

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

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

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques

Spécialité : Production végétale



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme du Master

Thème

**Etat d'infestation et identification des espèces de
nématodes à kystes de la pomme de terre dans
quelques parcelles des wilayas d'Ain Defla et
Tipaza (Algérie)**

Présenté par :

M^{me} Benmoussa Amina

M^{me} Djellouli chaima

Soutenue Devant le jury :

Président : Mr LAKHDAR EZZINE D.

MAA

UDBKM

Promotrice : M^{me} TIRCHI N.

MCA

UDBKM

Examinatrice: M^{me}. ABIDI L.

MCB

UDBKM

Examinatrice : Mme TABOUCHE A.

MAA

UDBKM

Année universitaire : 2018-2019

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah, c'est grâce à lui que nous sommes arrivées à ce niveau.

À l'heure où nous apportons la touche finale à ce mémoire, nous tenons à remercier tout d'abord les personnes qui nous ont aidées à la réalisation de ce mémoire : nos chaleureux remerciements à notre promotrice : Mme. TIRCHI N., pour son aide, son soutien moral et pour ses précieux conseils et orientations qu'elle nous a prodigué tout le long de ce travail de recherche.

Nous tenons aussi à remercier les membres de jury : Mr. : LAKHDAR EZZINE D, pour avoir accepté de présider le jury, Mme. ABEDI L., pour avoir bien voulu nous faire honneur d'examiner notre mémoire. De même, nous remercions Mme. TABOUCHE A. qui nous a honorées en acceptant d'être l'examinatrice de notre travail.

Notre reconnaissance et gratitude envers tous les enseignants, les responsables et les agents de la Faculté des Science de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre, Département d'Agronomie de l'Université Djillali Bounaama de Khemis Miliana sans exception.

Nous remercions tous les techniciens de laboratoire de recherches

En fin, nous tenons à exprimer, nos remerciements à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Grand **Merci** à tous

Dédicaces

Je remercie DIEU tout puissant qui m'a tracé le chemin de ma vie de m'avoir accordé des connaissances de la science et de m'avoir aidé à réaliser ce travail que je dédie:

A mes très chers parents pour leur affection et leur soutien tout au long de mon existence. Que dieu les garde en bonne santé.

A mes chères sœurs : Hanane, Halima, Chahrazad

Ames chers frères : Mohamed, Nour Addine, Mélyani, Samet, Abd Allah

Ames très chers amis qui ont partagé avec moi les moments heureux et mauvais : Fouzia, Khedjja, Ilhame, Lila, Nesrine, Salima, Soumia, Hassna

Une spéciale dédicace à mon binôme Chaima

A tous mes enseignants

A tous mes collègues de la promotion 2018/2019 et à tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin à réaliser ce travail.

Amina

Dédicaces

C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu arriver au terme de ce travail que je tiens à dédier :

A ma chère Maman que j'aime le plus au monde
Pour ses encouragements illimités, et pour son sacrifice énorme
Aucun mot ne serait suffisant pour la remercier

Qu'Allah la protège et lui garde.

A Mon Père

A Mes Chères Sœurs : Zebida, Saada, Abir

Ames chers frères

A mon binôme Amina

A tous mes amis et mes collègues.

Chaima

Résumé

Ce travail consiste à l'étude de l'état d'infestation de quelques parcelles, cultivées en pomme de terre, dans deux wilayas d'Algérie (Ain Defla et Tipaza) par les nématodes *Globodera* spp. et à la caractérisation morphologique des espèces présentes dans les champs infestés. Les résultats ont révélé que ces bioagresseurs sont absents les parcelles prospectées dans la wilaya de Tipaza et sont présents dans celles de la wilaya d'Ain Defla avec une fréquence d'infestation de 22,22 %. Le seuil de nuisibilité n'a pas été atteint dans toutes les parcelles infestées. L'identification des espèces présentes dans les sites infestés, par des critères morphobiométriques, a révélé que les populations étudiées sont mixtes, elles sont constituées des deux espèces *Globodera rostochiensis* et *G. pallida*.

Mots clé : *Globodera pallida*, *Globodera rostochiensis*, infestation, identification morphologique, pomme de terre.

Summary

This Work consists to the survey of the state of the infestation of some parcels, cultivated in potato, in two wilayas of Algeria (Ain Defla and Tipaza) by the nematodes *Globodera* spp. And to the morphological characterization of the present species in the infested fields. The results revealed that these bio aggressors are absent the parcels prospected in the wilaya of Tipaza and are present in those of the wilaya of Ain Defla with a frequency of infestation of 22,22%. The threshold level has not been reached in all infested parcels. The identification of the present species in the infested sites, by morpho-biometrical criterias, revealed that the studied populations are mixed, they are constituted of the two species *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*.

Key words: *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*, potato, morphological identification, infestation.

ملخص

يتضمن هذا العمل دراسة حالة الإصابة لبعض قطع الأراضي المزروعة بالبطاطا في ولايتين من الجزائر (عين الدفلى وتيبازة) بالديدان الخيطية *Globodera* spp. و التشخيص المورفولوجي للأنواع المتواجدة في الحقول المصابة. أظهرت النتائج غياب هذه الآفات في قطع الأراضي التي شملتها الدراسة في ولاية تيبازة و تواجدها في قطع ولاية عين الدفلى حيث قدرت نسبة الإصابة بـ 22.22%. لم يتم الوصول إلى عتبة الضرر في أي قطعة ، وكشف تحديد الأنواع في المواقع الموبوءة بمعايير مورفوبيومترية أن السلالات المدروسة مختلطة و تتكون من النوعين *Globodera pallida* و *Globodera rostochiensis*.

الكلمات المفتاحية: *Globodera pallida*, *Globodera rostochiensis*, الإصابة , مورفوبيومترية , البطاطا.

List des figures

Numéro	Titre	Page
1	Plant de pomme de terre.	8
2	Distribution mondiale de <i>Globodera rostochiensis</i> .	15
3	Distribution mondiale de <i>Globodera pallida</i> .	16
4	Femelle de <i>Globodera pallida</i> (A) et <i>G. rostochiensis</i> (B) sur les racines de pomme de terre.	18
5	Adulte mâle d'un nématode à kyste de la pomme de terre.	18
6	Deuxième stade larvaire du nématode à kyste de la pomme de terre.	19
7	Kystes de <i>Globodera</i> spp.	19
8	Cycle biologique de <i>Globodera rostochiensis</i> et de <i>Globodera pallida</i> .	21
9	Zone périnéale d'un kyste du genre <i>Globodera</i> et critères utilisés pour l'identification morphobiométrique.	24
10	Région périnéale et stylet de <i>G. rostochiensis</i> (1) et <i>G. pallida</i> (2).	25
11	Localisation des zones d'étude dans la wilaya d'Ain Defla.	31
12	Localisation des zones d'étude dans la wilaya de Tipaza.	33
13	Conditionnement des échantillons (Original).	35
14	Pesage du sol (Original).	35
15	Séchage à l'air libre (Original).	36
16	Extraction des kystes à l'aide de l'appareil de Fenwick (Original).	37
17	Récupération de l'extrait (Original).	37
18	Récupération des kystes sous une loupe binoculaire (Original).	38
19	Kystes des <i>Globodera</i> mélangés avec la matière organique (Original).	38
20	Kystes de <i>Globodera</i> vus sous une loupe binoculaire (G 10 : x 4) (Original)	39
21	Ecrasement des kystes de <i>Globodera</i> (Original)	40
22	Nombres moyens de kystes (vides, pleins et totaux) de <i>Globodera</i> spp. dans les parcelles prospectées dans la wilaya d'Ain Defla.	44
23	Degrés d'infestation moyens dans les différentes parcelles	45

	prospectées dans la wilaya d'Ain Defla.	
24	Nombre moyen d'œufs et juvéniles J2 par kystes dans les parcelles infestées dans la wilaya d'Ain Defla.	46
25	Mensurations des largeurs, longueurs sans tête et longueurs avec la tête des quatre populations étudiées.	51
26	Comparaison de la moyenne des mensurations effectuées sur les régions périnéale des kystes des différentes populations.	53

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
1	Principaux producteurs pomme de terre dans le monde.	4
2	Production, rendement et superficie de pomme de terre en Algérie pour la période 2008-2017	5
3	Evolution de la production, superficie et rendement de la pomme de terre dans la wilaya d'Ain Defla pour la période 2008-2017.	5
4	Evolution de la production de pomme de terre du 2013/2014 à 2017/2018 dans la wilaya Tipaza.	6
5	Principaux biosagresseurs de la pomme de terre et moyen de lutte	11
6	Différentiation entre les deux espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre	25
7	Texture du sol dans les différentes communes prospectées dans la wilaya d'Ain Defla.	32
8	Informations relatives aux populations caractérisées	40
9	Fréquence de <i>Globodera</i> spp. dans l'ensemble des échantillons du sol analysés dans les wilayas d'Ain Defla et Tipaza	43
10	Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des variables étudiées en fonction des wilayas prospectées	44
11	Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des variables étudiées en fonction des communes prospectées	47
12	Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des variables liées à l'importance de l'infestation en fonction des communes prospectées	47
13	Résultats du test Newman-Keuls au seuil 5% relatifs au degré d'infestation en fonction des communes prospectées	48
14	Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des variables étudiées en fonction des parcelles prospectées	49
15	Résultats du test Newman-Keuls au seuil 5% relatifs au degré d'infestation en fonction des parcelles prospectées	49
16	Résultats du test Newman-Keuls au seuil 5% relatifs au degré d'infestation en fonction des parcelles prospectées	50
17	Mensurations des kystes de <i>Globodera</i> d'origine d'Ain Defla.	51
18	Analyse de la variance au seuil de 5% des variables liées à la	52

	biométrie des kystes de <i>Globodera</i> en fonction des différentes populations	
19	Mensurations des régions périnéales des kystes de trois populations de <i>Globodera</i> d'origine d'Ain Defla	53
20	Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des caractères des régions périnéales des populations de <i>Globodera</i> spp. étudiées	54
21	Mensurations des juvéniles de deuxième stade d'une population de <i>Globodera</i> d'origine d'Ain Defla	55

Liste des abréviations

ANOVA : Analysis of Variance (Analyse de la Variance).

CM : carré moyen

DDL : Degré de liberté

DSA: Direction des Services Agricoles.

ET : Ecart type

F : valeur de Fisher

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

Fig. : figure

INPV : Institut National de la Protection des Végétaux.

ITCMI: Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles

J2 : Juvéniles de deuxième stade

M : moyenne

NKP : Nombre de Kystes pleins

NKV : Nombre de Kystes vides

NKT : Nombre total de kystes

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

P : Probabilité

R : répétition

SCE : Somme de carrés des écarts.

Sommaire

Introduction

Chapitre I
Généralités sur la culture de pomme
de terre et les nématodes à kyste
Globodera rostochiensis et *Globodera*
pallida

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre III

Résultats et Discussions

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Sommaire

Introduction

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kyste de *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

I.1. Généralités sur la culture de pomme de terre.....	3
I.1.1. Origine et historique.....	3
I.1.2. Position systématique.....	3
I.1.3. Importance économique de la culture de pomme de terre.....	3
I.1.3.1. Dans le monde	3
I.1.3.2. En Algérie	4
I.1.3.3. Dans la wilaya d'Ain Defla	5
I.1.3.4. Dans la wilaya de Tipaza	6
I.1.4. Morphologie de la pomme de terre	6
I.1.4.1. Appareil aérien	7
I.1.4.2. Appareil souterrain	7
I.1.5. Cycle végétatif de la pomme de terre et mode de reproduction.....	9
I.1.6. Bioagresseurs de la culture de la pomme de terre et moyens de lutte	10
I.2. Généralités sur les nématodes à kystes de la pomme de terre.....	14
I.2.1. Historique et répartition géographique de <i>Globodera</i> spp.	14
I.2.1.1. Dans le monde	14
I.2.1.2. En Algérie	16
I.2.2. Position systématique et les appellations des deux espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre.	16
I.2.2.2. Espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre.....	17
I.2.3. Description morphologique	17
I.2.4. Cycle de développement de <i>Globodera</i> spp.....	20
I.2.5. Plants hôtes.....	21
I.2.6. Moyens de déplacement et de dispersion	21

I.2.7. Les symptômes	22
I.2.8. Importance économique.....	22
I.2.9. Facteurs influençant la densité des populations de nématodes	22
I.2.9.1. Facteurs abiotiques.....	22
I.2.9.1. Facteurs abiotiques.....	22
I.2.9.1.1. Climat.....	22
I.2.9.1.2. Facteurs édaphiques	23
I.2.9.2. Facteurs biotiques.....	23
I.2.10. Techniques d'identification des deux espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre	24
I.2.10.1. Identification morphologique.....	24
I.2.10. 2. Identification par des méthodes biochimiques.....	25
I.2.10.3. Identification par utilisation de la biologie moléculaire.....	26
I.2.11. Moyens de lutte	26
I.2.11.1. Les mesures prophylactiques	26
I.2.11.2. Les méthodes culturales.....	26
I.2.11.3. Lutte physique.....	27
I.2.11.4. La lutte chimique.....	27
I.2.11.5. La lutte biologique.....	28
I.2.11.6. Lutte génétique.....	28
I.2.11.7. Lutte intégrée.....	29

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1. Objectifs de l'étude	30
II.2. Présentation des régions d'étude.....	30
II.2.1. Wilaya d'Ain Defla	30
II.2.1.1. Situation géographique	30
II.2.1.2. Zone d'étude	30
II.2.1.3. Climat	31
II.2.1.4. Caractéristiques du sol	31
II.2.2. Wilaya de Tipaza	32
II.2.2.2. Zone d'étude	32
II.2.2.3. Climat	33
II.2.2.4. Caractéristiques du sol	34

II.3. Etat d'infestation de quelques parcelles cultivées en pomme de terre par les nématodes à kystes du genre <i>Globodera</i>	34
II.3.1. Analyse nématologique.....	34
I.3.1.1. Echantillonnage du sol	34
II.3.1.2. Conditionnement et pesage du sol.....	35
II.3.1.3. Séchage du sol	35
II.3.1.4. Extraction des kystes	36
II.3.1.5. Récupération de l'extrait	37
II.3.1.6. Prélèvement des kystes.....	37
II.3.1.6. Dénombrement des kystes et estimation de la fréquence de l'infestation.....	39
II.3.1.7. Dénombrement des œufs et juvéniles contenus dans les kystes et estimation des degrés d'infestation.....	39
II.3.1.8. Estimation des nombres moyens d'œufs et de juvéniles de deuxième stade contenus dans les kystes.....	40
II.4. Caractérisation morphologique de quatre populations de nématode à kystes de la pomme de terre	40
II.4.1. Informations relatives aux populations utilisées.....	40
II.4.2. Etude biométrique des kystes	41
II.4.3. Identification par examen de la région périnéale des kystes.....	41
II.4.3.1. Réalisation des coupes.....	41
II.4.3.2. Montage.....	41
II.4.3.3. Critères pris en considération	42
II.4.4. Identification par examen des juvéniles de deuxième stade.....	42
II.5. Analyse statistique des résultats.....	42

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Résultats.....	43
III.1.1. Etat d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes <i>Globodera</i> dans les wilayas d'Ain Defla et Tipaza.....	43
III.1.1.1. Fréquence de l'infestation	43
III.1.1.2. Importance de l'infestation	44
III.1.1.2.1. Dénombrement des kystes de <i>Globodera</i>	44

III.1.1.2.2. Dénombrement d'œufs et de juvéniles et estimation des degrés d'infestation	45
III.1.1.2.3. Estimation des nombres moyens d'œufs et larves par kyste.....	45
III.1.1.3. Analyse statistique des données relatives à l'état d'infestation des parcelles des deux wilayas.....	47
III.1.1.3.1. Variabilité des nombres de kystes et des juvéniles et œufs dans le sol.....	47
III.1.1.3.2. Variabilité des nombre moyen de juvéniles et œufs contenus dans les kystes.....	50
III.1.2. Caractérisation morphologique de quelques populations de nématodes à kystes de la pomme de terre	51
III.1.2.1. Etude Biométrie des kystes.....	51
III.1.2.2. Régions périnéales des kystes.....	52
III.1.2.3. Morphométrie des juvéniles	54
III.2. Discussion	55

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), d'origine d'Amérique du sud, joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. Elle constitue la principale denrée alimentaire non céréalière du monde (**FAOSTAT, 2012**). En 2017, la production mondiale est estimée par la FAO dépasse 388 millions de tonne, répartie sur plus de 193 millions d'hectares.

En Algérie, cette culture occupe une place prépondérante dans l'alimentation humaine et constitue une culture stratégique dans le secteur de l'agro-alimentaire. En 2017, la superficie réservée à la pomme de terre a été de 148692 ha produisant 4.6 millions de tonnes (**FAOSTAT, 2019**).

