

الجمهورية الديمقراطية الشعبية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس -
Université de M'Hamed BOUGARA, Boumerdès
Faculté des Sciences
Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Agronomie

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytopathologie

Présenté par : Mr Tamene Khaled et Melle Haitama Sara

Thème :

*Contribution à l'étude de l'état d'infestation de
quelques parcelles de pomme de terre par les
nématodes du genre Globodera dans la région de
Tizi-Ouzou*

Soutenu le 08/07/2023 devant le jury composé de :

Mme BEHIDJ. N

PRF Présidente

Mme BELMADANI. K

MCB Examinatrice

Mr. KHEDDAM. H

MCA Promoteur

Mr. MIDOUNE. F

Dr Co-Promoteur

Année universitaire 2022/2023

REMERCIEMENT

*Nous tenons en premier lieu à remercier **ALLAH** qui nous a offert la volonté, la patience et la force durant ces longues années d'étude et pour achever ce modeste travail.*

On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Au terme de ce travail, je tiens d'abord à exprimer nos gratitude et nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Nous tenons à remercier sincèrement **Mr KHEDDAM H** et **Mr MIDOUNE F**, se sont montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la Réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, L'aide et le temps qu'ils ont bien voulu me consacrer.*

*Nos sincères remerciements sont adressés à **Mme BEHIDJ N** pour L'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider le jury, et **Mme BELMADANI K** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous remercions fortement aussi notre chère responsable de spécialité **Mr ADJLANE N**, pour son soutien tout au long de ces années.*

GRAND MERCI

KHALED ET SARA

DEDICACE

*Je dédie ce travail qui est le fruit de plusieurs années d'étude à : Mes chers parents que **ALLAH** les protège et prolonge leurs vies, je vous remercie pour*

Tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance.

Et à mes chères grand-mères.

A mon adorable grand frère qui est toujours été présents pour moi et sa femme.

A ma chère sœur pour son aide et ces conseils.

Les enfants de ma sœur bien-aimée.

Et à la binôme Sara et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Et tous ceux que j'ai omis de citer.

KHALED

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

*À la mémoire de mon père et ma sœur Zoulikha qui nous ont quittés récemment,
que **ALLAH** vous garde dans son vaste paradis.*

*À mon soutien morale et source de joie et de bonheur, ma chère MAMA dont je
suis très fière.*

À mes frères mes sœurs. À toute mes copines.

*À mon binôme Khaled et à tous mes amis (es) de l'UMBB surtout la promotion
de 2018, et la promotion de sciences agronomique, je vous aime tous.*

À toute personne qui m'aime À toute personne que j'aime

SARA

Remerciement	
Dédicace	
Listes des Figures	
Listes des Tableaux	
Listes des Abréviations	

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUES	3
I-SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUES.....	3
I-1-Aperçu sur la culture de la pomme de terreI-1-1-Historique.....	3
I-1-2-Taxonomie	4
I-1-3-Description botanique et morphologique.....	4
I-1-4-Valeur alimentaire et importance économique.....	7
I-1-5-Cycle de vie et mode de reproduction	8
I-1-6-Exigences culturales.....	10
I-1-7-Importance économiqueI-1-7-1-Dans le monde :.....	10
I-1-7-2-En Algérie :.....	10
I-1-8-Problèmes phytosanitaires	13
I-2-Aperçu sur l'agent pathogène	16
I-2-1-Généralités sur les nématodes à kystes.....	16
I-2-2-Principaux nématodes phytophages en Algérie	17
I-2-3-Globodera spp (Skarbilovich, 1959).....	17
I-2-4-Description.....	17
I-2-5-Symptomatologie	18
I-2-6-Importance économique de nématodes phytophage	18
I-2-7-Fonctionnement des populations de nématodes à kyste.....	19
I-2-8-Morphologie et cycle de développementMorphologie :	20
I-2-9-Cycle de vie :	20
I-2-10-Facteurs édaphiques influençant les nématodes.....	23
I-2-11-Relation pommes de terre -Nématode à kyste.....	23
I-2-12- Lutte sur les surfaces contaminées	24
I-2-12-1- Prophylaxie :.....	24
I-2-12-2- Lutte culturale	24
I-2-12-3-Lutte physique	25
I-2-12-4-Lutte chimique.....	25
I-2-12-5-Lutte biologique.....	26
CHAPITRE II MATÉRIELS ET METHODES	27
II-1-MATERIELLES ET METHODES	27
II-1-1- Présentation de lieu de stage	27
II-1-1-2- Situation géographique de la SRPV de Draa Ben Khedda.....	27
II-1-2-Matériel d'échantillonnage	29
II-1-3-Matériel d'extraction des kystes.....	30

II-1-3-1-Méthode d'extraction.....	31
II-1-3-2- Mode opératoire	32
II-1-4- Matériel de récolte des kystes	33
II-1-4-1 Méthode de récolte	34
II-1-4-2- Calcul des degrés d'infestation	34
II-1-5-Méthode d'éclosion	35
II-2-Isolement de la microflore fongique et bactérienne à partir des kystes <i>Globodera sp</i>	35
II-2-1-Préparation milieu de culture PDA (Potato dextrose Agar)	36
II-2-1-1-Matériels utilisés.....	36
II-2-1-2-Le protocole de préparation (SRPV).....	36
II-2-3-Ensemencement des kystes	38
II-3-Ensemencement de bactérie	39
II-3-1-Préparations de Milieu LPGA :.....	39
II-3-2--dentification des bactéries II-3-2-1-Coloration de Gram	39
II-3-2-2-Le matériel nécessaire pour la Coloration de Gram	40
II-3-2-3-Technique de Coloration	40
II-3-3- Test de Catalase	42
II-3-3-1- Méthode de test de Catalase	42
CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSIONS	43
III-RESULTATS.....	43
III-1-Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol	43
III-1-1-Dénombrement des kystes et estimation de la fréquence de l'infestation :	43
III-1-2-Fréquence de l'infestation de <i>Globoderasp</i> . Dans les communes prospectées :.....	43
III-1-3-Etat d'infestation des parcelles de pomme de terre par <i>Globodera sp</i> . Dans les communes prospectées :.....	44
III-1-4-Les résultats obtenus pour la comparaison entre la densité et le degré d'infestation des parcelles de pomme de terre par	47
III-1-3- Classement des communes prospectées en fonction de degré d'infestation par	48
III-3-Identification des colonies obtenues	49
III-3-1-Observation macroscopique	49
III-4-Ensemencement de bactérie.....	50
III-5-Purifications.....	50
III-6-Coloration de Gram	51
III-6-1- L'examen microscopique :	51
III-7-Test catalase	51
III-2-Discussion	53
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	57

Annexe

Résumé

Listes des figures

Figure 1 Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre (Original).....	6
Figure 2 Morphologie de la pomme de terre (Soltner, 2005).....	6
Figure 3. cycle de vie de la pomme de terre	9
Figure 4 Production de légumes dans le monde (FAO STAT, 2017).	11
Figure 5 Production mondiale de pomme de terre par pays (FAO STAT, 2019).....	12
Figure 6 Production de légumes en Algérie (FAO STAT, 2017).	12
Figure 7 Les grands pays producteurs de la pomme de terre en Algérie.....	13
Figure 8 Structure d'un nématode sp (femelle) (Altun z. f., 2004).....	17
Figure 9 Symptôme dû à l'attaque des nématodes à kyste de la pomme de terre <i>Globodera</i> sp (A) représente zone de retardement de croissance le nanisme. (B) jaunissement des feuilles.	18
Figure 10 Femelles de <i>Globodera pallida</i> (A)et <i>Globodera rostochiensis</i> (B)à maturité sur les racines de pomme de terre (Hockland, 2002).....	22
Figure 11 Cycle biologique des nématodes de <i>G. rostochiensis</i> et <i>G. pallida</i> (Pauline Caster- Picard). (Les flèches rouges symbolisent l'émission d'exsudats radiculaires par la plante hôte qui sont ensuite perçus par les nématodes dans le kyste).	22
Figure 12 La situation géographique A :de DBK, B :de SRPV (Google Maps)	27
Figure 13 Matériel d'échantillonnage A- Une tarière. B- Des sachets en plastique .C-Une balance (Original)	29
Figure 14 parcelle de pomme de terre Tizi Ouzou (Original).....	30
Figure 15 prélèvement du sol	30
Figure 16 Appareil de FENWICK (A)- Corps de l'appareil, (B)-Passoire de 1mm, (C)- Tamis 250 µm, (D)- Entonnoir. (Original).....	31
Figure 17 Ecoulement du refus sur tamis de 250 µm (Original).....	32
Figure 18 Récupération de refus (matière organique + kystes) (Original).....	32
Figure 19 le contenu du papier filtre entrain d'égoutté (Original).	33
Figure 20 A) Un pinceau. B) Une loupe binoculaire C) une épingle (Original).	33
Figure 21 Récolte des kystes. (Original)	34
Figure 22 Les étapes de l'éclosion (Original).....	35
Figure 23 Kystes de <i>Globodera</i> sp (Original).....	35
Figure 24 Préparation de milieu PDA-Protocole de SRPV (Original).....	37
Figure 25 Parafilm-Boîtes de pétri-Eau javéliser à 1% - L'eau distillée stérile-Alcool – Milieu PDA - Pinceau- Pissette-Lame.(Original)	37
Figure 26 Etapes d'ensemencement des kystes de <i>Globodera</i> sp. (Original).....	38
Figure 27 purification des bactéries méthode en trois stier. (Original).....	39
Figure 28 Matériels utilisés dans la coloration de gram Violet de Gentiane- Iode- Alcool acétone 95% - Colorant Safranine - L'eau Oxygénée - Lames de verre - Pissette d'eau - pince (Original).....	40
Figure 29 Faire un frottis (Original).....	40
Figure 30 Exemple de frottis obtenus (Original)	41

Figure 31 Coloration de Gram (Original).....	41
Figure 32 mettre l'inoculum sur la lame en verre (original)	42
Figure 33 Kyste non éclater A- kyste vide B- kyste pleins (Original)	43
Figure 34 kyste éclaté sous microscope A) kyste plein B) kyste vide x40	44
Figure 35 Les pourcentages de kystes pleins et vides des communes prospectées.	46
Figure 36 Comparaison entre densité et degré d'infestation des parcelles de pomme de terre par Globodera sp.....	47
Figure 37 kyste Globodera sp éclaté A) les Œuf, B) larves L2	48
Figure 38 Le degré d'infestation des communes infestées.	49
Figure 39 Aspect des cotonnée bactérienne, (A) bactérie de couleur crème (B) de couleur jaune.....	49
Figure 40 aspect de colonie bactérien apes l'isolement A- Bactérie de couleur crème B- Bactérie de couleur jaune.....	50
Figure 41 aspect de colonie bactérien purifie A- bactérie de couleur crème B- bactérie de couleur jaune. ...	50
Figure 42 Observation microscopiques (Objectif X100) des isolats de bacilles après la coloration de gram	51
Figure 43 teste de Catalase présence de bulles gazeuses	51

Tableau 1 La composition nutritionnelle de la pomme de terre (Anonyme, 2001).....	4
Tableau 2 La composition nutritionnelle de la pomme de terre (Anonyme, 2001).....	7
Tableau 3 Principaux maladies et ravageurs qui limitent la culture de la pomme de terre (Soltner, 1998 ; Gay, 2007 ; Bruyer, 2008 ; Anonyme, 2014).	14
Tableau 4 Information sur les parcelles prospectées	28
Tableau 5 Matériels non biologiques utilisés dans la préparation de milieu PDA.	36
Tableau 6 Fréquence Globodera. Dans l'ensemble des échantillons	44
Tableau 7 Etat d'infestation des parcelles de pomme de terre par Globodera sp. Dans les communes prospectées.....	45
Tableau 8 Le degré moyen d'infestation et le classement des communes prospectées.	48
Tableau 9 illustration des caractéristiques morphologiques et biochimiques des quatre souches isolées.	52

Tab : Tableau

S : Solanum

SRPV : Station de la protection des végétaux

DBK : Draa Ben Khedda

INPV : Institut national de la protection des végétaux

IPW : Inspection de la protection des végétaux de la wilaya

DSA : Direction des services agricoles

ITCMI : Institut technique des cultures maraîchères et industrielles

FAO : Food and Agriculture Organisation

ITDAS : L'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne

ONUAA : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

MADR : Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural

G: Globodera

ITS: Internal Transcribed Spacer

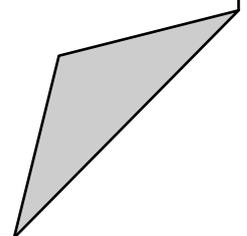
INRA : Institut National de la recherche agronomique

GPS : Global Position Système

Ha : Hectare

PASA : Programme d'Appui au Secteur de l'Agriculture, y compris dans la gestion de l'eau, l'agro-industrie et la pollution agricole

INTRODUCTION



INTRODUCTION

INTRODUCTION

La pomme de terre cultivée, (*Solanum tuberosum L.*), joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. Ce légume, le plus productif au monde, est une source importante de revenus et l'une des denrées de base dans de nombreux pays. Elle est cultivée dans plus de 125 pays et consommée quotidiennement par plus d'un milliard de personnes (**LUTALADIO, PRAKASH, 2010**).

Consciente de l'importance de la pomme de terre et son rôle d'aliment de base pour l'humanité, l'Assemblée générale des Nations Unies a déclaré l'année 2008 comme année internationale de la pomme de terre et cela en guise de reconnaissance de l'importance de cette culture dans la sécurité alimentaire et l'éradication de la pauvreté et la famine à travers le monde (**F.A.O., 2008**).

La pomme de terre est un produit agricole stratégique pour l'Algérie, elle est l'une des principales cultures destinées à la consommation domestique. La production a augmenté entre les années 2000 et 2019, passant approximativement de 10 millions à plus de 50 millions de quintaux.

Le stress de type biotiques sont dus à l'introduction de la plante avec d'autres organismes comme les champignons, les nématodes, les bactéries et les virus. Ces pathogènes en infectant les plantes maraîchères et particulièrement la pomme de terre vont affecter la croissance et le rendement et peuvent être à l'origine de leur mort (**Rousselle et al., 1996**).

En réalité, diverses maladies et agents pathogènes, tels que les nématodes, qui sont des organismes multicellulaires qui s'attaquent au système racinaire de la plante, attaquent la pomme au cours de son cycle de développement.

Un organisme de quarantaine est un organisme nuisible qui a une importance potentielle pour l'économie de la zone menacée et qui n'est pas encore présent dans cette zone ou bien qui y est présent mais n'y est pas largement disséminé et fait l'objet d'une lutte officielle, ils doivent être impérativement annoncés et combattus (**Onuaa., 2021**).

Les nématodes sont des animaux vermiformes, les plus souvent microscopiques. On les retrouve dans pratiquement tous les milieux, à la fois sous forme de parasites ou d'organismes libres. Ils sont généralement très petits, Parce qu'ils sont difficiles ou impossibles à observer au champ, et par ce que leurs symptômes sont le plus généralement non spécifiques, les dommages

INTRODUCTION

que les nématodes infligent aux cultures sont le plus souvent attribués à D'autres causes plus visibles. Agriculteurs et chercheurs souvent sous-estiment leurs effets. Cependant, il est globalement reconnu que les nématodes phytoparasites réduisent la production agricole d'approximativement 10%, soit une perte de récolte de plusieurs millions de tonnes chaque année (Agrios G.N., 2005).

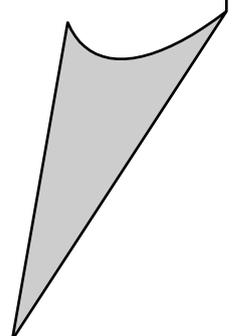
Les nématodes à kystes du genre *Globodera sp* sont des parasites obligatoires présentant une grande spécificité d'hôte. La plupart des espèces sont inféodées aux Solanacées, alors que d'autres se développent sur Astéracées et Rosacées.

Les méthodes de luttés culturales et chimiques classiques contre ce pathogène présentent des limites.

L'objectif de notre étude est de détecter la présence des nématodes à kystes de pomme de terre dans différentes régions dans la wilaya de Tizi Ouzo.

Dans la présente étude, et après l'introduction générale, nous avons divisés le travail en trois chapitres, le premier chapitre est pour les données bibliographiques, des généralités sur la culture de pomme de terre et sur et le pathogène les nématodes à kystes sont bien développés, dans le second chapitre, le matériel et méthodes utilisés dans notre expérimentation sont bien expliqués. Le troisième chapitre est consacré aux résultats et discussions. Enfin une conclusion générale accompagnée de perspectives clôture notre travail.

CHAPITRE I
SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUES



I- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUES**I-1-Aperçu sur la culture de la pomme de terre****I-1-1-Historique**

La pomme de terre est considérée comme l'une des principales ressources alimentaires et financières des populations à l'échelle mondiale, c'est la principale denrée non céréalière dans le monde, elle figure au quatrième rang des principales cultures vivrières, après le maïs, le blé et le riz (**FAOSTAT, 2015**).

Avant de devenir l'aliment universel que nous connaissons tous, la pomme de terre a connu un parcours plein de rebondissements... De ses origines à nos jours, voici les étapes et anecdotes marquantes qui ont rythmé son histoire

La pomme de terre nous vient d'Amérique du Sud. Elle est originaire des Andes du Chili et du Pérou. Elle débarque en Espagne en 1534 et de là, en 1588, elle est envoyée en Autriche au savant botaniste Clausius qui la répand dans les Etats allemands. Puis, elle passe en Suisse et d'une façon marginale dans l'est de la France. Elle est cultivée en Angleterre depuis 1585 et arrive dans les Flandres en 1620.

Originnaire d'Amérique latine (Pérou, Bolivie, Equateur et centre du Mexique), le genre *Solanum L* regroupe environ un millier d'espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (**Rousselle et al., 1996**). Entre 1532 à 1572 les conquistadors espagnols, pensaient amener en Europe de l'or trouvé au Pérou, mais ce qu'ils ramenaient en fait était la pomme de terre (**Oswaldo, 2010**). La première trace de la culture de la pomme de terre en Europe date de 1565, dans les îles Canaries. En 1573, elle est attestée en Espagne. Peu de temps après, les tubercules voyagent à travers l'Europe sous forme de présents exotiques. Les pommes de terre, qui étaient déjà cultivées à Londres en 1597, gagnèrent la France et les Pays-Bas peu de temps après (**Anonyme, 2008**). Dès le milieu du XVIIème siècle, la pomme de terre est connue en Allemagne et de là, se propage vers l'est, suivant les colonies allemandes qui s'enfoncent dans les pays slaves et vers l'Ouest, régions de Montbéliard, Franche-Comté et Alsace (**Poitrineau, 2001**).

Antoine-Augustin Parmentier, le promoteur de la pomme de terre, ce n'est qu'au 18ème siècle, grâce à la ténacité et l'ingéniosité d'Antoine-Augustin Parmentier, pharmacien aux armées, que ses qualités sont enfin reconnues. Lors de sa captivité en Prusse, Parmentier a pu apprécier les vertus nutritives de la pomme de terre. Il les recommande donc pour résoudre le problème des famines endémiques qui ravagent encore la France à cette époque. Il va plus

loin encore en plantant des champs de pommes de terre aux alentours de Paris et en obtenant du roi qu'ils soient gardés le jour seulement par des soldats. La nuit, convaincus de la valeur des précieux tubercules, les habitants les dérobaient et en assuraient ainsi la publicité (Archives départementales du Pas-de-Calais, BHA 19).

Les maures andalous en Algérie ont poursuivi et diffusé la culture. Elle a été cultivée par les Français entre 1856 et 1898, mais notre pays était déjà consommateur de pommes de terre de consommation à l'exportation de pommes de terre de consommation d'exportation étant donné que dans les années 1940, il était producteur de plants de pommes de terre pour subvenir à ses besoins en semence. Dans les années 1940, elle était productrice de plants de pomme de terre pour subvenir à ses besoins en semence. (Anonyme, 2007)

I-1-2-Taxonomie

Selon la classification APG 3 (2009), la position systématique de la pomme de terre est la suivante :

Tableau 1 La composition nutritionnelle de la pomme de terre (Anonyme, 2001).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Astoridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Sous-famille	Solanoideae
Genre	Solanum

I-1-3-Description botanique et morphologique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) est une plante vivace dicotylédone tubéreuse herbacée qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce

annuelle pour ses tubercules riches en amidon et possédant des qualités nutritives. Elle appartient à la famille des Solanacées, qui sont des plantes à fleurs, et partage le genre *Solanum* avec 2000 autres espèces, entre autres la tomate, l'aubergine, le tabac, le piment, et le pétunia (**Rousselle et al., 1996**).

Son système racinaire est fasciculé et très ramifié ; il a tendance à s'étendre superficiellement mais peut s'enfoncer jusqu'à 0,8 m de profondeur. Il est constitué de racines adventives qui apparaissent à la base des bourgeons du tubercule ou sur les nœuds des tiges enterrées (**Rousselle et al., 1996**).

Les tubercules sont comestibles, de tailles variables et de formes oblongues, plus ou moins allongées, cylindriques, lisses ou bosselées selon les variétés (**Bock, 2012**).

Les feuilles sont caduques, alternes et vont de dix à vingt centimètres de long. Elles sont insérées sur la tige selon une phyllotaxie spiralée. Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé et portant des feuilles composées (**Rousselle et al., 1996**) et comptent 7 à 9 folioles de forme lancéolée et de taille hétérogène, les plus petites folioles s'intercalent par paires entre les plus grandes. Les feuilles basales peuvent parfois être entières. Elles présentent des poils ou trichomes à leur surface, en quantité variable selon les cultivars (**Bock, 2012**).

