étage subhumide caractérisé par un hiver doux dans la partie Nord.
2. L'étage subhumide caractérise par un hiver chaud dans la partie sud.

Les précipitations moyennes enregistrées par la station de Merad font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle de 600 mm durant la période 1978-2011.

La température varie entre 33°C pour les mois chauds de l'été (juillet, août) à 5,7°C pour les mois les plus froids (décembre à février).

I.2.4. Wilaya de Blida

I.2.4.1. Situation géographique

La wilaya de Blida se situe dans la partie Nord du pays dans la zone géographique de Tell central, avec une superficie globale de 1696 km², répartie sur un totale de 32 communes (Fig. 15). Elle est limitée par :

Au Nord : la wilaya d'Alger et Tipaza

À l'Ouest : la wilaya d'Ain Defla

Au Sud : la wilaya de Médéa

À l'Est : les wilayas de Bouira et Boumerdès



Figure 15. Carte géographique de la wilaya de Blida et localisation des communes étudiées.

I.2.4.2. Caractéristiques pédologiques

Dans la plaine de la Mitidja, les sols sont caractéristiques en majorité par des sols de type peu évolué, avec des dépôts alluviaux récents et profonds la texture est hétérogène, grossière à fine. Certaines zones sont caractérisées par des sols calcimagnésiques à teneur en fer élevée, de texture limono-argileuse à argilo-limoneuse, peu profonds à profonds sur encroûtement calcaire et potentiellement fertiles. En générale le taux de matière organique est faible.

I.2.4.3. Climat

Le climat est de type méditerranées, avec une influence continentale, surtout en été (vent du Sud : Sirocco). C'est un climat de latitude moyenne tempérée humide, avec des hivers pluvieuse et moyennement doux, et des étés chauds et secs.

La pluviométrie est irrégulière, avec une moyenne d'environ 600 mm de pluie par an, et généralement plus importante dans l'Atlas que dans la plaine.

La température varie de 12.5°C en janvier à 25.5°C en août. Néanmoins, des pics de température de +37°C peuvent être enregistrés en été (juillet et août) et les gelées sont observées en hiver, surtout en basse plaine (Mouzaia, Oued El Alleug et Boufarik).

I.3. Etude de l'état d'infestation

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

- 1-Echantillonnage du sol.
- 2- Extraction des kystes.
- 3- Récupération et comptage des kystes.

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. Echantillonnage

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

Les nématodes sont répartis de façon très hétérogène dans la plupart des champs. Il est fortement recommandé de procéder au prélèvement de 10 à 30 échantillonnages par surfaces de 2 à 3 hectares (Bentley *et al.*, 2010).

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. 16).

Les échantillons sont mis dans des sacs en plastique (Fig. 17) 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 cultivé, 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 16.Echantillonnage du sol (Originale).



Figure 17. Conditionnement des échantillons du sol (Originale).

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

Wilaya	Commune	Parcelle	Date d'échantillonnage	Précédent culturel (sur quatre ans)	Variété utilisée	Mode d'irrigation	Traitement	Nom de l'agriculteur	
Ain Defla	Djendel	Parcelle 01	29/12/2019	-Pomme de terre/ Céréales/ Céréales/ Pomme de terre	Sénargiè	Aspersion	Confidor contre Puceron, Score contre mildiou	Labdi Ben Issa	
		Parcelle 02	29/12/2019	Céréales/ Pomme de terre/ Céréales/ Pomme de terre	Spunta Bartina	Aspersion	Mètréxon contre mildiou	Labdi Ahmed	
		Parcelle 03	05/01/2020	Pastique/ Céréales/ Céréales/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion	Insecticide Actara	Mekki Mouhamed	
	El Amra	Parcelle 01	28/01/2020	Pomme de terre / blé dur / blé dur / blé dur	kondor	Aspersion	Herbicide Fongicide	Hamroun Djemel	
		Parcelle 02	28/01/2020	Pomme de terre / Pomme de terre / pomme de terre/Jachère	Désrée	Aspersion	Fongicide	Belhadj Lakhdar	
		Parcelle 03	28/01/2020	Blé dur / Jachère/ pomme de terre /Blé dur	Spunta	Aspersion	Herbicide	Snouci Mohamed	
	El Attaf	Parcelle 01	27/12/2020	Céréales/ Pomme de terre/ Céréales/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion	Traitement contre mildiou	*	
		Parcelle 02	27/12/2020	Céréales/ Céréales/ Pomme de terre/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion	Traitement des feuilles	*	
		Parcelle 03	27/12/2020	Céréales/ Pomme de terre/ Céréales/ Pomme de terre	Kondor	Aspersion	Traitement contre mildiou	*	
	Rouina	Parcelle 01	03/02/2020	Pomme de terre / Orge /Pomme de terre / Pomme de terre	Spunta	Aspersion	Fongicide	Houti abdlkader	
		Parcelle 02	03/02/2020	Pomme de terre/ pomme de terre / blé dur / orge	Spunta	Aspersion	Herbicide	Zitouni Rabah	
		Parcelle 03	06/02/2020	Blé dur / pomme de terre / Jachère/ Orge	Spunta	Aspersion	Fongicide	Ben Moussa Aissa	
	Chlef	Boukadir	Parcelle 01	28/01/2020	Céréales/ Pomme de terre/Céréales/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion	Fongicide, Herbicide	*
			Parcelle 02	25/02/2020	Céréales/ Pomme de terre/	Spunta	Aspersion	Herbicide	*

				Céréales/ Pomme de terre				
	OmeDrou	Parcelle 01	12/01/2020	Céréales/ Pomme de terre/Spunta	Aspersion	Fongicide Herbicide	*	
		Parcelle 02	12/01/2020	Céréales/ Pomme de terre/Spunta	Aspersion	Traitement contre mildiou	*	
	OuledFaress	Parcelle 01	08/02/2020	Pomme de terre / oignon-Pomme de terre / blé dur- Pomme de terre / Pomme de terre	Désirée	-Fongicide -Herbicide -Insecticide		Yahyaoui Soufiâne
		Parcelle 02	08/02/2020	Pomme de terre/ blé dur / blé dur / Pomme de terre	Spunta	-Herbicide -Insecticide		Djouadi Mustafa
		Parcelle 03	08/02/2020	Pomme de terre / blé dur / Pomme de terre / blé dur	Kondor	-Herbicide		El Hadj Mohamed
	Oued Fodda	Parcelle 01	30/01/2020	Pomme de terre / Pomme de terre / Pomme de terre/ Blé dur	Désirée	-Fongicide -Herbicide		Boukrita Fayçel
		Parcelle 02	30/01/2020	Blé dur / Pomme de terre / Blé dur / Pomme de terre	Désirée	-Fongicide -Herbicide		Sahili Momhamed
		Parcelle 03	30/01/2020	Pomme de terre / blé dur / blé dur/Pomme de terre	Spunta	-Fongicide		Kouache Ahmed
		Parcelle 04	30/01/2020	Pomme de terre/ Pomme de terre/ Blé dur/ Orge	Spunta	-Fongicide		Zitouni Lahkedar
Tipaza	Hadjout	Parcelle 01	02/02/2020	La laitue/ Pomme de terre/ Pastique/ Pomme de terre	Bartina	Aspersion	Traitement contre l'Oïdium	Chakay Abd- errahmane
		Parcelle 02	18/02/2020	La laitue/ Pomme de terre/ Pastique/ Pomme de terre	Bartina	Aspersion	Traitement contre mildiou	Chakay Abd- errahmane
	Bourkika	Parcelle 01	18/02/2020	Céréales/ Fenouil / Pois Cultivé/ Pomme de terre	Bartina	Aspersion	Traitement contre mildiou	*
		Parcelle 02	18/02/2020	Céréales/ Pomme de terre/ Fenouil / Pomme de terre	Sénargië	Aspersion	Traitement contre mildiou et l'Oïdium	*
	Ahmar Ain	Parcelle 01	16/02/2020	Vigne/ Pois chiche/ Pomme de terre/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion	EL Botass	Boutaga Miloude
		Parcelle 02	16/02/2020	Vigne/ Pois chiche/ Pomme de terre/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion	*	Boutaga Miloude
		Parcelle 03	18/02/2020	Céréales/ Céréales/ Céréales/	Bartina	Aspersion	*	Boutaga