La culture de pomme de terre subit des attaques de nombreux bioagresseurs, notamment des insectes, des acariens, des champignons, des bactéries, des virus et des nématodes à kystes du genre *Globodera*. Ce groupe compte deux espèces *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* qui sont considérées comme les bioagresseurs les plus redoutables sur cette culture et sont responsables de dégâts considérables à l'échelle mondiale. En effet, les coûts de l'infestation dues à ces nématodes sont imputables à des diminutions des rendements et à l'interdiction de l'exportation de la pomme de terre, du faits de leur statuts d'organisme de quarantaine dans plusieurs pays dans le monde (**Bélaïr, 2005 ; Chauvin et al., 2008**).

Ces nématodes ont été découverts pour la première fois en Algérie en 1953, suite à l'introduction de semences de pomme de terre d'origine britannique à la fin de la deuxième Guerre mondiale (**Scoto Lamassese, 1961**). Ensuite, les services de protection de végétaux ont révélé la dissémination de ces parasites dans plusieurs wilayas productrices de la pomme de terre en Algérie Mascara, Tipaza, Ain Defla, et Chlef (**INPV, 2009**). Ce qui a été confirmé par plusieurs auteurs (**Belhadj- Benyahia, 2007; Bougar ; 2010, Djebroune ; 2011, 2013 ; Tirchi 2015**).

Pour une bonne gestion de ces nématodes, il faut établir un programme de lutte intégrés basé sur l'utilisation l'emploi raisonné de nématicides et la combinaison de méthodes alternatives telles que telles l'utilisation de variétés résistantes (**Greco et al., 2007**), la pratique d'une rotation adéquate (**Bélaïr, 2005**), l'utilisation des cultures pièges (Dandurand, 2013). Cependant, l'étape essentielle pour établir un programme de contrôle c'est l'identification exacte de l'espèce de nématode ciblée (**Whitehead et Turner, 1998 ; Blok, et al., 1998 ; Sedlák et al., 2004**).

Dans le but de contribuer à la diminution de l'incidence due à ces nématodes et à l'amélioration de la production de cette culture, nous avons mené cette étude qui a comme

Introduction

objectifs l'évaluation de l'état d'infestation de quelques parcelles cultivées en pomme de terre dans les wilayas d'Ain Defla et Tipaza par les nématodes à kystes du genre *Globodera* et l'identification des espèces présentes dans les champs infestés.

Notre travail contient trois chapitres :

- Dans le premier, nous présenterons quelques données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kyste *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*,
- Dans le deuxième, nous présenterons le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude et enfin,
- Le troisième chapitre sera consacré à la présentation des résultats obtenus et leur discussion.

I.1. Généralités sur la culture de pomme de terre

I.1.1. Origine et historique

La pomme de terre cultivée (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des solanacées et le genre *Solanum* qui contient environ 1000 espèces dont plus 200 sont tubéreuses. Elle est originaire d'Amérique du sud, plus précisément des hauts plateaux de cordillère des Andes (**Rousselle et al., 1996**). Son introduction en Europe est probablement remontée à quelques années avant la fin du XVI^{ème} siècle et ceci par deux entrées; la première l'Espagne vers 1570 et la seconde des Iles Britanniques (1588-1593) (**Rousselle et al., 1996**).

En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite une première fois au XVI^{ème} siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région : tomate, poivron, maïs, tabac ... puis elle est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt (**Meziane, 1991**).

I.1.2. Position systématique

Selon **Rousselle et al. (1996)**, la pomme de terre se classe comme suit :

Famille : Solanacées

Genre : *Solanum*

Section : *Petota*

Subdivision : *Potatoe*

Série : *Tuberosa*

Espèce : *Solanum tuberosum* L.

I.1.3. Importance économique de la culture de pomme de terre

I.1.3.1. Dans le monde

Le secteur de la pomme de terre est en pleine évolution ainsi jusqu'au début des années 90, la pomme de terre est le produit le plus consommé dans le monde après le blé, le riz et le maïs. Elle joue un rôle important dans l'économie de nombreux pays et peut présenter une solution aux problèmes de déficit alimentaire mondial (**FAO, 2019**).

Durant l'année 2017, la production mondiale est de 388 millions de tonnes sur une superficie de 193 millions d'hectares. L'Asie est le plus grand producteur de pomme de terre

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kystes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

représentant plus de 48.1% de la production mondiale, l'Europe occupe une seconde place avec 32.9%, puis l'Amérique avec 11.6%. La production de l'Afrique reste la plus faible (6.8%) (FAO Stat, 2019).

La Chine avec 816 millions de tonnes est devenue le plus grand producteur de la pomme de terre devant l'Inde avec 386 millions de tonnes, elle est suivie de la Russie et l'Ukraine. Ces pays représentent 40% du marché mondial (FAO Stat, 2019).

Le tableau 1 présente les principaux producteurs de pomme de terre pour l'année 2017.

Tableau 1 : Principaux producteurs pomme de terre dans le monde en 2017.

Pays	Production en tonnes
Chine continentale	816930496
Inde	386560200
Fédération de Russie	270532546
Ukraine	196619030
Etats-Unis d'Amérique	178393465
Allemagne	98468290
Bangladesh	76227200
Pologne	75942182
France	63896471
Pays-Bas	62378629

(FAO Stat, 2019)

I.1.3.2. En Algérie

La pomme de terre est devenue l'une des principales cultures destinées à l'alimentation de la population algérienne. La pomme de terre, en Algérie, a connu un développement. L'évolution de superficies cultivées était accompagnée d'une importante augmentation des rendements, la production est passée de 2171058 tonnes sur une superficie de 91841 ha en 2008 à 4606403 tonnes par 148692 ha en 2017 (FAO Stat, 2018).

Les rendements, la production et les superficies occupées par cette culture durant la période 2008-2017 sont présentés dans le tableau 2.

**Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les
nématodes à kystes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida***

Tableau 2 : Production, rendement et superficie de pomme de terre en Algérie pour la période 2008-2017.

Année	Rendement (kg/ha)	Production (tonnes)	Superficie (ha)
2008	236393	2171058	91841
2009	250764	2636057	105121
2010	270526	3300312	121996
2011	292806	3862194	131903
2012	304291	4219476	138666
2013	303218	4886538	161156
2014	299247	4673516	156176
2015	296099	4539577	153313
2016	304431	4758137	156296
2017	309795	4606403	148692

(FAO Stat, 2018)

I.1.3.3. Dans la wilaya d’Ain Defla

Selon des chiffres fournis par la DSA d’Ain Defla, la production à connu un essor remarquable. En 2008/2009 elle était de 522 millions de tonnes sur une superficie de 20550 ha avec un rendement de 254 Qx/ha alors qu’en 2016/2017, une production de 512 millions de tonnes est obtenue sur seulement 15800 ha avec un rendement plus élevé de 325 Qx/ha (DSA, d’Ain Defla, 2018).

Les données relatives à la production, rendement et la superficie de la pomme de terre dans la wilaya d’Ain Defla pour la période 2008 à 2017 sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Evolution de la production, superficie et rendement de la pomme de terre dans la wilaya d’Ain Defla pour la période 2008-2017.

Année	Superficie (ha)	Production(Qx)	Rendement (Qx/ha)
2008-2009	20550	5226700	254
2009-2010	18736	5205500	278
2010-1011	21487	6765000	315
2011-2012	18385	5601681	305
2012-2013	24013	7316309	305
2013-2014	24525	7092875	289
2014-2015	21882	6197030	283

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kystes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

2015-2016	21569	6433126	298
2016-2017	20000	6879362	344
1016-2017	15800	5128700	325

(DSA d'Ain Defla, 2018)

I.1.3.4. Dans la wilaya de Tipaza

Au niveau de la wilaya de Tipaza, il y'a trois types de culture de pomme de terre : saison (Janvier-Mi-mai, arrière saison (Aout –Décembre) et la culture primeur (Mi –Octobre –Mi-mars) **(DSA Tipaza, 2019)**.

Selon les données statistiques des services agricoles de la wilaya, la production de la pomme de terre pour l'année 2017/2018 a dépassé 651560 Qx.

Les données relatives aux superficies consacrées à cette culture, à sa production et aux rendements dans la wilaya de Tipaza pour la période (2013/2018) sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Evolution de la production de pomme de terre du 2013/2014 à 2017/2018 dans la wilaya Tipaza.

Année	Superficie (Ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
2013/2014	2641.5	630355	260.79
2014/2015	1812	479990	285.87
2015/2016	1637	404510	293.70
2016/2017	1206	380030	330.91
2017/2018	1439	468260	318.30

(DSA Tipaza, 2019)

I.1.4. Morphologie de la pomme de terre

La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. est une espèce herbacée vivace mais cultivée en culture annuelle **(Rousselle et al., 1996)**. Sa reproduction se fait par multiplication végétative par les tubercules. Elle possède deux parties : un système aérien et un système souterrain.

I.1.4.1. Appareil aérien

- **Les tiges**

Les tiges aériennes au nombre 2 à 10 sont de forme triangulaire (cylindrique). Sa couleur est verte ou plutôt brunâtre (**Rousselle et al., 1996**). Le nombre de tiges est influencé par le calibre du plant, son âge physiologique, les conditions de conservation et de germination (**Grison, 1983**).

- **Les feuilles**

Elles sont alternées de type composées, constituées d'un nombre important de folioles emportés sur un pétiole terminé par une foliole unique. La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (**Rousselle et al, 1996**).

- **Les fleurs**

Les fleurs de pomme de terre sont autogame et souvent stériles, la fleur est portée par un pédicelle fixé généralement au sommet de la tige et présente : 5 sépales ,5 pétales, 5 étamines). Elles ont des couleurs différentes et variées : blanches, bleutées, violacées, et rouge-violacées. La coloration des fleurs est en fonction des variétés (**Grison, 1983**).

Les fleurs sont autogames ne produisent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature (**Rousselle et al, 1996**).

- **Les fruits**

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 cm de diamètre, de couleur verte ou brun violacé. Il contient plusieurs dizaines de graines petites et plates réniformes, baignant dans une pulpe mucilagineuse provenant de la transformation de l'endocarpe du fruit (**Rousselle et al, 1996**).

I.1.4.2. Appareil souterrain

- **Les racines**

De nombreuses racines adventives et fasciculées peuvent atteindre une grand profondeur ; ce qui permet l'exploitation des réserves nutritionnelles : eau et élément nutritifs (**Rousselle et al., 1996**).

- **Les stolons**

Les stolons sont des tiges souterraines en forme de crochet au sommet avec des entre nœuds longs et des feuilles réduites à des écailles réparties en spirale le long du stolon comme les feuilles des tiges aériennes. Les stolons peuvent se ramifier et les tubercules se forment dans

leur région subapicale. Les stolons apparaissent, normalement, aux nœuds basaux enterrés des tiges (Rousselle et *al.*, 1996).

- **Les tubercules**

Les tubercules confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire. Ils se forment par hypertrophie de l'extrémité des stolons. Ils possèdent les caractéristiques morphologiques d'une tige. Quatre critères principaux permettent de caractériser les tubercules : la forme, la couleur, l'enfoncement des yeux, la couleur et la texture de la peau ainsi que la couleur de la chair (Rousselle et *al.*, 1996).

La figure 1 présente la morphologie d'un plant de pomme de terre

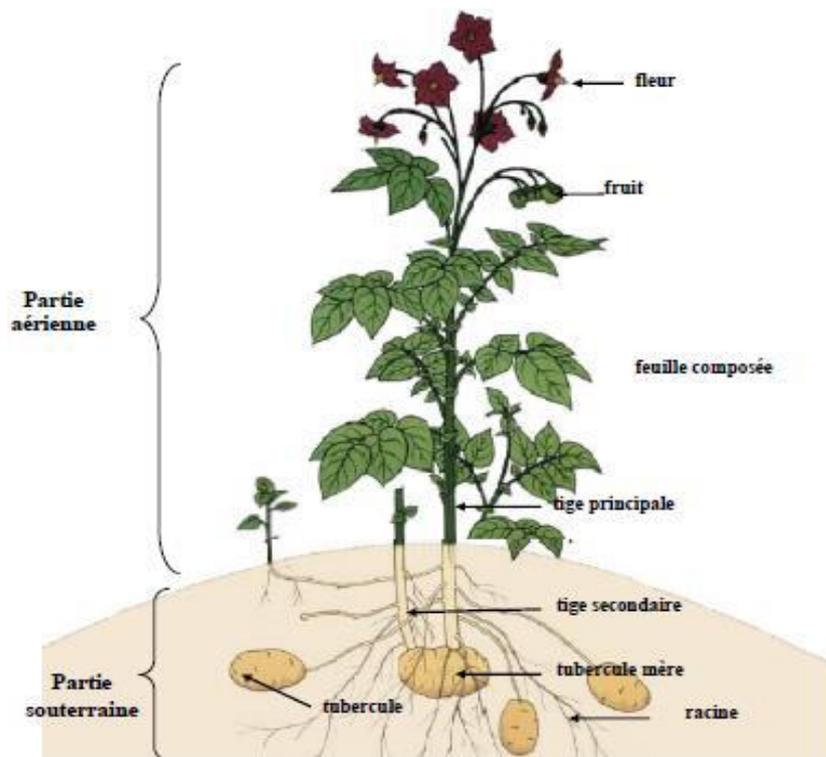


Figure 1 : Plant de pomme de terre (FAO, 2008).

I.1.5. Cycle végétatif de la pomme de terre et mode de reproduction

a) Cycle sexué

La pomme de terre est peu reproduite par graines dans la pratique agricole, par contre la graine est utile de création variétale. La germination est épigée et les cotylédons sont portés au dessus du sol par le développement de l'hypocotyle en conditions favorables quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur. Les stolons commencent à se développer, d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules (**Rousselle et al., 1996**).

a) Cycle végétatif

La pomme de terre est une espèce à multiplication végétative, sa reproduction est assurée par le tubercule, organe de réserve riche en eau et en substances nutritives (**Rousselle et al., 1996**). Selon (**Soltner, 1988**), la durée de cycle végétatif de la pomme de terre est très variable. A titre indicatif, elle est de 90-150 jours, elle dépend de l'état physiologique des tubercules qui sont plantés, de l'ensemble des facteurs agro-climatiques et des variétés utilisées. Le cycle végétatif de la pomme de terre comprend plusieurs phases :

- **Germination**

Lorsqu'un tubercule est placé dans des conditions d'environnement favorable (16-20°C, 60 à 80% d'humidité), il commence à germer, ses germes s'allongent jusqu'à atteindre le niveau du sol (**Rousselle et al., 1996**).

- **Levée**

Les germes poursuivent leur croissance au-dessus du sol en devenant des tiges feuillées. Au même temps, les racines commencent leur élongation et leur ramification (**Grisson, 1991 in Rousselle et al., 1996**). Elle mêmes portant parfois des stolons. Pendant cette période la plante est dépendante des réserves du tubercule mère.

- **Tubérisation**

Les stolons cessent leur élongation et leurs extrémités se renflent pour former les ébauches des tubercules. La formation des ébauches de tubercules s'effectue le plus souvent en un temps très court (1 à 2 semaines) pour la plupart des variétés. Les phénomènes de la

tubérisation se déroulent selon trois étapes successives : l'indication, l'initiation et la croissance radicale du tubercule (**Grison, 1983**).

- **Croissances axiale**

Durant cette phase, il y'a grossissement des tubercules. Les cellules augmentent de volume par accumulation d'eau et de grains d'amidons.

- **Sénescence, l'arrêt du grossissement**

L'arrêt de croissance du plant, qui se traduit classiquement par le jaunissement progressif des feuilles du bas vers le sommet du plant, conduit au dessèchement total du système aérien. Les tubercules se trouvent dans un état de repos végétatif et leurs bourgeons sont incapables de croître pour donner des germes (**Rousselle et al., 1996**).

I.1.6. Bioagresseurs de la culture de la pomme de terre et moyens de lutte

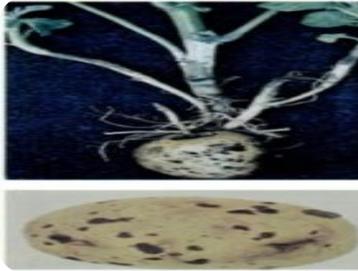
La pomme de terre est sujette aux attaques de nombreux pathogènes et ravageurs, notamment des insectes, des acariens, des nématodes et des virus, qui affectent tout ou une partie de la plante (racines, tiges, feuilles, tubercules) (Tableau 5).

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kystes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

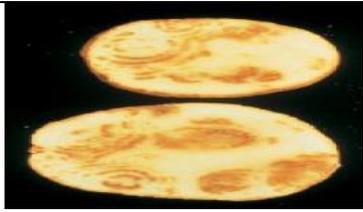
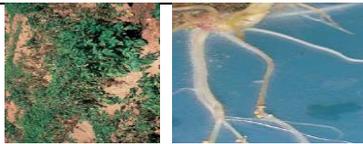
Tableau 5: Principaux biosagresseurs de la pomme de terre et moyen de lutte.