Les inflorescences sont des cymes axillaires. Elle compte d'une à trente fleurs, généralement entre 7 à 15. Le nombre d'inflorescences et le nombre de fleurs par inflorescence varient fortement selon les cultivars. Le fruit de la pomme de terre est une baie qui ressemble à une petite tomate. Il n'est pas comestible. Sa forme peut être sphérique, allongée ou ovoïde. Son diamètre varie généralement de 1 à 3 cm et sa couleur peut aller du vert au jaunâtre, ou du marron rougeâtre au violet (**Block, 2012**).

Les fleurs sont autogames : ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature (**Rousselles et al., 1996**). Aussi les fleurs sont souvent mâles stériles. La production de fruits est généralement rare parfois nulle. On connaît des variétés de pomme de terre qui fleurissent abondamment mais qui ne fructifient pas (**Soltner, 2005**). (**Fig 01**) (**Fig 02**).

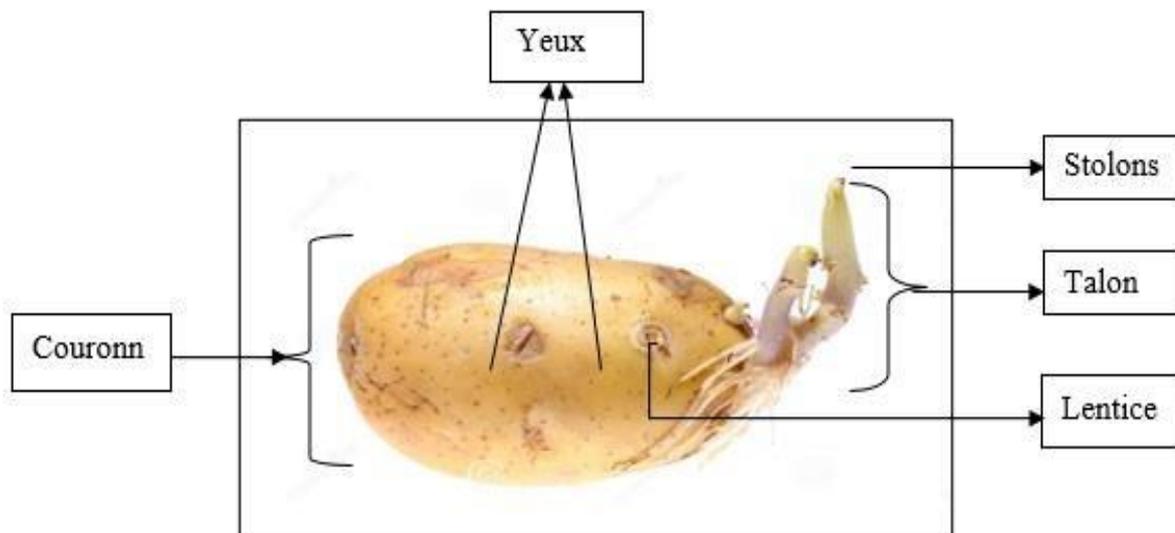


Figure 1 Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre (Original).

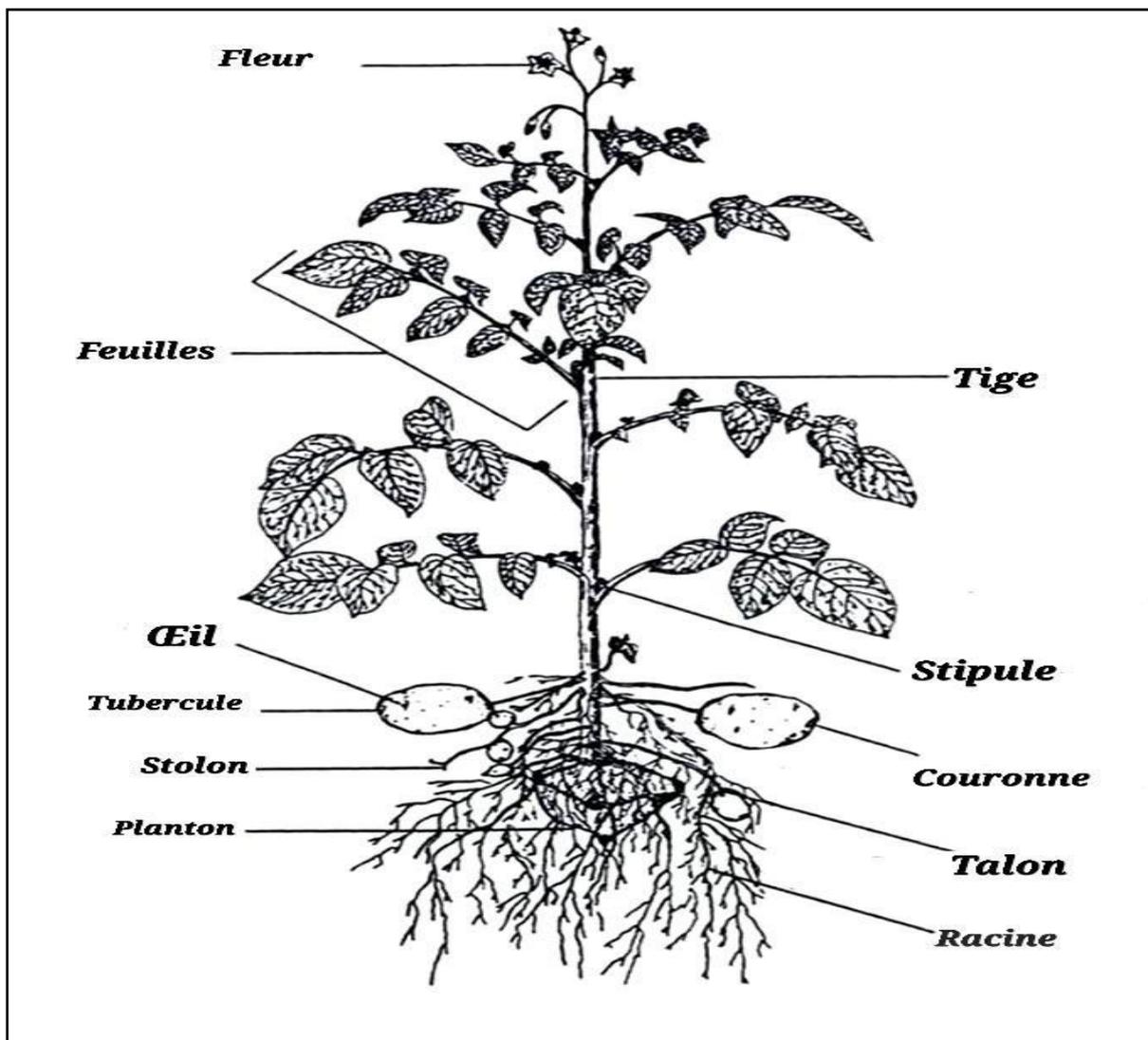


Figure 2 Morphologie de la pomme de terre (Soltner, 2005).

I-1-4-Valeur alimentaire et importance économique

La valeur alimentaire de cette culture vient de sa richesse en amidon, qui a la double qualité être énergétique et très digeste. Elle est pauvre en calcium et riche en potassium, vitamine B et en vitamine C. En principe, la pomme de terre ne contient pas, dans sa chair la solanine, les alcaloïdes toxiques qui sont présents dans sa peau. Dans Tab 02 nous indique la composition nutritionnelle de la pomme de terre. Sur le plan alimentaire, la pomme de terre est une source d'énergie, parmi les cultures consommées en frais. Elle occupe la première place en production végétale. Dans les pays développés, la transformation de la pomme de terre destinée à l'alimentation humaine. Concernant la déshydratation se diversifie à partir de **1969**, et a augmentée en volume tant pour les flocons que pour les chips (**Crosnier et al., 1996**). Entre la production et la consommation, différents circuits de commercialisation sont possibles, partant du producteur ou du collecteur, la pomme de terre peut être vendue directement à un détaillant voir même à un utilisateur ou bien transiter par un grossiste et semi-grossiste (**Belmahdi, 1995**).

Tableau 2 La composition nutritionnelle de la pomme de terre (Anonyme, 2001).

Élément	Quantités
Valeur énergétique	86KCAL
Glucides	19g
Protéines	2g
Lipides	0.1g
Vitamines	
B1	0.11mg
B2	0.04mg
B3	1.2mg
B6	0.2mg
C	13mg
Minéraux	
Potassium	410mg
Magnésium	27mg
Fer	0.8mg
Manganèse	0.17mg
Cuivre	0.16mg

I-1-5-Cycle de vie et mode de reproduction**a. Cycle sexué :**

La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de création variétale (**SOLTNER, 2005**).

La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En circonstances favorables, quand la jeune plante a quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules (**BERNHARDS, 1998**).

b. Cycle végétatif :

Le cycle végétatif est un cycle annuel en quatre phases :

- ❖ Un tubercule germé et planté en terre, ses germes se transforment en tiges feuillées ce phénomène assure la nutrition et le fonctionnement physiologique de la plante dont les bourgeons axillaires donnent au-dessus du sol des rameaux et au-dessous des stolons : C'est la phase de croissance.
- ❖ Au bout d'un certain temps, variable selon la variété et le milieu de culture les extrémités des stolons cessent de croître et se renflent pour former en une ou deux semaines les ébauches des tubercules : C'est la tubérisation.
- ❖ La tubérisation se prolonge jusqu'à la mort de la plante, soit naturelle, soit dans les conditions optimales de température et d'humidité : C'est le repos végétatif (**Perennec et Madec, 1962**).
- ❖ Après une évolution physiologique interne les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons, plus couramment appelés germes : C'est la germination (**Madec, 1966**).

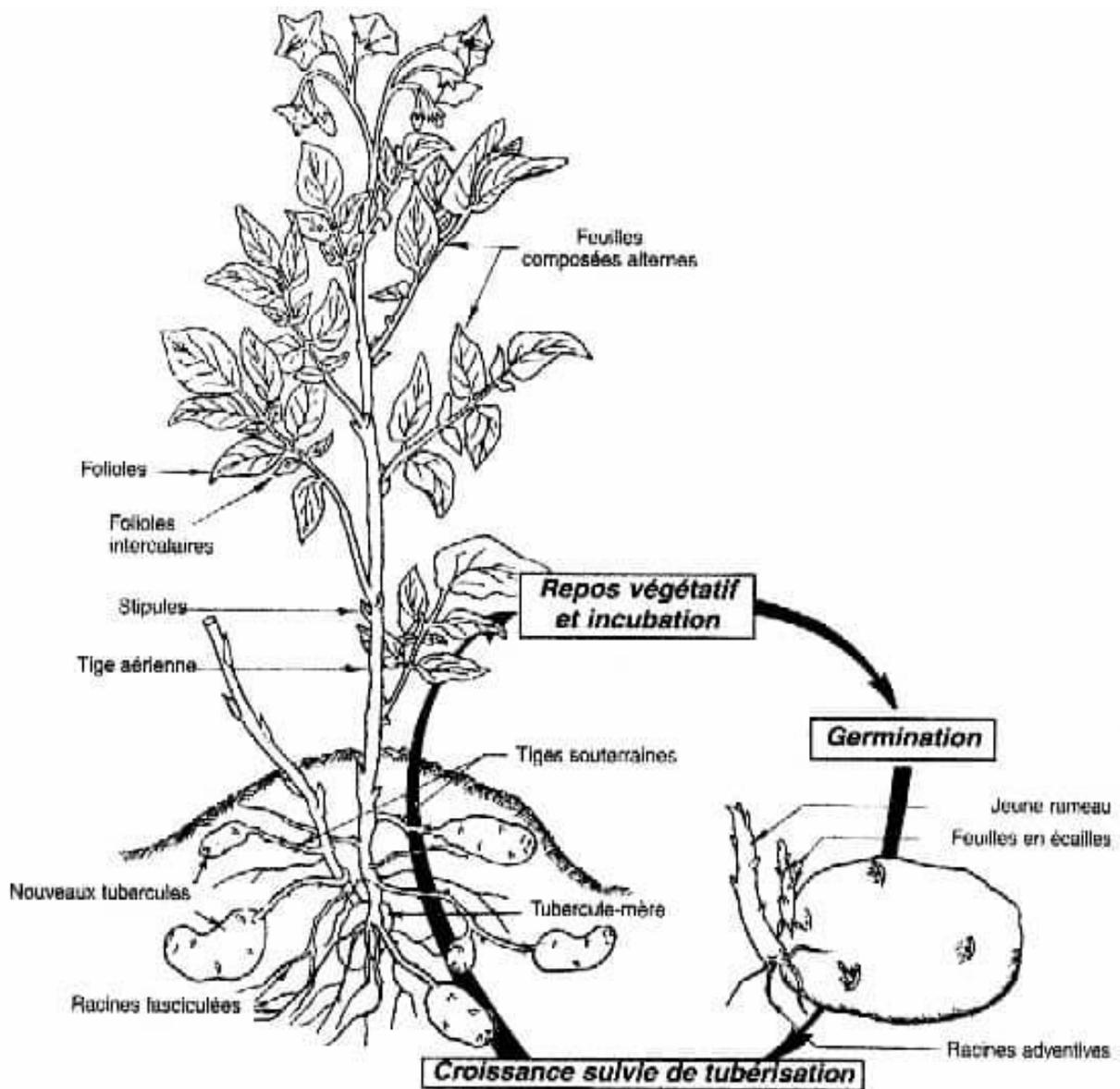


Figure 3. cycle de vie de la pomme de terre

I-1-6-Exigences culturales

La pomme de terre s'accommode à tous les types de sols, exception faite des sols salés et alcalins. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles. Peut dire que son aire d'adaptation va des régions tropicales aux régions plus froides et elle réussit le mieux sous les climats tempérés humides et brumeux (**Lahouel, 2015**).

La température représente un facteur climatique très important pour le développement et la croissance de la pomme de terre. Cette croissance est ralentie à moins de 10°C, ses parties foliacées gèlent à moins de 1°C.

La température optimale pour la végétation semble se situer entre 15° et 21°C (**Clarys, 2005**). La température optimale pour la croissance des tubercules est 18°C et que les jours sont courts (12h) (**Lahouel, 2015**).

Pour le pH, dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (**Chaumeton et al., 2006**).

I-1-7-Importance économique I-1-7-1-Dans le monde :

Le monde a produit au total 1 089 millions de tonnes de légumes. Les principaux légumes étaient la pomme de terre, la tomate, divers alliums (oignon, ail, échalote, poireau), les brassicacées (chou, chou-fleur, brocoli) et le concombre (**FAO STAT, 2015**). Cette plante est essentiellement connue par ses utilisations diverses dans l'alimentation de l'homme, de l'animale et dans les industries de transformation. La pomme de terre est cultivée dans plus de 150 pays, elle joue un rôle clé dans le système alimentaire mondiale. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde, elle vient en quatrième position après le blé, le riz et le maïs qui constituent la base de l'alimentation humaine (**FAO STAT, 2015 ; Anonyme, 2012**). (**Fig. 04**). La principale région productrice de la pomme de terre au monde est l'Asie et l'Europe, présentant plus de 80% de production mondiale (**Fig. 05**).

I-1-7-2-En Algérie :

Parmi toutes les espèces maraichères, c'est incontestablement la pomme de terre qui a connu le développement le plus fort et le plus régulier au sein des systèmes de culture en Algérie depuis l'indépendance. Actuellement, près de 150.000 ha en moyenne sont réservés annuellement à la production de la pomme de terre en Algérie, soit 30 % de la superficie consacrée aux cultures maraichères. L'importance de la place qu'occupe la consommation de

pomme de terre dans la ration alimentaire de l'Algérien moyen, a été induite par les choix en matière de politique alimentaire, arrêtés et suivis depuis les années 1970. Devant l'importance des niveaux de consommation enregistrés pour les céréales, pas moins de 200 Kg / ha /an, les planificateurs ont admis qu'il est possible et souhaitable que la pomme de terre substitue une partie des céréales dans la ration alimentaire de l'Algérien (**Fig 06**).

Avec l'apparition récente du bassin spécifiquement d'El Oued (**Fig 07**), la culture de la pomme de terre est devenue une industrie majeure ces dernières années, elle est cultivée dans tout le pays, même dans les oasis du sud du pays. Divisé en quatre régions géographiques : le littoral, sublittoral, atlas tellien et les hautes plaines (**MADRP, 2015**).

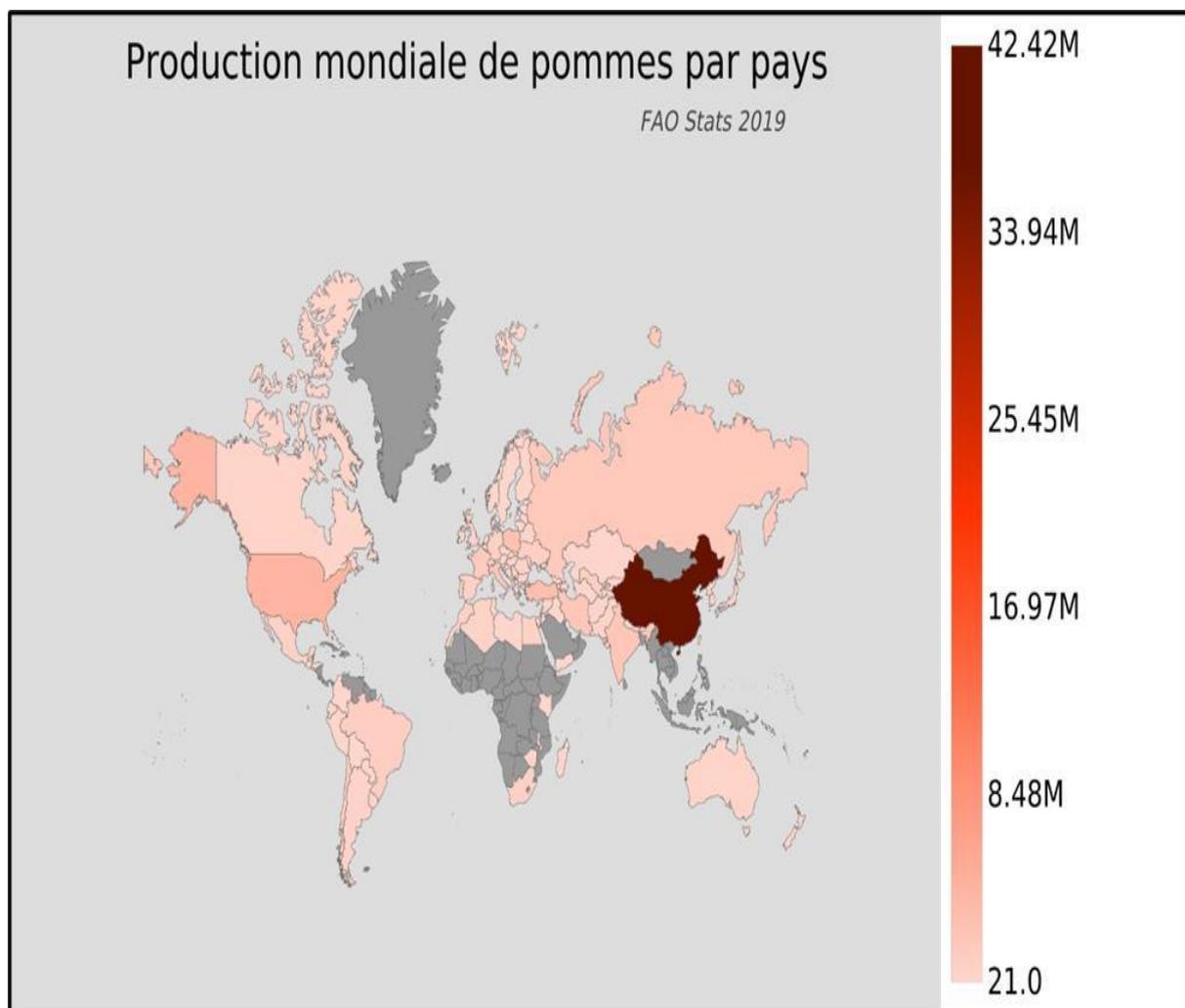


Figure 4 Production de légumes dans le monde (FAO STAT, 2017).