				Pomme de terre				Miloude
Blida	Meftah	Parcelle 01	10/12/2019	Pomme de terre (Spunta) / Blé tendre / Fenouil-Oignon/ Pomme de terre (Spunta) /	Spunta	Aspersion	Fongicides	Hartali Kamel
		Parcelle 02	10/12/2019	pomme de terre (Spunta) / La laitue- le fenouil / Pomme de terre (Spunta) / Pomme de terre (Spunta)	Spunta	Aspersion	Fongicides	Yousfi Djelloul
		Parcelle 03	10/12/2019	Pomme de terre (Spunta) / la laitue / Blé dur / Pomme de terre (Spunta)	Spunta	Aspersion	Fongicides	Kadouri Mohamed
		Parcelle 04	10/12/2019	Pomme de terre (Spunta) / Pomme de terre (Spunta) / Blé dur/ Blé dur	Spunta	Aspersion	Herbicides Fongicides	Houti Ahmed
	Larabaa	Parcelle 01	21/12/2019	Pastèque/ pomme de terre/ Laitue- Haricot/ Pomme de terre	Spunta	Aspersion	-Herbicides	Kadour Balkacem
		Parcelle 02	21/12/2019	Blé dur/ Pomme de terre/ Oignon- Laitue/ Pomm de terre	Spunta	Aspersion	-Herbicides	Boucefiane Aissa
		Parcelle 03	21/12/2019	Pomme de terre/ Pomme de terre/ Blé dur/ Blé dur	Spunta	Aspersion	-Herbicides	Ainaou ismail
	El Affroun	Parcelle 01	27/12/2019	Blé dur/ Pomme de terre/ laitue- Oignon/pomme de terre	Spunta	Aspersion	-Herbicides -Fongicides	Mahmoudi Djemel
		Parcelle 02	27/12/2019	Haricot/ Pomme de terre/Blé dur/ Oignon-Haricot	Spunta	Aspersion	-Herbicides -Fongicides	Ayouni Mourad
		Parcelle 03	27/12/2019	Blé dur/ Pomme de terre/ Pomme de terre/ Blé dur	Spunta	Aspersion	-Fongicides	Mastfaoui Mohamed
		Parcelle 04	27/12/2019	Blé dur/ pomme de terre/ Blé dur/ Blé dur	Spunta	Aspersion	-Fongicides	Aissaoui Mohamed

I.3.2. Séchage du sol

Tous les échantillons du sol prélevés sont étalés sur du papier dans une salle bien aérée pour être séché (Fig. 18).



Figure 18.Séchage du sol (Original).

I.3.3. Pesage

Le sol séché est pesé à l'aide d'une balance électrique de précision, nous prenons 1 kg pour chaque parcelle dans un sac en plastique qui porte une étiquette ou est mentionnées le numéro de l'échantillon (Fig. 19).



Figure 19.Pesage du sol (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 Fenwick en 1940 basée sur la flottation des kystes plus ou moins secs, possèdent une densité inférieure à 1 mm, facilement récupérés (Nakachian et Jacqemont, 1971).

I.3.4.1. Appareil de Fenwick

Le Fenwick est un cylindre métallique effilé au sommet, avec une base en pente. Le cylindre comporte une collerette (gouttière) inclinée au-dessous de la jante avec un grand orifice au sommet de cylindre et un petit orifice à la base pour le nettoyage (Fig. 20) (Fenwick, 1940 ; Turner, 1998). Sa capacité d'extraction est de 72 % pour le sable, 62 % pour le sol sableux, 42 % pour le sol argileux et 35 % pour le sol limoneux avec un grand pourcentage de matière organique (Bellvert *et al.*, 2008).

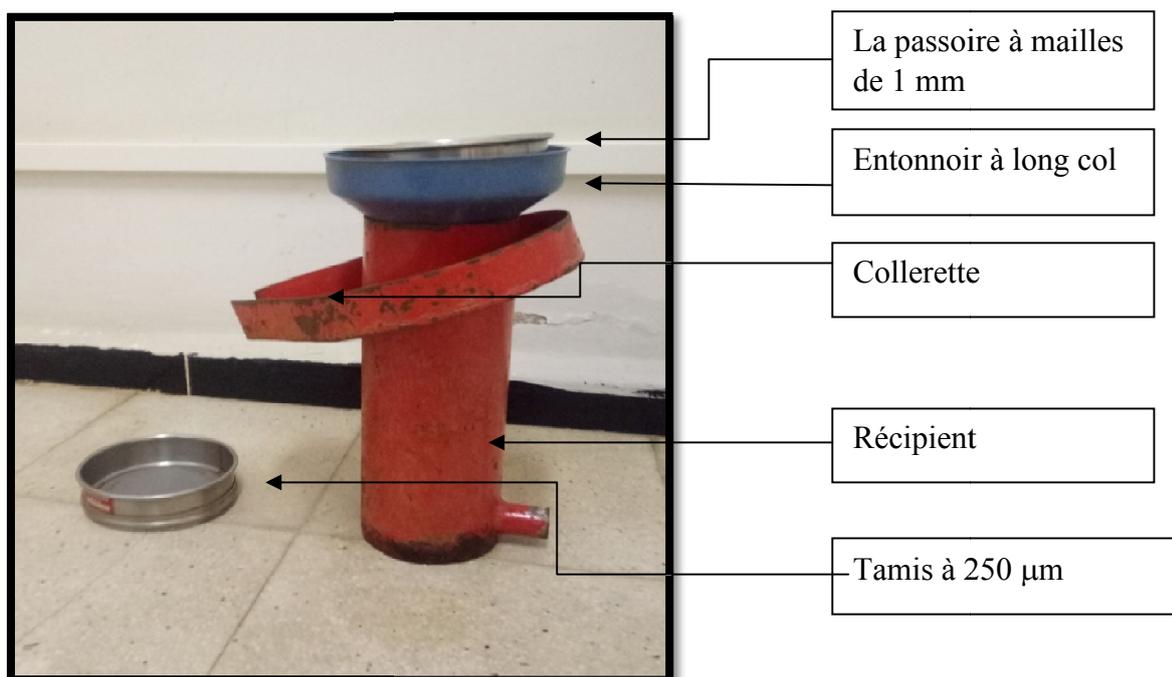


Figure 20. Appareil de Fenwick (Originale).

I.3.4.1.2. Méthode d'extraction

Avant l'extraction, on procède au nettoyage du cylindre d'eau. Ensuite, on va fermer la sortie au fond.

On place l'échantillon du sol sec dans le tamis supérieur de 2 mm sur l'entonnoir qui est préalablement rempli d'eau, à l'aide d'un courant d'eau.

On laisse couler l'eau jusqu'à ce qu'elle devienne propre (ne contient pas des débris). Les particules de sol lourdes tombent au fond du cylindre, alors que les kystes et le sol légers et les débris flottant à la surface sont siphonnés à travers la gouttière sur le rebord d'un tamis de collecte de 250 μm (Fig. 21). L'extrait sera rassemblé par un jet d'eau au niveau du tamis (Fig. 22), par la suite, il est mis sur un entonnoir tapissé par un papier filtre porté par un Erlen Meyer (Fig. 23). Une fois égoutté et séché au laboratoire (Fig. 24), le papier filtre est récupéré dans une boîte de Pétri étiqueté pour être récolté avec un pinceau puis examiné sous loupe binoculaire.



Figure 21. Extraction des kystes de *Globodera* par l'appareil de Fenwick (originale).



Figure 22. Rassemblement de l'extract au niveau du tamis (Originale).



Figure 23. Récupération de l'extract de tamis (originale).



Figure 24. Séchage des papiers filtres contenant l'extrait (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 boîte 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. 26).



Figure 25. Prélèvement des kystes sous une loupe binoculaire (Originale).



Figure 26. Boîtes de Pétri contenant les kystes de *Globodera* (Originale).

I.3.6. Dénombrement

I.3.6.1. Dénombrement des kystes

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 pleines sont reconnus grâce à leur aspects turgescents, leur couleur foncée et parfois claire, et une grande taille mais parfois petite.

I.3.6.2. Dénombrement des œufs et des larves contenus dans les kystes

Les kystes pleins de *Globodera* contiennent des œufs et des larves. L'écrasement de ces kystes se fait sous la loupe binoculaire, 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'un épinglé, 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.

I.4.Exploitation statistique des résultats

Pour déterminer la signification des résultats, une analyse de la variance (ANOVA) au seuil de 5% à un facteur a été appliquée pour tester l'effet des régions prospectées sur les paramètres liés aux nématodes à kystes du genre *Globodera* :

- Différence non significative : $p > 0,05$
- Différence significative : $p < 0,05$
- Différence hautement significative : $p < 0,01$
- Différence très hautement significative : $p < 0,001$

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide de logiciel STATISTICA (version 6.0).