Maladies / Ravageur	Maladie et leur Agents responsable	Description des maladies	Symptômes	La lutte
Fongique	Le mildiou <i>Phytophthora infestans</i>	<p>Sur feuilles : nécrose, un duvet blanc grisâtre se développe sur la face inférieure.</p> <p>Sur pétioles et tiges : taches noires ou brunes.</p> <p>Sur tubercules : taches grises ou brunes à l'intérieur du tubercule, on peut voir des zones marbrées rouges ou brunes (provoquant la pourriture des tubercules lors de la conservation)</p>		<p>Utiliser un produit fongicide à fort pouvoir antisporulant.</p> <p>Valoriser des résistances variétales Rotation longue.</p> <p>Eviter l'excès d'azote.</p> <p>lutter contre les mauvaises herbes</p>
	Alternariose : <i>Alternaria solani</i>	<p>Sur les feuilles : des taches brunes à noires de type nécrotiques avec diamètres variables.</p> <p>Sur tubercules : Pourritures brunes noirâtres, bien délimitées et sèches</p>		<p>Maladies contrôlées par des applications de fongicides</p>

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kystes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

Bactérienne	Rhizoctone brune <i>Rhizoctonia solani</i>	sur tubercules : portent à la surface de petits amas marron foncé ou noirs durs (sclérotés). Mycélium visible au collet des tiges Enroulement et jaunissement des feuilles.		Utilisation des semences saines Rotation longue. Traitement des plants à la plantation avec produits fongicides
	La jambe noire et la pourriture molle <i>Pectobacterium</i> ssp.	Sur tiges : pourritures humides noire Sur feuillage : jaunissement et enroulement des feuilles vers le haut peuvent se déclarer le flétrissement et la mort de la plante. Sur tubercules : pourritures molles humides.		Eviter de planter dans des sols humides et limiter l'irrigation Récolter à maturité Les tubercules doivent être convenablement secs avant la conservation ou l'expédition.
	La pourriture brune et le flétrissement bactérien : <i>Rostonia solanacearum</i>	Flétrissement et morte de la plante. Sur tubercule : pourriture vasculaires molle.		
Virus	Virus de l'enroulement de la pomme de terre (PLRV)	Enroulement et un rabougrissement des feuilles supérieures de la plante avec une décoloration (jaune pâle ou pourpres rousses ou rouges). Sur les tubercules : nécrose du système vasculaire.		épuration des touffes malades éliminer des tubercules par traitement à la chaleur.

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kystes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

	Virus du Ratte du tabac TRV	Des taches nécrotiques ou de petits anneaux jaunes et déformation des feuilles. Des taches nécrotiques souvent visibles à la surface des tubercules.		Traitement du sol avec nématicides
Le principal ravageur	Teigne : <i>Phthorimaea operculella</i> <i>Scrobipalopsis solanivora</i>	Perforation des feuilles et pétioles, feutrage gris en surface. Les chenilles creusent des galeries superficielles dans les tubercules. Les excréments noirâtres sont rejetés vers l'extérieur.		Destruction des tubercules contaminés. Désinfections des locaux. Traitement insecticides en végétation ou avant conservation Longue rotation
Nématodes	Nématodes à galle : <i>Meloidogyne</i> spp.	Les tissus environnants prolifèrent pour donner des galles d'un diamètre de 2 à 4 mm sur les petites racines et beaucoup plus grosses sur les racines principales. Sur les plantes sensibles, peut provoquer un flétrissement des plants.		Traitement du sol avec des nématicides ou fumigants, la rotation des cultures et la jachère. En cultures particulièrement sensibles comme le coton, les haricots, la tomate, le manioc et les cucurbitacées seront évitées
	Nématodes à kystes <i>Globodera rostochiensis</i> <i>Globodera pallida</i>	Foyer de végétation chétive. Chevelu racinaire dense. Plantes avec parfois feuilles réduites et décolorées		De longues rotations La fumigation

(Soltner, 1979 ; Anonyme, 1979)

I.2. Généralités sur les nématodes à kystes de la pomme de terre

Les nématodes à kystes de pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont deux espèces des bioagresseurs de la famille des Solanacées. Ces organismes sont des endoparasites sédentaires et obligatoires et ils sont classés comme organismes de quarantaine.

I.2.1. Historique et répartition géographique de *Globodera* spp.

I.2.1.1. Dans le monde

Les nématodes à kystes de la pomme de terre sont originaires des Andes d'Amérique du sud (**Evans et Stone, 1977**). Ces nématodes ont été introduits en Europe au milieu du 19^{ème} Siècle avec des tubercules de pomme de terre. On les trouve dans de nombreuses régions tempérées du monde, infestant environs 65 pays (**OEPP, SD**).

Globodera rostochiensis

OEPP: Albanie, Algérie, Allemagne, Autriche, Belarus, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Egypte, Espagne (y compris les îles Canaries), Estonie, Finlande, France, Grèce (y compris la Crète), Hongrie (un seul site), Iles Féroé, Islande, Irlande, Lettonie, Liban, Libye, Lituanie, Luxembourg, Malte, Maroc, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal (y compris Madeira; non confirmé aux Azores), République Tchèque, Royaume-Uni (Angleterre, Iles anglo-normandes), Russie (Extrême-Orient, Russie centrale, Russie méridionale, Russie septentrionale, Sibérie occidentale, Western orientale), Slovaquie, Suède, Suisse, Tunisie, Ukraine, Yougoslavie (non confirmé). Signalé en Israël en deux occasions en 1954 et 1965 dans une petite zone de la région de Sharon, éradiqué avec succès.

Asie: Chypre, Inde (Kerala, Tamil Nadu), Japon (Hokkaido), Liban, Pakistan, Philippines, Sri Lanka, Tadjikistan, Russie (Extrême-Orient, Sibérie occidentale, Sibérie orientale).

Afrique: Afrique du Sud, Algérie, Egypte, Libye, Maroc (interceptions uniquement), Sierra Leone, Tunisie.

Amérique du Nord: Canada (Newfoundland, British Columbia Vancouver Island uniquement), Mexique, Etats-Unis (New York; éradiqué dans le Delaware).

Amérique Centrale et Caraïbes: Costa Rica, Panama.

Chapitre I : Données bibliographiques sur la culture de pomme de terre et les nématodes à kystes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*

Amérique du Sud: dans toute la zone andine d'altitude: Argentine, Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Equateur, Pérou, Venezuela. Répartition plus méridionale que celle de *G. pallida*.

Océanie: Australie (deux attaques, l'une en Western Australie en 1986, l'autre en Victoria en 1991; dans les deux cas des programmes officiels d'éradication sont en cours), Ile Norfolk, Nouvelle-Zélande.

UE: présent.

La figure 2 présente la distribution géographique de *G. rostochiensis*.

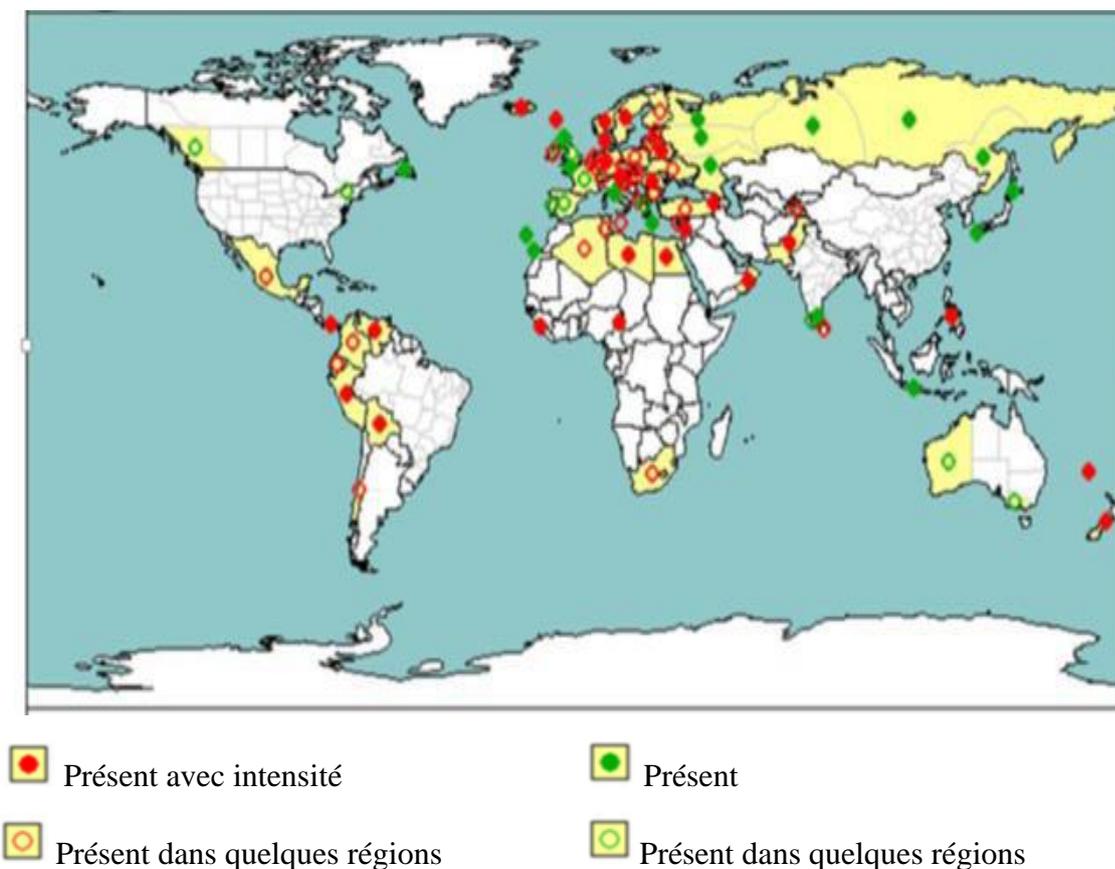


Figure 2 : Distribution mondiale de *Globodera rostochiensis* (OEPP, 2006).

• *Globodera pallida*

OEPP: Algérie, Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Espagne (y compris les îles Canaries), France, Grèce (uniquement en Crète), Irlande, Islande, Iles Féroé, Italie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal (continental), Royaume-Uni.

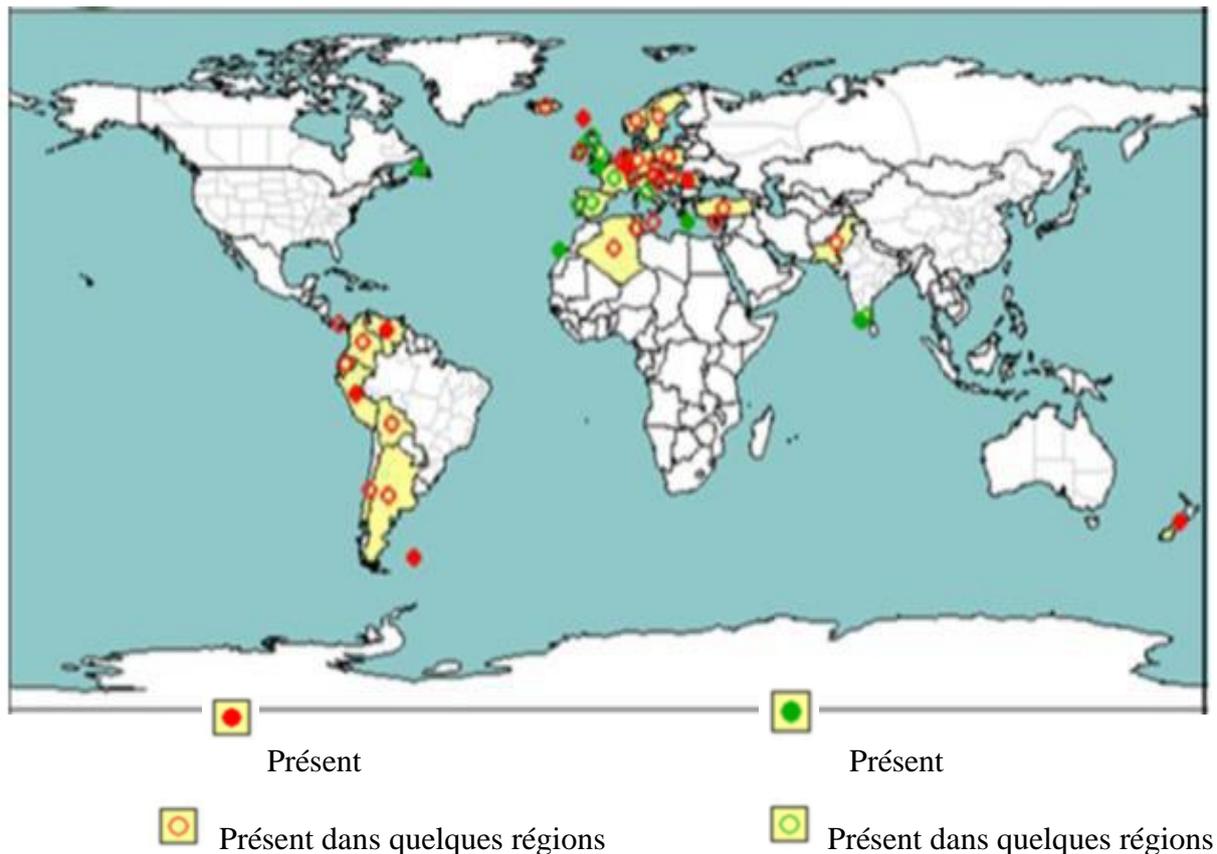


Figure 3 : Distribution mondiale de *Globodera pallida* (OEPP, 2006)

I.2.1.2. En Algérie

Ce nématode a été découvert en Algérie pour la première fois en 1953 suite à l'introduction des semences de pomme de terre d'origine britannique à la fin de la deuxième Guerre mondiale. Une année après, il a été signalé dans le littoral algérois. En 1961, les surfaces contaminées se sont étendues, très rapidement, touchant 33 communes aux environs d'Alger (Scoto Lamassese, 1961). Après, il a été disséminé dans plusieurs wilayas du pays dont les plus importantes sont Ain Defla, Tipaza, Chlef, Mascara et Sétif (I.N.P.V., 2011).

I.2.2. Position systématique et appellations des deux espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre.

I.2.2.1. Position systématique

La classification que nous avons retenue est celle de Stone (1977) et Reddy (1983) :

Embranchement : Némathelminthes

Classe : Secernentea

Sous classe : Nematoda

Ordre : Tylenchida

Sous ordre : Tylenchina

Super famille : Heteroderidea

Famille : Heteroderidae

Sous famille Heteroderinae

Genre : *Globodera*

Espèces : *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*

I.2.2.2. Appellations

Deux espèces appartenant à ce groupe de nématodes : *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*.

Globodera rostochiensis

Nom: *Globodera rostochiensis* (Wollenweber, 1923) ; (Behrens ,1975)

Synonyme : *Heterodera rostochiensis* Wollenweber

Yallow potato cyst nematode, golden potato cyst nematode, golden (anglais)

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

Globodera pallida

Nom : *Globodera pallida* (Stone, 1973) (Berhrens, 1975).

Synonymes : *Heterodera pallida* Stone.

Heterodera rostochiensis Wollenweber.

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

Nématode blanc de la pomme de terre (français).

الدودة الخيطية للبطاطا (العربية)

I.2.3. Description morphologique

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

- **Femelle**

Les femelles sont sphériques avec un cou qui fait saillie et qui contient l'œsophage et les glandes associées, leur diamètre est d'environ 450 µm, la forme des kystes est similaire à celle des femelles adultes (**Golden et Ellington, 1972 ; OEPP, 2004**). La couleur de la femelle peut être utilisée comme indication d'espèce « Nématodes blanc de la pomme de terre » pour *Globodera pallida*, « Nématodes doré de pomme de terre » pour *Globodera rostochiensis* (**Franco, 1989**) (Fig.4).

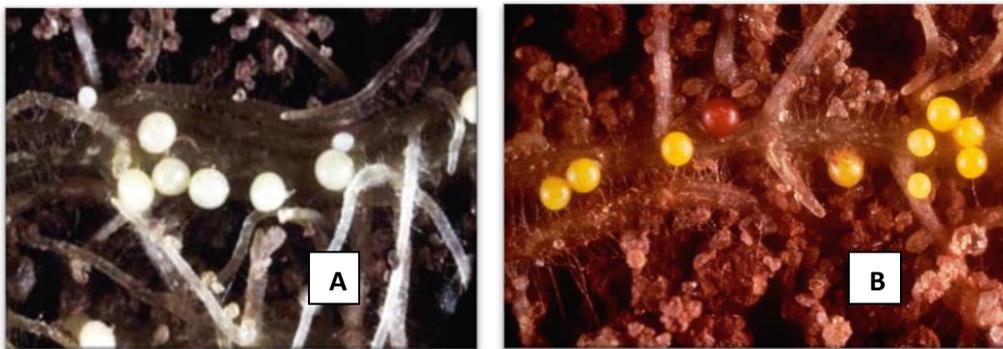


Figure 4: Femelle de *Globodera pallida* (A) et *G. rostochiensis* (B) sur les racines de pomme de terre (**Hockland, 2002**).

- **Mâles**

Les mâles (Fig.5) sont filiformes, mobiles et ils ont 1200 µm de longueur environ et à proximité de la queue, courte et émoussée, s'observent les organes copulateurs (**OEPP, SD**).