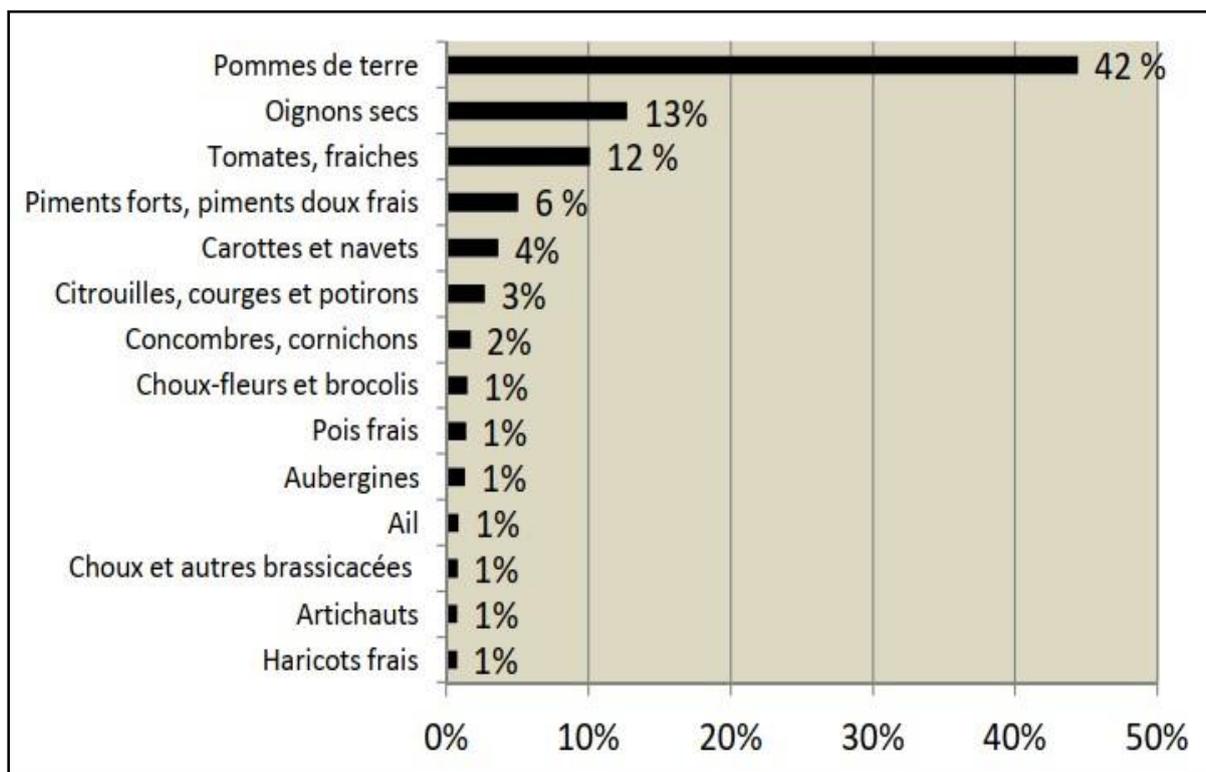


Figure 5 Production mondiale de pomme de terre par pays (FAO STAT, 2019).

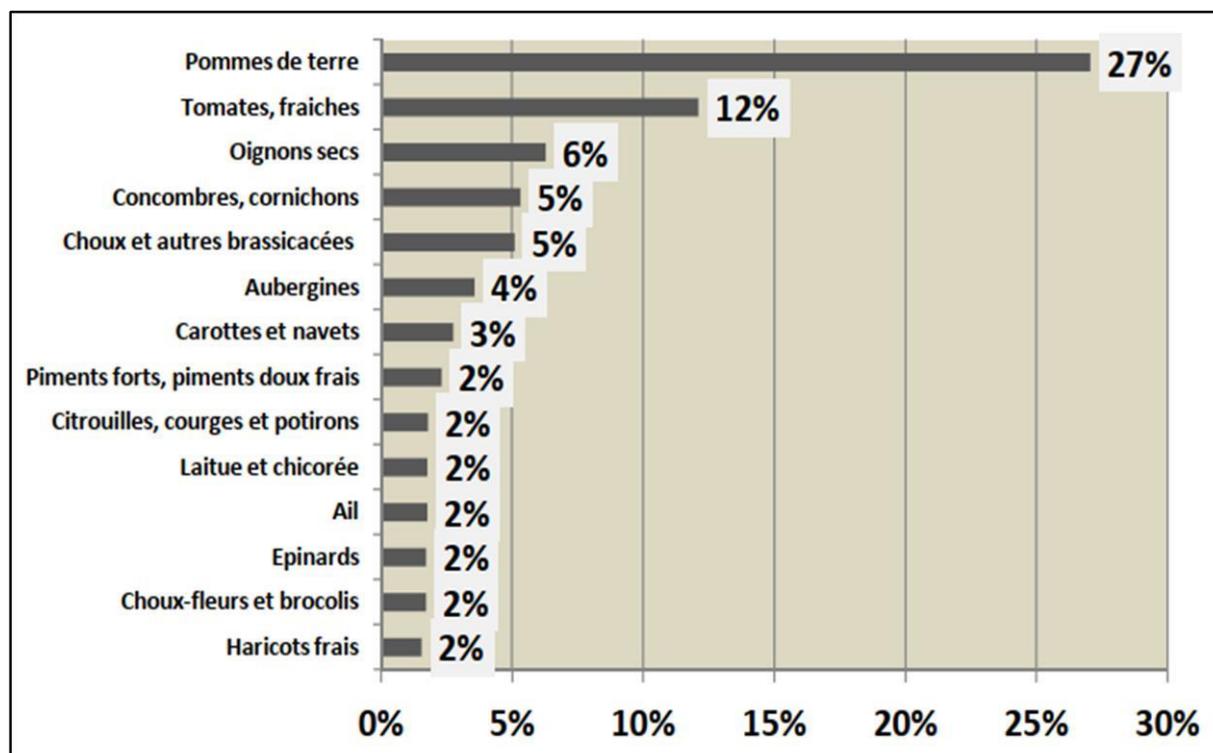


Figure 6 Production de légumes en Algérie (FAO STAT, 2017).

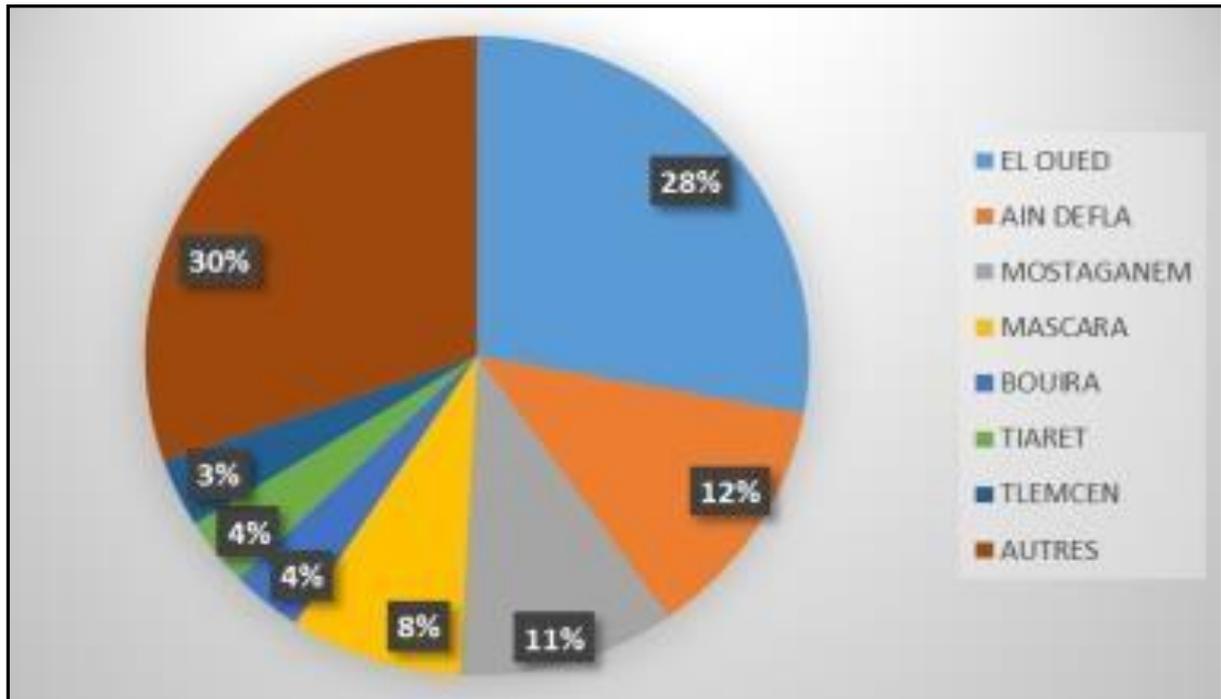


Figure 7 Les grands pays producteurs de la pomme de terre en Algérie.

I-1-8-Problèmes phytosanitaires

Comme toutes les plantes cultivées, la pomme de terre est sensible à de nombreux ravageurs et maladies causées entre autres par des virus, des bactéries et des champignons. Certains agents pathogènes causent des maladies importantes, notamment *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (**Brûlure tardive**), *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Fusarium spp* (Bojanowski, 2011) (Tab 03).

Pendant la phase de croissance ou de conservation des tubercules, la pomme de terre peut contracter une variété de maladies fongiques ou bactériennes qui affectent toutes ou une seule partie de la plante (KHEDDAM H, 2018).

La production potentielle de tubercules de pomme de terre pourrait atteindre 400 millions de tonnes dans le monde entier si ces maladies pouvaient être efficacement contrôlées (Compobello et al, 2002).

Tableau 3 Principaux malades et ravageurs qui limitent la culture de la pomme de terre (Soltner, 1998 ; Gay, 2007 ; Bruyer, 2008 ; Anonyme, 2014).

Origine	Maladie	Agent causal
Maladies Bactériennes	Flétrissement bactérien de la pomme de terre	<i>Ralstonia solanacearum</i>
	Jambe noire de la pomme de terre	<i>Erwinia carotovora</i>
	Flétrissement bactérien de la pomme de terre	<i>Clavibacter michiganensis subsp. Sepedonicus</i>
	Gale commune de la pomme de terre	<i>Streptomyces scabiei</i>
Maladies Fongiques	Mildiou de la pomme de terre	<i>Phytophthora infestans</i>
	Alternariose	<i>Alternaria solani</i>
	Verticilliose	<i>Verticillium spp.</i>
	Gale argentée de la pomme de terre	<i>Helminthosporium solani</i>
	Gale poudreuse de la pomme de terre	<i>Spongospora subterrane</i>
	Dartrose	<i>Colletotrichum coccodes</i>
	Gales verruqueuses	<i>Synchytrium endobioticum</i>
	Flétrissement fusarien	<i>Fusarium spp.</i>
Taches noires de la pomme de terre	<i>Alternaria alternata</i>	

	Rhizoctone brun	<i>Rhizoctonia solani</i>
Nématodes Parasites	Nématodes à kystes	<i>Globodera pallida</i> , <i>Globodera rostochiensis</i>
	Nématodes à galles	<i>Meloidogynes spp.</i>

Maladies Virales	PVY genre <i>Potyvirus</i>	<i>Le virus Y de la pomme de terre</i>
	PVX genre <i>Potexvirus</i>	<i>Le virus X de la pomme de terre</i>
	PLRV genre <i>Luteovirus</i>	<i>Le virus de l'enroulement de la pomme de terre</i>
	PVS genre <i>Potyvirus</i>	<i>Le virus S de la pomme de terre</i>
	PVA genre <i>Potyvirus</i>	<i>Le virus A de la pomme de terre</i>
Insectes	Doryphore de la pomme de terre	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>
	Teigne de la pomme de terre	<i>Phythoriumaea operculella</i>

I-2-Aperçu sur l'agent pathogène

I-2-1-Généralités sur les nématodes à kystes

Les nématodes sont des animaux vermiformes, les plus souvent microscopiques. On les retrouve dans pratiquement tous les milieux, à la fois sous forme de parasites ou d'organismes libres.

Ils sont généralement très petits, Parce qu'ils sont difficiles ou impossibles à observer au champ, et parce que leurs symptômes sont le plus généralement non spécifiques, les dommages que les nématodes infligent aux cultures sont le plus souvent attribués à d'autres causes plus visibles. Agriculteurs et chercheurs souvent sous-estiment leurs effets.

Cependant, il est globalement reconnu que les nématodes phytoparasites réduisent la production agricole d'approximativement 10%, soit une perte de récolte de plusieurs millions de tonnes chaque année (Agrios., 2005).

Enfin, parmi toutes les espèces de nématodes décrites, seulement 15% sont des parasites de plantes (ex : *Globodera* spp, *Meloidogyne* spp, *Pratylenchus* spp, *Ditylenchus* spp...). Ce sont des eucaryotes pluricellulaires à reproduction sexuée ou parthénogénétique vivant dans le sol ou dans l'eau. En conditions optimales leur cycle de développement dure environ 3 semaines. Leur sécrétion salivaire dans les tissus végétaux sont responsables de nécroses déformations tumeurs. Combinés à d'autres pathogènes (*Fusarium*, *Verticillium*) ils constituent un complexe parasitaire.

Les nématodes sont également vecteurs de népovirus (*Xiphinema index* et *Xiphinema italiae* sont vecteurs de la courte noue de la vigne) (Rouag., 2021).

Le nématode doré (*Globodera rostochiensis*) (Wollenweber., 1923) et le nématode blanc (*Globodera pallida*) (Stone., 1973) de la pomme de terre sont des vers microscopiques qui entraînent des pertes de rendement importantes à l'échelle mondiale dans les cultures de pomme de terre, introduits d'Amérique du Sud au 19ème siècle, ces ravageurs ont été attestés pour la première fois en Suisse en 1958. Selon l'ordonnance sur la protection des végétaux (Opvrs., 2017).

G. rostochiensis et *G. pallida* sont considérés comme des organismes de quarantaine. Tout cas suspect doit être annoncé sans délai au service phytosanitaire cantonal.

I-2-2-Principaux nématodes phytophages en Algérie

Les nématodes classés de quarantaine en Algérie appartiennent à plusieurs groupes : les endoparasites sédentaires (cas de *Globodera* et *Meloidogyne*), les endoparasites migrants (cas de *Ditylenchus dipaci*), semi endoparasites (cas de *Tylenchulus semi penetrans*) et les migrants (cas de *Xiphinema*) et d'autres nématodes ayant une importance économique à l'échelle nationale, c'est le cas du genre *Heterodera* (Sellami.s, 2008).

I-2-3-*Globodera* spp (Skarbilovich, 1959)

Ce nématode connu sous le nom de nématode doré de la pomme de terre est l'un des ravageurs les plus redoutables sur cette culture. Il a été considéré pendant longtemps comme une seule espèce, il est représenté par plusieurs espèces dont les plus importantes sur pomme de terre sont *Globodera rostochiensis* et *Pallida*. Sa gamme d'hôtes est limitée aux solanées cultivées et spontanées. *G. pallida* et *G. rostochiensis* sont réglementées au sein de l'Union Européenne et au niveau international (EPPO, 2017).

I-2-4-Description

Ce genre est caractérisé par un dimorphisme sexuel des adultes, les mâles sont filiformes mesurant 1 mm de long présentent des renflements basaux arrondis, les femelles de couleur jaune doré pour *G. rostochiensis* et blanche pour *G. pallida* sont piriformes. Les larves (L2) sont caractérisées par la forme du stylet dont les renflements basaux sont classés comme : renflements basaux arrondis, aplatis ou intermédiaires. Le stylet est plus court chez *G. rostochiensis*.

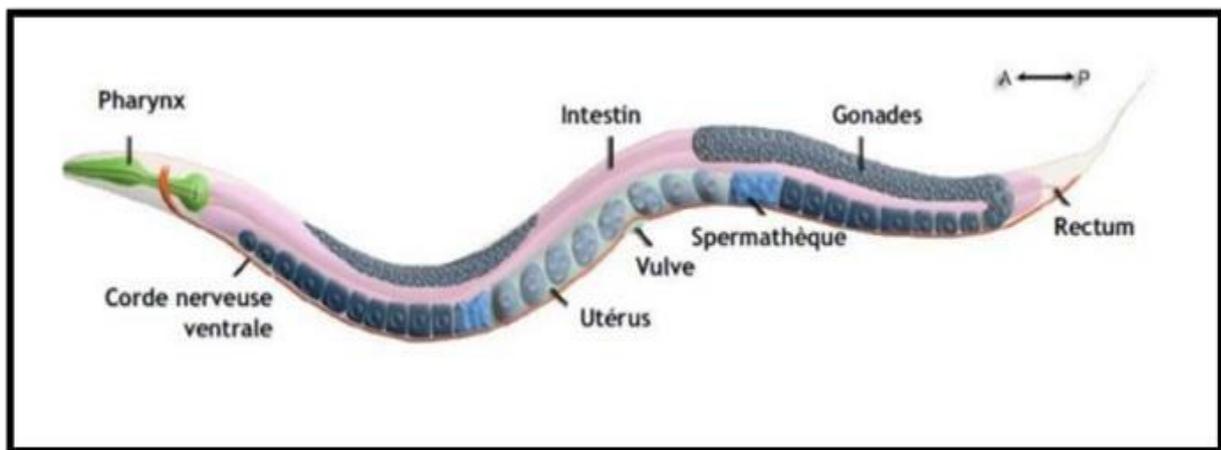


Figure 8 Structure d'un nématode sp (femelle) (Altun z. f., 2004)

I-2-5-Symptomatologie

Il n'y a pas de symptômes spécifiques de l'attaque des *Globodera* sp (Mulder et Vander Wal., 1997). On observe souvent des zones de croissance réduite dans un champ (Fig 09), parfois accompagnée de jaunisse, flétrissement ou mort du feuillage (Anonyme., 2010).

Même dans le cas de symptômes très faibles sur le feuillage, la taille des tubercules peut être réduite (Cabi et Oepp., 2012) et la qualité du produit détériorée

Les symptômes décrits pour *Globodera* sp peuvent être causés par plusieurs autres plantes pathogènes et ne peuvent pas être considérés comme une preuve de la présence des nématodes. Pour cela, une analyse nématologique est indispensable pour se prononcer sur l'infestation d'une parcelle. Au début de l'infestation, les nématodes ne présentent pas de symptômes visibles, sauf un retard dans la croissance de la plante, et une diminution de la hauteur des plants qui se manifeste sous forme de taches au milieu d'une culture d'apparence normale (Timmermans., 2005).



Figure 9 Symptôme dû à l'attaque des nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera* sp (A) représente zone de retardement de croissance le nanisme. (B) jaunissement des feuilles.

I-2-6-Importance économique de nématodes phytophage

Les nématodes phytophages sont des parasites obligatoires occasionnant des dégâts considérables sur les grandes cultures à travers le monde, représentant un coût d'environ 100 milliards d'euros (Sasser et al., 1987 ; Haq et al., 2004). En effet, pratiquement aucune culture n'échappe à l'attaque d'au moins une espèce de nématodes, même s'il existe des différences quantitatives importantes suivant les espèces. Les coûts engendrés par les attaques de nématodes sont imputables aux :

- Baisse de rendement
- Problèmes de qualité des plantes (aspect) qui les rendent impropres à la commercialisation
- Augmentations d'irrigation pour pallier les perturbations subies par le système racinaire des plantes parasitées
- Interdictions d'exportation du fait du statut de quarantaine de certaines espèces
- Traitements nématicides très coûteux.

S'ajoutent à cela les problèmes environnementaux liés à la toxicité des produits nématicides actuellement sur le marché. Ainsi, les conséquences économiques et environnementales liées aux problèmes que posent les attaques de nématodes en matière de protection des plantes, sont à l'origine d'efforts importants pour mettre au point des méthodes de lutte durables et plus respectueuses de l'environnement. L'accent est particulièrement mis sur les nématodes qui causent le plus de dégâts, notamment les nématodes à kyste et à galle.

I-2-7-Fonctionnement des populations de nématodes à kyste

Dans le cycle biologique des nématodes, nous avons deux modes de dispersion :

- a) **Actif** : les juvéniles infectants se déplacent dans le sol même si leur petite taille (~ 500 µm) ne leur permet pas de migrer au-delà d'un mètre. Ils ne peuvent donc pas se disperser facilement de champ en champ.
- b) **Passif** : 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. Connaissant les différents modes de dispersion possibles, **(Picard en 2005)** a étudié la génétique des populations de *G. pallida* au Pérou et ont défini les contours d'une population d'un point de vue spatial : dans un bassin de production de pomme de terre, les nématodes situés dans un rayon de 50 km sont génétiquement semblables et sont donc considérés comme appartenant à la même population. **(Picard et al. 2004)** ont également montré que le maximum de variabilité génétique entre les individus est retrouvé à l'échelle d'une parcelle et non d'un champ ou d'une région.

I-2-8-Morphologie et cycle de développement Morphologie :

Les nématodes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont des endoparasites sédentaires des racines, caractérisés par un dimorphisme sexuel des adultes. Les mâles sont filiformes, mobiles et atteignent 1 mm de long. Les femelles se transforment après fécondation en sacs sphériques (**Riga et al, 1996**) résistants, de couleur brune rouge, remplis d'œufs (jusqu'à 500), appelés kystes, qui font de 0.3 à 0.9µm de diamètre. Malgré leurs grandes similitudes morphologique et biologique les *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont deux espèces distinctes (**Stone, 1972**). En outre les caractères morphologiques permettant de différencier ces deux espèces sont la couleur des kystes ; pour *Globodera rostochiensis* ils sont de couleur jaune dorée et pour *Globodera pallida* ils sont de couleur blanche (**Fig 10**). Concernant les larves, nous avons le stylet qui est plus long chez *Globodera Rostochiensis* que chez *Globodera pallida*. Les boutons basaux sont ronds et étroits chez *Globodera rostochiensis* et larges et orientés vers l'avant chez *Globodera pallida*.

I-2-9-Cycle de vie :

Afin de lutter contre ces nématodes, il apparaît essentiel de connaître leur biologie afin d'identifier les étapes clés du parasitisme et notamment les mécanismes moléculaires régissant l'induction des différentes étapes.