Chapitre II

Résultats et discussion

Chapitre II : Résultats et discussion

Remarque : A cause de l'état sanitaire du (COVID 19); sur 41 échantillons de sol récoltés, seulement 24 ont subi une analyse complété et 17 une analyse partielle (extraction et récupération des kystes). Les résultats d'analyse nématologique des 24 échantillons considérés seront présentés et discutés comme suit;

II.1. Résultats

II.1.1. Caractéristiques morphologiques des nématodes à kyste de la pomme de terre

L'observation microscopique a mis en évidence les caractéristiques morphologiques des kystes de *Globodera*. Leur écrasement nous a permis de distinguer des kystes vides et des kystes pleins contenant des œufs et des larves.

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. 27).

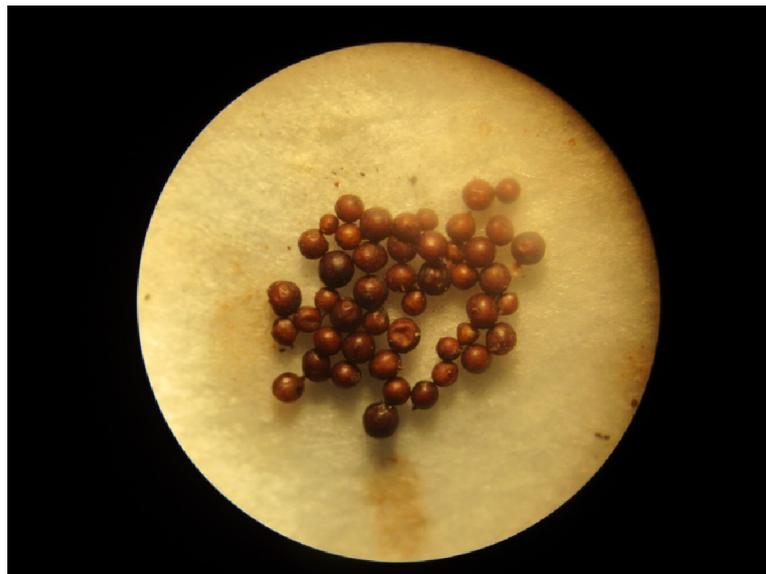


Figure 27. Kystes de *Globodera* présentant différentes couleurs et tailles observés sous loupe binoculaire au grossissement (G : 10×2) (Originale).

II.1.1.2. Les larves

Les larves sont filiformes d'une couleur transparent à blanchâtre (Fig. 28).

II.1.1.3. Les œufs

Les œufs sont de forme rectangulaire et de couleur transparent à blanchâtre (Fig. 28).



Figure 28. Œufs et larves de *Globodera* vus sous loupe binoculaire (G : 10 ×4) (Originale).

II.1.2.1. 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
Chlef	7	4	57,14
Blida	11	6	54,54
Ain Defla	6	3	50
Total	24	13	54,17

D'après les résultats présentés dans le tableau 8, on remarque qu'au niveau de 24 parcelles prospectées, les kystes pleins de *Globodera* sont détectés dans 13 parcelles soit une fréquence d'infestation de l'ordre de 54,17 %. De plus, nous notons une présence des nématodes *Globodera sp* dans toutes les régions étudiées. Cependant, la fréquence de l'infestation est variable d'une région à une autre. La fréquence la plus élevée a été enregistrée dans la wilaya de Chlef avec 57,14 % soit 4 parcelles infestées sur 7 prospectées, alors que la plus faible a été notée dans la wilaya d'Ain Defla avec 50% soit 3 parcelles infestées sur 6 échantillonnées. Le taux d'infestation est limité à 54,54% dans la wilaya de Blida où ces parasites sont détectés dans 6 parcelles des 11 parcelles étudiées.

La figure 29 illustre davantage le taux d'infestation des échantillons par les kystes de nématodes *Globodera sp*.

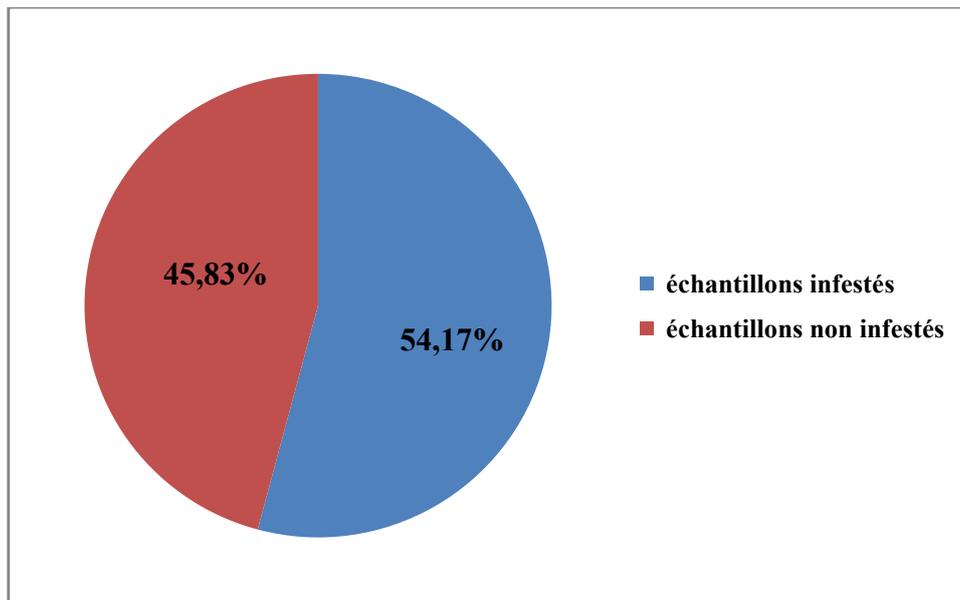


Figure 29. Pourcentage des échantillons de sol infestés et non infestés par les *Globodera*.

II.1.3. Importance de l'infestation des *Globodera*

II.1.3.1. Dénombrement des kystes de *Globodera*

Les résultats de l'analyse nématologique des différents échantillons prélevés dans 7 communes de wilaya de Chlef, Blida et Ain Defla sont présentés dans le tableau 9 et illustrés

par les figures 30, 31 et 32. Les résultats de dénombre des œufs et des larves contenus dans les kystes sont représentés en annexe 2.

Tableau 9. Résultats de l'analyse nématologique des parcelles prospectées.

Wilaya	Com-mune	Par-celle	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 + larves/ L2/g de sol)	Nombre moyen d'œufs et de larves/ kyste ± écart type
Chlef	Ouled Faress	01	58	120	178	32,58	67,41	13,20	229,72±93,73
		02	0	29	29	0	100	0	0
		03	0	45	45	0	100	0	0
	Oued EL Fodda	01	49	118	167	29,34	70,66	12,34	251,95±82,64
		02	4	53	57	7,01	92,99	0,89	223,75±47,36
		03	0	23	23	0	100	0	0
		04	7	39	46	15,21	84,79	1,47	210,42±85,60
Blida	Meftah	01	06	56	62	9,68	90,32	1,14	190,83±71,98
		02	54	155	209	25,84	74,16	20,01	370,62±147,75
		03	03	35	38	7,90	92,10	0,55	185±91,39
		04	13	110	123	10,57	89,43	2,60	200,15±84,85
	El Affroun	01	0	22	22	0	100	0	0
		02	0	15	15	0	100	0	0
		03	19	75	94	20,21	79,79	3,80	200,31±84,56
		04	0	32	32	0	100	0	0
	Larabaa	01	0	55	55	0	100	0	0
		02	0	41	41	0	100	0	0
		03	10	81	91	10,99	89,01	2,54	254,30±87,75
Ain Defla	El Amra	01	0	12	12	0	100	0	0
		02	20	71	91	21,97	78,02	4,99	249,50±100,72
		03	0	5	5	0	100	0	0
	Rouina	01	9	48	57	15,78	84,22	1,67	185,22±84,72
		02	6	89	95	6,31	93,69	1,23	206±62,40
		03	0	10	10	0	100	0	0

Les résultats d'analyse nématologique présentés dans le tableau 9 montrent une variation de l'infestation d'une région à une autre voire d'une parcelle à une autre :

Nombre de kystes

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 deux parcelles ; P1 de la commune d'Ouled Fares (58 kystes par 1 kg de sol) et P1 d'Oued El Fodda (49 kystes par 1 kg de sol) et les plus faibles sont enregistrés au niveau des parcelles P2 et P4 d'Oued El Fodda avec 4 et 7 kystes par 1 kg de sol respectivement. Par contre, dans les parcelles P2, P3 d'Ouled Fares et la parcelle P3 d'Oued El Fodda, aucun kyste plein n'est collecté. Pour les kystes vides, ils sont enregistrés dans toutes les parcelles échantillonnées. En effet, le niveau le plus élevé est noté dans la parcelle P1 d'Ouled Fares (120 kystes par 1 kg de sol), et le plus faible est observé dans la parcelle P3 d'Oued El Fodda (23 kystes par 1 kg de sol).