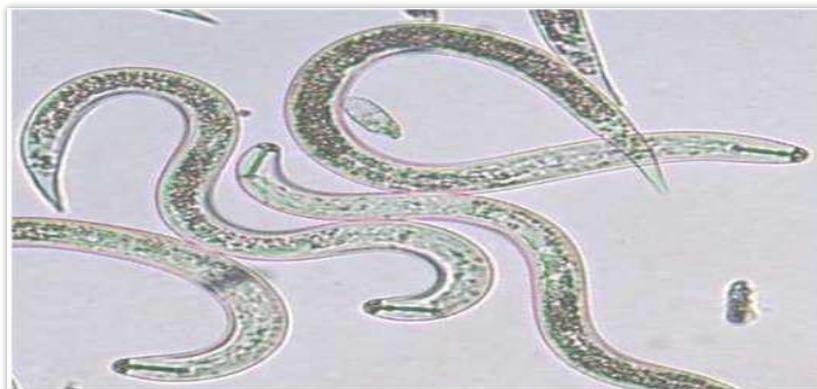


Figure 5 : Adulte mâle d'un nématode à kyste de la pomme de terre (**ITCMI, 2006**).

- **Juvéniles de deuxième stade**

Les juvéniles de deuxième stade (Fig. 6) sont filiformes et de 470 µm de longueur environ, leur bouche contient un puissant stylet pour piquer les parois cellulaires et leur queue est effilée (OEPP, 2004).

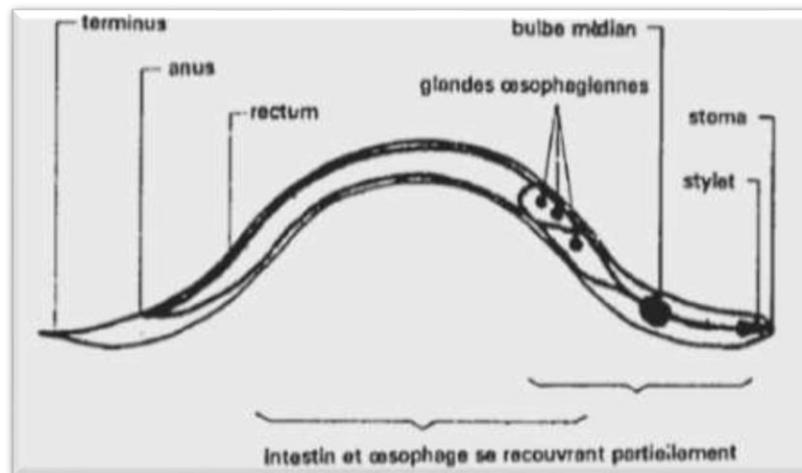


Figure 6: Deuxième stade larvaire du nématode à kyste de la pomme de terre (Richard et Sawyer, 1972).

- **kyste**

A maturité, le corps de la femelle se gonfle et se transforme, après fécondation en sac sphérique, résistant, de couleur brune rouge appelé kyste de 0,3 à 0,9 mm de diamètre. Une protubérance en forme d'épingle correspond à la tête qui était attachée à la racine de la pomme de terre (Richard et Sawyer, 1972) (Fig. 7).



Figure 7 : Kystes de *Globodera* spp. (Belair et Laplante, 2007).

I.2.4. Cycle de développement de *Globodera* spp.

Le cycle de développement de *Globodera rostochiensis* et de *G. pallida* est pratiquement identique, comporte quatre stades juvéniles et un adulte. Le cycle biologique commence par le deuxième stade larvaire (J2) qui sort des œufs situés à l'intérieur des kystes, Les exsudats racinaires de pomme de terre provoquent l'éclosion des œufs contenus dans les kystes, en général *G. rostochiensis* éclot plus fortement que *G. pallida* (Mugniery, 1982). Certains œufs restent dans les kystes et éclosent les années suivantes. Après l'éclosion, les J2, migrant dans le sol, pénètrent les racines de l'hôte. Grâce à leur stylet choisissent les cellules qu'ils piquent pour induction de site nourricier, appelé syncytium.

Le syncytium est la seule source de nutriment pour les nématodes tout au long de leur durée de vie (Chauvin et al., 2008). Après, les J2 subissent deux mues successives, donnant des juvéniles (J3) puis (J4) avant de se transformer lors d'une dernière mue en adulte, le sexe des nématodes à kyste de la pomme de terre est déterminé pendant le troisième stade juvénile sous la dépendance des conditions environnementales et nutritionnelles, si de grands sites d'alimentation sont disponibles, ils deviendront des femelles, si les sites d'alimentation sont plus petits, il en résulte des mâles (Luc et al., 2005). Les mâles s'accouplent avec les femelles. Après l'accouplement les mâles meurent et les femelles demeurent sur les racines pendant que les œufs se développent dans leur intérieur, environ 500 œufs. Les femelles sont blanches quand elles font saillie sur la surface racinaire, celles de *G. pallida* restent blanches alors que celles de *G. rostochiensis* vont passer par une phase jaune doré qui durera 4-6 semaines. Quand les femelles sont totalement développées, leur peau devient marron, et se transforme en une enveloppe protectrice (le kyste), autour des œufs à l'intérieur. A ce moment, les kystes se détachent de la surface de la racine et se retrouvent dans le sol, où les œufs soit éclosent pour attaquer la culture, soit demeurent dormants pour jouer le rôle de sources d'inoculum pour les cultures futures. Les kystes peuvent garder leur pouvoir infectieux pendant 15-20 ans (Stelter, 1971 ; Stone, 1973 ; Jones et Jones, 1974).

La figure 8 présente le cycle biologique de *Globodera rostochiensis* et de *Globodera pallida*.

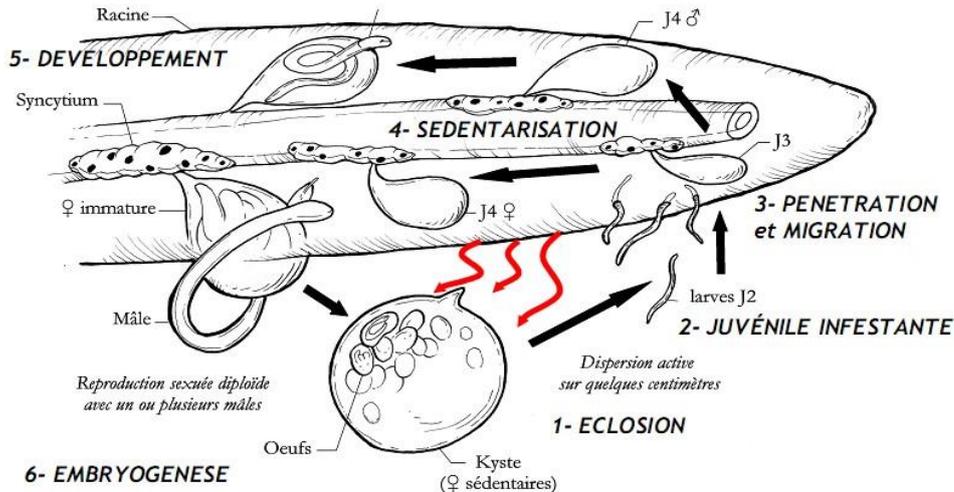


Figure 8: Cycle biologique de *Globodera rostochiensis* et de *Globodera pallida* (Picard, 2005).

(Les flèches rouges symbolisent l'émission d'exsudats radiculaires par la plante hôte qui sont ensuite perçus par les nématodes dans le kyste).

I.2.5. Plants hôtes

Le genre *Globodera* possède une gamme de plantes hôtes très réduite (Mugniery, 1975). Les deux espèces sont des parasites spécifiques de la famille des solanacées, on les trouve sur tous les *Solanum* tubéreux, dont la pomme de terre, sur quelques espèces non tubéreuses cultivées comme la tomate ou l'aubergine. Des adventices comme la douce-amère, *Solanum dulacamarum*, *Datura tatula* et *D. stramonium* sont rapportés comme hôte de *G. rostochiensis* (Rousselle et al., 1996).

I.2.6. Moyens de déplacement et de dispersion

Ces nématodes n'ont aucun moyen naturel de dispersion, le seul déplacement connu est celui des juvéniles attirés par les racines dans le sol sur de très petites distances. La dispersion se fait sous la forme de kystes véhiculés, par ordre d'importance, sur pommes de terre de semence, matériel végétal initial de pépinière, terre, bulbes floraux, pommes de terre de consommation ou de transformation. Ces dernières ne sont concernées que s'il y'a un risque qu'elles soient plantées ou si les résidus de terre ne sont pas convenablement traités (EPPO, SD).

I.2.7. Les symptômes

Il n'y a pas de symptômes spécifiques de l'attaque des *Globodera*, les dommages causés par les deux espèces peuvent apparaître comme des signes de carence en minéraux, les racines étant incapables d'absorber nutriment suffisants (**Hockland, 2002**). On observe généralement des plants chétifs, décoloration et flétrissement ou mort du feuillage. Mais même dans le cas du symptôme très faible sur le feuillage, la taille des tubercules est plus petite et le rendement est souvent réduit (**OEPP, 2004**). Les nématodes causent aussi un retard de croissance du système racinaire qui reste faible et très ramifié (**Bélaïr, 2005**).

I.2.8. Importance économique

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

I.2.9. Facteurs influençant la densité des populations de nématodes

L'interaction entre le parasite et son hôte est un phénomène complexe, régi par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques (**Schneider et Mugniery, 1971**).

I.2.9.1. Facteurs abiotiques

I.2.9.1.1. Climat

Le climat joue un rôle important dans l'évolution des ces parasites (**Schneider et Mugniery, 1971**).

- **Température**

Elle a une influence sur l'éclosion des œufs, la reproduction, la croissance et la survie. La température optimale se situe entre 15°C et 30°C (**Richard et Sawyer, 1972**). Les larves ne peuvent éclore que si la température du sol dépasse 7°C et l'optimum pour leur sortie des kystes se situe entre 15 et 20°C (**Schneider et Mugniery, 1971**).

- **Humidité**

L'humidité provoquée par des précipitations ou une irrigation sont des facteurs qui influencent les populations de nématodes (**Richard et Sawyer, 1972**).

- **Pluviométrie**

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

I.2.9.1.2. Facteurs édaphiques

- **Texture du sol**

Les attaques sont plus sévères dans les sols légers et poreux qui paraissent favoriser le nématode. Or, après leur éclosion, les larves qui tendent à se diriger vers les racines, ne peuvent se mouvoir que dans un film d'eau, lequel est retenu par capillarité dans les pores du sol les plus petits, et sur le pourtour des pores les plus grands. Plus les pores de grandes tailles seront rares, ou au contraire plus les pores de petite taille seront nombreux, plus les larves auront des difficultés à cheminer vers les racines (**Schneider et Mugniery, 1971**).

- **Aération du sol**

Une mauvaise aération du sol diminue la durée de survie des nématodes et la densité de la population (**Richard et Sawyer, 1972**).

- **Propriétés chimiques du sol**

La salinité, le pH, les matières organiques, les engrais et les pesticides agissent sur l'éclosion et l'activité des nématodes (**Richard et Sawyer, 1972**).

I.2.9.2. Facteurs biotiques

- **Plantes hôtes**

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 (**Richard et Sawyer, 1972**).

I.2.10. Techniques d'identification des deux espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre

I.2.10.1. Identification morphologique

La couleur des femelles au bon moment de développement peut être utilisée comme une indication d'espèces, une femelle, en cours de maturation, a une couleur blanche à jaune puis un kyste brun pour *G. rostochiensis*, tandis que celui qui passe directement du blanc au brun est *G. pallida* (OEPP/EPPO, 2013). L'identification des nématodes à kystes de pomme de terre se repose aussi sur la combinaison des caractéristiques morphologiques et morphométriques des kystes et celles des juvéniles de deuxième stade (OEPP, 2009; OEPP/EPPO, 2013).

La différence entre les deux espèces se situe sur la zones périnéale des kystes (Fig. 9 et 10), où on distingue les caractères suivants : le nombre et la forme des stries sur la région périnéale, la distance entre l'anus et la vulve, le diamètre de la fenêtre vulvaire, le rapport de Granek (distance vulve -anus / diamètre de la fenêtre vulvaire).

L'identification morphologique par les juvéniles de deuxième stade comprend les caractères suivants : la longueur du corps, la longueur du stylet des juvéniles et la forme des boutons basaux du stylet (Fig. 10 et tableau 6).

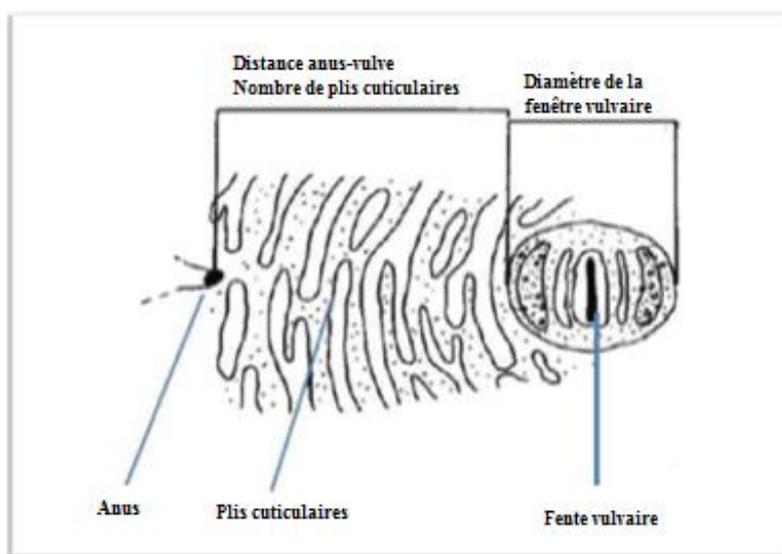


Figure 9 : Zone périnéale d'un kyste du genre *Globodera* et critères utilisés pour l'identification morphobiométrique (adapté de Fleming et Powers, 1998).

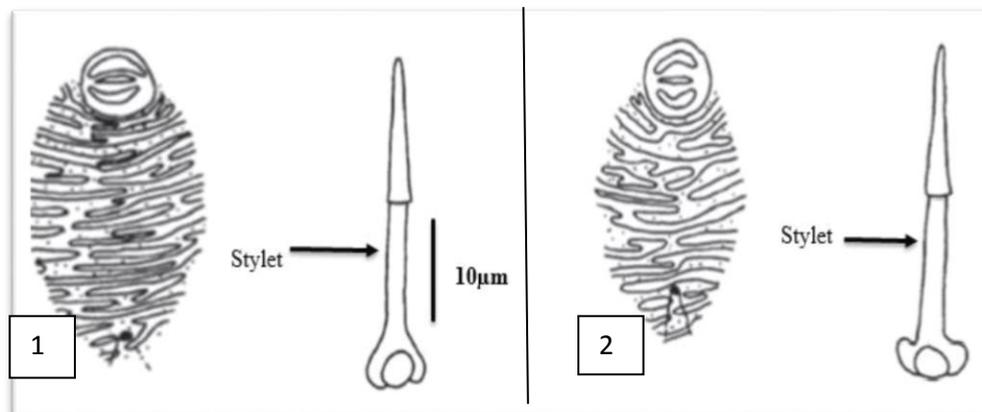


Figure 10 : Région périnéale et stylet de *G. rostochiensis* (1) et *G. pallida* (2) (Baldwin et Mundo-ocampo, 1991).

Tableau 6: Différentiation entre les deux espèces de nématodes à kystes de la pomme de terre

Critères	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
Forme des boutons basaux du stylet des J2	Surface antérieure ronde	Surface antérieure plate à concave
Longueur du stylet des J2	21-23 (22)	21-26 (> 23)
Nombre de stries entre l'anūs et la bordure de fenêtre	12-31 (>14)	8-20 (<14)
Diamètre de la fenêtre vulvaire	8-20 (<19)	18-21 (> 19)
Distance entre l'anūs et la bordure de fenêtre	37-77(>55)	22-67 (<50)
Le rapport de Granek (distance vulve anus / diamètre de la fenêtre vulvaire)	1,3-9,5 (> 3)	1,2-3,5 (<3)

(Baldwin et Mando-Ocampo, 1991 ; Fleming et Power, 1998)

I.2.10. 2. Identification par des méthodes biochimiques

La distinction entre les espèces de *Globodera* peut se faire par des méthodes biochimiques. La caractérisation d'hydrate de carbone, de lipides, de protéines ont trouvé des applications pour l'identification (Burrows et Boffey, 1986).

L'électrophorèse des protéines est la plus utilisée pour identifier et différencier les espèces des nématodes à kystes de la pomme de terre (Subbotin et al., 1999 ; Grenier et al., 2001).