Chez les nématodes à kyste de la pomme de terre, le cycle de développement (**Fig 11**) a été étudié essentiellement chez *Globodera rostochiensis*. Il est généralement influencé par la température et l'humidité. Le nombre de générations diffère selon le nombre de cultures et la durée de la saison de la plante hôte (**Greco et al, 1988**). Lorsque les conditions d'humidité et de température sont favorables, le kyste (stade de repos), stimulés par les diffusât de racines de la plante hôte (**Mugniery et Fayet, 1984**), libère les larves de second stade (**Moxnes et Hausken, 2007**) qui se déplacent dans le sol humide à la recherche de racelles d'un hôte adéquat pour les pénétrer. Le passage d'un état apparemment inactif à celui observé chez les J2 éclos se produit suite à des modifications de l'ultrastructure des amphides qui sont considérés comme étant des chimiorécepteurs chez les nématodes phytophages (**Jones et al, 1994 ; Perry, 1994**). C'est ainsi que les larves explorent les surfaces des racelles pour localiser le site d'attaque (**Fudali et al, 2008**). À l'aide du stylet buccal, les juvéniles pénètrent (**Smant et al, 1997 ; Bekhetia et al, 2005**) à travers les cellules situées près du cortex ou l'endoderme (**Melillo et al, 1990 ; Dhandaydham et al, 2008**), et secrète dans les cellules

de la plante des protéines originaires des glandes subcentrales œsophagiennes dont le rôle est très important dans les événements primaires de cette relation nématode-hôte (**Smant et al, 1997 ; Perry et al, 1989**), modifiant ainsi, localement l'expression de leur génome (**Poch et al, 2006**), et déclenchant la formation de sites spéciaux de nutrition par une substantielle reprogrammation du processus de développement des cellules des radicelles (**Swiecicka et al, 2009**). Ces sites de nutrition appelés « Syncytium » fournissent l'environnement nutritif pour l'accomplissement du cycle de vie du nématode (**Poch et al, 2006**).

À l'intérieure des racines, les juvéniles du deuxième stage se développent en passant par différents stades J2-J3-J4- Mâle/femelle pendant 20 jours avec une température de 20°C (**Moxnes et Hausken, 2007**). Les larves des nématodes *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* ne sont pas prédéterminées à être mâle ou femelle. Le rapport des sexes est dépendant des conditions du milieu (**Mugniery, 1982**).

Le déterminisme sexuel épigénique de *Globodera* a été démontré par l'épuisement successif de toutes les hypothèses possibles (**Mugniery et Fayet, 1984**), toutefois ce caractère a été confirmé pour *Globodera rostochiensis* par (**Mugniery et Balandras, en 1986**) et pour *Globorada pallida* par (**Balandras et al, en 1991**.)

Le dernier stade de développement est le stade adulte qui correspond au gonflement des femelles adultes de sorte que leur partie postérieure fasse éclater la paroi de la racine et immerge à l'extérieur (**Mutiul, 2010**) et à la libération des mâles dans le sol. Ultérieurement, les mâles retournent vers les racines de la plante attirés par les phéromones sexuelles des femelles adultes. Ils fécondent cette dernière. Cette attractivité sexuelle des femelles est plus forte pour les mâles de leur propre espèce que pour les autres (**Mugniery, 1979**).

Les femelles deviennent mûres et saillantes, puis elles s'enkystent et meurent. Les kystes contenant des œufs et des larves s'intègrent au sol. Les kystes y sont conservés pendant plusieurs années et permettent d'assurer plusieurs infestations consécutives.

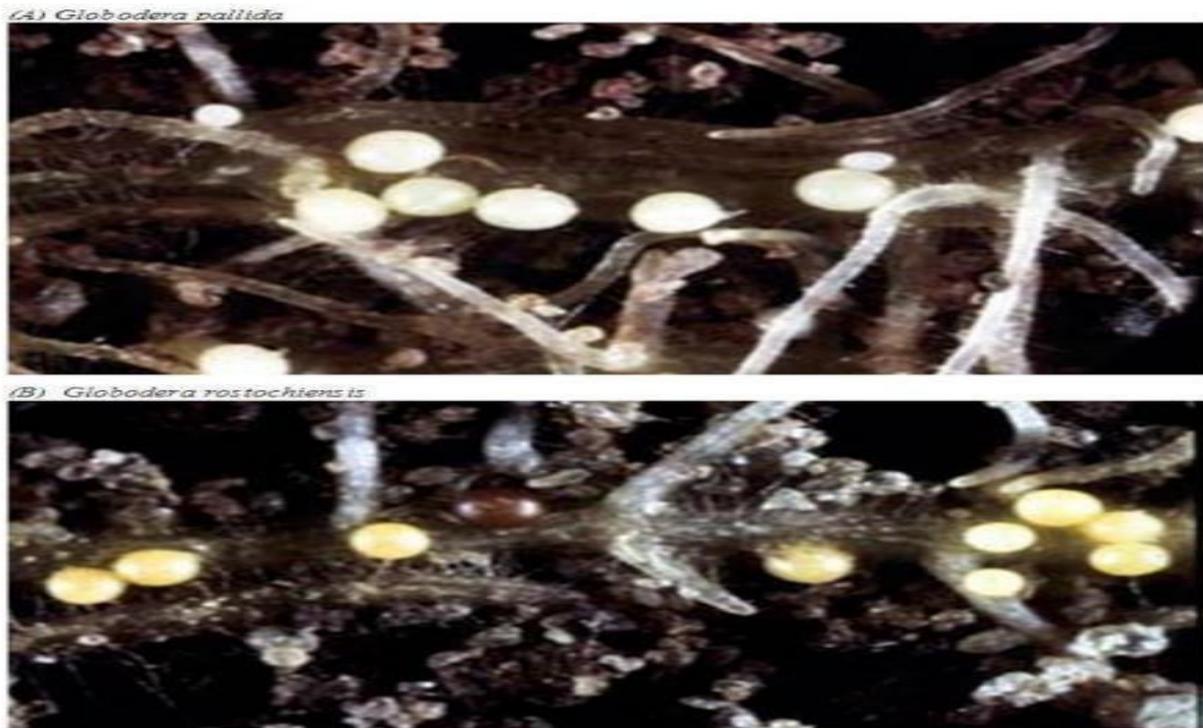


Figure 10 Femelles de *Globodera pallida*(A)et *Globodera rostochiensis* (B)à maturité sur les racines de pomme de terre (Hockland, 2002)

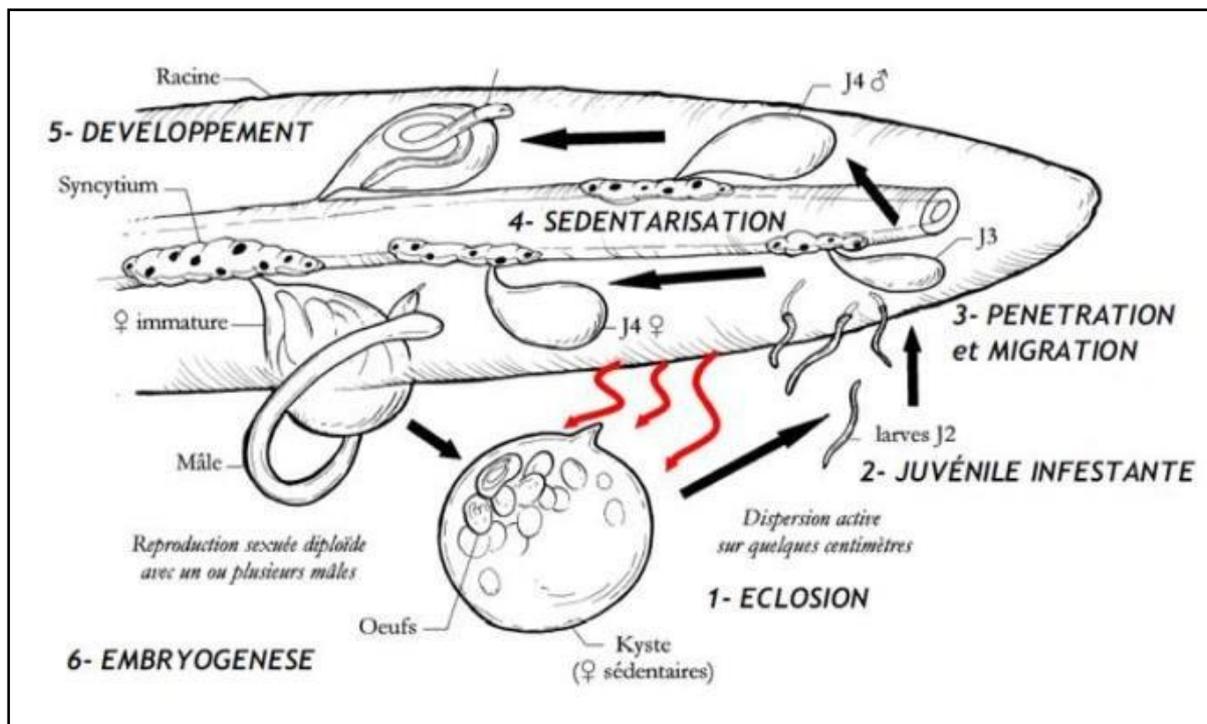


Figure 11 Cycle biologique des nématodes de *G. rostochiensis* et *G. pallida* (Pauline Caster-Picard). (Les flèches rouges symbolisent l'émission d'exsudats radiculaires par la plante hôte qui sont ensuite perçus par les nématodes dans le kyste).

I-2-10-Facteurs édaphiques influençant les nématodes

Comme les nématodes sont des animaux édaphiques, les principaux facteurs influençant les conditions de sol agissent directement ou indirectement sur leur nocivité. Les facteurs les plus importants sont :

- La température
- L'humidité
- La texture du sol
- L'aération
- Les propriétés chimiques du sol.

D'autres facteurs qui influencent la croissance de la plante ont aussi un effet sur les nématodes. De plus, la résistance de la plante et les mauvaises herbes qui entretiennent les populations de nématodes sont en relation directe avec l'augmentation des populations de nématodes et la gravité des dégâts. (**Scurrah. 1977**).

I-2-11-Relation pommes de terre -Nématode à kyste

Les nématodes à kyste de la pomme de terre sont des parasites des racines bien adaptés. La stimulation des exsudats racinaires de l'hôte assure l'éclosion des nématodes uniquement dans des conditions favorables : là où ils peuvent trouver des racines de pomme de terre.

Le deuxième stade larvaire se fraye un chemin à travers les parois des cellules en employant son stylet et pénètre dans les racines en laissant une trainée de cellules brisées. La salive sécrétée par les glandes œsophagiennes entraîne la fusion et l'élargissement des cellules situées près de la tête de la femelle. Ces cellules élargies appelées "syncytia" ou "cellules de transfert", fournissent les femelles en nourriture de manière permanente et sont nécessaires au développement des nématodes. Le développement et le maintien de ces cellules de transfert rivalisent avec la croissance de la plante. De plus, les dégâts occasionnés par les nématodes entraînent une déficience hydrique et un dérèglement du métabolisme nutritionnel.

Les relations entre la pomme de terre-hôte et le nématode à kyste sont contrôlées par :

- la résistance de la variété de pomme de terre, la tolérance de la variété de pomme de terre, la pathogénicité du nématode.

Les facteurs du milieu, tels que la fertilité du sol et les autres facteurs de croissance peuvent modifier l'interrelation existant entre l'hôte et le nématode. (**Scurrah. 1977**).

I-2-12- Lutte sur les surfaces contaminées

Aucun traitement n'existe en agriculture biologique. La lutte est basée sur la prophylaxie. Comme les kystes des nématodes de la pomme de terre peuvent survivre très longtemps, il existe un risque qu'ils se propagent à partir des champs contaminés, par l'intermédiaire de la terre adhérant aux machines ou aux outils, ou encore par l'intermédiaire de plants de pomme de terre. La directive no 1 de l'OFAG concernant la surveillance et la lutte contre les nématodes à kystes de la pomme de terre établit les mesures à prendre.

L'utilisation de substances chimiques est actuellement la méthode de lutte la plus utilisée. Néanmoins, face à l'interdiction progressive et planifiée des nématicides du fait de leur toxicité pour l'environnement ainsi que pour les utilisateurs, il est urgent de proposer des méthodes de lutte alternatives.

I-2-12-1- Prophylaxie :

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

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

I-2-12-2- Lutte culturale

Il existe trois types de lutte culturale :

- ✓ Utiliser des variétés qui résistent le mieux aux attaques de nématodes, certaines variétés sont résistantes à l'une de l'autre comme *Fontane* ou *Maries* pour *G. rostochiensis*, ou encore, *Innovator* pour *G. pallida*, ou *Stronga* pour les deux espèces. « (La culture d'une variété résistante réduit les populations de l'espèce considérée) ».
- ✓ Abaisser le niveau de population au-dessous du seuil de nuisibilité par utilisation de plantes nématicides ou de plantes pièges (**Scholte et al., 2000**).

- ✓ Modifier les pratiques culturales pour éviter la multiplication du nématode : récolte précoce des pommes de terre avant maturité des nématodes, par exemple. Ces méthodes ne sont pas forcément les plus adaptées ou les plus faciles à mettre en place.

En Algérie, les méthodes culturales ne sont pas prises en considération par les agricultures, malgré le programme de vulgarisation et d'avertissement mis en place dans le cadre de l'encadrement phytosanitaire entrepris par les instituts techniques du ministère de l'agriculture (**MADRP, 2013**).

I-2-12-3-Lutte physique

Il existe deux moyens de lutte physique :

- ✓ La solarisation (augmentation de la température du sol, en surface, par bâchage)
- ✓ L'inondation (les nématodes meurent par asphyxie).
- ✓ Le lavage : une technique de décontamination des lots aujourd'hui officiellement reconnue. Les équipements de lavage mobile, ont permis de démontrer qu'une élimination parfaite de la terre adhérent aux tubercules, suivie d'un rinçage rigoureux à l'eau claire, permettait d'éliminer tous les kystes présents à la surface des tubercules.

Ce sont deux moyens très peu utilisés pour des raisons pratiques (manque d'ensoleillement, utilisation des parcelles difficile après inondation, coût)

I-2-12-4-Lutte chimique

Il existe trois types de traitements chimiques :

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

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

Le traitement de semences peut limiter le développement de la maladie qui provient de celles-ci, mais ce traitement n'aura pas d'effet contre un organisme qui se développe à partir du sol. Bien que ceux-ci ne remplacent pas les moyens de lutte préventive, ils peuvent aider à réduire les dommages causés au moment de la levée (**Boulet, 2014**).

I-2-12-5-Lutte biologique

Au cours des deux dernières décennies, de nombreux travaux ont été menés dans le but de rechercher des méthodes de protection des rendements, plus respectueuses pour la santé humaine et pour l'environnement (Ngamo et Hance, 2007).

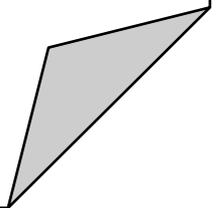
Avec l'avènement des techniques de biologie moléculaire et dans le cadre de la recherche des méthodes alternatives de protection des cultures, plusieurs laboratoires académiques et publics ainsi que des entreprises privées dans le monde, se sont intéressés au développement de la lutte biologique, associée souvent l'utilisation des biopesticides (Dufour et al, 2009).

Dans ce sens, la recherche effectuée en serre et sur le terrain a montré ces derniers résultats, que :

- ✓ Certains micro-organismes sont connus pour contrôler des nématodes phytoparasites des genres *Globodera*, *Meloidogyne* et *Pratylenchus*
- ✓ Champignons du sol : prédateurs (*Arthrobotrys irregularis*) ou parasites des nématodes (*Paecilomyces lilacinus*) peut réduire sensiblement la présence du nématode à kystes
- ✓ Certaines bactéries du genre *Bacillus* ou *Pasteuria*
- ✓ Les plantes nématicides et leurs « toxines », chez les Algues, les Spongiaires et les Coraux.
- ✓ Les Champignons ovicides, ces Champignons ont la propriété de tuer les œufs des Nématodes. Parmi eux, *Paecilomyces lilacinus* et *Verticillium Chlamydosporium* ont fait l'objet d'études approfondies.
- ✓ Les endomycorhizes à vésicules et à arbuscules. Les mycorhizes sont des champignons associés aux racines des végétaux, certaines protègent la plante contre les Nématodes. Leur emploi en lutte biologique est à l'étude (J. Cayrol, INRA.,20).

Si ces méthodes semblent parfois efficaces au laboratoire et en milieu clos (sous serre), elles paraissent difficilement applicables au champ du fait de la présence d'antagonistes potentiels dans l'environnement (ROUAG.,2021).

CHAPITRE II
MATÉRIELS ET METHODES



II-1-MATERIELLES ET METHODES

II-1-1- Présentation de lieu de stage

Le présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire de Nématologie et mycologie du siège de la station régionale de la protection des végétaux (SRPV) de Draa Ben Khedda Wilaya de Tizi Ouzou. La station régionale de la protection des végétaux (SRPV) est une institution étatique spécialisée dans la protection des végétaux dans le secteur agricole qui est une station régionale à l'institut nationale de protection des végétaux (INPV) qui est un établissement public à caractère administratif doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, sous tutelle du Ministère de l'Agriculture située à Alger El Harrach. Le SRPV assure au niveau régional la mission d'appui technique, de surveillance phytosanitaire et de vulgarisation en protection des cultures dans le secteur agricole à travers les wilayas de la circonscription, à savoir Tizi Ouzou, Bejaïa et Bouira. Les prospections ont concerné plusieurs régions à vocation cultural de la pomme de terre, mais nous n'avons pas exclu les petites parcelles car il s'agit principalement de mettre en évidence les nématodes à kystes de la pomme de terre du genre *Globodera sp* dans les wilayas de Tizi Ouzou (Ifigha, Mekla) et Bouira (El Asnam, Ain Bessem). Le seul critère du choix de la parcelle est la présence de pomme de terre comme culture en cours.

II-1-1-2- Situation géographique de la SRPV de Draa Ben Khedda

Draa Ben Khedda (anciennement Mirabeau durant la période colonial française) : est une commune de Wilaya de Tizi Ouzou, située à 11 Km à l'ouest de Tizi Ouzou et environ 90 Km en l'est d'Algérie.

Démographie : 31382 hab. Densité : 939 ha/Km². Coordonnées géographiques : 36°4406 Nord ; 3°5720 Est. Superficie : 33,41Km³.



Figure 12 La situation géographique A :de DBK, B :de SRPV (Google Maps)

Tableau 4 Information sur les parcelles prospectées

Wilaya	Communes	Cultures précédentes	Structure de sols	Etage Climatique
Bouira	El Asnam	Céréales	Argileux-sableux	Subhumide
	Ain Bessem	Céréales	Argileux-limoneux	
Tizi Ouzou	Ifigha	Jachère	Argileux	Subhumide
	Mekla	Jachère	Argileux	

Les informations sur certaines régions en Algérie, en particulier les wilayas de Bouira et Tizi Ouzou. Chaque wilaya est composée de plusieurs communes, dont quelques exemples sont mentionnés, tels que El Asnam dans la wilaya de Bouira, Ain Bessem dans la même wilaya, et Ifigha et Mekla dans la wilaya de Tizi Ouzou.

Les données mentionnent également les cultures précédentes et la structure des sols de chaque commune. Dans la commune d'El Asnam, les cultures précédentes sont des céréales, et la structure des sols est décrite comme argileux-sableux. Dans la commune d'Ain Bessem, les cultures précédentes sont également des céréales, mais la structure des sols est argileuse-limoneux. Dans la commune d>Ifigha, il est indiqué que la terre est en jachère, c'est-à-dire qu'elle n'est pas cultivée activement. Les sols sont décrits comme argileux. Pour la commune de Mekla, les cultures précédentes sont également en jachère, et les sols sont décrits comme argileux.

En ce qui concerne l'étage climatique, les données indiquent que Bouira et Tizi Ouzou se trouvent dans un climat subhumide. Cela signifie qu'il y a une quantité modérée de précipitations et d'humidité dans ces régions.

II-1-2-Matériel d'échantillonnage

Pour réaliser une analyse nématologique est nécessaire pour évaluer l'état d'infestation de quelques parcelles cultivées en pomme de terre appartenant à différentes régions par les nématodes à kystes du genre *Globodera sp.* Cette technique permet une estimation quantitative des populations de nématodes présents dans le sol, ainsi que leur identification. L'analyse nématologique passe par trois phases successives et complémentaires (Merny et Luc, 1969) :

- L'échantillonnage de sol.
- L'extraction des kystes.
- La récolte et le comptage des kystes.

Les matériels nécessaires au prélèvement du sol est le suivant :



Figure 13 Matériel d'échantillonnage A- Une tarière. B- Des sachets en plastique .C- Une balance (Original)

II-1-2-1-Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage est une étape très importante dans l'analyse de la nématofaune. Ainsi, selon (Merny et Luc (1969), l'échantillonnage doit être réalisé d'une manière représentative afin d'obtenir des résultats significatifs. La méthode que nous avons retenue est l'échantillonnage aléatoire. De ce fait, le nombre d'échantillons collectés doit couvrir la variabilité due aux nématodes. Dans ce cas, il faut diviser les grandes surfaces en parcelles élémentaires de 500m². Afin d'assurer une représentativité suffisante de la distribution des nématodes dans le champ, 40 sous-échantillons (prises) sont mélangés pour constituer l'échantillon global qui est environ de 2kg de sol. Les échantillons de sol sont prélevés entre 10cm et 30cm de profondeur

À l'aide d'une tarière et mis dans des sacs, puis étiquetés et enfin conservés au réfrigérateur avant l'analyse. Une fiche de renseignements comprenant des informations sur l'échantillon : la date de prélèvement, le lieu, la culture, la variété, le précédent, la superficie a été à chaque fois établie. Les échantillons sont ensuite acheminés vers le laboratoire Nématologie de SRPV (Tizi Ouzou). Ils sont desséchés puis pesés afin de procéder à leur analyse.