Dans la wilaya de Blida, les prélèvements de sol ont été effectués dans 11 parcelles dans trois communes (Meftah, El Affroun et Larabaa). Les résultats de l'analyse nématologique des échantillons du sol ont montré la présence des kystes pleins dans les quatre parcelles de la commune Meftah (P1, P2, P3 et P4), P3 de la commune El Affroun et P3 de la commune de Larabaa. La densité la plus élevée des kystes pleins est notée dans la parcelle P2 de Meftah (54 kystes par 1 kg de sol), et la plus faible est signalée dans la parcelle P3 de même commune (3 kystes par 1 kg de sol). Concernant les kystes vides de ces parasites, ils sont collectés dans les trois communes, mais avec un nombre variable d'une parcelle à l'autre. Le plus élevé est observé à P2 de Meftah (155 kystes par 1 kg de sol) et le plus faible enregistré à la parcelle P2 de commune d'El Affroun (15 kystes par 1 kg de sol).

Dans la wilaya d'Ain Defla, les kystes pleins de nématodes sont détectés dans 3 parcelles parmi les 6 parcelles prospectées. Le nombre le plus élevé est noté dans la parcelle P2 de la commune d'El Amra (20 kystes par 1 kg de sol), et le plus faible est observé dans la parcelle P2 de Rouina (6 kystes par 1 kg de sol). Relativement aux kystes vides, ils sont collectés dans toutes les parcelles prospectées avec une densité variée de 5 à 89 kystes par 1 kg de sol.

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

Dans la wilaya de Chlef, le degré d'infestation a dépassé le seuil de nuisibilité (fixé à 10 larves L₂/g de sol) dans deux parcelles ; P1 d'Ouled Fares (13,20 œufs + L₂/ g de sol) et P1 d'Oued El Fodda (12,34 œufs + L₂/ g de sol). Dans d'autres parcelles, ce seuil n'est pas atteint (0,89 et 1,47 œufs+ L₂/ g de sol).

Dans la wilaya de Blida, le degré d'infestation a dépassé le seuil de nuisibilité dans la parcelle P2 de Meftah (20,01 œufs+L₂/ g de sol), c'est le degré d'infestation le plus élevé. Les autres parcelles ne sont pas atteintes le seuil de nuisibilité, le plus faible degré d'infestation est enregistré dans la parcelle P3 de Meftah (0,55 œufs+L₂/ g de sol).

Concernant la wilaya d'Ain Defla, le degré d'infestation ne dépasse pas le seuil de nuisibilité dans les trois parcelles infestées (P2 d'El Amra, P1 et P2 de Rouina), il est moyennement faible varie entre 1,23 et 4,99 œufs+L₂/ g de sol.

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 provenant de la parcelle P2 de Meftah (wilaya de Blida) avec 370,62±147,75 œufs et larves par kyste, alors que le faible nombre est noté chez les kystes récoltés dans la parcelle P3 de la même commune Meftah (185±91,39 œufs et larves par kyste).

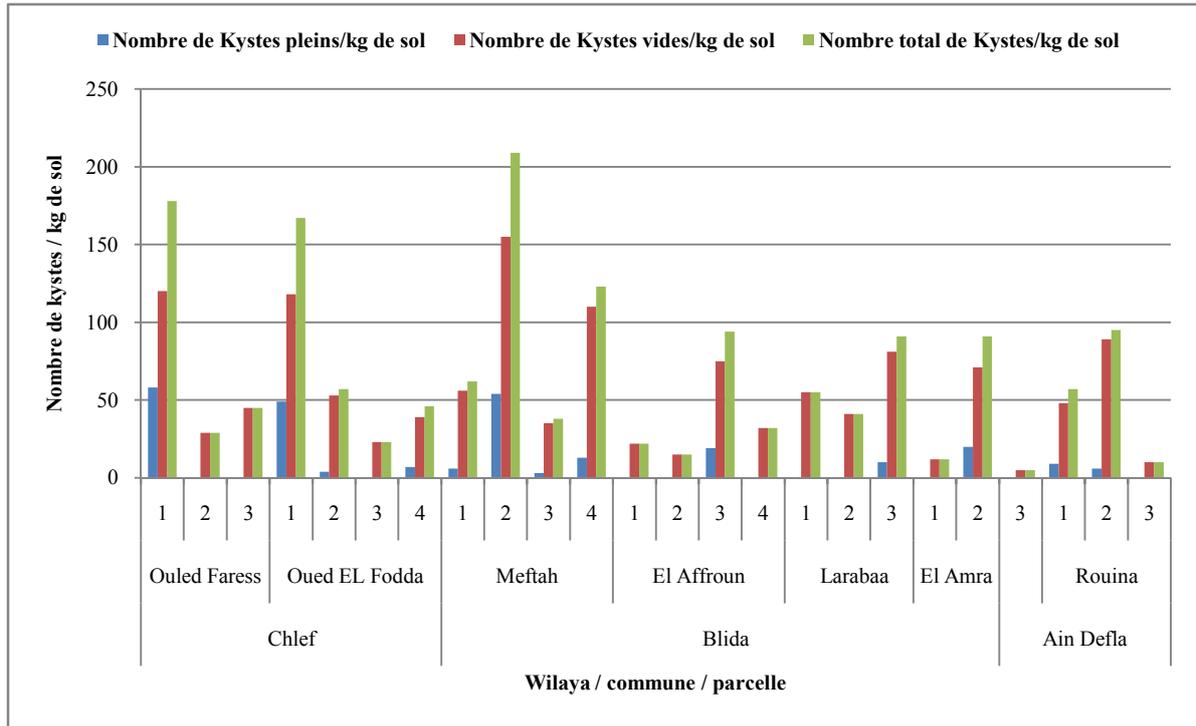


Figure 30. Importance de l'infestation évaluée en nombre de kystes en fonction des parcelles dans les wilayas d'Ain Defla, Chlef et Blida.

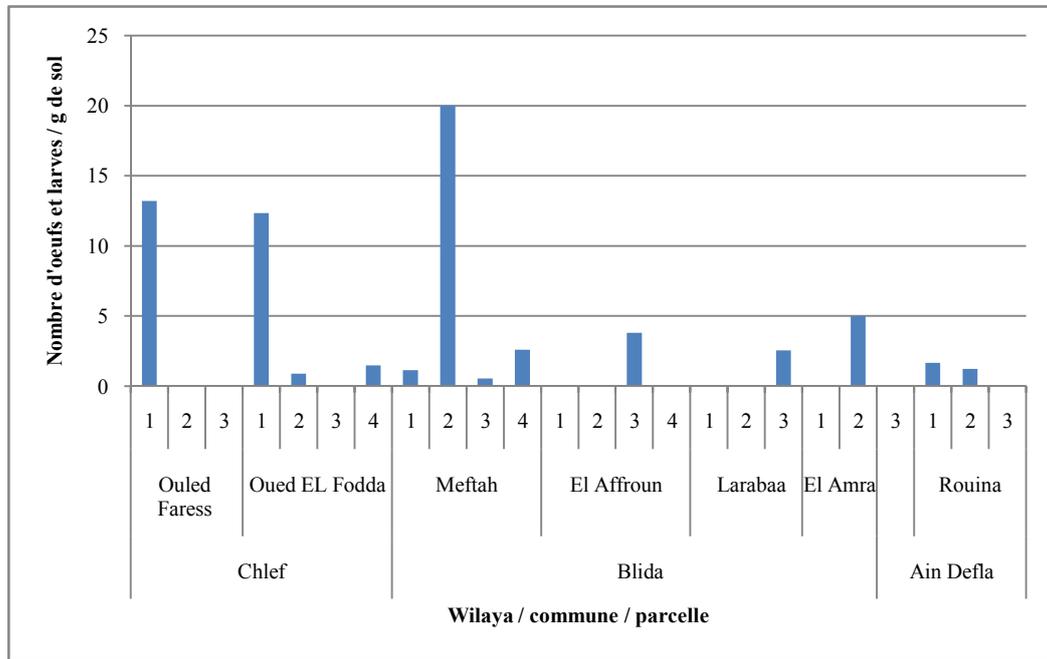


Figure 31. Degrés d'infestation dans les différentes parcelles des trois wilayas prospectées.