I.2.10. 3. Identification par utilisation de la biologie moléculaire

L'identification des espèces du genre *Globodera* par la technique de biologie moléculaire est basée sur l'ADN: par la RFLP (polymorphisme de longueur des fragments de restriction) de l'ADN ribosomal (Thiery et Mugniery, 1996 ; Subbotin et al., 2000) ou par amplification d'une séquence d'ADN par PCR (Réaction en Chaîne par Polymérase). La PCR est une technique d'amplification enzymatique (Taq polymérase) qui permet d'obtenir plusieurs copies d'un fragment d'ADN, cette réaction est réalisée in vitro (Fleming et Power, 1998 ; Subbotin et al., 2003).

I.2.11. Moyens de lutte

Les méthodes de gestion consistent à la réduction ou au maintien de la densité des nématodes à un niveau inférieur au seuil de nuisibilité en utilisant plusieurs stratégies qui permettent une production agricole durable (Viaene et al., 2006).

I.2.11.1. Les mesures prophylactiques

La gestion des nématodes à kystes est basée sur la prévention pour éviter l'introduction et la dissémination du parasite : contrôle des végétaux aux frontières pour éviter l'introduction de nouvelles populations sur un territoire s'avère indispensable, nettoyages des machines agricoles, la gestion des eaux de lavage, écart de triage et des terres de détirages (Rulliat et Elliséche, 2006), le control du mouvement des animaux d'un champs infesté à un autre non infesté et l'élimination des mauvaises herbes considérées comme plantes hôtes (Bélaïr, 2005) sont des éléments importants à considérer dans l'organisation des exploitations dans le cadre de la lutte contre les nématodes.

I.2.11.2. Les méthodes culturales

- **Les plantes pièges** : La technique de culture piège consiste à réaliser une plantation à haute densité de petits tubercules, fortement pré germés afin de piéger les larves dans la plante puis détruire la culture cinq semaines plus tard avant la fin du cycle des

parasites (**Chauvain et al., 2008**). Il est possible également de planter des solanacées sauvages non tubéreuses (ex : *Solanum sisymbriifolium* ourackblad) qui vont piéger naturellement les larves dans la plante (**Somerhausens, 2006**).

- **La rotation culturale** : allonger la rotation à quatre ans minimum, mais s'assurer que les repousses ne réapparaissent pas durant les quatre ans. Durant cette période d'attente, on ne peut pas non plus cultiver d'autres plantes-hôtes (tomate, aubergine ...). Cette rotation permet de réduire la population de nématodes à condition que le contrôle des repousses de pomme de terre est très bien maîtrisé (**Ritter, 1971**).
- **La jachère** : l'emploi de la jachère permet de réduire la population des nématodes à kystes (**Mugniery, 1975**).
- **Modifier les pratiques culturales** : en production de primeur, on récolte le plus tôt possible en jouant sur le différentiel de développement entre les nématodes et la pomme de terre (**Rousselle et al., 1996**).

I.2.11.3. Lutte physique

- **Solarisation** : augmentation de la température du sol en surface par bâchages. La solarisation peut diminuer les populations de 80% dans certains cas, mais on ne sait pas le garantir (**Duvauchelle, 2013**).

- **Lutte par le froid** : l'étude de la résistance des nématodes au froid a été entreprise sur quelques espèces de nématodes il y'a déjà longtemps mais nous n'avons, en fait, que peu d'informations sur l'utilisation possible de ce procédé. Les endoparasites sont sensibles aux températures que les ectoparasites et on pense qu'un traitement rapide à très faible température ou une alternance de froid et de chaud seraient les meilleures solutions (**Guany et Mimaud, 1971**).

I.2.11.4. La lutte chimique

La lutte chimique contre les nématodes demande la mise en contact des nématodes parasites avec des substances chimiques toxiques, appelées nématicides, en concentration suffisamment élevée pour les tuer (**Richard et Sawyer, 1972**), Les principaux nématicides utilisables sont :

- Les fumigants qui ont des propriétés nématicides mais aussi bactéricides, fongicides et herbicides.
- Les non-fumigants (les organophosphorés et des organocarbamats) qui sont aussi insecticides.

Les produits chimiques de lutte contre les nématodes sont chers et toxiques pour l'homme et pour l'environnement (**Rousselle et al., 1996**).

I.2.11.5. La lutte biologique

Plusieurs micro-organismes sont connus pour contrôler les nématodes phytoparasites du genre *Globodera*. Ces organismes, principalement des champignons et des bactéries, peuvent être utilisés en lutte biologique contre les nématodes. Cependant, ce type de lutte reste limité aux petites surfaces (**Brown et al., 1985**).

Les champignons ovicides ont la propriété de tuer les œufs des nématodes. Parmi eux *Paecilomyces lilacinus* et *verticillium chlamydosporium* sont à retenir. Les filaments de *Paecilomyces lilacinus* percent la coque de l'œuf grâce à des enzymes appropriées puis pénètrent à l'intérieur et parasitent l'embryon. Cette espèce a été approuvée au Pérou par **Jatala et al. (1979)** sur la pomme de terre attaquée par *Meloidogyne* et par *Globodera pallida* (**Cayrol, 1983; Jatala et al., 1985**).

Les bactéries mycéliennes à endospores du genre *Pasteuria* sont des parasites obligatoires, notamment, des nématodes phytoparasites (**Stirling, 1991**). Les spores de *Pasteuria penetrans* sont utilisées en suspension contre les *Globodera* (**Sayre et Starr, 1985**). L'efficacité parasitaire de *Pasteuria penetrans* remarquable permet de réduire les populations de nématodes de plus 80%, ensuite ses endospores sont d'une résistance exceptionnelle qui permet leur stockage pendant très longtemps sans aucun problème particulier (**Cayrol et al., 1992**).

I.2.11.6. Lutte génétique

L'utilisation de variétés résistantes est un moyen de lutte efficace qui permet le maintien des populations de nématodes au-dessous du seuil de nuisibilité. La résistance génétique constitue un moyen alternatif privilégié pour la gestion des nématodes (**Catagnone-Sereno et Djjan-Caporalino, 2011**).

I.2.11.7. Lutte intégrée

L'objectif de la lutte intégrée est le contrôle des nématodes à kystes de la pomme de terre est de ramener les densités des populations à des seuils acceptables en utilisant plusieurs méthodes de lutte. Pour diminuer le risque de dissémination de ces parasites, on doit associer divers méthodes de lutte : utilisation des plantes certifiées indemnes de nématodes, les méthodes culturales et méthodes chimiques (**Chauvin et al., 2008**).

II.1. Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude consistent à l'estimation de l'état d'infestation de quelques parcelles cultivées en pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera* dans les wilayas d'Ain Defla et de Tipaza et l'identification des espèces de *Globodera* présentes dans les parcelles infestées.

II.2. Présentation des régions d'étude

II.2.1. Wilaya d'Ain Defla

II.2.1.1. Situation géographique

La wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et l'Ouest, le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA ZACCAR au Nord et l'OUARSNIS au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'Est en Ouest par oued Chleff, cours d'eau d'une grande importance économique. Elle est située à 145 km au Sud Ouest de la capitale. Elle s'étend sur une superficie de 4260 km², comprend 14 Daïra qui regroupent 36 communes. Le climat méditerranéen semi-aride

La wilaya d'Ain Defla est limitée par Tipaza au nord, Blida au nord-est, Tissemsilit au sud, Médéa à l'est et Chleff à l'ouest. L'agriculture constitue la principale activité de ses habitants. La culture de pomme de terre s'étend sur une superficie de 15800 ha en 2017-2018 (**DSA d'Ain Defla, 2019**).

II.2.1.2. Zone d'étude

Notre travail est effectué dans les communes : Ain Defla, Rouina, Zeddine, Abadia, Attaf, et Mekhatria (Fig.11) qui figurent parmi les communes productrices de la pomme de terre dans la wilaya d'Ain Defla. Les 18 parcelles choisies sont cultivées pomme de terre. Les informations (variétés cultivés, précédents culturels, type d'irrigation) relatives à ces parcelles sont présentées au niveau de l'annexe 1.

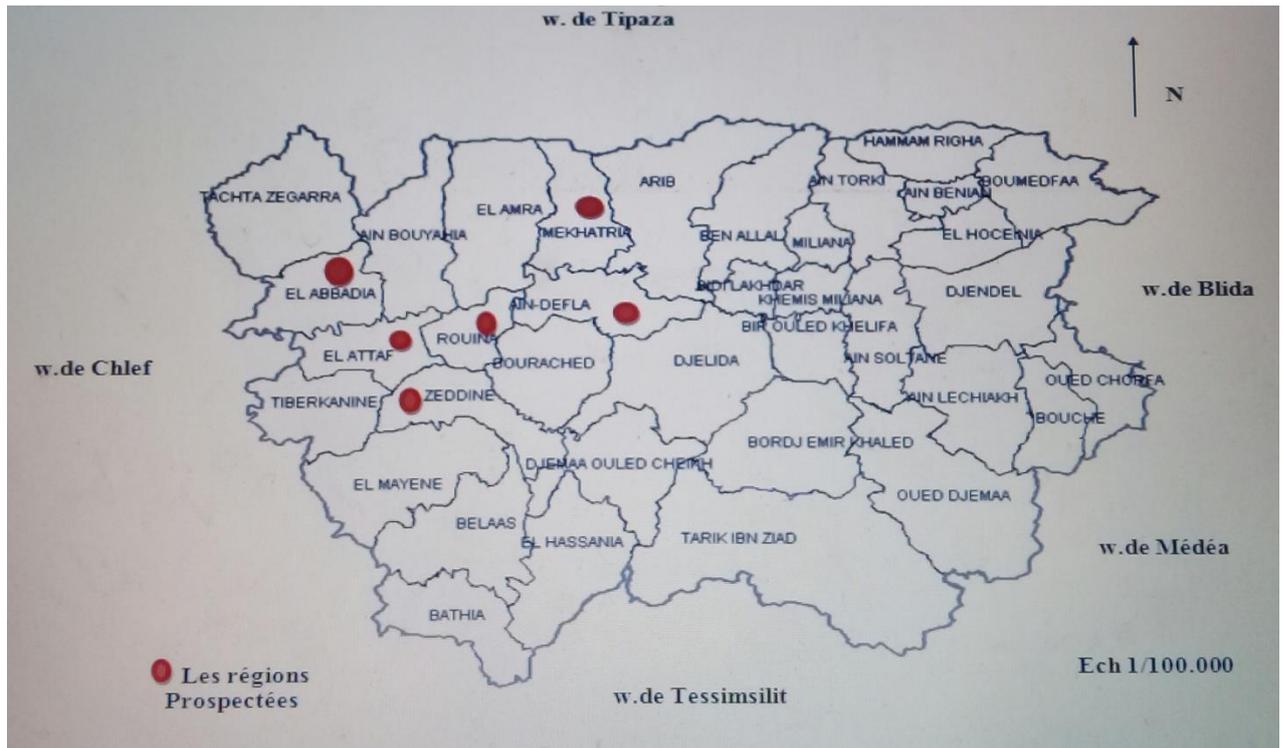


Figure 11: Localisation des zones d'étude dans la wilaya d'Ain Defla (DSA d'Ain Defla, 2019).

II.2.1.3. Climat

D'une manière générale, la wilaya d'Ain Defla présente un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marqué avec aussi un écart de température de 20°C de janvier à aout. L'été s'étend sur six mois environ avec des masses d'air chaud. L'hiver étant froid dans la partie centrale de Zaccar et les gelées relativement fréquentes de novembre à mai.

La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an. Une série d'étages climatiques qui va du subaride au fond de la vallée au subhumide sur les reliefs. Ce type de climat perturbe sérieusement les campagnes agricoles (DSA Ain Defla, 2019).

II.2.1.4. Caractéristiques du sol

Les textures du sol dans les zones d'étude selon les données de la Direction des Services Agricoles de la wilaya d'Ain Defla, sont présentées dans le tableau 7.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Tableau 7 : Texture du sol dans les différentes communes prospectées dans la wilaya d'Ain Defla.

Communes	Types de sols
El Attaf (avec un taux de sel élevé)	Sols limono argileux
Ain Defla	Sols argilo limoneux
Zeddine** et Rouina** (** taux élevé) - EL Abadia (en partie)- Mekhatria (avec un taux élevé en sable)	Sols ferscialitiques

(DSA Ain Defla, 2019)

II.2.2. Wilaya de Tipaza

La wilaya de Tipaza est située sur le littoral nord –centre du pays .Elle s'étend sur une superficie de 1707km². Elle dispose d'un réseau hydraulique relativement important. D'Est en Ouest, nous rencontrons : Oued Mazafran Oued el Hachem Oued Djer et Oued Damous, comprend 28 communes regroupées en 10 Daïra.

La wilaya de Tipaza est limitée par la mer méditerranée au nord, la wilaya de d'Ain Defla au sud ouest, Blida au sud, d'Alger à l'est et Chleff à l'ouest (DSA de Tipaza 2019).

II.2.2.2. Zone d'étude

Pour notre étude, les régions retenues sont : Hadjout, Bourkika, Ahmer El Ain, Marad et Sidi Ghilas qui figurent parmi les communes productrices de la pomme de terre dans la wilaya de Tipaza (Fig. 12). Les 15 parcelles choisies sont cultivées en pomme de terre. Les informations (variétés cultivés, précédents culturaux, type d'irrigation) relatives à ces parcelles sont présentées au niveau de l'annexe 1.

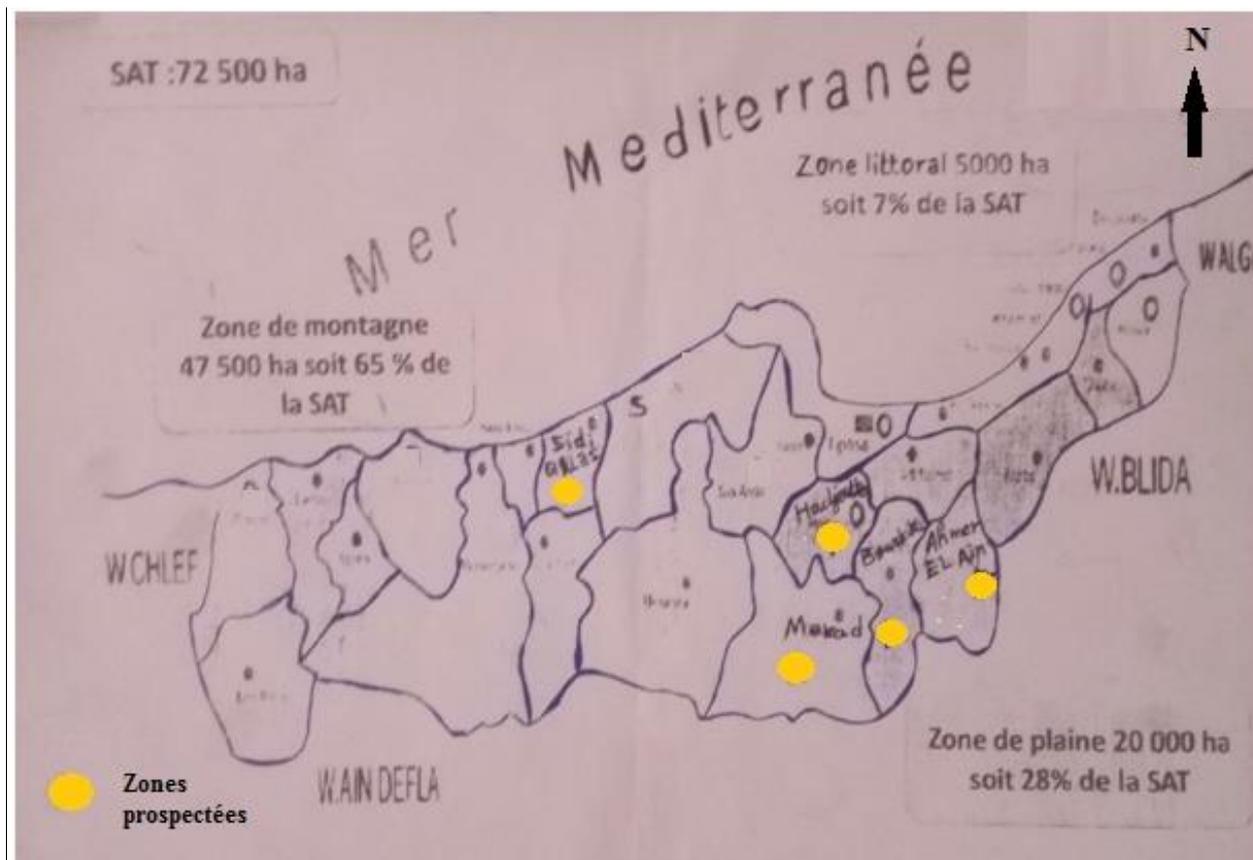


Figure 12: Localisation des zones d'étude dans la wilaya de Tipaza (DSA de Tipaza, 2019)

II.2.2.3. Climat

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

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

Les vents ont des fréquences différentes durant l'année, les plus dominants sont de direction sud et ouest, quant au Sirocco il est rarement enregistré au cours de l'hiver par contre les gelées sont fortement influencées par l'altitude (DSA Tipaza, 2019).

❖ Pluviométrie

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

❖ Températures

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

II.2.2.4. Caractéristiques du sol

Selon des études géologiques spéciales, les sols, en général, sont Argilo-lamineux (DSA Tipaza, 2019).