NB : le sol doit être sec avant de l'extraction, pour cela on apporte un papier journal et on ouvre le sol dessus et on le laisse sécher pendant 48h ou bien une semaine si le temps est humide.



Figure 15 prélèvement du sol



Figure 14 parcelle de pomme de terre
Tizi Ouzou (Original)

II-1-3-Matériel d'extraction des kystes

Dans le but de séparer les kystes de *Globodera* des autres matériaux du sol, nous avons utilisé la méthode classique décrite par **Fenwick (1940)** sur l'appareil modifié par **Oostenbrink (1960)** (**Nakachian et Jacquemont, 1971**). Le matériel utilisé est le suivant :

- Un appareil de Fenwick
- Une passoire de 1 mm de maille
- Un tamis de 250 μm
- Du papier filtre
- Des entonnoirs portés par des Erlenmeyer
- Des boîtes de Pétri et une pissette

II-1-3-1-Méthode d'extraction

Pour l'extraction, nous avons utilisé la technique de **Fenwick (1940)** qui est basée essentiellement sur le principe de flottaison des kystes (basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau).

Les kystes secs, quel que soit leur contenu, ont une densité inférieure à 1. Ainsi, les kystes pleins et humides sédimentent très vite alors que les kystes secs flottent à la surface de l'eau, ce qui permet de les récupérer facilement (**Nakachian et Jacquemont, 1971**). D'abord on verse dans la passoire (1mm de maille) est entraîné par un jet d'eau dans le corps de l'appareil. Les gros éléments restent dans la passoire, les kystes et les particules fines sont entraînés dans le récipient où ils flottent et débordent à travers la gouttière de l'appareil dans un tamis de 250µm.

L'apport de l'eau est maintenu jusqu'à l'éclaircissement de l'eau qui déborde du récipient.

Le refus du tamis est récupéré à l'aide du jet d'eau d'une pissette sur un papier filtre tapissant l'entonnoir porté par un Erlenmeyer. Ce refus est examiné sous une loupe binoculaire pour la collecte des kystes.



Figure 16 Appareil de FENWICK (A)- Corps de l'appareil, (B)-Passoire de 1mm, (C)- Tamis 250 µm, (D)-Entonnoir. (Original).

II-1-3-2- Mode opératoire

L'extraction des kystes telle décrite par **Nakachian et Jacquemont (1971)** et **Bachelier (1978)** consiste à entraîner le sol séché à travers une passoire de 1 mm dans le corps de l'appareil par un jet d'eau. (Fig. 17)



Figure 17 Ecoulement du refus sur tamis de 250 μm (Original)

La passoire laisse passer les particules fines, tandis que les grosses particules minérales et végétales sont retenues. Les kystes qui flottent à la surface de l'eau sous l'action d'une impulsion du courant ascendant vont être entraînés dans la gouttière pour s'écouler sur le tamis. Le refus du tamis sera récupéré à l'aide de jets d'eau d'une pissette sur un papier filtre tapissant un entonnoir porté par un Erlenmeyer (Fig 18)



Figure 18 Récupération de refus (matière organique + kystes) (Original)

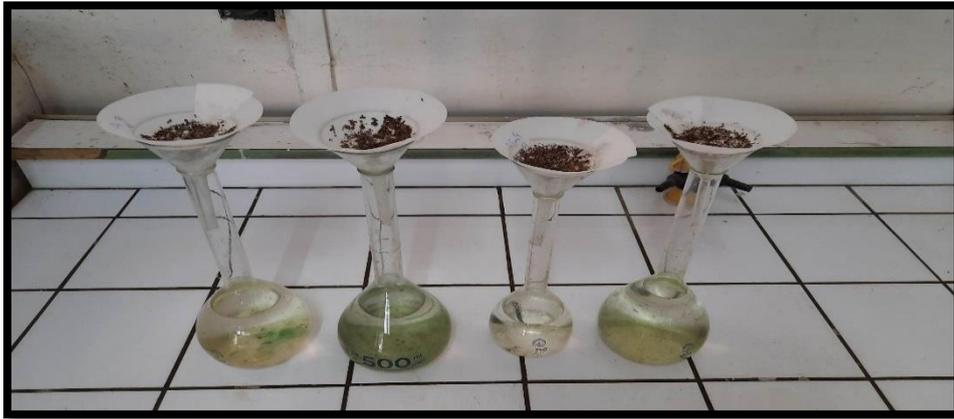


Figure 19 le contenu du papier filtre entrain d'égoutté (Original).

Lorsqu'il est bien égoutté, le contenu du papier filtre est placé dans une boîte de Pétri pour la récolte des kystes.

II-1-4- Matériel de récolte des kystes

Le matériel utilisé pour la récolte des kystes est le suivant :

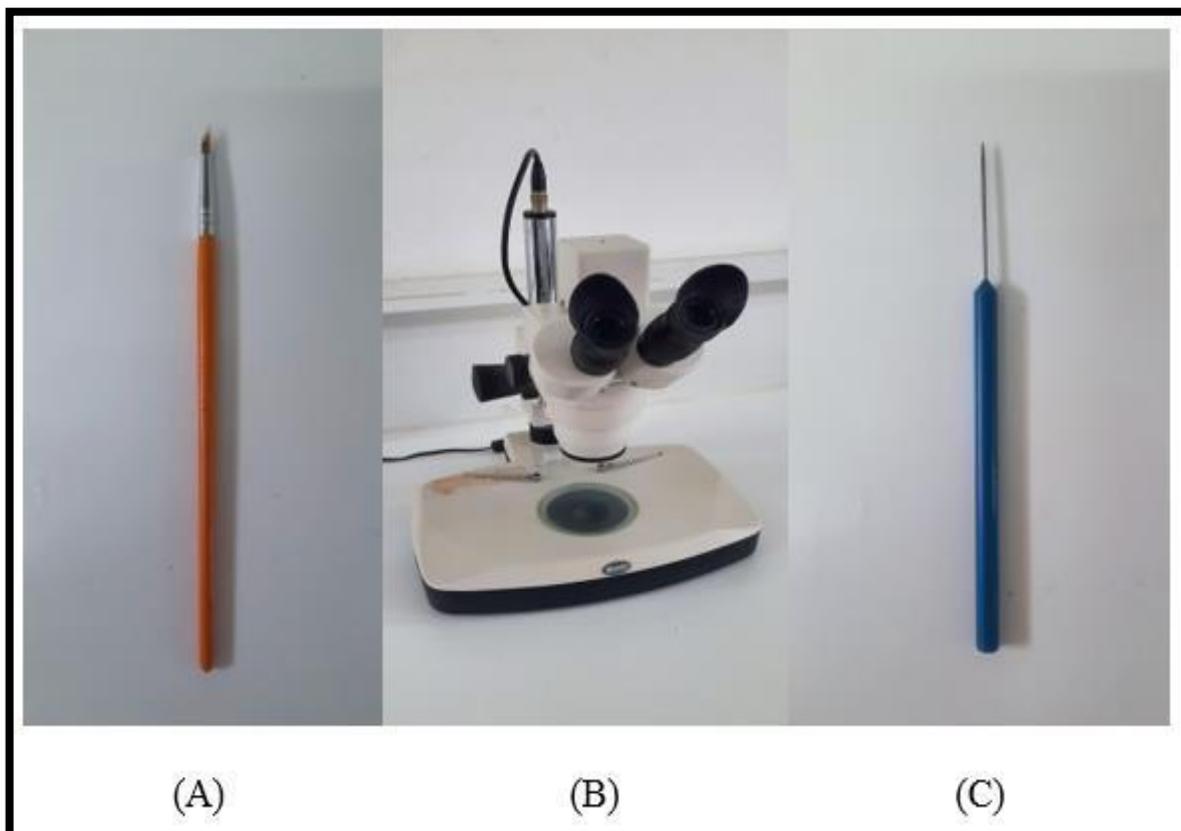


Figure 20 A) Un pinceau. B) Une loupe binoculaire C) une épingle (Original).

II-1-4-1 Méthode de récolte

Les kystes en mélange avec la matière organique sont placés dans une boîte de Pétri et examinés sous loupe binoculaire (Gr. 10 x1,6) (**Fig 21**). Les kystes sont séparés des particules qui les englobent à l'aide d'une aiguille et d'un pinceau et sont transposés dans une autre boîte.

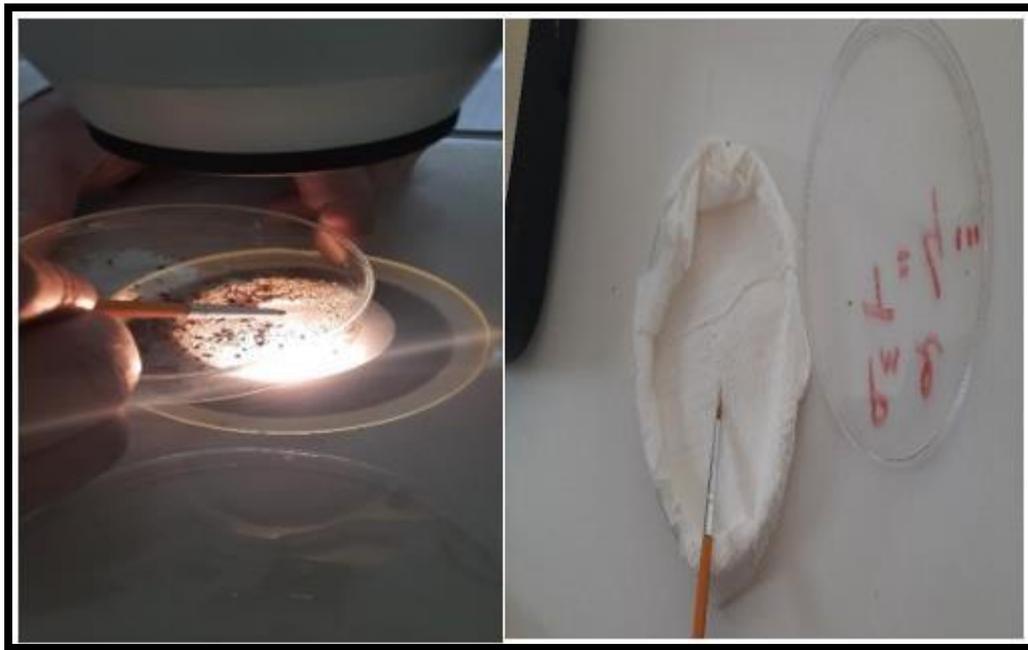


Figure 21 Récolte des kystes. (Original)

II-1-4-2- Calcul des degrés d'infestation

Le degré de l'infestation est calculé selon le nombre d'œufs ou de larves dans un gramme de sol (**Wolfgang, 1991 in Djebroune, 2013**). Le nombre d'œufs chez *Globodera* sp. Est de 200 à 300 œufs/kyste selon **Greco (1988)**, alors que ce nombre est de 200 à 500 d'après Evans (1993) et peut arriver jusqu'à 1500 lors des conditions extrêmes (**Moxens et Hausken, 2007**).

Nous allons adoptés le chiffre de **Djebroune (2013)** pour la raison d'origine de la grande partie de la semence cultivée dans la région et qui paraît logique. Sachant que **Mugniery (1975)** a estimé le seuil de nuisibilité des *Globodera* sp. À 10 L2/g de sol.

II-1-5-Méthode d'éclosion

Après avoir récolter les kystes de chaque région, nous mettons un kyste entre la lame et lamelle et lentement et doucement nous appuyent jusqu'à ce qu'il éclate, puis nous le mettons sous microscope pour voir et observer s'il est plein ou vide, Matériel utiliser (**Annexe 01**)

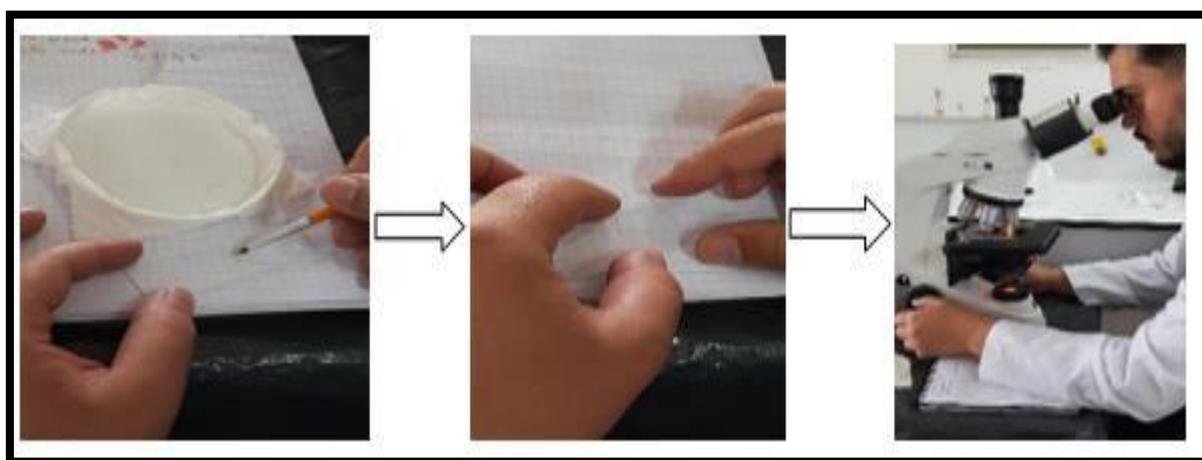


Figure 22 Les étapes de l'éclosion (Original)

II-2-Isolement de la microflore fongique et bactérienne à partir des kystes *Globodera* sp

Nous avons pris 5 kystes prélever dans chaque parcelle située dans les quatre communes : El Asnem (Bouira) -Ain Bessem (Bouira) – Ifigha (Tizi Ouzou) – Mekla (Tizi Ouzou).



Figure 23 Kystes de *Globodera* sp (Original)

II-2-1-Préparation milieu de culture PDA (Potato dextrose Agar)

La gélose dextrose à la pomme de terre (PDA pour Potato dextrose agar) est un milieu de culture microbiologique courant produit à base d'infusion de pomme de terre et de dextrose.

C'est le milieu de culture le plus largement utilisé pour cultiver des mycètes et des bactéries qui attaquent les plantes vivantes ou la matière organique végétale en décomposition

II-2-1-1-Matériels utilisés

Le matériel non biologique utilisé dans notre expérimentation est composé de verreries, d'appareillage et de réactifs chimiques, présentées dans (Tab 05).

Tableau 5 Matériels non biologiques utilisés dans la préparation de milieu PDA.

Matériels	Produits
Bec Bunsen	20 g de glucose
Béchers	20 g de gélose
Boîtes de pétri	Ethanol 70 %
Embouts stériles	Eaux distillées
Entonnoir	
Erlenmeyers	
Flacons en verre	
Micro pipette	
Papier wattman	
Pince	
Pipettes graduées	
Spatule	
Scalpel	
Tube à essai	

II-2-1-2-Le protocole de préparation (SRPV)

Dissoudre 20g d'agar-agar dans 300 ml d'eau distillée, homogénéiser la solution.

Peser 200g de pomme de terre, éplucher la pomme de terre, mélanger 200g de pomme de terre bien découpé avec 300 ml d'eau distillée

Bouillir à 100° C pendant 20 à 25 minutes, ensuite recueillir l'eau de la pomme de terre environ 300 ml.

Les 300 ml de l'eau venant de la pomme de terre est mélangé à 300 ml de la solution agar - agar.

Ajuster ensuite le volume du mélange au moyen de l'eau distillée jusqu'à 1000 ml.

Auto - claver le mélange à la température de 120° C, la pression de 1,2 bar pendant 20 minutes. Sous hotte à flux laminaire, couler la solution obtenue sur des boîtes de Pétri.

Laisser sécher pendant 24 à 48 heures

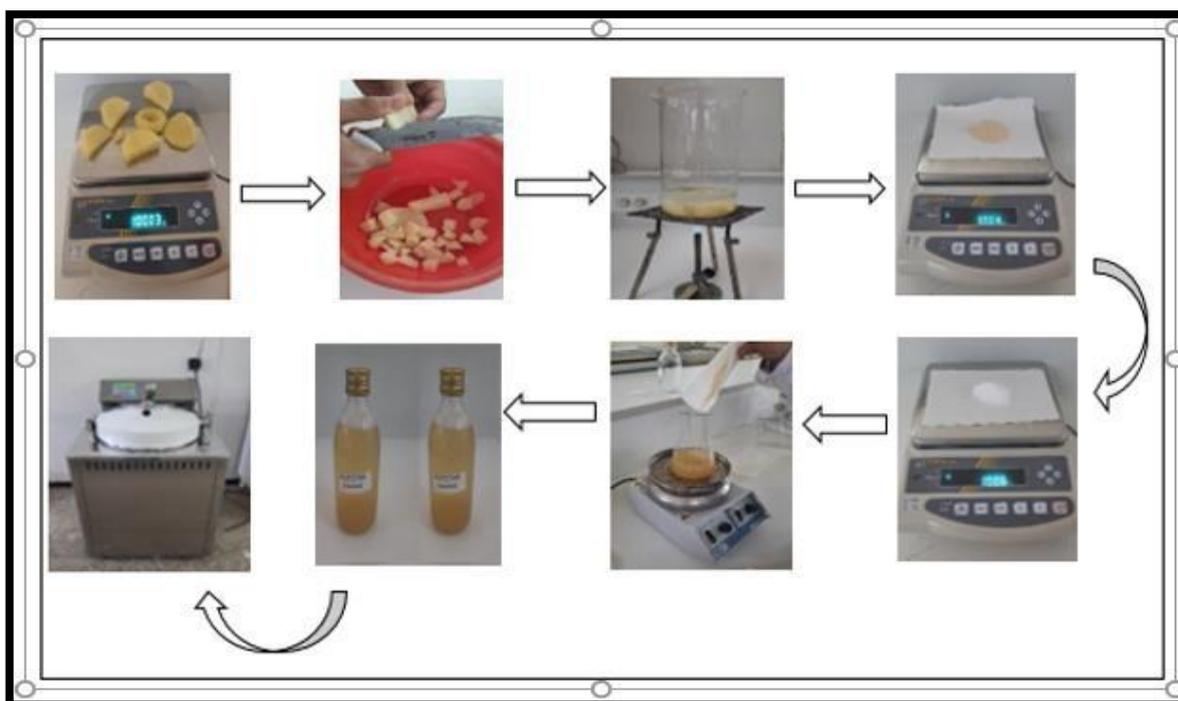


Figure 24 Préparation de milieu PDA-Protocole de SRPV (Original)

II-2-2-Matériels d'ensemencement des kystes

Matériel utiliser (annexe 2).



Figure 25 Parafilm-Boîtes de pétri-Eau javéliser à 1%- -L'eau distillée stérile-Alcool – Milieu PDA -Pinceau- Pissette-Lame.(Original)

II-2-3-Ensemencement des kystes

Les kystes prélevés du sol de différentes parcelles sont désinfectés préalablement dans une solution d'eau Javel à 1% pendant 5 minutes et sont rincés trois fois successives avec l'eau distillé stérile

- 1- Le premier rinçage à 2 minutes.
- 2- Le deuxième rinçage à 3 minutes.
- 3- Le troisième rinçage à 5 minutes.

Les kystes sont ensuite séchés sur papier Wattman stérile pendant 10 minutes et ensemencés directement dans des boites de pétri contenant le milieu PDA, à raison d'un kyste par boite de pétri. Pour chaque parcelle étudiée, nous avons réalisé 5 répétitions, soit un total de 20 kystes ensemencés.

Toutes les manipulations ont été réalisées aseptiquement devant un Bec Bunsen, les boites de pétri sont incubées à une température de 25°C.

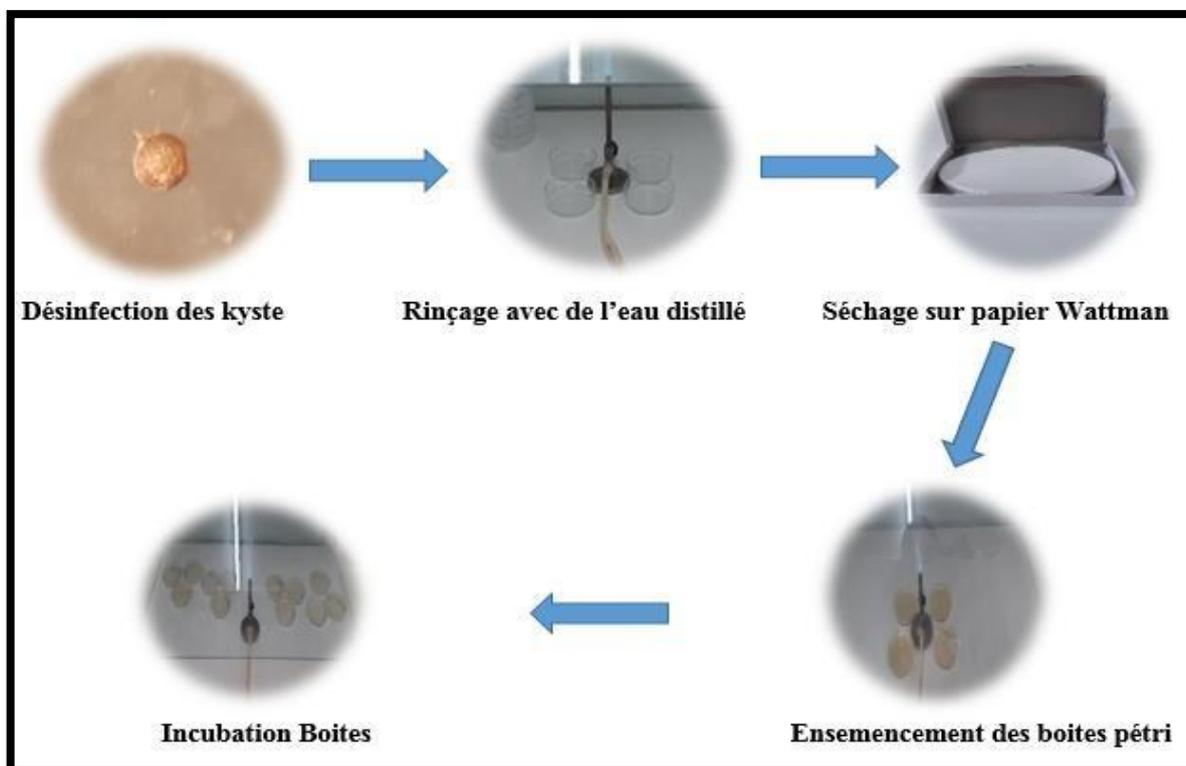


Figure 26 Étapes d'ensemencement des kystes de *Globodera* sp. (Original).