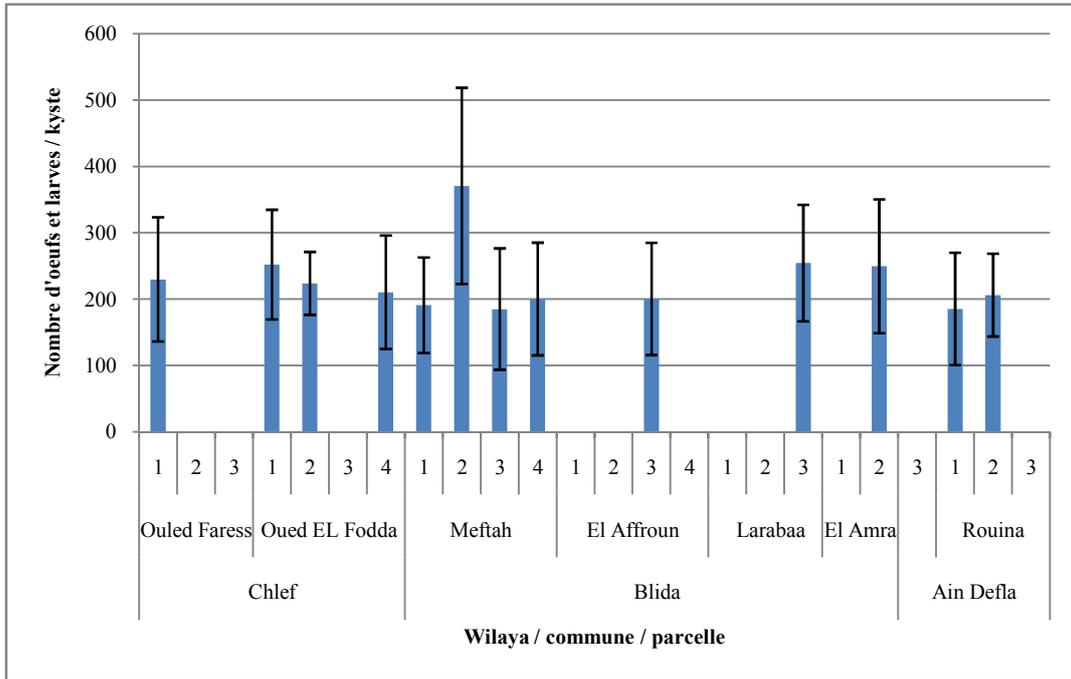


Figure 32. Nombre moyen d'œufs et larves L2 par kyste dans les parcelles infestées des trois wilayas.

II.1.4. Analyse statistique

Les résultats de l'analyse de la variance sont mentionnés dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 10. Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour l'effet des wilayas prospectées sur les variables liées aux nématodes *Globodera* sp.

Variable	SC Effet	DL Effet	MC Effet	SC Erreur	DL Erreur	MC Erreur	F	p
Kyste plein	422,082	2	211,041	6742,4	21	321,07	0,657311	0,5285
Kyste vide	2212,398	2	1106,199	33777,6	21	1608,46	0,687740	0,5136
Total des kystes	3908,192	2	1954,096	66635,8	21	3173,13	0,615826	0,5496
Degré d'infestation	23,050	2	11,525	581,4	21	27,69	0,416286	0,6648
Nombre d'œufs et de larves/kyste	2216,769	2	1108,385	335702,7	21	15985,84	0,069335	0,9332

L'analyse de la variance montre une différence non significative entre les valeurs moyennes des variables liées aux nématodes *Globodera* en fonction des wilayas prospectées ($p > 0,05$).

Tableau 11. Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% pour l'effet des communes prospectées sur les variables liées aux nématodes *Globodera* sp.

Variable	SC Effet	DL Effet	MC Effet	SC Erreur	DL Erreur	MC Erreur	F	p
Kyste plein	1023,75	6	170,63	6140,8	17	361,22	0,472357	0,8194
Kyste vide	8507,88	6	1417,98	27482,1	17	1616,59	0,877140	0,5319
Total des kystes	13953,79	6	2325,63	56590,2	17	3328,83	0,698633	0,6544
Degré d'infestation	92,72	6	15,45	511,7	17	30,10	0,513343	0,7901
Nombre d'œufs et de larves/kyste	98131,64	6	16355,27	239787,9	17	14105,17	1,159523	0,3722

Une différence non significative est obtenue aussi entre les valeurs moyennes des variables liées aux nématodes à kyste de la pomme en fonction des communes étudiées ($p > 0,05$).

II.2. Discussion

Nous avons étudié l'état d'infestation de 24 parcelles cultivées en pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera* inféodés à cette culture. Ces parcelles sont situées dans 3 wilayas productrices de la pomme de terre en Algérie ; Ain Defla (communes d'El Amra et Rouina), Chlef (communes d'Ouled Fares et Oued El Fodda) et Blida (communes de Meftah, Larabaa et El Affroun).

L'analyse nématologique a montré la présence de ces nématodes de quarantaine dans les trois wilayas prospectées (Ain Defla, Chlef et Blida). Ces bioagresseurs sont signalés sous formes de kystes pleins dans 13 parcelles des 24 étudiées soit une fréquence de 54,17 %. 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 Chlef qu'à Blida et Ain Defla. Les nématodes sont présents dans 57,14 % des parcelles

prospectées à Chlef alors qu'à Blida 54,54 % et à Ain Defla 50 %. Cette différence peut être expliquée par la variation des facteurs influençant le développement et la pullulation de ces nématodes phytophages dans les trois wilayas.

La fréquence la plus élevée (57,14 %) a été enregistrée dans la wilaya de Chlef puisque ces bioagresseurs sont signalés dans quatre parcelles des sept 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 qui est menu en monoculture ou bien avec une courte période de rotation. Tiilikkala (1991) a trouvé que dans les monocultures la densité de populations de nématodes peut passer de 0,1 à 256 larves/g de sol en 3 ans. S'ajoute à cela la sensibilité des variétés utilisées ; Désirée et Spunta qui ont été démontrées par plusieurs auteurs (Belhadj Ben Yahia, 2007 ; Hlaoua *et al.*, 2010 ; Hajihassani *et al.*, 2013 ; Djebroune, 2013). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par d'autres auteurs dans la même wilaya. Gutrane et Hamadi (2018) ont indiqué que les 12 parcelles étudiées sont infestées par *Globodera* sp., alors que Kouchi et Boutouchent (2019) ont signalé que les 8 parcelles échantillonnées sont indemnes de nématodes à kystes de la pomme de terre.

Une faible fréquence d'infestation (par rapport à celle enregistrée dans la wilaya de Chlef) a été notée dans la wilaya de Blida (54,54%), puisque ces nématodes ont été détectés seulement dans 6 parcelles de 11 parcelles échantillonnées. Ceci est probablement dû à la rotation des cultures avec des plantes non hôtes dans la majorité des parcelles prospectées. Ces résultats ne confirment pas ceux des autres chercheurs obtenus dans la même wilaya. Trachi et Souna (2015) ont révélé que ces parasites sont présents dans 8,33% des parcelles étudiées (12 parcelles) soit une seule parcelle infestée. Hadroug et Sadouki (2018) ont enregistré une fréquence d'infestation de 66,66% soit quatre parcelles infestées des six étudiées. Kouchi et Boutouchent (2019) ont révélé que les *Globodera* sont présents dans toutes les parcelles prospectées (6 parcelles).

La faible fréquence d'infestation a été notée dans la wilaya d'Ain Defla qui est de l'ordre de 50%, soit 3 parcelles infestées des 6 étudiées. Ceci pourrait s'expliquer par la rotation culturale avec des plantes non hôtes dans les parcelles étudiées. Ce taux est largement 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 auteures 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.

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).

Certaines parcelles sont fortement infestées, les degrés d'infestation dépassant le seuil de nuisibilité qui est fixé à 10 L2/ g de sol (Mugniéry, 1975). Les degrés d'infestation les plus élevés sont observés dans les parcelles P2 de la commune Meftah (20,01 œufs+ L2/ g de sol), P1 de la commune d'Ouled Fares (13,20 œufs+L2/ h de sol) et P1 de la commune d'Oued El Fodda (12,34 œufs+L2/ g de sol), pourraient être liés à plusieurs facteurs : l'irrigation par aspersion qui favorise la dissémination de ces nématodes (Hlaoua *et al.*, 2010), le type de la rotation (même si la pomme de terre se cultivé en rotation avec d'autres cultures non hôtes telles que céréales (blé dur) et pastèque, la durée de la rotation n'est pas suffisante pour diminuer les densités des populations) et la sensibilité de la variété de la pomme de terre cultivée (Spunta) (Greco *et al.*, 2007).

Un faible niveau d'infestation a été enregistré dans les parcelles : P1, P3 d'Oued El Fodda (0,89 et 1,47 œufs+ L2/g se sol respectivement), P1, P3 et P4 de Meftah (1,14, 0,55 et 2,60 œufs+L2/g de sol respectivement), et P1 et P2 de Rouina (1,67, 1,23 œufs+L2/ g de sol respectivement), P3 d'El Affroun (3,80 œufs+ L2/ g de sol), P3 de Larabaa (2,54 œufs+ L2/ g

de sol) et P2 d'El Amra (4,99 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.