II.3. Etat d'infestation de quelques parcelles cultivées en pomme de terre par les nématodes à kystes du genre *Globodera*

II.3.1. Analyse nématologique

L'analyse nématologique est nécessaire, elle permet une estimation quantitative des populations de nématodes présents dans le sol, ainsi que leur identification. Selon **Merny et Luc (1969)**, l'analyse nématologique comporte trois opérations successives et complémentaires.

- l'échantillonnage du sol.
- L'extraction.
- La récupération et le comptage des kystes.

II.3.1.1. Echantillonnage du sol

Notre échantillonnage est effectué pendant la culture d'arrière saison dans 6 communes de la wilaya d'Ain Defla et 5 communes de la wilaya de Tipaza. Trois parcelles sont prises en considération dans chaque commune étudiée.

La technique utilisée pour l'échantillonnage est celle de l'échantillon global (**Merny et Luc, 1969**). Cette méthode consiste à prélever plusieurs échantillons élémentaires du sol à l'aide d'une tarière au niveau des zones qui sont immédiatement en contact avec le système racinaire et à une profondeur de 20 à 30 cm sur superficie environ 1 hectare. Les prélèvements sont réalisés avec le modèle systématique (en zig-zag) (**Coyne et al., 2010**) qui permet de pallier à l'hétérogénéité de la répartition des nématodes dans une parcelle donnée et donne des résultats plus fiables que le modèle aléatoire. Ces échantillons élémentaires vont être mélangés en un échantillon global de 2 kg.

II.3.1.2. Conditionnement et pesage du sol

Les échantillons sont mis dans des sacs en plastique portant des étiquettes où sont mentionnées les informations nécessaires concernant l'échantillon (date de prélèvement, commune où il est prélevé, numéro de la parcelle, variété de la pomme de terre cultivée, précédent cultural, et type d'irrigation) (Fig. 13) ensuite, ils sont transportés au laboratoire. Les échantillons du sol sont soigneusement mélangés et homogénéisés afin d'éviter l'hétérogénéité de la répartition des kystes dans le sol. Ensuite, de chaque échantillon global, quatre sous échantillons de 250 g sont prélevés (Fig. 14) pour être utilisés pour estimer la densité des populations dans le sol. Le reste du sol sera utilisé pour l'extraction des kystes qui seront utilisés pour l'identification des espèces.



Figure 13: Conditionnement des échantillons (Original).



Figure 14 : Pesage du sol (Original).

II.3.1.3. Séchage du sol

Les sous échantillons sont étalés sur du papier journal (Fig. 15) à l'ombre dans un endroit bien aéré, le séchage dure 3 à 4 jours (ou plus). On fait remuer le sol pour faciliter l'évaporation de l'eau contenue dans le sol. Le séchage est une étape importante qui permet la flottaison des kystes lors de l'extraction.



Figure 15 : Séchage à l'air libre (Original).

II.3.1.4. Extraction des kystes

- **Principe**

Pour séparer les kystes de *Globodera* de l'échantillon du sol, nous avons utilisé la méthode classique décrite par FENWICK en 1940 (technique d'extraction manuelle). Cette méthode est basée sur la flottation : les kystes de *Globodera* possèdent une densité inférieure à 1 lorsqu'ils sont secs et légèrement supérieure à 1 lorsqu'ils sont humides. Les kystes secs flottent ainsi sur l'eau et peuvent être facilement récupérés, c'est pourquoi l'opération nécessite un dessèchement préalable du sol.

- **Mode opératoire**

L'appareil est rempli d'eau du robinet à ras bord. Le sol sec est entraîné à l'aide d'un jet d'eau au travers du tamis supérieur de maille 1mm, puis vers un entonnoir qui plonge dans le corps de l'appareil. Les kystes flottent et sont entraînés par débordement dans la collerette de récupération, sous laquelle est placé un tamis de 250 μm . L'apport d'eau est maintenu jusqu'à épuisement de l'échantillon et au débordement d'une eau claire. Le nettoyage des tamis et de l'appareil doit être réalisé avec le plus grand soin après chaque utilisation (Fig. 16).

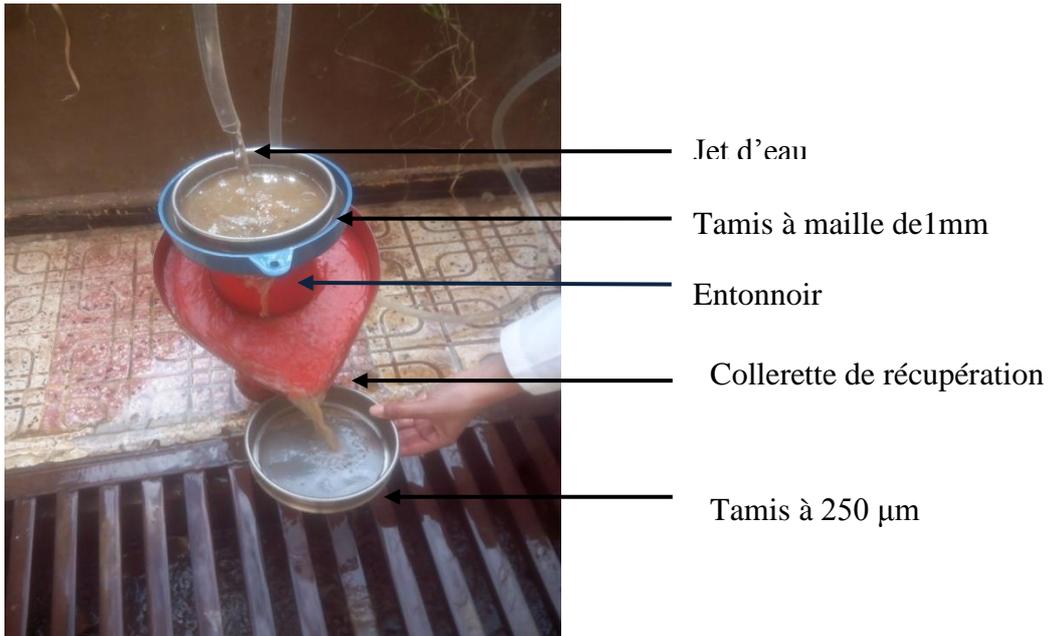


Figure 16 : Extraction des kystes à l'aide de l'appareil de Fenwick (Original).

II.3.1.5. Récupération de l'extrait

La fraction retenue sur le tamis de 250 µm est rincée à l'aide d'un jet d'eau pour éliminer les particules terreuses ou organiques les plus fines. L'extrait est, ensuite, disposé sur un papier filtre à l'aide d'un jet d'eau d'une pissette. Le papier filtre et son contenu est alors mis sur une boîte de Pétri et laissé pour sécher à l'aire libre (Fig. 17).



Figure 17: Récupération de l'extrait (Original).

II.3.1.6. Prélèvement des kystes

L'extrait est disposé sous loupe binoculaire (G : 10X2 ou G : 10X4) pour rechercher les kystes susceptibles d'appartenir au genre *Globodera* (Fig. 18). Ensuite, à l'aide d'un pinceau fin imbibé d'eau, les kystes sont séparés des autres éléments de l'extrait (Fig. 19) et mis dans une

Chapitre II : Matériel et méthodes

boite de Pétri tapissée d'un papier filtre et portant une étiquette contenant les informations relatives à l'échantillon. Les kystes sont reconnues grâce à leur forme (globuleuse, plus ou moins sphérique) la présence d'une tête ainsi que leur couleur (brun clair à brun foncé) (Fig. 20).

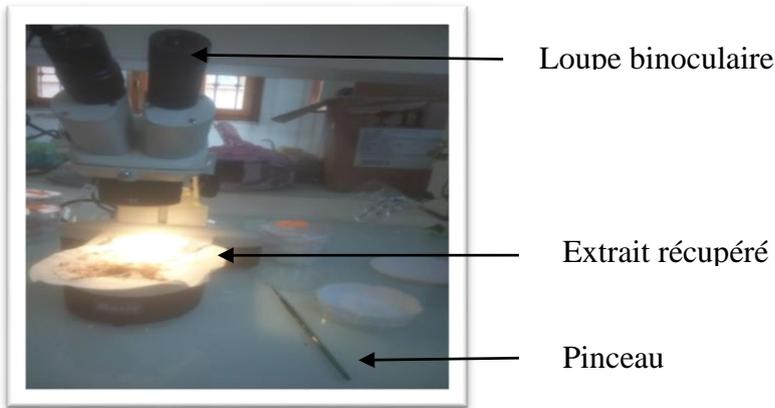


Figure 18: Récupération des kystes sous une loupe binoculaire (Original).



Figure 19: Kystes des *Globodera* mélangés avec la matière organique (Original).

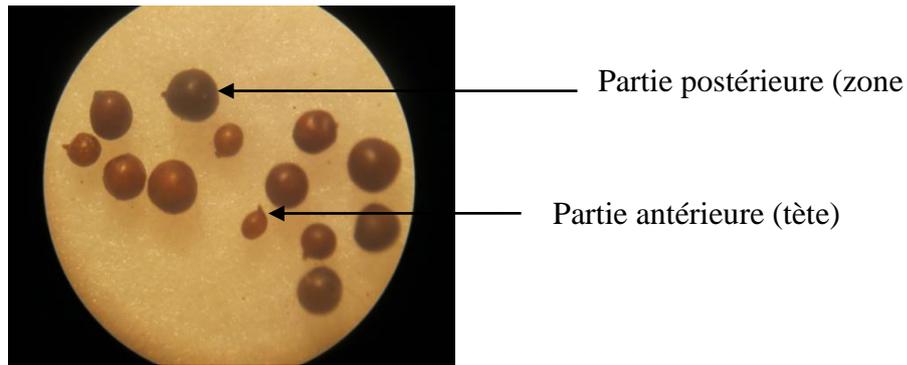


Figure 20 : Kystes de *Globodera* vus sous une loupe binoculaire (G 10 : x 4) (Original)

II.3.1.6. Dénombrement des kystes et estimation de la fréquence de l'infestation

Sous une loupe binoculaire et à l'aide d'un pinceau très fin, on sépare les kystes vides et les kystes pleins. Ils sont dénombrés par la suite. Les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspect turgescents, leur grande taille mais parfois petite et leur couleur foncée et parfois claire, alors que les kystes vides sont identifiés par leur couleur claire qui devient transparente lorsqu'ils sont au contact d'une goutte d'eau, apparaissent dépourvus des œufs ou des larves. On peut aussi procéder à l'écrasement des kystes afin de s'assurer si les kystes sont pleins ou vides.

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

II.3.1.7. Dénombrement des œufs et juvéniles contenus dans les kystes et estimation des degrés d'infestation

Pour dénombrer les œufs et juvéniles contenus dans les kystes on procède à leur écrasement. Cette opération se fait sous une loupe binoculaire (G: 10 X 2 ou G: 10X4). On place les kystes individuellement dans une goutte d'eau mise sur une lame, on les sectionne en deux à l'aide d'un scalpel, puis on les vide de leurs contenus (Fig. 21). Pour chaque sous échantillon (répétition), on compte l'ensemble des œufs et des juvéniles de chaque kyste. Ensuite, on calcule la somme des œufs et juvéniles contenus dans l'ensemble des kystes pour avoir une densité par 250 g du sol et enfin les degrés d'infestation sont obtenus en reportant cette densité à un gramme

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

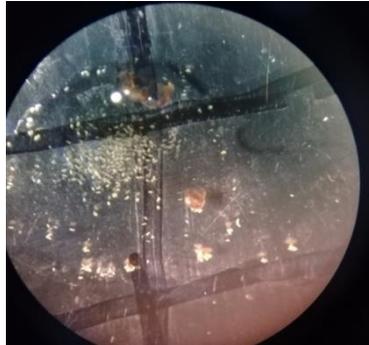


Figure 21: Ecrasement des kystes de *Globodera* (Original).

II.3.1.8. Estimation des nombres moyens d'œufs et de juvéniles de deuxième stade contenus dans les kystes

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

II.4. Caractérisation morphologique de quatre populations de nématode à kystes de la pomme de terre

II.4.1. Informations relatives aux populations utilisées

Le sol restant des échantillons infestés a été utilisé pour l'extraction des kystes, tel qu'il a été décrit précédemment. Ainsi, quatre populations de *Globodera* spp. Sont collectées des communes de Rouina (Rouina P1, Rouina 2) et d'Ain Defla (Ain Defla P2 et Ain Defla P3) sont soumises à une caractérisation morphologique qui consiste à une étude biométrique des kystes, une étude des caractéristiques des régions périnéales des kystes et celles des juvéniles de deuxième stade.

Une partie de cette étude (les mensurations effectuées sur les kystes, régions périnéales et juvéniles) a été effectuée en collaboration avec NIBIO (Institut Norvégiens des Recherches bioéconomiques).

Les informations relatives aux populations étudiées sont présentées dans le tableau 8
Tableau 08: Informations relatives aux populations caractérisées.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Population	Date d'échantillonnage	Variété cultivée	Précédent cultural
Rouina P1	27/11/2018	Spunta	Céréales/pomme de terre
Rouina P2	27/11/2018	Alaska	Céréales/pomme de terre
Ain Defla P2	24/12/2018	Spunta	Céréales/pomme de terre
Ain Defla P3	24/12/2018	Spunta	Céréales/pomme de terre

II.4.2. Etude biométrique des kystes

Vingt kystes sont soumis à une étude biométrique. Ils sont mis sur une lame, ensuite, les mesures de la longueur sans cou, la longueur avec cou et la largeur sont prises sous un microscope optique muni d'un micromètre.

II.4.3. Identification par examen de la région périnéale des kystes

Trois populations sont identifiées par leurs régions périnéales Ain Defla P2, Ain Defla P3 et Rouina P2. La population de Rouina P1 n'a pas été caractérisées car l'état des kystes (anciens kystes) n' pas permis la réalisation des coupes au niveau de la région périnéale.

II.4.3.1. Réalisation des coupes

Les kystes sont fixés dans une goutte contenant 40% d'acide lactique 30% glycérol et 30% d'eau distillée (**Hooper, 1970**) contenue dans un ver de montre, ensuite, ils sont transférés sur une lame sur laquelle une goutte de la solution citée précédemment est déposée. La réalisation des coupes se fait sur la même lame. On coupe le kyste transversalement en deux parties à l'aide d'un bistouri puis on nettoie la partie postérieure de son contenu (œufs et larves) et on coupe les extrémités latérales au fur et à mesure jusqu'à l'obtention d'une coupe de forme rectangulaire contenant la zone périnéale.

II.4.3.2. Montage

Le montage se fait sur une lame sur laquelle est déposée une goutte de glycérine gélatine préalablement chauffée : On dépose les coupes réalisées sur les kystes sur la glycérine puis on dépose dessus une lamelle puis on met du vernis à ongles pour le maintien de la lame et de la lamelle.

II.4.3.3. Critères pris en considération

Les critères retenus pour la détermination des espèces de *Globodera* à partir des zones périnéales sont : le nombre des stries sur l'axe anus-vulve, la distance entre l'anus et la vulve, le diamètre de la fenêtre vulvaire, le rapport de Granek (distance vulve anus / diamètre de la fenêtre vulvaire) (**Fleming et Powers, 1998 ; OEPP, 2004**).

II.4.4. Identification par examen des juvéniles de deuxième stade

Des juvéniles de deuxième stade libérés des kystes utilisés pour l'identification de la région périnéale sont utilisés. Ils sont mis dans une goutte d'eau puis tués par chaleur sur une faible flamme d'un bec bunsen. Ils sont, ensuite, montés sur une goutte de TAF (solution fixatrice de nématodes) (**Hooper, 1970**) et observées au microscope optique au grossissement (x100). Les critères pris en considération pour l'identification sont : longueur du stylet et la largeur des boutons basaux du stylet et leur forme (**Fleming et Powers, 1998 ; OEPP, 2004**).

La caractérisation des juvéniles a été réalisée uniquement sur la population d'Ain Defla P3 car c'est la seule qui contenait des juvéniles de deuxième stade en bon état qui permettait une identification fiable.

II.5. Analyse statistique des résultats

L'analyse statistique des résultats a été effectuée à l'aide du logiciel **STATISTICA** (version 6.1). L'analyse de la variance ANOVA a été appliquée pour tester la signification de la variance des moyennes pour les variables étudiées en fonction de la région. Lorsque les variations sont significatives, un test de Newman-Keuls est effectué pour classer les régions en fonction de leur degré d'infestation.

III.1. Résultats

III.1.1. Etat d'infestation de quelques parcelles par les nématodes à kystes *Globodera* dans les wilayas d'Ain Defla et Tipaza

III.1.1.1. Fréquence de l'infestation

Les taux d'infestation des échantillons analysés par les kystes *Globodera* spp. sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9: Fréquence de *Globodera* spp. dans l'ensemble des échantillons du sol analysés dans les wilaya d'Ain Defla et Tipaza.