II-3-Ensemencement de bactérie

Nous avons isolé les colonies bactériennes obtenue par réensemencement sur le milieu LPGA pour les enrichies, selon la méthode en stries à l'aide de pipette une température de 27 °C pendant 24 à 48h. et puis nous avons fait la purification pour obtenir des colonies pures en utilisant la méthode en trois strier.

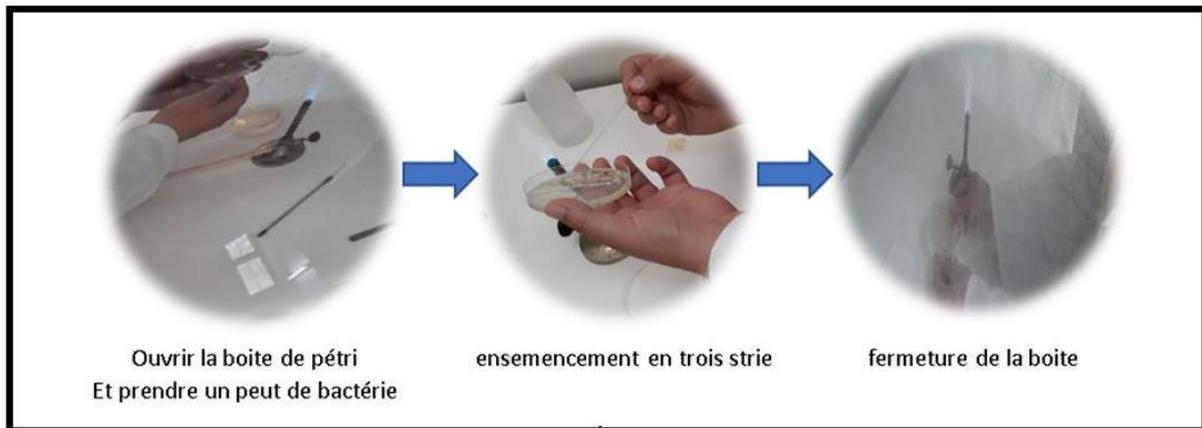


Figure 27 purification des bactéries méthode en trois stries. (Original)

II-3-1-Préparations de Milieu LPGA :

La préparation a été réalisée au laboratoire de Mycologie de SRPV selon le protocole établi par l'OEPP (Organisation Euro-méditerranéenne de la Protection des Plantes) en 2013. Un milieu LPGA (Levure Peptone Glucose Agar) est utilisé., il est Composé de :

- Extrait de levure 5 g - Peptone 5 g - Glucose 10 g - Eau distillée 1000 ml Stériliser 20 minutes à 120°C.

Après incubation à 37°C pendant 48 h, les boîtes de Pétri des différentes communes sont examinées à l'œil nu. On observe alors des colonies bactériennes distinctes en couleurs et en aspect.

II-3-2--dentification des bactéries II-3-2-1-Coloration de Gram

La coloration de Gram est une coloration classique en microbiologie. Elle permet de distinguer deux (2) types de bactéries, les bactéries en Gram négatifs (G-) et les bactéries en Gram

Positives (G+). Celles-ci diffèrent de part de la composition de leur paroi, notamment par l'épaisseur du peptidoglycane, ou la présence d'une membrane externe. (Larpent *et al.*, 1990)

II-3-2-2-Le matériel nécessaire pour la Coloration de Gram



Figure 28 Matériels utilisés dans la coloration de gram Violet de Gentiane- Iode- Alcool acétone 95% - Colorant Safranine - L'eau Oxygénée - Lames de verre - Pissette d'eau - pince (Original)

II-3-2-3-Technique de Coloration

a. Faire un frottis

1. Nettoyer une lame à l'alcool.
2. Déposer une goutte de H₂O sur la lame.
3. Toucher une colonie à l'aide d'une pointe jaune ou d'un cure-dent stérile pour prélever des bactéries. Il n'est pas nécessaire de prendre beaucoup de bactéries
4. Frotter la pointe dans la goutte d'eau. Laisser sécher à l'air.
5. Passer 3 fois la lame dans la petite flamme (veilleuse) du bec Bunsen pour fixer l'échantillon à la chaleur.

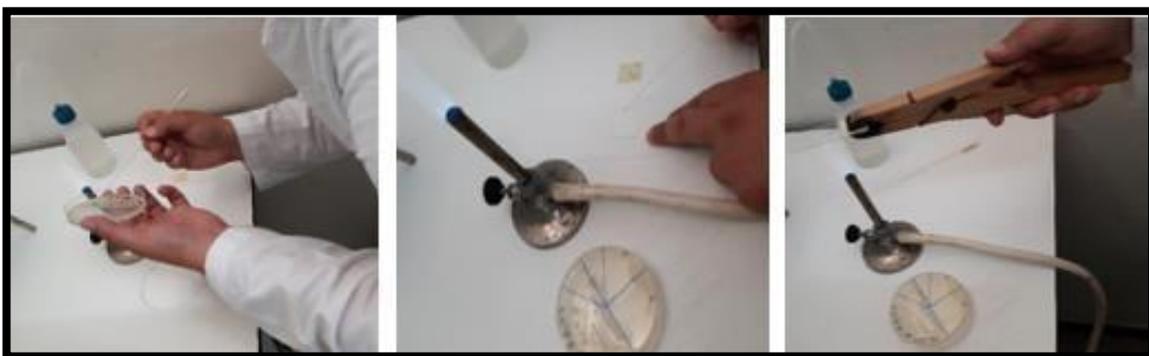


Figure 29 Faire un frottis (Original)

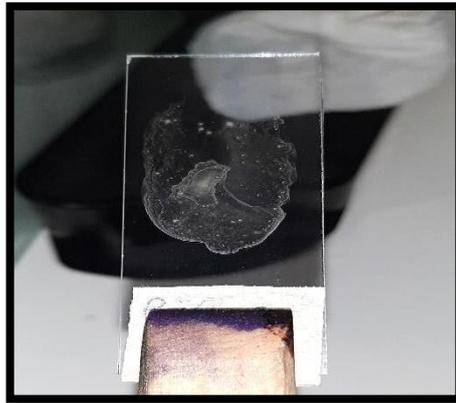


Figure 30 Exemple de frottis obtenus (Original)

Coloration et explications (mettez des gants)

1. Coloration par le violet de gentiane ou cristal violet. Laissez agir de 30 secondes à 1 minute, puis rincez à l'eau
2. Mordantage au Lugol, recouvrez de Lugol et laissez agir le même temps que le violet de gentiane, rincez à l'eau déminéralisée
3. Décoloration (rapide) à l'alcool + acétone. Cette l'étape est la plus importante de la coloration. Ne versez goutte à goutte l'alcool ou un mélange alcool-acétone sur la lame inclinée obliquement, et surveillez la décoloration qui doit être rapide. Le filet doit être clair à la fin de la décoloration. Rincez abondamment avec de l'eau déminéralisée pour stopper la décoloration.
4. Recoloration à la safranine ou à la fuchsine. Mettez de l'eau distillée sur la lame et quelques gouttes de fuchsine. Laissez agir de 30 secondes à 1 minute. Lavez doucement à l'eau déminéralisée
5. Observez avec une goutte d'huile à immersion objectif 100 (grossissement $\times 1000$)

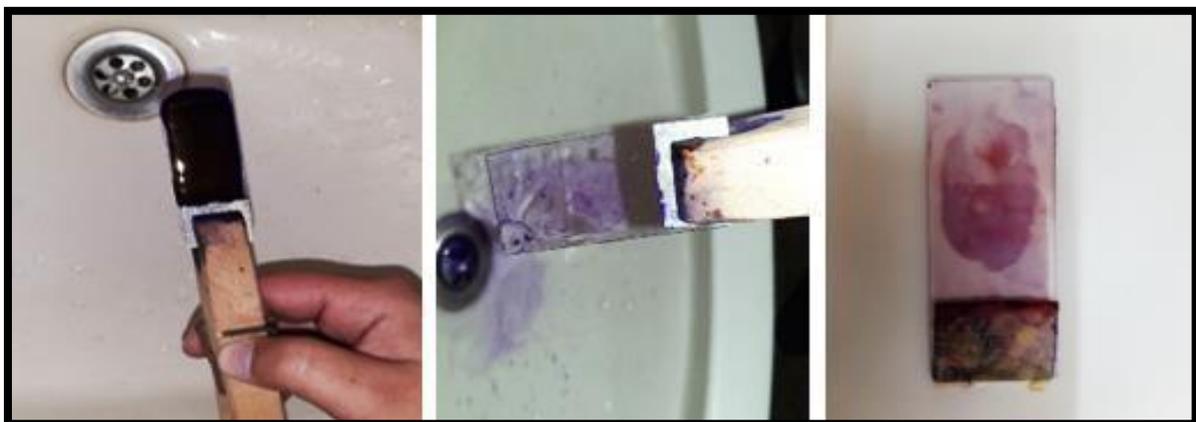


Figure 31 Coloration de Gram (Original)

II-3-3- Test de Catalase

La catalase est une enzyme qui a la propriété de décomposer l'H₂O₂ peroxyde d'hydrogène. La méthode consiste à déposer sur une lame une goutte d'eau oxygénée puis, à l'aide d'une pipette boutonnée, étaler l'inoculum bactérien. Lorsqu'il y a apparition de bulles d'air et dégagement gazeux, cela témoigne de la présence de l'enzyme catalase (**Bouacem,2021**).

Cette enzyme est produite en abondance par les bactéries à métabolisme respiratoire qui peuvent détruire les peroxydes. La catalase est une enzyme qui catalyse :



II-3-3-1- Méthode de test de Catalase

1. Sur une lame propre et sèche déposer une goutte eau oxygénée à 10 volumes
2. A l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée, ajouter l'inoculum bactérien
3. Observer immédiatement.
4. Au contact d'une colonie isolée ou sur la pente d'une culture en gélose, déposer une goutte d'eau oxygénée
5. Observer immédiatement.

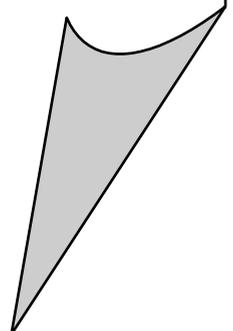


Figure 32 récupération de l'inoculum (original)



Figure 32 mettre l'inoculum sur la lame en verre (original)

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSIONS



III-RESULTATS

III-1-Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol

III-1-1-Dénombrement des kystes et estimation de la fréquence de l'infestation :

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

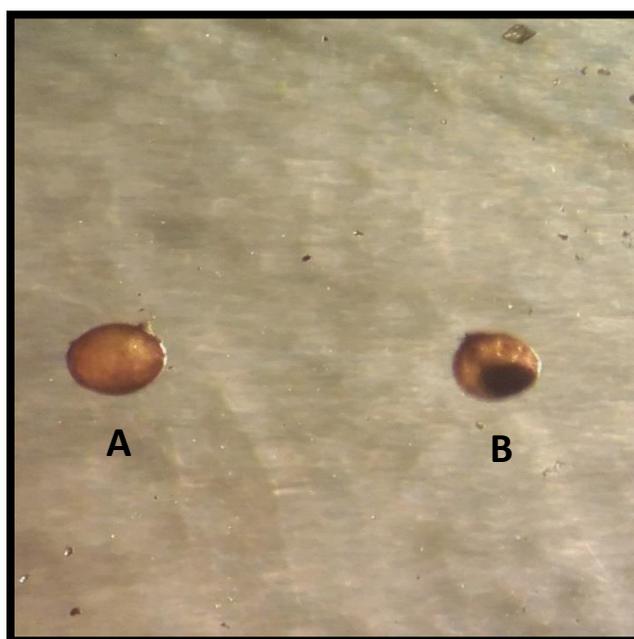


Figure 33 Kyste non éclater A- kyste vide B- kyste pleins (Original)

III-1-2-Fréquence de l'infestation de *Globoderasp*. Dans les communes prospectées :

Au cours de notre travail, l'échantillonnage qui s'est fait au niveau de quatre (04) communes productrices de la semence de pomme de terre dans la région du Bouira et Tizi Ouzou à raison de une parcelle par communes et un échantillon par parcelle. Les résultats sont représentés dans le tableau 1

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

Les fréquences *globodera*. Dans les communes prospectées sont représentées dans le tableau.

Tableau 6 Fréquence Globodera. Dans l'ensemble des échantillons

Wilaya	Communes	Nombre des parcelles prospectées	Nombre d'échantillons prélevés	Poids (kg)	Nombre des parcelles infestées	Pourcentage d'infestation
Bouira	El Asnam	1	1	2	1	100%
	Ain Bessem	1	1	2	1	100%
Tizi Ouzou	Ifigha	1	1	2	1	100%
	Mekla	1	1	2	1	100%

Les informations données pour les wilayas de Bouira et de Tizi Ouzou, Dans chaque cas(commune), une seule parcelle a été prospectée, un seul échantillon a été prélevé, le poids total des échantillons était de 2 kg, et toutes les parcelles prospectées étaient infestées par Globodera. La présence des kystes donne une fréquence d'infestation de 100%.

III-1-3-Etat d'infestation des parcelles de pomme de terre par *Globodera sp.* Dans les communes prospectées :

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau, pour estimer l'infestation moyenne des quatre régions étudiées, nous avons procédé au pourcentage et comptage des kystes pleins et vides ainsi que la densité et le degré d'infestation des différentes communes prospectées. :

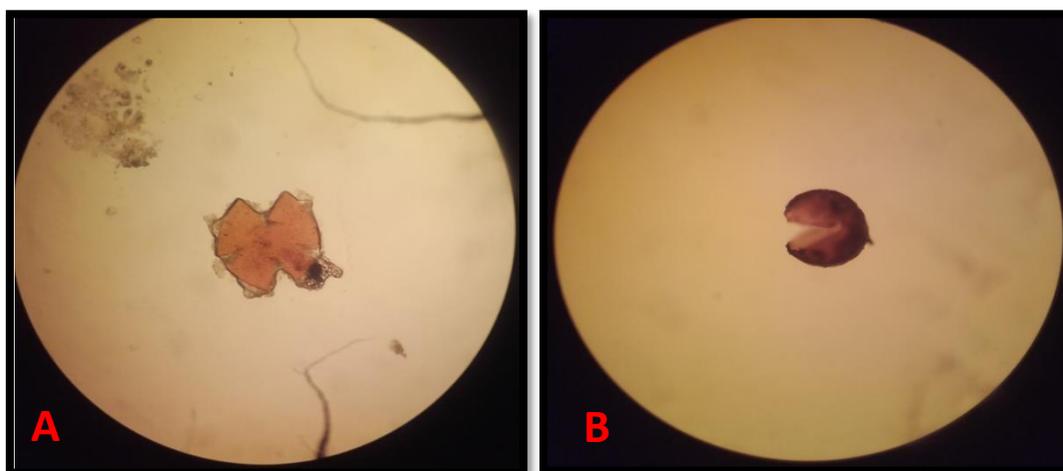


Figure 34 kyste éclaté sous microscope A) kyste plein B) kyste vide x40

Tableau 7 Etat d'infestation des parcelles de pomme de terre par Globodera sp. Dans les communes prospectées

Wilaya	Communes	Nb. kystes pleins	Nb. kystes vides	Total des kystes	% des kystes pleins	% des kystes vides	Densité (Nb. kystes pleins/100g de sol)	Degré d'infestation n (Nb. L2/g de sol)
Bouira	El Asnam	193	61	254	75.98	24.02	9.65	34.74
	Ain Bessem	171	66	237	72.15	27.85	8.55	30.78
Tizi Ouzou	Ifigha	40	81	121	33.06	66.94	2	7.2
	Mekla	33	97	130	25.38	74.62	1.65	5.94

Dans la commune de Bouira (El Asnam), il y a un total de 254 kystes. Parmi eux, 193 sont des kystes pleins et 61 sont des kystes vides. Cela signifie que les kystes pleins représentent 75,98 % du total, tandis que les kystes vides représentent 24,02 %. La densité des kystes pleins est de 9,65, ce qui indique qu'il y a environ 9,65 kystes pleins pour chaque 100 grammes de sol. Le degré d'infestation est de 34,74, ce qui représente le nombre de larves de stades L2 (deuxième stade larvaire) par gramme de sol.

Dans la commune de (Ain Bessem), on trouve un total de 237 kystes. Parmi eux, 171 sont des kystes pleins et 66 sont des kystes vides. Le pourcentage de kystes pleins est de 72,15 %, ce qui est similaire à la commune de Bouira (El Asnam). Le pourcentage de kystes vides est de 27,85 %. La densité des kystes pleins est de 8,55 et le degré d'infestation est de 30,78.

Pour la région d>Ifigha, on a observé un total de 121 kystes. Parmi ceux-ci, 40 étaient des kystes pleins et 81 étaient des kystes vides. Le pourcentage de kystes pleins par rapport au total des kystes était de 33,06%, tandis que le pourcentage de kystes vides était de 66,94%. On a également noté une densité de 2 pour les kystes pleins et un degré d'infestation de 7,2.

Pour la région de Mekla, le total des kystes observés était de 130. Parmi eux, 33 étaient des kystes pleins et 97 étaient des kystes vides. Le pourcentage de kystes pleins par rapport au total des kystes était de 25,38%, tandis que le pourcentage de kystes vides était de 74,62%. La densité des kystes pleins était de 1,65 et le degré d'infestation était de 5,94.

Ces données indiquent que dans les deux régions, le pourcentage de kystes vides est plus élevé que le pourcentage de kystes pleins. Cela suggère une faible prévalence de kystes pleins par rapport aux kystes vides dans ces localités. La densité des kystes pleins indique le nombre moyen de kystes pleins par unité de mesure, et le degré d'infestation reflète le niveau global d'infestation parasitaire.

Les communes d'El Asnam et d'Ain Bessem dans la wilaya de Bouira sont plus fortement infestées par des kystes pleins de *Globodera* sp., avec des densités plus élevées et des degrés d'infestation plus importants. En revanche, les communes d'Ifigha et de Mekla dans la wilaya de Tizi Ouzou présentent des infestations plus faibles, dominées par des kystes vides, et des densités et degrés d'infestation relativement plus bas.

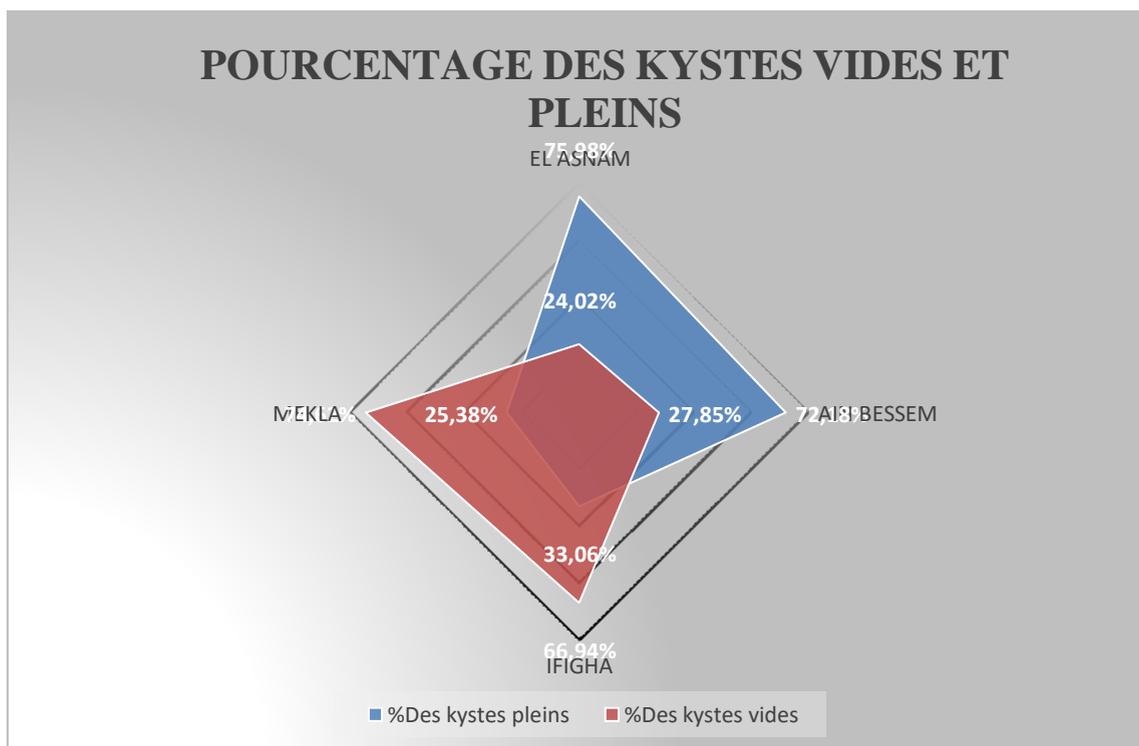


Figure 35 Les pourcentages de kystes pleins et vides des communes prospectées.