Les autres parcelles des wilayas prospectées : Chlef (P2, P3 d'Ouled Fares et P1 d'Oued El Fodda), Blida (P1, P2 et P4 d'El Affroun et P1, P2 de Larabaa) et Ain Defla (P1, P3 d'El Amra et P3 de Rouina) sont considérées indemnes par ce qu'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 parasites.

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 générale

Les nématodes à kyste du genre *Globodera* sont des ravageurs dommageables à la pomme de terre. Ces organismes sont caractérisés par une très forte spécificité vis-à-vis de cette culture par un taux de multiplication relativement important et des capacités de survie dans le sol exceptionnelles, n'accomplissent qu'un ou deux cycles par an, provoquent sur cette culture des dégâts 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 24 parcelles situées dans 3 wilayas (Ain Defla, Chlef et Blida) par les nématodes à kystes *Globodera* inféodés à la culture de la pomme de terre. 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 trois wilayas par ce qu'ils sont détectés dans les différents sites d'échantillonnages des trois 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 13 des 24 parcelles échantillonnées (soit une fréquence de 54,17 %), des kystes pleins de ces nématodes sont détectés. La fréquence de l'infestation est variable d'une wilaya à une autre et elle est plus importante à Chlef (57,14 %) comparativement aux wilayas de Blida et Ain Defla (54,54 % et 50 % respectivement).

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 P2 de Meftah avec (20,01 œufs+larves par g du sol).

Dans ces wilayas, le seuil de nuisibilité a été atteint voire et dépassé dans 3 des 24 parcelles prospectées, elles sont situées dans les communes : Meftah de Blida, Ouled Faress et Oued El Fodda de Chlef.

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 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 :

1. 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.
2. Identifier les espèces qui sont présentes dans les différentes régions afin de choisir les méthodes de lutttes appropriées.
3. Création des services spécialisés afin d'intervenir par des méthodes de lutte appropriées.
4. Etudier la virulence des différentes populations des deux espèces de *Globodera* et de développer la biologie de ces nématodes.
5. De faire des tests de sensibilité des variétés de pomme de terre aux attaques de ces nématodes pour une meilleure connaissance des variétés résistantes.
6. Utilisation des méthodes de lutte, alternatives aux nématicides chimiques qui seraient plus respectueuse pour l'environnement et à la santé humaine.
7. 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

2. **Alfrod, 1994.** *Ravageurs des végétaux d'ornement*. Edition INRA Paris, pp : 421-424.
3. **Allili A., 1985.** *Résultat préliminaire d'une enquête nématologique sur culture maraîchère dans la région de RUIBA*. Thèse Ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 38 p.
1. **Amiroch L., 2009.** Le développement de la culture de pomme de terre en Algérie : rappels historiques et état des lieux. *Revue FILAHA INNOVE*, n°03, 7p.
4. **Artschager E. F., 1918.** *Anatomy of the potato plant with special reference to the ontogeny of the vascular system*. J. agric. Rec., 14, 221-252.
5. **Arvalis., 2008.** Gestion de l'eau et irrigation de la pomme de terre, Institut du végétal, ARVALIST-infos.fr 48p.
6. **Bamouh H., 1999.** Technique de production de la pomme de terre, Bulletin Mensuel d'information et de liaison du PNTA, N°58, Pp 1-15.
7. **Bartels R., 1971.** Potato virus A. CMI/AAB, *Descr. Of plant viruses*, n°54.
8. **Bedin P., 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 ITFC, Paris, 607 p.
9. **Belair G., 2005.** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes... par la racine. *Phytoprotection*, 86: 65-69.
10. **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.
11. **Bellvert J., Crombie K., and Horgan F.G., 2008.** Comparative efficiency of the Fenwick can and Sculling centrifuge in extracting nematode cysts from different soil types. *Journal of Nematology*, n°40, 30-34.

12. **Benadjila S., 2014.** La pomme de terre : Pilier de la Sécurité Alimentaire, Ingénieur agronome, militant de la LADDH Laghouat, 2014 impact24.info.
13. **Bentley A.R., Ferrar R.J. et Nicol J.M., 2010.** Soil born pathogens of wheat: their biology, economic importance and integrated control., 181p.
14. **Bernhards U., 1998.***La pomme de terre solanum tuberosum L. Monographie.* Institut National Agronomique Paris. Grignon, Paris.
15. **Blanchard A., 2007.***Identification, polymorphisme et évolution moléculaire de gènes du pouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la PDT Globodera pallida,* thèse doctorat. Université de Rennes. 264 p.
16. **Bouchet P.H., Guignard J.L. et Vallard J., 1999.** Les champignons mycologie fondamentale et appliquée. Ed. Masson S.A.- 120, bd saint- Germain, 75280 Paris cedex 06. 113p.
17. **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.
18. **Bovey R., Baagiolon I., Boley A., Bovey E., Corbaz R., Mattiyo G., Neylan A. Mubah A., Felet F., Savarye A. et Triolli G., 1979.***Défense des plantes Cultivés (Traité pratique) de phytopathologie et de zoologie agricole.* Edition PAYOT LAUSANNE, PP: 627-661.
19. **Broutin F. X., 2015.** *La pomme de terre dans le monde, bilan de campagne 2014/2015 et situation pour 2015/2016.* Union Nationale des producteurs de pommes de terre 43-45 Rue de Naples F-75008 Paris, 16 Décembre 2015, 46p.
20. **Chauvin L., Caromel B., Kerlan M. C., Rulliat E., Fournet S., chauvin J. E., Grenier E., Ellissèche D. et Mugniéry D., 2008.** *La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre Globodera rostochiensis et Globodera pallida.* Cahiers Agriculture, 17: 368-374.
21. **Cronquist A., 1988.** *The evolution and classification of flowering plants.* Ed. New York Botanical Garden Pr Dept, (2nd edition), New York, 555 p.

- 22. Dahou A., 1998.** *Biologie de quelques populations de nématodes à kystes des céréales ou genre Heterodera. Essai de compétition entre deux espèces Heterodera avanae et Heterodera latipons sur blé dur bidi 17.* Mém. Ing. Nati. ; El-Harrach. P 170.
- 23. Darpoux R et Dubelley M., 1967.** *Les plantes sarclées.* Ed. J.B. Baillière et fils France. Collection d'Enseignement Agricole. 307 p.
- 24. 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.
- 25. 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.
- 26. 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.
- 27. Duvauchelle S., 2013.** Nématodes des pommes de terre, tour d'horizon à ras du sol face à l'émergence de nouveau cas et à l'évolution de la législation, un point sur la biologie de ces ravageurs est nécessaire. *Phytoma*, N° 660 Janvier 2013.
- 28. D.S.A. d'Ain Defla., 2020.** Direction des Services Agricoles de la wilaya d'Ain Defla. Document interne, non publié.
- 29. D.S.A. de Blida., 2020.** Direction des Services Agricoles de la wilaya de Blida. Document interne, non publié.
- 30. D.S.A. de Chlef., 2020.** Direction des Services Agricoles de la wilaya de Chlef. Document interne, non publié.
- 31. D.S.A. de Tipaza., 2020.** Direction des Services Agricoles de la wilaya de Tipaza. Document interne, non publié.
- 32. Ellisseche D., 1996.** La plante ; aspects physiologiques de la croissance et du développement. Pp. 71-124 in Rousselle P., Robert Y. et Grosnier J.C. (eds). *La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation.* Ed. INRA et ITCF, Paris, 607 p.