Wilaya	Commune	Nombre des parcelles prospectées	Nombre de parcelles infestés	% des parcelles infestées
Ain Defla	Rouina	3	2	66,66%
	Ain Defla	3	2	66.66%
	Zeddine	3	0	0%
	Abadia	3	0	0%
	El Attaf	3	0	0%
	Mekhatria	3	0	0%
	Total	18	4	22.22%
Tipaza	Marad	3	0	0%
	Hadjout	3	0	0%
	Sidi Ghilas	3	0	0%
	Ahmer El Ain	3	0	0%
	Bourkika	3	0	0%
	Total	15	0	0%

Les résultats présentés dans le tableau 11, montrent qu'au niveau de la wilaya d'Ain Defla, les kystes pleins de *Globodera* sont détectés dans 2 des 6 communes prospectées. La fréquence d'infestation est de 66.66% dans les communes d'Ain Defla et Rouina. Les parcelles des quatre communes (Zeddine, El Attaf, Abadia, Mekhatria) ne sont pas infestées. Quatre parcelles sur un total de dix-huit prospectées dans la wilaya d'Ain Defla, soit une fréquence de 22.22% étaient infestées par les nématodes à kystes *Globodera* spp.

Toutes les parcelles situées dans les différentes communes de la wilaya de Tipaza sont indemnes de ces nématodes puisqu'aucun kyste plein ou vide n'y est détecté.

III.1.1.2. Importance de l'infestation

III.1.1.2.1. Dénombrement des kystes de *Globodera*

Les résultats de l'analyse nématologique des différents échantillons prélevés dans 11 communes de wilaya d'Ain Defla et de Tipaza sont présentés dans l'annexe (2).

Comme toutes les parcelles prospectées dans la wilaya de Tipaza sont indemnes des nématodes à kystes de la pomme de terre *Globodera* spp. (aucun kyste plein ou vide n'y est détecté), nous avons présenté dans la figure (22) uniquement les résultats relatifs à la wilaya d'Ain Defla.

Dans la wilaya d'Ain Defla, Les kystes pleins sont notés uniquement sans les communes d'Ain Defla et Rouina. Le nombre moyen de kystes pleins, le plus élevé est obtenu dans la parcelle P2 de la commune d'Ain Defla (21.75 kystes pleins/250g du sol), suivi par celui noté dans la parcelle P3 de la même commune (16 kystes pleins/250 g du sol). Le nombre moyens le plus faible, est enregistré dans la parcelle 2 de la commune de Rouina (8 kyste pleins/250 g du sol). Des kystes vides sont collectés au niveau des trois parcelles de Rouina, P2 et P3 d'Ain Defla, P1 et P3 de Mekhatria et dans les trois parcelles d'El Attaf. Le nombre moyens de kystes vides le plus élevé est enregistré dans les parcelles P2 et P3 d'Ain Defla (22,25 et 22kystes/250 g du sol respectivement). Dans les parcelles de Zeddine et Abadia, aucun kyste n'est collecté (ni vide ni plein) (Fig. 22).

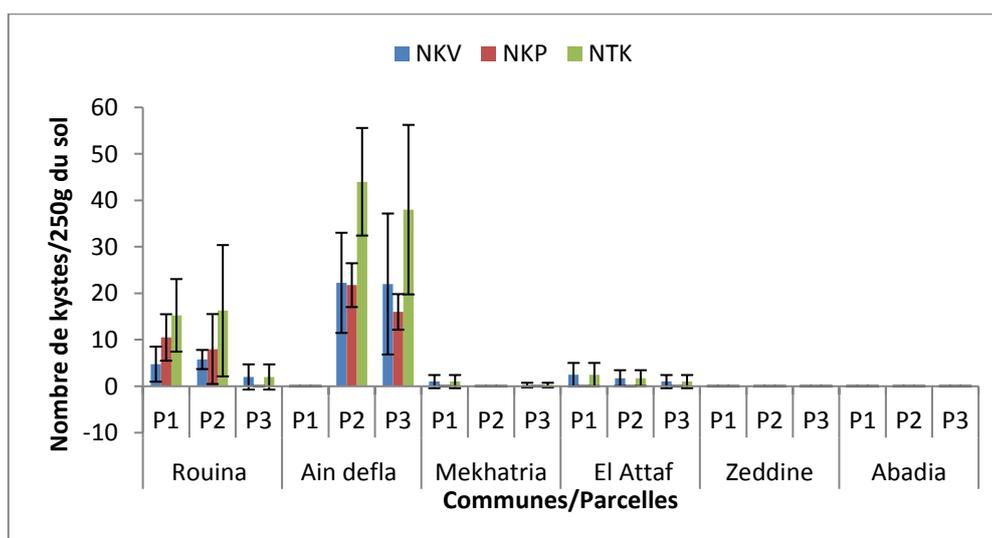


Figure 22: Nombres moyens de kystes (vides, pleins et totaux) de *Globodera* spp. dans les parcelles prospectées dans la wilaya d'Ain Defla.

III.1.1.2.2. Dénombrement d'œufs et de juvéniles et estimation des degrés d'infestation

Comme aucune parcelle n'est infestée dans la wilaya de Tipaza (les degrés d'infestation sont nuls dans toutes les parcelles prospectées à Marad, Hadjout, Ahmer El Ain, Bourguiga et Sidi Ghilas), uniquement, les résultats relatifs à la wilaya d'Ain Defla sont présentés dans la Fig.23.

Dans les quatre parcelles infestées dans cette wilaya, le seuil de nuisibilité (estimé à 10 larves/g du sol) n'a pas été atteint. Le degré d'infestation le plus élevé a été noté dans la parcelle P2 de la commune d'Ain Defla, il se rapproche du seuil de nuisibilité avec 9,43 œufs +J2/ g du sol, il est suivi par celui noté dans la parcelle P3 de la même commune (7,05 œufs +J2/ g du sol). Les degrés d'infestation enregistrés dans les parcelles P1 et P2 de la commune de Rouina sont moins importants (4,73, 3,67 œufs +J2/g du sol respectivement). Les degrés sont nuls dans toutes les parcelles prospectées dans les communes de Mekhatria, El Attaf, Zeddine et El Abadia.

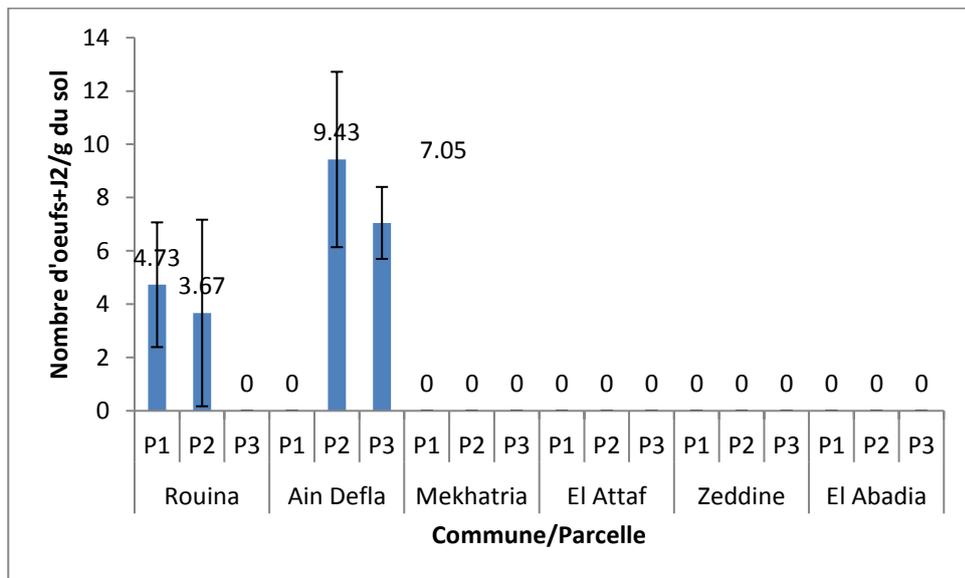


Figure 23 : Degrés d'infestation moyens dans les différentes parcelles prospectées dans la wilaya d'Ain Defla.

III.1.1.2.3. Estimation des nombres moyens d'œufs et larves par kyste

Les nombres moyens d'œufs et juvéniles J2 contenus dans les kystes sont estimés dans tous les kystes des quatre populations. La comparaison entre les moyennes calculées montre qu'il n'y a pas de différences importantes entre les quatre populations (Tableau 10 et Fig. 24). En observant les valeurs minimales et les valeurs maximales pour toutes les populations (Tableau 10), on note des variabilités entre les kystes de la même population : certains kystes contiennent peu d'œufs et de juvéniles J2 (minimum de 1 œuf/kyste pour les populations P2 de

Chapitre III Résultats et discussion

Rouina et P2 d'Ain Defla, 3 œufs+J2/kyste pour la population P3 d'Ain Defla et 12 œufs+J2/kyste pour la population P1 de Rouina). D'autres kystes contiennent des nombres importants d'œufs et de juvéniles (maximums de 305 et 272 œuf+J2/kyste pour les populations P1 et P2 de Rouina respectivement et maximums de 500 et 330 œuf+J2/kyste pour les populations P2 et P3 d'Ain Defla).

Tableau 10: Nombres d'œufs et de juvéniles par kyste présentés en moyenne \pm écart type, maxima et minima entre parenthèses

Population	Nombre d'œufs+J2/kyste
Rouina P1	112,76 \pm 64,57 (12-305)
Rouina P2	113,31 \pm 93,79 (1-272)
Ain Defla P2	108,41 \pm 93,41 (1-500)
Ain Defla P3	110,47 \pm 82,61 (3-330)

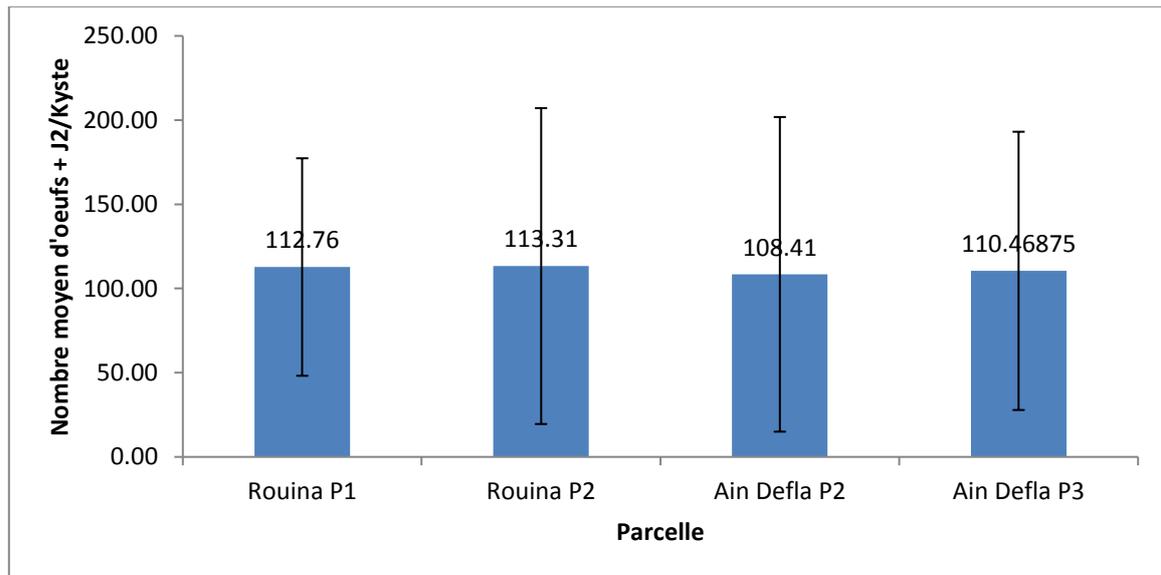


Figure 24: Nombre moyen d'œufs et juvéniles J2 par kystes dans les parcelles infestées dans la wilaya d'Ain Defla.

III.1.1.3. Analyse statistique des données relatives à l'état d'infestation des parcelles des deux wilayas

III.1.1.3.1. Variabilité des nombres de kystes et des juvéniles et œufs dans le sol

- **Variabilité en fonction des wilayas prospectées**

L'analyse de la variance a révélé des variations hautement significatives pour les nombres de kystes vides ($P=0.000812$), nombres de kystes pleins ($P=0.000507$), nombres totaux de kystes ($P=0.000352$) et les nombres d'œufs et juvéniles par gramme du sol ($P= 0.000569$) entre les deux wilayas prospectées (Tableau 11).

Tableau 11 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des variables étudiées en fonction des wilayas prospectées

	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
Nombre de kystes vides/250g du sol	404	1	404	4468	130	34,4	11,75757	0,000812
Nombre de kystes pleins/250 g du sol	320	1	320	3266	130	25,1	12,72195	0,000507
Nombre total de kystes /250 g du sol	1503	1	1503	14504	130	111,6	13,47494	0,000352
Nombre d'œufs+J2/g du sol	62	1	62	651	130	5,0	12,48211	0,000569

- **Variabilité en fonction des communes prospectées**

Des différences très hautement significatives, entre les communes prospectées sont obtenues pour toutes les variables étudiées (nombres des kystes pleins, vides et totaux et aussi pour le nombre d'œufs et juvéniles) ($P=0,000000$) (Tableau 12).

Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des variables liées à l'importance de l'infestation en fonction des communes prospectées

Variables	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
Nombre de kystes vides	2373	10	237	2499	121	20,7	11,48953	0,000000
Nombre de kystes pleins	1973	10	197	1613	121	13,3	14,80359	0,000000
Nombre total de kystes	8696	10	870	7312	121	60,4	14,39187	0,000000
Nombre d'œufs+J2/ 250 g du sol	23808815	10	2380881	20778218	121	171720,8	13,86484	0,000000
Nombre d'œufs+J2/g du sol	381	10	38	332	121	2,7	13,86484	0,000000

➤ Test de Newman-Keuls

Le test de Newman-keuls au seuil 5% (Tableau 13) a classé les communes prospectées en trois groupes homogènes selon leurs degrés d'infestation (nombre d'œufs+J2/g du sol) :

- Le premier groupe comprend les communes (Abadia, Ahmer El Ain, Mekhatria, El Attaf, Zeddine, Bourguiga, Sidi Ghilas, Marad et Hadjout) où toutes les parcelles échantillonnées ne sont pas infestées par les nématodes à kystes de la pomme de terre (aucun kyste contenant des œufs et des juvéniles n'a été détecté donc les degrés d'infestation sont nuls).
- Le deuxième correspond la commune de Rouina où un degré d'infestation moyen de 2.8 œufs+J2/g du sol a été enregistré.
- Le troisième groupe contient la commune d'Ain Defla caractérisé par un degré d'infestation moyen (5.49 œufs+J2/g du sol), il est le plus élevé par rapport à ceux obtenus dans les autres communes prospectées.

Tableau 13 : Résultats du test Newman-Keuls au seuil 5% relatifs au degré d'infestation en fonction des communes prospectées

Commune	Nombre d'œufs+J2/g du sol	1	2	3
Abadia	0,000000	****		
Ahmer El Ain	0,000000	****		
Mekhatria	0,000000	****		
El Attaf	0,000000	****		
Zeddine	0,000000	****		
Bourguiga	0,000000	****		
Sidi Ghilas	0,000000	****		
Marad	0,000000	****		
Hadjout	0,000000	****		
Rouina	2,800000		****	
Ain Defla	5,491333			****

• Variabilité en fonction des parcelles prospectées

Des différences très hautement significatives entre les parcelles prospectées sont notées pour toutes les variables étudiées : nombre des kystes (vides, plein et total) et le nombre d'œufs et juvéniles par g du sol ($p=0,000000$) (Tableau 14).

Chapitre III Résultats et discussion

Tableau 14 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des variables étudiées en fonction des parcelles prospectées

	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
Nombre de kystes vides	3715	32	116	1157	99	11,68	9,93673	0,000000
Nombre de kystes pleins	3230	32	101	356	99	3,59	28,08705	0,000000
Nombre total de kystes	13764	32	430	2244	99	22,67	18,97594	0,000000
Nombre d'œufs+J2/g du sol	38905748	32	1215805	5681285	99	57386,71	21,18617	0,000000

➤ **Test de Newman-keuls**

Le test de Newman-keuls au seuil 5% (Tableau 15) a classé les parcelles prospectées en quatre groupes homogènes selon leurs degrés d'infestation (Nombre d'œufs+J2/g du sol) :

- le premier correspond aux parcelles indemnes des nématodes à kystes de la pomme de terre : celles prospectées à Ain Defla (toutes les parcelles d'El Attaf , de Zeddine, de Abadia, de Mekhatria, P3 de Rouina et P1 et P2 d'Ain Defla) et celles prospectées à Tipaza (toutes les parcelles de Bourguiga , de Sidi Ghilas , de Marad , de Hadjout et celles de Ahmer El Ain).
- le deuxième comprend les parcelles P1et P2 de la commune de Rouina où on a noté des degrés d'infestation moyens 3.67 et 4,73 œufs+J2/g du sol respectivement.
- le troisième comprend les parcelles P3 de commune d'Ain Defla avec un degré d'infestation moyens de 7.05 œufs+J2/g du sol.
- le quatrième groupe correspond à la parcelle P2 de la commune de Ain Defla caractérisée par le degré d'infestation le plus élevé, il est de 9.43 œufs+J2/g du sol. (se rapproche du seuil de nuisibilité).