La commune de El Asnam (Bouira) présente un pourcentage élevé de kystes pleins (75.98%) par rapport aux kystes vides (24.02%). Cela suggère une prédominance des kystes pleins dans cette région.

De même, la commune de Ain Bessem affiche également un pourcentage significatif de kystes pleins (72.15%) par rapport aux kystes vides (27.85%). Cette tendance est similaire à celle observée à El Asnam.

En revanche, la commune d’Ifigha (Tizi Ouzou) présente une répartition inverse, avec un pourcentage élevé de kystes vides (66.94%) par rapport aux kystes pleins (33.06%). Cela indique une prévalence plus importante de kystes vides dans cette région.

La commune de Mekla (Tizi Ouzou) montre également une prédominance des kystes vides, avec un pourcentage élevé de 74.62%, tandis que le pourcentage de kystes pleins est plus faible à 25.38%.

Le pourcentage d’infestations de la wilaya de Bouira est plus élevés par rapport la wilaya de Tizi Ouzou.

III-1-4-Les résultats obtenus pour la comparaison entre la densité et le degré d’infestation des parcelles de pomme de terre par *Globodera sp* sont représentés dans la Fig 37

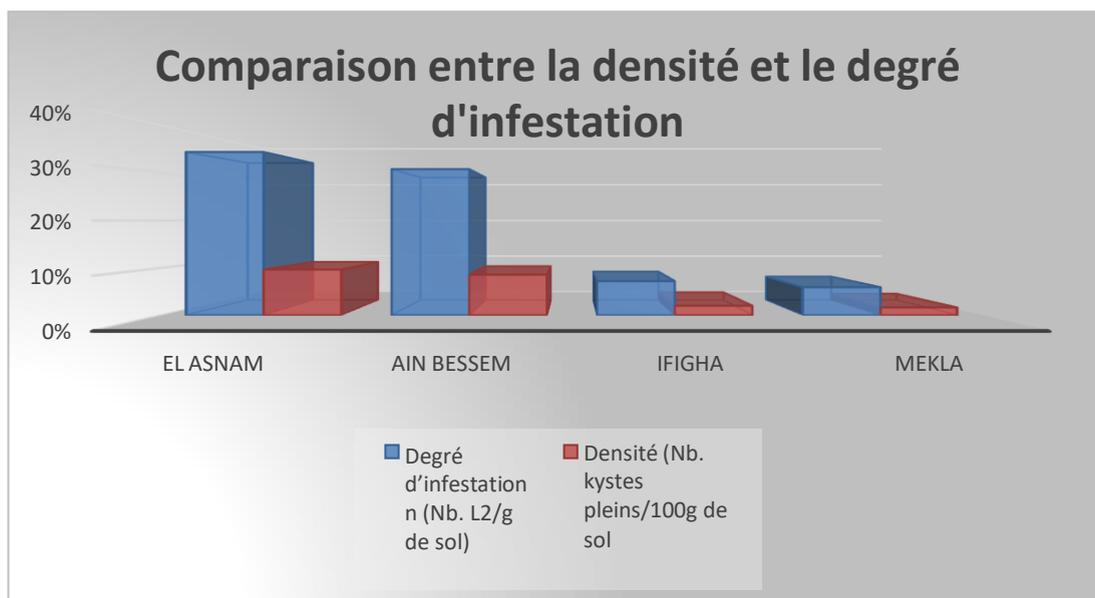


Figure 36 Comparaison entre densité et degré d’infestation des parcelles de pomme de terre par *Globodera sp*

III-1-3- Classement des communes prospectées en fonction de degré d'infestation par *Globodera*.

D'une manière générale, la gravité d'infestation des communes prospectées s'avère très variable, et par conséquent, nous pouvons classer ces zones comme suit :

Tableau 8 Le degré moyen d'infestation et le classement des communes prospectées.

Wilaya	Communes	Degré d'infestation (Nb. L2/ g de sol)	Classement
Bouira	El Asnam	34.74	Fortement infestée
	Ain Bessem	30.78	Fortement infestée
Tizi Ouzou	Ifigha	7.2	Moyennement infestée
	Mekla	5.94	Moyennement infestée

En comparant les données, on peut voir que dans la wilaya de Bouira, les deux communes prospectées (El Asnam et Ain Bessem) sont classées comme fortement infestées. Leur degré moyen d'infestation est respectivement de 34.74 et 30.78 Nb. L2/g de sol.

En revanche, dans la wilaya de Tizi Ouzou, les communes prospectées (Ifigha et Mekla) sont toutes deux classées comme moyennement infestées. Leur degré moyen d'infestation est respectivement de 7.2 et 5.94 Nb. L2/g de sol.

Cela suggère que les communes prospectées dans la wilaya de Bouira sont confrontées à une infestation plus importante que celles de la wilaya de Tizi Ouzou (Figure 04).

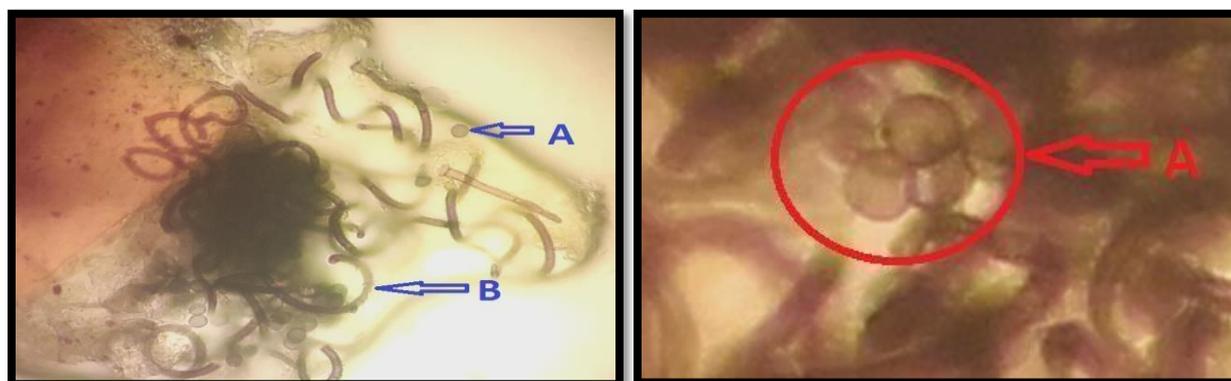


Figure 37 kyste *Globodera* sp éclaté A) les Œuf, B) larves L2

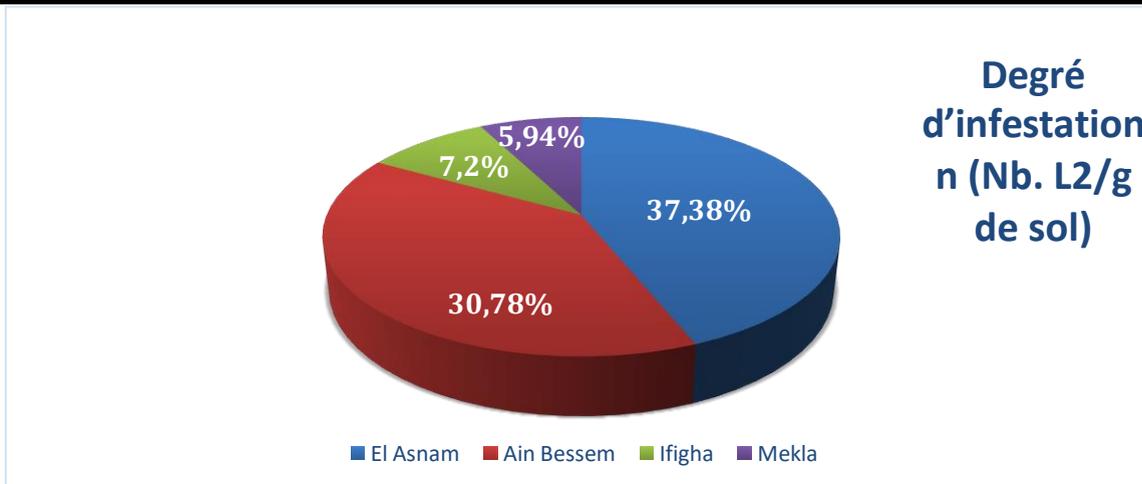


Figure 38 Le degré d'infestation des communes infestées.

III-3-Identification des colonies obtenues

Notre clé de détermination des bactéries isolé et l'utilisation des teste biochimique classique après l'isolement

III-3-1-Observation macroscopique

Après incubation à 27 °C pendant cinq jours, l à l'œil nu. On observe alors des pendant cinq jours, les boîtes des différentes régions sont examinées des colonies distinctes en couleur et en aspect. Différentes régions sont examinées. Des résultats obtenus dans la mise de culture dans PDA afin d'isoler des champignons parasite *Globodera sp* à donner des résultats négatifs donc dans ses échantillons étudié il n Y'a aucun champignon parasite isolé.

Par ailleurs nous avant obtenu des colonies bactériennes.

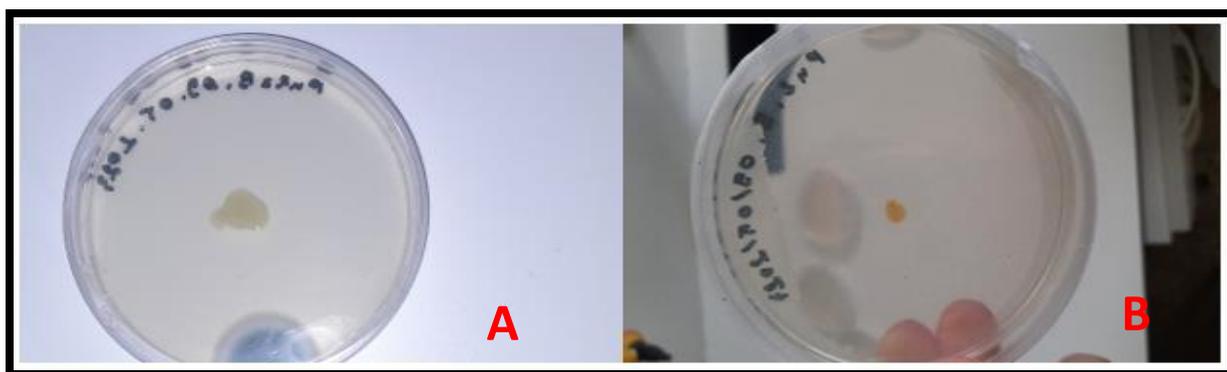


Figure 39 Aspect des cotonnée bactérienne, (A) bactérie de couleur crème (B) de couleur jaune

III-4-Ensemencement de bactérie

Après avoir ensemencé les bactéries (**Fig 41**) et les mettre dans leur milieu de culture favorable LPGAnous avant d'obtenir des colonies (**Fig 42**) bien développées.

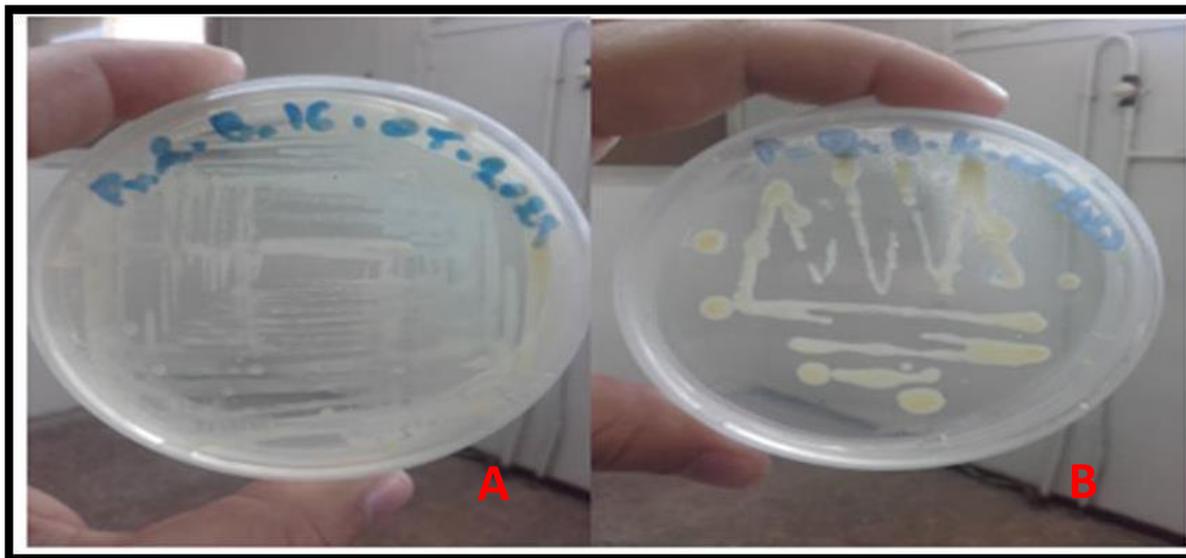


Figure 40 aspect de colonie bactérienne après l'isolement A- Bactérie de couleur crème B- Bactérie de couleur jaune

III-5-Purifications

Après incubation à 37°C pendant 48 h, les boîtes de Pétri des différentes communes sont examinées à l'œil nu. On observe alors des colonies bactériennes distinctes en couleurs et en aspect.

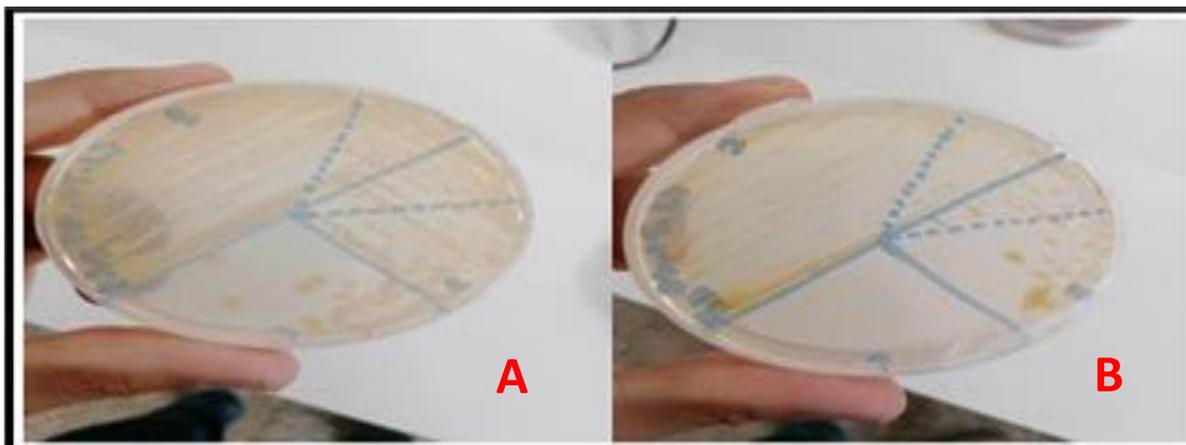


Figure 41 aspect de colonie bactérienne purifiée A- bactérie de couleur crème B- bactérie de couleur jaune.

III-6-Coloration de Gram**III-6-1- L'examen microscopique :**

L'examen microscopique des souches testées après la coloration de Gram a révélé que nos souches sont Gram négative et qui se présentent sous une seule forme : Bacilles

Les formes observées sont décrites comme suit :

- Des bacilles disposés en chaînes et en paires

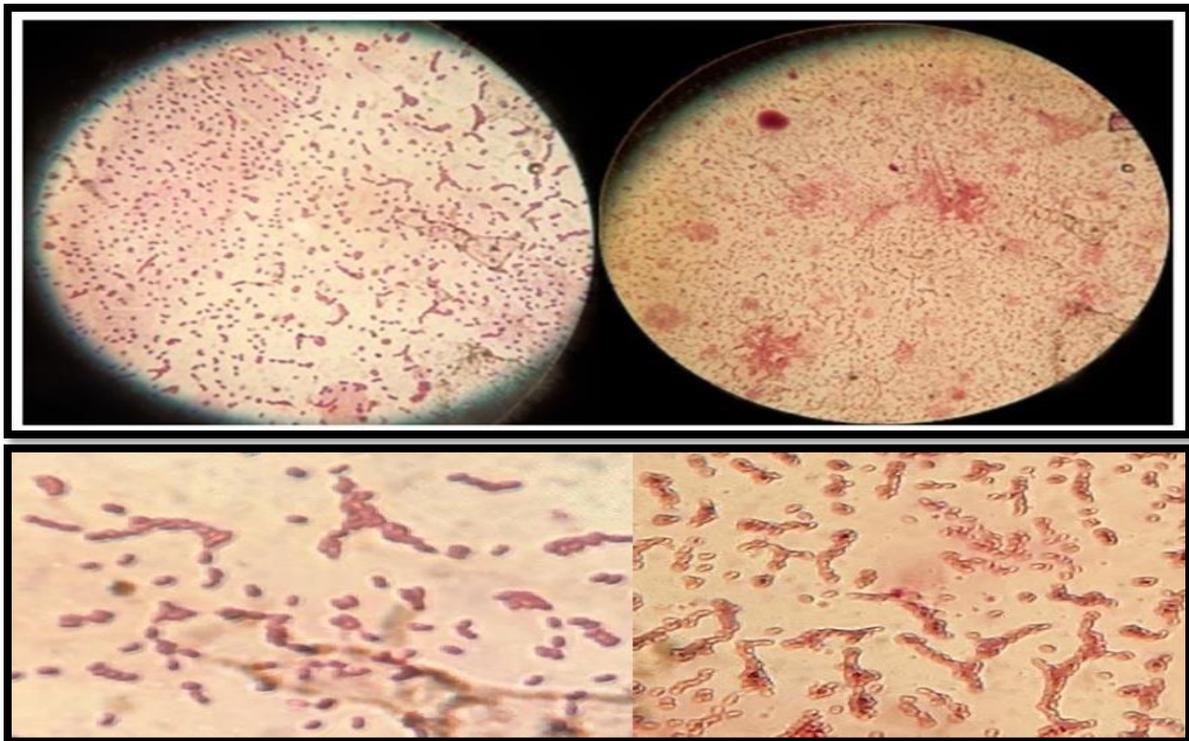


Figure 42 Observation microscopiques (Objectif X100) des isolats de bacilles après la coloration de gram

III-7-Test catalase

Confirment aux bactéries, toutes les souches examinées possèdent la catalase (présence de bulles gazeuses) (**Fig 44**)

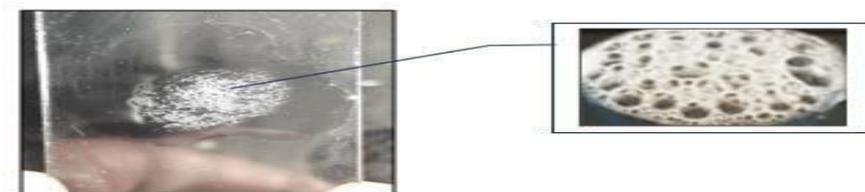


Figure 43 teste de Catalase présence de bulles gazeuses

Tableau 9 illustration des caractéristiques morphologiques et biochimiques des quatre souches isolées.

Caractère	Parcelle (El Asnam)	Parcelle (Ain Bessem)
Coloration de Gram	-	-
Forme	Bacille	Bacille
Test de catalase	+	+
Couleur	Jaune	Crème

Nous avons deux souches isolées dont une est originaire de la parcelle El Asnam et une de la parcelle Ain Bessem. Les caractéristiques morphologiques et biochimiques de ces souches sont résumées comme suit :

Les deux souches présentent un caractère bacille, ce qui signifie qu'elles ont une forme de bâtonnet.

Les résultats des tests de catalase pour les deux souches sont positifs (+), ce qui indique que les bactéries produisent l'enzyme catalase. La catalase est une enzyme qui aide à décomposer le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène.

La souche provenant de la parcelle El Asnam est décrite comme ayant une couleur jaune, tandis que la souche de la parcelle Ain Bessem est décrite comme ayant une couleur crème.

Ces caractéristiques morphologiques et biochimiques fournissent des informations de base sur les souches bactériennes, mais elles ne sont pas suffisantes pour identifier de manière précise les espèces ou les genres de ces bactéries. Des tests et des analyses supplémentaires seraient nécessaires pour une identification plus approfondie, comme des tests biochimiques supplémentaires, des analyses génétiques ou d'autres méthodes spécifiques utilisées en microbiologie.

Et selon les moyennes qu'on dispose certains tests biochimiques n'ont pas été effectués, et à partir de ses résultats obtenus selon les clés de détermination et après analyse de résultats obtenus la bactérie obtenue appartient à la famille de *Pseudomonadaceae*.

III-2-Discussion

Les quatre échantillons de sol prélevés dans les différentes communes prospectées et analysés au niveau du laboratoire de Nématologie de SRPV ont montré une infestation par le globodera sp d'une fréquence de 100%. Cela permet de dire que la zone d'infestation par ce pathogène est entrainé d'augmenter de plus en plus dans la région de Bouira, nos résultats s'avérant de la même sens que les études amené par Beggas et Mosbahi (2020) contrairement aux d'autres études qui sont réalisées par (Toulgi., 2017 ; Kettar., 2022) montrons que la fréquence d'infestation plus faible, en peut l'expliquer que la région de Bouira et de l'oued sont des zones productrices de pomme de terre à cause de ça la fréquence d'infestation elle est plus élevée par rapport à la région de Boumerdes.