- 33. Evans K. et Stone A.R. 1977.**A review of the distribution and biology of the potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Trop. Pest Manage.* 23,178-189.
- 34. FAOSTAT, 2020.** URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize/>. 85. (accédé: 02 Septembre 2020).
- 35. Fenwick D.W., 1940.** Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*.18, 155-172.
- 36. Fortin G., 2013.** Une technologie de génotypage par séquençage (gbs) au service de la sélection de pomme de terre résistantes au nématode doré (*Globodera rostochiensis*) ; mémoire, Gabrielle Fortin, (M. SC) Québec, Canada.
- 38. Grasse J. P., 1965.***Traité de zoologie (anatomie systématique biologie)*, librairie de 120. Boulevard académies. Saint Germain de médecine Vol IV, Paris pp 3-86.
- 39. Grenier E., Foumet S., Petit E. et Anthoine G., 2010.**A cyst nematode 'species factory' called the Andes. *Nematology*, 12, 163-169.
- 40. Grenier E. et Mimee B., 2017.** Les nématodes à kystes de la pomme de terre dans le monde: Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur leur répartition et leur évolution. *Bulletin de l'Alliance Globodera*, Septembre 2017, Édition 4, 6 p.
- 41. Grison C., 1983.***La pomme de terre caractéristiques et qualité alimentaire*. Ed. CSTA, Rue de général Fay, 75008. Paris, 88 p.
- 42. Guany A. et Mimaud J., 1971.** Les méthodes physiques de lutte. Pp 595-606 in *les nématodes des cultures*. Journées d'étude et d'information ACTA-APNGPC, Paris, 3.4.5 Novembre 1971. 828p.
- 37. Gutrane A. et Hamadi C., 2018.***Etat d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes de la pomme de terre dans trois wilayas de l'ouest algérien*. Mémoire de Master en Agronomie, Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, 51 p.
- 45. Hadroug N. et Sadouki Z., 2018.** *Etat d'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par les nématodes à kystes Globodera dans quelques régions à vocation pomme de terre*. Mémoire de Master en Agronomie, Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, 49 p

- 43. Hajihassani A., Ebrahimian E. et Hajihassani M., 2013.** Estimation of yield damage in potato caused by Iranian population of *Globodera rostochiensis* with and without aldicarb under greenhouse conditions. *Int. J. Agric. Biol.*, 15: 352-356.
- 44. Hlaoua W., Kallel S. et Horrigue-Raouani N., 2010.** Effets des composantes de l'environnement et des pratiques culturales sur les communautés des nématodes associées à la culture de pomme de terre en Tunisie. *Nematol. medit.*, 38: 13-26.
- 46. Harrison B. D., 1984.** Potato leafroll virus. CMI/AAB, *Dextr. Of plant viruses*, n°291.
- 47. 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.
- 48. INPV, 2009.** Nématodes à kystes de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Ed. I.N.P.V, Alger, 4 p.
- 49. 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.
- 50. 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.
- 63. 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.
- 64. Kouchi E. et Boutouchent A., 2019.** *Distribution des nématodes à kyste de la pomme de terre dans quelques régions productrices de pomme de terre en Algérie (Ain Defla, Chlef, Mascara et Blida)*. Mémoire de Master en Agronomie, Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, 51 p.
- 65. Kort J., 1974.** Identification of the potato cyst nematode. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin N°04, 511p.

- 51. Line R. et Rousselle-Bourgeois F., 1996.** 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.
- 52. Mackenzie D. R., 1981.** Association of potato early blight, nitrogen fertilizer rate, and potato yield. *Plant Dis.*, 65, 575-577.
- 53. Madec P. et Perennec P., 1962.** *Les relations entre l'induction de la tubérisation et la mensuel d'information et de liaison du PNTTA*, N° 58, PPI-15.
- 54. Maggenti A.R., 1981.** *Le générale nematologie*, Springer Verlag, New York, 621p.
- 55. 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.
- 56. Meziane D., 1991.** *Histoire de la pomme de terre*. Detitique, n°25, 29 p.
- 57. Mokhtari A., 2007.** *Contribution à l'étude de l'impact d'une rotation sur l'évolution des densités de deux nématodes Heterodera et Globodera (Nématode-Heteroderidae) à Mekhatria (Ain Defla)*. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 84p.
- 58. Moule C., 1972.** *Plantes sarclées et déverses*. J-B. Ballière et Fils, Editeur, Paris. 246 p.
- 59. Mugniery D. et Fayet G., 1984.** Détermination du sexe de *Globodera rostochiensis* et influence d'infestation sur la pénétration, le développement et le sexe de ce nématodes. *Revue. Nematol*, Pp 233-238.
- 60. Mugniery D., 1975.** Importance des dégâts provoqués par les nématodes à kystes de la pomme de terre : *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* (woll). *Ext. Pro. Agro. France* : 636-644.
- 61. Mugniery D. et Person F., 1976.** Méthode d'élevage de quelques espèces de nématodes à kyste du genre *Heterodera*. *Sciences agronomiques Rennes*: 217-220
- 62. 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.

66. Reddy P.P., 1983. Plant nematology. APA. Paris, 287p.
67. Rousselle P., Rousselle B. et Ellisseche D., 1992. *La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées*. Gallais A, Bammerot H., 1992- SAF, 2006.
68. Rousselle P., Robert Y., Crosnier J C., 1996. *La pomme de terre production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation*. Ed. INRA et ITCF, Paris, 607.
69. Rousselle P., Robert Y., Crosnier J C., 1996. *La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et Maladies. Utilisation* édition R Doun, 278 p.
70. Rowe R. C., 1984. Potato early dying- A serious threat to the potato industry. *Am. Potato J.*, 61, 536-537.
71. Schneider J. et Mugneiry M., 1971. Les nématodes parasites de la pomme de terre. Pp. 327-348 in *les nématodes des cultures*. Journées d'Etude et d'information ACTA-APNGPC, Paris, 3.4.5. Novembre 1971. 828p.
74. Somerhausen E., 2006. Nématodes de la pomme de Terre : évaluation dangereuses d'une maladie de quarantaine, P4.
75. Soltner D., 1979. *Les grandes productions végétales*. Ed. CSTA, Paris, 10 éditions. 348p.
76. Soltner D., 2005. *Les grandes productions végétales, phytotechnie spéciale-céréales-plantes sarclées-prairies*. Collection Sciences et Techniques Agricole. Ed. 20 éme 472 p.
72. Stone A.R., 1972. *Heterodera pallida* n. sp. (Nematode: Heteroderidae) a second species pests of potatoes cyst nematode: *Nematologica*, 20: 591-606.
73. Stuart J., Wale H., William P., Nigel D. et Cattlin., 2008. *Diseases, pests and disorders*
77. Taupin P., 2012. *Les nématodes en production de terre*. Ed. ARVALIS. 6p.
78. Tiilikkala K., 1991. Effect of crop rotation on *Globodera rostochiensis* and on potato yield. *Ello Bulletin*, 21: 41-47.
79. Tirchi N., 2015. *Etude de la bioécologie des nématodes à kystes du genre Globodera inféodés à la culture de pomme de terre dans la plein du Haut-Chéiff*. Thèse de Doctorat en Agronomie, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, El Harrach, Alger, 192 p.

- 80. 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.
- 82. 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 Defla et de Blida*. Mémoire de Master en Agronomie, Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana, 73 p.
- 81. Turner S.J., 1998.** Soil extraction and laboratory facilities for the detection of potato cyst nematodes, *Potato cyst nematodes: Biology, distribution and control*. UK: CABI Publishing. Pp. 75-90.
- 83. Yu Q., Ye W., Sun F. et Miller S. 2010.** Characterization of *Globodera rostochiensis* (Tylenchida: Heteroderidae) associated with potato in Quebec, Canada. *Can. J. Plant Pathol.* 32,264-271.

Annexe

Annexe 1. Les principaux pays producteurs de pommes de terre en 2018 (FAOSTAT, 2020).

Rang	Pays	Production mondiale en tonnes
1	Chine	90321442
2	Inde	48529000
3	Ukraine	22503970
4	Russie	22394960
5	États-Unis	20607342
6	Bangladesh	9744412
7	Allemagne	8920800
8	France	7870973
9	Pologne	7478184
10	Pays bas	6029734
11	Belarus	5865123
12	Canada	5790838
13	Iran	5321188
14	Bretagne	5028000
15	Pérou	5121110
16	Turquie	4550000
17	Egypte	4896476
18	Algérie	4653322
19	Pakistan	4591776
20	Belgique	3045443

Annexe 2. 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
Chlef	Ouled Faress	Parcelle 01	58	01	312	7	319
				02	377	6	383
				03	123	1	124
				04	291	0	291
				05	200	5	205
				06	98	0	98
				07	187	0	187
				08	129	0	129
				09	271	2	273
				10	176	1	177
				11	315	6	321
				12	299	1	300
				13	236	8	244
				14	202	0	202
				15	104	1	105
				16	216	5	221
				17	203	3	206
				18	175	4	179
				19	309	6	315
				20	280	0	280
				21	213	5	218
				22	367	12	379
				23	304	7	311
				24	116	1	117
				25	108	0	108
				26	343	10	353
				27	211	0	211
				28	287	4	291

Annexe

				29	318	8	326	
				30	110	1	111	
				31	83	0	83	
				32	171	0	171	
				33	291	6	297	
				34	96	5	101	
				35	120	0	120	
				36	81	0	81	
				37	348	0	348	
				38	303	8	311	
				39	204	2	206	
				40	353	10	363	
				41	300	0	300	
				42	256	7	263	
				43	151	1	152	
				44	322	1	323	
				45	342	6	348	
				46	291	9	300	
				47	163	3	166	
				48	108	0	108	
				49	78	0	78	
				50	214	2	216	
				51	261	0	261	
				52	304	1	305	
				53	324	6	330	
				54	237	0	237	
				55	89	0	89	
				56	99	5	104	
				57	321	4	325	
				58	345	9	354	
	Oued	EL	Parcelle 01	49	01	389	13	402
					02	203	0	203

Annexe

	Fodda			03	290	7	297
				04	196	3	199
				05	229	9	238
				06	301	10	311
				07	199	7	206
				08	145	1	146
				09	155	0	155
				10	207	7	214
				11	395	5	400
				12	197	0	197
				13	200	1	201
				14	312	6	318
				15	371	4	375
				16	291	0	291
				17	299	0	299
				18	306	11	317
				19	337	6	343
				20	300	9	309
				21	353	7	360
				22	396	1	397
				23	122	9	131
				24	206	5	211
				25	290	1	291
				26	211	5	216
				27	309	0	309
				28	219	14	233
				29	132	7	139
				30	302	4	306
				31	297	1	298
				32	313	0	313
				33	300	4	304
				34	219	8	227

Annexe

				35	307	3	310
				36	120	0	120
				37	306	2	308
				38	217	10	227
				39	313	12	325
				40	209	5	214
				41	133	1	134
				42	218	2	220
				43	299	6	305
				44	301	12	313
				45	90	0	90
				46	186	0	186
				47	172	6	178
				48	178	1	179
				49	81	0	81
		Parcelle 02	4	01	201	8	209
				02	175	5	180
				03	213	2	215
				04	291	0	291
		Parcelle 04	7	01	187	9	196
				02	304	9	313
				03	204	7	221
				04	107	4	111
				05	328	0	328
				06	114	2	116
				07	188	0	188
Blida	Mefteh	Parcelle 01	06	01	118	7	125
				02	100	20	120
				03	253	15	268
				04	129	25	154
				05	272	15	287

Annexe

			06	174	17	191	
		Parcelle 02	54	01	350	2	352
				02	673	6	679
				03	540	1	541
				04	511	14	525
				05	394	22	416
				06	638	7	645
				07	496	7	503
				08	238	20	258
				09	152	3	155
				10	422	10	433
				11	282	28	310
				12	371	32	403
				13	507	41	548
				14	342	12	354
				15	510	40	550
				16	258	4	262
				17	308	15	323
				18	399	19	418
				19	258	13	271
				20	190	15	205
				21	255	11	266
				22	493	26	519
				23	441	24	465
				24	264	19	283
				25	520	18	538

Annexe

				26	365	79	444
				27	395	27	422
				28	238	11	249
				29	544	34	578
				30	439	11	450
				31	446	12	458
				32	305	16	321
				33	235	3	238
				34	299	21	320
				35	389	20	409
				36	625	22	647
				37	460	29	489
				38	392	25	417
				39	249	27	276
				40	300	5	305
				41	147	18	165
				42	302	62	364
				43	183	20	203
				44	198	49	247
				45	611	6	617
				46	162	2	164
				47	224	5	229
				48	151	8	159
				49	139	13	152
				50	150	16	166
				51	202	25	227

Annexe

				52	123	12	135
				53	379	63	442
				54	477	22	499
		Parcelle 03	03	01	107	1	108
				02	284	2	286
				03	156	5	161
		Parcelle 04	13	01	281	28	309
				02	346	9	355
				03	212	7	219
				04	164	7	171
				05	121	8	129
				06	145	26	171
				07	176	11	187
				08	148	13	161
				09	244	49	293
				10	80	5	85
				11	135	8	143
				12	260	20	280
				13	92	7	99
	El Affroun	Parcelle 03	19	01	350	10	360
				02	115	3	118
				03	189	0	189
				04	209	8	217
				05	97	0	97
				06	104	1	105
				07	302	4	306

Annexe

				08	187	6	193
				09	200	0	200
				10	186	6	192
				11	143	9	152
				12	219	3	222
				13	216	8	224
				14	305	11	316
				15	261	6	267
				16	103	0	103
				17	89	0	89
				18	120	5	127
				19	317	12	329
	Larabaa	Parcelle 03	10	01	297	4	301
				02	110	0	110
				03	304	7	311
				04	96	0	96
				05	319	14	333
				06	290	7	297
				07	274	9	283
				08	195	1	196
				09	302	3	305
				10	300	11	311
Ain Defla	El Amra	Parcelle 02	20	01	96	0	96
				02	348	8	356
				03	390	2	392
				04	299	2	301

Annexe

			05	314	6	320	
			06	301	0	301	
			07	326	7	333	
			08	214	0	214	
			09	158	1	159	
			10	209	2	211	
			11	389	5	394	
			12	305	0	305	
			13	128	0	128	
			14	219	4	223	
			15	90	4	94	
			16	137	1	138	
			17	297	3	300	
			18	318	1	319	
			19	99	0	99	
			20	302	5	307	
	Rouina	Parcelle 01	09	01	202	0	202
				02	311	5	316
				03	165	0	165
				04	207	4	211
				05	112	0	112
				06	301	6	307
				07	176	1	177
				08	87	0	87
				09	90	0	90
		Parcelle 02	06	01	240	4	244

Annexe

				02	183	0	183
				03	276	7	183
				04	122	1	123
				05	193	4	197
				06	304	2	306

Résumé

Résumé

Distribution et importance des nématodes à kystes de la pomme de terre du genre *Globodera* dans quelques régions d'Algérie

Ce travail consiste à étudier l'état d'infestation des quelques parcelles de pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera* dans trois régions productrices de ce produit en Algérie (Chlef, Blida et Ain Defla) et l'influence des conditions de culture sur le développement de ces ravageurs.

L'étude a montré que ces parasites sont présents dans les trois wilayas prospectées mais avec une fréquence d'infestation variable, elle est de 57,14 %, 54,54 % et 50 % respectivement à Chlef, à Blida et à Ain Defla. Le degré d'infestation par ces bioagresseurs varie d'une parcelle à une autre et dépasse le seuil de nuisibilité dans une parcelle à Blida (commune de Meftah) et dans deux parcelles à Chlef (commune d'Ouled Faress et Oued El Fodda). On a noté aussi, des faibles degrés d'infestation dans certaines parcelles et autres parcelles sont indemnes.

Le développement de ces parasites est lié à plusieurs facteurs : le mode d'irrigation, le type et la durée de la rotation et la variété de la pomme de terre cultivée.

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

Abstract

Distribution and importance of potato cyst nematodes of the genus *Globodera* in some regions of Algeria.

This work consists of studying the state of infestation of a few potato fields by cyst nematodes of the genus *Globodera* in three regions producing this product in Algeria (Chlef, Blida and Ain Defla) and the influence of the conditions of culture on the development of these pests.

The study showed that these parasites are present in the three regions surveyed but with a variable infestation frequency, it is 57.14 %, 54.54 % and 50 % respectively in Chlef, Blida and AinDefla. The degree of infestation by these pests varies from one plot to another and exceeds the threshold of harmfulness in one field in Blida (locality of Meftah) and in two

fields in Chlef (locality of Ouled Faress and Oued El Fodda). It was also noted, low levels of infestation in some fields and other fields are free.

The development of these parasites is linked to several factors: the method of irrigation, the type and duration of the rotation and the variety of the cultivated potato.

Key words: potato, *Globodera*, Chlef, Blida, Ain Defla, degree of infestation.

ملخص

توزيع وأهمية نيماتودا كيس البطاطا من جنس *Globodera* في بعض مناطق الجزائر.

يتكون هذا العمل من دراسة حالة إصابة عدد من أراضي البطاطا بواسطة نيماتودا كيسية من جنس *Globodera* في ثلاث مناطق منتجة لهذا المنتج في الجزائر (الشلف، البليدة و عين الدفلى) و تأثير ظروف الزراعة على تطوير هذه الآفات. أوضحت الدراسة أن هذه الطفيلية موجودة في الولايات الثلاثة التي شملها المسح ولكن بنسب متفاوتة فهي 57.14%، 54.54% و 50% على التوالي في شلف، البليدة و عين الدفلى. تختلف درجة الإصابة بهذه الآفات من قطعة إلى أخرى و تتجاوز عتبة الضرر في قطعة ارض واحدة في البليدة (بلدية مفتاح) و في قطعتين في شلف (بلدية أولاد فارس و وادي الفضة). كما لوحظ أن مستويات الإصابة منخفضة في بعض قطع الأرض والبعض الآخر خالية تماما من الإصابة.

يرتبط تطور هذه الآفات بعدة عوامل: طريقة الري، نوع ومدة الدوران ونوعية البطاطا المغروسة.

كلمات مفتاح: *Globodera* الشلف، البليدة، عين الدفلى، درجة الإصابة.