Le nombre de kystes récoltés à partir des quatre échantillons est de 742 kystes, avec une prédominance de kystes pleins 58.90%, les kystes vides représentent donc les 41.10% restants,

Le degré d'infestation variant selon les différentes parcelles et communes étudiées, ainsi on a enregistré des taux d'infestation élevés au niveau de la parcelle El Asnem commune de Bouira avec une moyenne de 75.98/kg kyste pleins et de 24.02 /Kg de sol kystes vides. Nous avons noté également des taux d'infestation faibles à Mekla commune de Tizi Ouzou avec 25.38/Kg kystes pleins et de 74.62/Kg de sol. Kystes vides.

Le nombre de kyste pleins de deux communes de Bouira est plus élevée, et celle de Tizi Ouzou est plus basse par contre le nombre de kyste vides est plus élevé dans les deux communes de Tizi Ouzou que celle de Bouira, les faibles degrés d'infestation enregistrés dans les communes de Tizi Ouzou pourraient s'expliquer par la qualité argileuse de leurs sols et défavorable et par la rotation culturale en jachère car l'emploi de la jachère permet de réduire de 50 % la population des nématodes (Mugniery.,1975). Les champs nus, sans plantes adventices, et labourés et exposés au soleil, privent les nématodes de leur alimentation, et sont, donc, un bon moyen de réduire la population des nématodes. L'irrigation pendant les périodes sèches peut aussi aider à réduire les populations de nématodes, sous réserve que les mauvaises herbes soient contrôlées efficacement (Overman.,1964 ; Rhoades., 1982 ; Johnson et Fassuliotis., 1984) et avec des plantes non hôtes comme (pastèque). En revanche les deux

communes de Bouira où la rotation culturale en jachère n'est pas pratiquée et où la texture des sols est favorable (argileux- limoneux/argileux- sableux), cela fort degré d'infestation. En effet, la nature du sol exerce une influence considérable sur les effectifs de nématodes dans le sol (Trigiano et al., 2004). A cet effet, Sikora (1987) rapporte que les attaques sont plus sévères dans les sols légers sableux que dans les sols lourds.

Les attaques des Globodera sont plus sévères dans les sols légers et poreux qui paraissent favoriser les nématodes (Schneider et Mugniéry., 1971). D'après Trigiano et al (2004), la texture et la structure de sol sont d'importance primaire en déterminant le nombre et le type de nématode.

La présence des kystes vides, au sein des différents échantillons, pourrait s'agir de kystes anciens qui ont déjà éclos dans le temps, comme on peut penser à des femelles non fécondées voir même stériles.

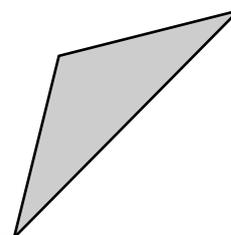
Sachant que Mugniery (1975) a estimé que le seuil de nuisibilité des Globodera sp. À 10 L2/g de sol, celui-ci est largement dépassé pour certain communes prospectées...El Asnam, Ain Bessem avec un degré moyen d'infestation de 32.76L2/g de sol.

Cependant, les degrés d'infestation varient d'une commune à une autre. En effet, il est de 5.94 L2/g de sol à Mekla (Tizi Ouzou) pour la commune la moins infestée, et de 36.54 L2/gde sol à El Asnam pour la commune la plus infestée.

Notons que les valeurs des densités ne reflètent pas l'état d'infestation réelle d'une parcelle. A cet égard, nous constatons que les densités enregistrées dans la région de Bouira à El Asnem 9.65 kystes/100 g de sol et à Ain Bessem 8.55 kystes/100 g de sol sont très proches l'une de l'autre.

Par contre, la comparaison de leurs degrés d'infestation respectifs (7,8 et 4,6 L2/g de sol) nous montre qu'il existe une nette différence concernant l'état d'infestation de leur parcelle.

***CONCLUSION ET
RECOMMANDATIONS***



CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Conclusion et Recommandations :

Le Nématode doré de la pomme de terre du genre *Globodera sp* est considéré comme le bioagresseur le plus redoutable sur culture de pomme de terre dans le monde causant des pertes considérables car c'est un agent de quarantaine. Les résultats obtenus à partir de prospections réalisées dans quelques zones potentielles de cette culture montrent que le pourcentage d'infestation des parcelles par le nématode du genre *Globodera* sur cette culture varie selon les régions. En effet, Cependant, les densités d'infestation sont très hétérogènes et varient considérablement d'une commune à une autre. Les résultats de l'analyse nématologique révèlent que la densité moyenne d'infestation est de 1.65kystes/100g de sol à Mekla (Tizi Ouzou), par contre, elle est de 9.65 kystes/100 g de sol à El Asnam (Bouira). Dans toute approche concernant l'évaluation des niveaux d'infestation des parcelles de pomme de terre, la densité (nombre de kystes/100 g de sol), à elle seule ne suffit pas pour mettre en évidence l'état réel de l'infestation du sol, par contre, le degré d'infestation exprimé en larves infestantes (L2/g de sol) permet d'obtenir une évaluation qualitative des attaques *Globodera sp*. La connaissance des densités des nématodes à kystes permettrait une bonne orientation pour le choix de la culture à mettre en place, afin de mieux la protéger contre ces parasites. Dans un premier temps, un système de rotation basé essentiellement sur les cultures non hôtes et éventuellement la jachère s'impose afin de diminuer les degrés d'infestation à un seuil tolérable.

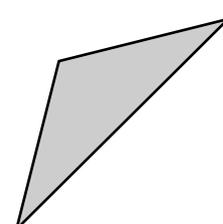
La recherche des champignons na donnée et négatif par contre les bactéries a permis l'isolement de deux colonies bactériennes à partir des kystes des différentes populations de *Globodera sp*. Étudiées. Ils ont été identifiés sur la base de leurs caractéristiques selon les moyennes qu'on dispose il s'agit de famille de *Pseudomonadaceae*.

Par ailleurs, ce bioagresseur classé organisme de quarantaine liste A2 doit faire l'objet de mesures de lutte obligatoire. Lorsque la présence de nématodes à kystes est confirmée par une analyse nématologique, les parcelles contaminées doivent être soumises à des mesures spécifiques, il est indispensable d'empêcher sa dissémination vers de nouvelles parcelles et de réduire les populations dans les parcelles contaminées : les semences de pommes de terre doivent être exempts de *Globodera sp*, la rotation doit être au moins de 3 ans et l'utilisation des variétés précoces avant que les kystes n'arrivent à maturité est recommandée, ainsi que celle des variétés résistantes et des nématicides.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'utilisation exclusive d'un traitement conduit à long terme à un échec. De ce fait, le meilleur contrôle est de combiner ces différentes techniques de façon raisonnée pour permettre de cultiver la pomme de terre dans des conditions économiquement tolérable et durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AGRIOS G.N., 2005** - Plant Pathology, 5th ed n. Ed. Academic Press, USA, 922 p.
2. **ALONSO R., 2007.** Etude bioécologique et caractérisation épidémiologique du nématode kystique *Globodera* spp. Culture de la pomme de terre à Majorque. Stratégie de contrôle intégré. Thèse. Université des îles Baléares. Département de biologie. Les îles Baléares. Pp.237.
3. **ANONYME., 2007.** La culture de la pomme de terre. Revue de vulgarisation et de communication, INVA, n°08, Pp.49-60. Service phytosanitaire, Agroscope.
4. **ANONYME., 2013.** Nématodes à kystes des pommes de terre comité technique de la pomme de terre. Agriculture et Agroalimentaire. Canada. Pp.6.
5. **BACHELIER G., 1978.** La faune des sols : son écologie et son action. O.R.S.T.O.M, Paris, 391p
6. **BESSAOUD O ; J.-P. Pellissier ; W. Khechimi., 2019.** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [Rapport de recherche] CIHEAM-IAMM. 2019, pp.82. Hal-02137632
7. **BOUACEM, K., 2021.** Taxonomie bactérienne, polycopié de travaux pratiques destiné aux étudiants de licence : Biotechnologie microbienne et microbiologie. Université Mouloud Mameri -Tizi-Ouzou. Pp. 56. Cours online.
8. **Blumenthal T, Davis RE. 2004.** Exploring nematode diversity. Nature Genet.36 :1246- 1247.
9. **Bock B., 2012** Base de données nomenclaturales de la flore de France, Tela Botanica, BDNFF 4(02) ,135 p., <http://www.tela-botanica.org>.
10. **BERNHARDS U., 1998**-La pomme de Terre *Solanum tuberosum* l. monographie institut national agronomique paris- grignon.
11. **CHEHAT F., 2008.** La filière pomme de terre Algérienne : une situation précaire ; pp : 1-13, in Journée d'étude sur la filière pomme de terre : situation actuelle et perspectives, 18 juin 2008. INA EL-HARRACH, Alger
12. **CIANCIO A; MUKERJI, K G., 2009.** Integrated management of plant pests and diseases. Springer e-books 705p
13. **COMITE NATIONAL INTERPROFESSIONNEL DE LA POMME DE TERRE** 43-45 rue de Naples,75008 Paris.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

14. **CUNHA, and SANTOS., 2004.** Characterization of potato cyst nematode populations from Portugal. *Nematology* 6, pp. 55–58.
15. **CLARYS L., 2005 :** La pomme de terre de contre saison dans le Sud Est Malgache, Inter aide, Programme Agricole MANAKARA, 3p.
16. **CHAUMETON, H., JUTIER, S., FRAGNAUD, C., 2006-**La culture des pommes de terre. 93 p.
17. **DAVIS M; HARRIS, R. W., 1984.** Clavibacter: a new genus containing some phytopathogenic coryneform bacteria, including pathogens that cause ratoon stunting disease of sugarcane and bermudagrass stunting disease. *Int J Syst Bacteriol* 34,107±117.
18. **DEROUBAIX., 2013.** Le petit livre qui donne la patate. L’histoire de la pomme de terre ou comment elle est arrivée dans nos assiettes. Pp. 57.
19. DSA., 2013. Direction du Service Agricole de Tizi Ouzo
20. **DJEBROUNE A., 2013-** Contribution à l’étude de la bioécologie des
21. **THESE MAGISTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE, EL-HARRACH, ALGER,** Nématodes à kystes *Globodera* sp inféodés à la culture de la pomme de terre. P 150.
22. **EGMOND,** The World of Carolus Clusius: Natural History in the Making, 1550–1610, Londres, 2010
23. **EPPO., 2006.** Testing of potato varieties to assess resistance to *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. European and Mediterranean Plant Protection Organization
24. **E. ROZE, Charles.** La propagation de la pomme de terre au XVIe siècle. Sa biographie et sa correspondance, Paris, 1899. Archives départementales du Pas-de-Calais, BHA 19 F
25. **EVANS K.,1993 -** New approaches for potato cyst nematode management. *Nematotropica*, 23: 221-231.
26. **F.A.O. (2008) -** Année internationale de la pomme de terre ; Eclairage sur un trésor enfoui. Compte rendu de fin d’année. Organisations des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture Rome ; ISBN 978-5-206142-7. 148p.
27. **FAOSTAT., 2020.** Fruit and vegetables – your dietary essentials.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

28. **FAOSTAT., 2015-** Food and Agriculture Organisation, Annuaire statistique de la FAO.
29. **International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper.**
Rome
30. **GRECO N., 1988** –Potato cyst Nematodes: *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Fla. DeptAgri. et Consumer Serv., Nematologist, Agraria, Italy, n°: 337.
31. **GRECO N., BRANDONISI, A., 2000.** "Control of the potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, with soil solarization and nematicides." *Nematologia Mediterranea* 28(1): 93-99
32. **HAWKES J. G., 1994.** Origins of cultivated potatoes and species relationships. *Potato genetics*. pp. 3-42.
33. **JOHNSON A. W., FASSULIOTIS G., 1984-**Nematode parasites of vegetable crops. *Plant, Insect and Nematodes*, 323-372.
34. **KHEDDAM H., 2018.** Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Pp. 44.
35. **LAMBION J., Berry D., Chabert A., 2004.** Limaces et escargots : des pistes pour limiter les dégâts. *Biofil* n°36. Ed. Fitamant. Pp. 51-52.
36. **LARPENT J. P ; LARPENT., 1990.** Memento technique de microbiologie 2eme ED. Techniques et documentaire Lavoisier, Paris, Pp .417
37. **LUTALADIO N, PRAKASH A., (2010) -** la pomme de terre Histoire et développement économique, F.A.O, Viale delle terme Caracalla, 00153 Rome, Italie. *Revue Cahiers de nutrition et de diététique* publier le 10/12/2010, pp12.
38. **LAHOUEL Z, 2015.** Etude diagnostique de la filière pomme de terre dans la région de Tlemcen. Cas de deux fermes pilotes : Hamadouche et Belaidouni. Mémoire master. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen. 95p.
39. **MERNY G ; LUC M., 1969.** Les techniques d'échantillonnage des peuplements des nématodes dans le sol. (Eds) *Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres* ; Paris, Masson et Cie, 303 p.
40. **MOXNES J.F; HAUSKEN K., 2007** – The population dynamics of potato cyst nematodes. *Ecological modeling*, Vol. 207, pp. 339 – 348

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

41. **MUGNIERY D., 1975-** Importance des dégâts provoqués par les nématodes à kyste de la pomme de terre : *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* (Wooll). Ext. Pro. Agro. France, pp. 636-644
42. **MUGNIÉRY D., 2007.** Plantard O al. Évaluation de l'efficacité et de la durabilité des résistances à *Globodera pallida* Pa2/3, provenant de *Solanum vernei* S. Spegazzinii. *Nematologia Mediterranea* ; 35 : 143-53.
43. **MADEC ET PERENNEC ,1962 :** Les relations entre l'induction de la tubérisation et la croissance chez la pomme de Terre .*Ann .Physio. Veg.* pp 05-83.
44. **MADEC, 1966 :** Croissance et tubérisation de la pomme de Terre. *Bull.soc.fr.Plysio. Physio. Veg.*(12),PP.159-173.
45. **NAKACHIAN J.M ; JACQEMONT R., 1971-** L'analyse nématologique in nématodes des cultures. Ed. A.C.T.A., Paris, pp.759-792
46. **OEPP/EPPO.,1978.** Data sheets on quarantine organism No. 124, *Globodera pallida*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 8 (2).
47. **OMARI C., 2009.** La filière pomme de terre en Algérie. *Afrique agriculture*, N°381, pp.26-30
48. **OVERMAN A. J., 1964-**The effect of temperature and flooding on nematode survival in fallow and sandy soil. *Soil Crop Science Society Proceedings*,24, 141-149.
49. **OSWALDO, T., 2010** Hommage à la pomme de terre. Polycopie Information et Communication agricole. Haute école de santé suisse 11p
50. **PALUKAITUS P., 2012.** Resistance to viruses of potato and their vectors. *Plant Pathol. J.*, 28 (3) ,248-258.
51. **PAR J., Cayrol, Caroline C.** Laboratoire de Biologie des Invertébrés INRA, BP 2078, 06606 Antibes
52. **PARROT D., 1972.** Mating of *Heterodera rostochiensis* pathotypes. *Ann. appl. Biol.*, 71 : 271-273
53. **PAUL D.,** Agroscope Centre de compétences en nématologie Müller-Thurgau-Strasse 298820 Wädenswil.
54. **POITRINEAU A., 2001.** Les Solanacées. In *UNIVERSALLIS* 6.
55. **RADTKE W ; WIECKMANN W., 1991.** Maladies et ravageurs de la pomme de terre. Ed. Th Mann. Pp. 168.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

56. **RHOADES H. L., 1982**-Effect of temperature on survival of *Meloidogyne incognita* in flooded and fallow muck soil. *Nematropica*,12(1), 33-37
57. **ROUSSELLE P ; ROBERT Y et CROSNIER J.C., 1996**. La pomme de terre production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. INRA, Paris, 607 p.
58. **ROUSSELLE, P., ROUSSELLE, BOUR-GEOIS., ELLISSECHE, D., 1992**. La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA, Paris, 504 p
59. **ROUSSELLE.,1996**. La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation
60. **RIGA E., PERRY R.N. et BARRETT J., 1996** - electrophysiological analysis of the response of males of *globodera rostochiensis* and *G. pallida* to their female sex pheromones and to potato root diffusate. *Nematologica.*, vol. 42, pp.493-498.
61. **SELLAMI S., 2008**. Département de botanique INA cours de nématologie. Pp. 35.
62. **SEINHORST, J.W., 1982**. The relationship in field experiments between population density of *Globodera rostochiensis* before planting potatoes and yield of potato tubers. *Nematology*, 28 : 277–284
63. **SELLAMI S., LOUNICI M., EDDOUD A. ET BENSEGHIR H., 1999** – Distribution et plantes hôtes associés aux *Meloidogyne* sous abris plastiques en Algérie. *Nematol. Medit.*, 27, 295-301.
64. **SEINHORST J.W., 1956** - population studies on stem eelworms (*Ditylenchus dipsaci*). *Nematologica* 1, Dakar, Senegal. Pp. 159-164.
65. **SIKORA R.A., 1987**. Plant parasitic nematodes of wheat and barley in temperate semi-arid regiona comparative analysis. In "Nematodes parasitic to cereal and legumes in temperate semi-arid regions." Aleppo, pp.46-68
66. **STONE., 1972 - Heterodera Pallida N. Sp.** (Nematoda, Heterodera), a Second Species of Potato Cyst Nematode. *Nematologia.*, vol. 18, N°: 04, pp.591-606.
67. **SCHNEIDER J. ET MUGNIERY D., 1971** - *Les nématodes parasites de la pomme de terre*. Pp. 327-348 in *Les nématodes des cultures* – Journées françaises d'études et d'information. Ed. ACTA et FNGPC, Paris, 828 p.
68. **SOLTNER D. (2005)** - Les grandes productions végétales. 20ème édition, Sciences et techniques Agricoles 472p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

69. **TRIGIANO R.N., WINDHAM M.T. ET WINDHAM A.S., 2004** - *Plant pathology: Concepts and laboratory exercises*. Ed. CRC press, Washington, 702 p
70. **THOMAS FELDE**, Paola Sosa. International Potato Center, Apartado 1558, av. La Molina 1895, Lima, Pérou
71. **UGOLINI F; CORTI G; AGNELLI A; PICCARD F., 1996**. Mineralogical, physical, and chemical properties of rock fragments in soil. *Soil Science* Pp. 521-542.
72. **VAN RIEL, HR et MULDER, A., 1998**. Potato cyst nematodes (*Globodera* species) in Western Europe. In: *Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control* (Eds Marks RJ & Brodie BB), pp. 271–298. CAB International, Wallingford (GB).
73. **WOLFGONG R., 1991** - *Maladies et ravageurs de la pomme de terre*. Ed. TH., MANN, France. Pp. 131-134.

LES SITES :

www.agroscope.ch

www.plantdepommedeterre.org

<http://e-phy.agriculture.gouv.fr>

www.nematodes.agroscope.ch

<https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/fr>

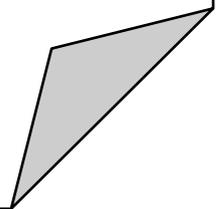
<https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/fr>

<https://doi.org/10.4060/cb2395en>

<http://www.lyceeoignies.fr/goelette/data/artfr.xml>

MarkW.ChaseetJamesL.Reveal,2009.<https://www.wikimonde.com/article/Plumbaginaceae>

ANNEXES



Annexe 01 : Matériels de L'éclosion des Kystes

Matériels de l'éclosion
Boite de pétri en verre
Lame et lamelle
Microscope optique
Pinceau

Annexe 02 : Matériels d'encensements des kystes *globodera sp*

Matériels
Kystes <i>Globodera sp</i> (Fig 23)
Parafilm
Incubateur
Bec bunsen
Pinceau
Hotte
Boites de pétri
Papier Wattman
L'eau distillée stérile
Eau javellisé
Milieu PDA



Bec Bunsen



La hotte



Milieu PDA

Résumé :

L'étude de l'état d'infestation des parcelles de pomme de terre au niveau de quelques wilayas d'Algérie, en l'occurrence les communes sont Al Asnam, Ain Bessem de Bouira et, Ifigha, Mekla de Tizi Ouzou, par le nématode Globodera sp. L'isolement de la microflore des kystes de Globodera sp nous a permis

D'identifier des bactéries qui pourraient être utilisées comme une lutte pour Globodera sp.

Mots clés : *Pomme de terre, nématodes à kystes, Globodera sp, infestation, kystes*

Abstract:

The study of the state of infestation of potato plots in some wilayas of Algeria, in this case the communes are Al Asnem, Ain Bessem of Bouira and, Ifigha, Mekla of Tizi Ouzou, by the nematode Globodera sp. The isolation of the microflora of Globodera sp cysts allowed us to

Identify bacteria that could be used to control Globodera sp.

Keywords: *Potato, cyst nematodes, Globodera sp, infestation, cysts*

ملخص :

دراسة حالة غزو قطع الغلال على مستوى بعض ولايات الجزائر، و البلديات المعنية هي الأصنام، عين بسام في البويرة و إيفغا، المقلع في تيزي وزو، حيث يظهر أن جميع المجتمعات التي تم مسحها موجودة بهذا الطفيل. كذلك عزل الميكروفلورا من أكياس و التعرف على البكتيريا التي يمكن أن تكون كمحاربة بيولوجي لقطع الغلال

الكلمات المفتاحية : البطاطا، غزو و انتشار؛ قطع الغلال، تيزي، البويرة