Tableau 15: Résultats du test Newman-Keuls au seuil 5% relatifs au degré d'infestation en fonction des parcelles prospectées

Parcelle	Œuf +J2 /g du sol	1	2	3	4
Abadia P2	0,000000	****			
Bourguiga P2	0,000000	****			
Rouina P3	0,000000	****			
Ain Defla P1	0,000000	****			
Bourguiga P1	0,000000	****			
Ahmer El Ain P3	0,000000	****			

Chapitre III Résultats et discussion

Mekhatria P1	0,000000	****			
Mekhatria P2	0,000000	****			
Mekhatria P3	0,000000	****			
El Attaf P1	0,000000	****			
El Attaf P2	0,000000	****			
El Attaf P3	0,000000	****			
Zeddine P1	0,000000	****			
Zeddine P2	0,000000	****			
Zeddine P3	0,000000	****			
Abadia P1	0,000000	****			
Bourguiga P3	0,000000	****			
Abadia P3	0,000000	****			
Sidi Ghilas P1	0,000000	****			
Sidi Ghilas P2	0,000000	****			
Sidi Ghilas P3	0,000000	****			
Marad P1	0,000000	****			
Marad P2	0,000000	****			
Marad P3	0,000000	****			
Hadjout P1	0,000000	****			
Hadjout P2	0,000000	****			
Hadjout P3	0,000000	****			
Ahmer El Ain P1	0,000000	****			
Ahmer El Ain P2	0,000000	****			
Rouina P2	3,667000		****		
Rouina P1	4,733000		****		
Ain Defla P3	7,048000			****	
Ain Defla P2	9,426000				****

III.1.1.3.2. Variabilité des nombre moyen de juvéniles et œufs contenus dans les kystes

L'analyse de la variance (Tableau 16) montre qu'il n'y a pas de différences significatives pour la variable « nombre moyen d'œufs et juvéniles par kyste » entre les parcelles infestées (P1 et P2 de Rouira, P2 et P3 d'Ain Defla) ($P=0,565277$).

Tableau 16 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% de nombre d'œufs+J2/kyste en fonction des quatre parcelles infestées

	SC	Degr. de liberté	MC	F	P
ord. Origine	2682597	1	2682597	231,0157	0,000000
Parcelle	23680	3	7893	0,6797	0,565277
Erreur	2577904	222	11612		

III.1.2. Caractérisation morphologique de quelques populations de nématodes à kystes de la pomme de terre

III.1.2.1. Etude Biométrie des kystes

Les résultats de l'étude biométrique réalisée sur 20 kystes de quatre populations de nématodes à kystes de la pomme de terre originaires des communes d'Ain Defla et Rouina sont présentés dans le tableau 17 et la fig 26 et l'analyse de la variance de ces résultats est présentée dans le tableau 18.

Tableau 17 : Mensurations des kystes de *Globodera* d'origine d'Ain Defla. Toutes les mesures sont en μm et présentées en moyenne \pm écart type, maxima et minima entre parenthèses (n=20)

Population	Largeur	Longueur avec tête	Longueur sans tête
Ain Defla P2	456,75 \pm 79,79 (305,58-579,61)	532,67 \pm 87,19 (377,7-723,18)	475,88 \pm 80,31 (318,09-606,12)
Ain Defla P3	515,31 \pm 66,62 (385,67-647,28)	600,18 \pm 92,07 (488,06-832,77)	534,75 \pm 74,61 (395,69-681,48)
Rouina P2	470,13 \pm 74,10 (357,15-655,65)	576,56 \pm 65,33 (468,5-687,9)	513,73 \pm 63,27 (419,69-640,97)
Rouina P1	520,73 \pm 89,05 (353,67-710,6)	582,08 \pm 75,21 (444,19-734,95)	528,83 \pm 80,43 (363,7-694,55)

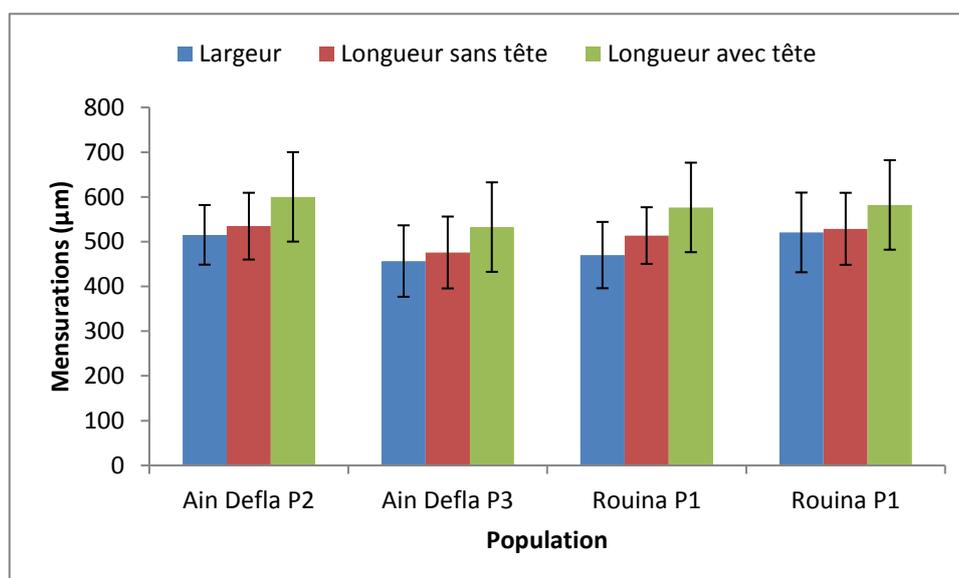


Figure 25: Mensurations des largeurs, longueurs sans tête et longueurs avec la tête des quatre populations étudiées.

L'observation des valeurs minimales et maximales des trois variables étudiées, pour les quatre populations, montre des variations importantes entre la taille des kystes de la même population (Tableau 17).

La comparaison entre les quatre populations montre que les kystes les plus larges sont ceux de la population de Rouina P1 (avec une largeur moyenne de 520,73 µm) et les kystes les moins larges sont ceux d'Ain Defla P2 (avec une largeur moyenne de 456,75 µm) (Tableau 18 et Fig. 25). L'analyse statistique a montré les variations des largeurs des kystes entre les quatre populations sont significatives (P=0,022128). Cependant, les différences notées pour la variable «longueur sans tête» et «longueur avec tête» ne sont pas significatives (P= 0,066481 et P=0,087503 respectivement) (Tableau 18).

Tableau 18 : Analyse de la variance au seuil de 5% des variables liées à la biométrie des kystes de *Globodera* en fonction des différentes populations

Variable	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
Largeur	61660,91	3	20553,64	460303,2	76	6056,621	3,393582	0,022128
Longueur sans tête	42029,52	3	14009,84	427303,1	76	5622,410	2,491786	0,066481
Longueur avec tête	43605,55	3	14535,18	434149,7	68	6384,554	2,276617	0,087503

III.1.2.2. Régions périnéales des kystes

Les résultats des mensurations effectuées au niveau des régions périnéales des kystes de trois populations de nématodes à kystes de la pomme de terre sont consignés dans le tableau 19 et illustrés par la fig 26. Quant à l'analyse de la variance de ces résultats, elle est mentionnée dans le tableau 20.

Les trois populations Ain Defla P2, Ain Defla P3 et Rouina P2 montrent des valeurs très variables pour les critères essentiels à l'identification à partir de la région périnéale. Pour les populations collectées à Ain Defla (Ain Defla P2 et Ain Defla P3) et pour les trois variables « distance anus-vulve », « nombre de stries entre l'anus et la vulve » et « rapport de Granek », les valeurs minimales et les moyennes correspondent à *G. pallida* alors que les valeurs maximales correspondent à *G. rostochiensis*. Donc les résultats suggèrent que ces deux populations sont mixtes mais elles contiennent plus de kystes de *G. pallida* que ceux de *G. rostochiensis*. Quant à la population de Rouina P2, les valeurs minimales observées pour les mêmes variables

correspondent à celles de *G. pallida* alors que les moyennes et les valeurs maximales concordent avec celles de *G. rostochiensis* ce qui indique que cette population est aussi mixte mais elle contient plus de kystes de *G. rostochiensis* que ceux de *G. pallida* (Tableau 19, Fig. 26).

Tableau 19 : Mensurations des régions périnéales des kystes de trois populations de *Globodera* d'origine d'Ain Defla (toutes les mesures sont en μm présentées en moyenne \pm écart type et maxima en avec minima entre parenthèses)

Population	Longer de la fenêtre	Distance (anus - vulve)	Nombre des stries entre anus-vulve	Rapport de Granek	Identification
Ain Defla P2 (n=7)	22,28 \pm 1,30 (20,39-23,52)	62,48 \pm 21,57 (40,49-107,41)	12,66 \pm 1,97 (11-16)	2,78 \pm 0,86 (1,96- 4,56)	Population mixte
Ain defla P3 (n=9)	21,95 \pm 1,71 (18,74-23,75)	56,88 \pm 19,38 (32,71-98,57)	13,62 \pm 4,03 (10-23)	2,59 \pm 0,84 (1,745-4,41)	Population mixte
Rouina P2 n=10	21,84 \pm 1,59 (17,93-23,52)	68,937 \pm 18,96 (32,4-98,55)	16,7 \pm 2,90 (10-20)	3,16 \pm 0,71 (1,74- 4,35)	Population mixte

n: nombre de régions périnéales analysées

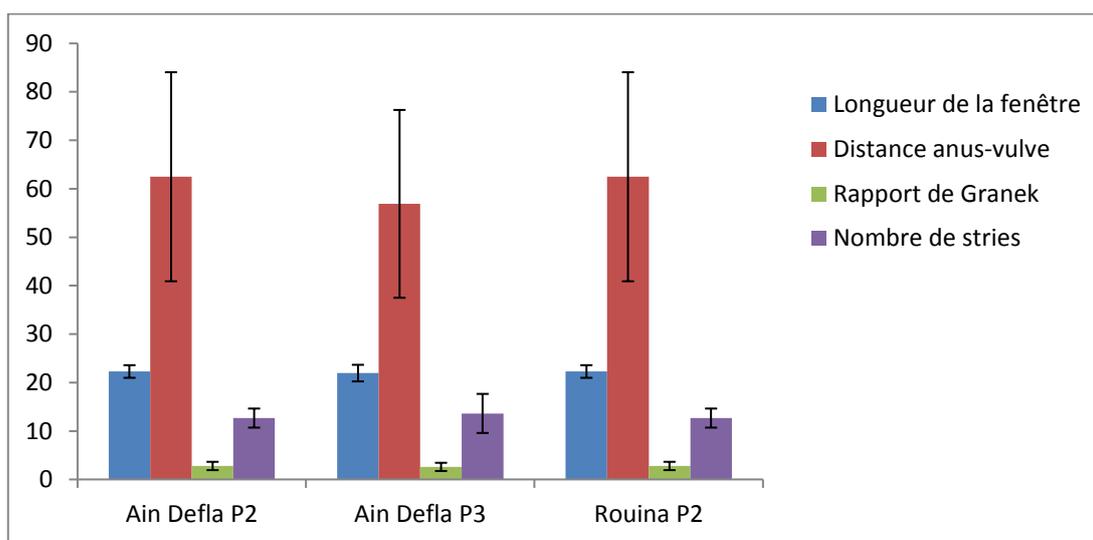


Figure 26 : Comparaison de la moyenne des mensurations effectuées sur les régions périnéale des kystes des différentes populations.

- **Analyse de la variance des caractères de la région périnéale des kystes**

Les résultats de l'analyse de la variance des critères des régions périnéales des kystes montrent des différences significatives entre les trois populations pour la variable « nombre de stries entre l'anus et la vulve » ($P=0,041604$) alors que les différences des variables « longueur de la fenêtre », « distance anus-vulve », « rapport de Granek » ne sont pas significatives ($P=0,843729$, $P=0,428460$ et $P=0,365835$ respectivement) (Tableau 20).

Tableau 20 : Résultats de l'analyse de la variance au seuil 5% des caractères des régions périnéales des populations de *Globodera* spp. étudiées.

Variable	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	P
Longueur de la fenêtre	0,8329	2	0,4164	53,500	22	2,4318	0,171243	0,843729
Distance anus-vulve	691,0881	2	345,5441	9035,657	23	392,8547	0,879572	0,428460
Rapport de Granek	1,4536	2	0,7268	15,185	22	0,6902	1,052970	0,365835
Nombre de stries entre l'anus et la vulve	74,0250	2	37,0125	209,308	21	9,9671	3,713481	0,041604

III.1.2.3. Morphométrie des juvéniles

L'identification de la population Ain Defla P3 en se basant sur les caractères des juvéniles (20 juvéniles) a confirmé l'identification des régions périnéales des kystes : il s'agit d'une population mixte.

On s'est basé lors de notre identification sur les mensurations effectuées sur les stylets des juvéniles, particulièrement la longueur et la forme de leurs boutons basaux (sont les critères les plus importants pour l'identification). Les résultats indiquent que la valeur minimale de longueur du stylet correspond à celle de *G. rostochiensis*, la valeur maximale correspond à celle de *G. pallida*. Quant à la moyenne, elle se chevauche entre les deux espèces ce qui confirme que la population est constituée d'un mélange de *G. pallida* et *G. rostochiensis*. L'observation de la forme des boutons basaux a montré que quelques juvéniles présentent des stylets avec des boutons basaux ayant une forme arrondie qui coïncide avec celle de *G. rostochiensis* et d'autres ont une forme pointue et concave dans la partie antérieure qui coïncide avec celle de *G. pallida*. Cependant, pour d'autres juvéniles, s'était impossible d'observer la forme de leur boutons basaux (mauvaise qualité du montage) ainsi, il est difficile de conclure sur l'importance de *G. pallida* ou *G. rostochiensis* dans la population en se basant sur ce critère (Tableau 21).

Tableau 21 : Mensurations des juvéniles de deuxième stade d'une population de *Globodera* d'origine d'Ain Defla. Toutes les mesures sont en μm présentées en moyenne \pm écart type et maxima en avec Minima entre parenthèses.

Population	Longueur du stylet	Largeur des boutons basaux du stylet	Identification
Ain Defla P3	22,55 \pm 19,43 (19,43-24,46)	4,351 \pm 0,55 (3,34-5,51)	Population mixte

III.2. Discussion

Les résultats obtenus lors de notre étude montrent que 100% des parcelles, cultivées en pomme de terre prospectées dans la wilaya de Tipaza, ne sont pas infestées par les nématodes à kystes *Globodera* spp., puisqu'aucun kyste plein ou vide n'y a été détecté. Cependant dans la wilaya d'Ain Defla, ces parasites sont détectés sous forme de kystes pleins au niveau de quatre parcelles (deux dans la commune d'Ain Defla et deux dans celle de Rouina). Donc, parmi les 18 parcelles prospectées à Ain Defla, 4 se sont avérées infestées soit une fréquence de 22.22%.

Cette différence entre les deux wilayas peut être expliquée par la variation des facteurs influençant le développement et la pullulation de ces nématodes phytophages dans les deux wilayas. Dans les parcelles de Tipaza, la rotation des cultures en introduisant des cultures non hôtes (Ail, céréales, pastèque, laitue) pourrait jouer un rôle important dans la gestion de ces nématodes (**Ritter, 1971; Schneider et Mugniery, 1971 ; Belair et Laplante, 2007**). De même, la jachère pratiquée dans la parcelle P3 de la commune de Hadjout aurait joué un rôle dans la prévention contre ces parasites.

La fréquence d'infestation élevée enregistrée dans les communes d'Ain Defla et Rouina de la wilaya d'Ain Defla (66,66%) peut être expliquée par la sensibilité de la variété Spunta qui est souvent utilisée (**Belhadj Ben Yahia, 2007 ; Hlaoua et al., 2010; Hajihassani et al., 2013; Djebroune, 2013**), la rotation inadéquate ou à d'autres facteurs liés au climat ou au type du sol.

Des études précédentes réalisées dans la wilaya d'Ain Defla ont signalé la présence des nématodes à kystes de la pomme de terre (**Belhadj Benyahya, 2007 ; Bougar, 2010, Djebroune, 2011,2013 ; Baloul, 2012 ; Tirchi, 2015**). **Djebroune (2013)**, signale une fréquence d'infestation importante (77, 08% des parcelles prospectées sont infestées). Cependant, **Tirchi**

(2015) a indiqué que ces nématodes sont présents sous forme de kystes viables dans, uniquement, 18 parcelles des 81 parcelles étudiées soit une fréquence d'infestation de 22,22% ce qui concorde avec nos résultats.

Des kystes vides sont collectées au niveau de 10 parcelles prospectées dans la wilaya d'Ain Defla (situées dans les communes d'Ain Defla, Rouina, Mekhatria et El Attaf), il 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, ou bien à l'effet des variétés résistantes (utilisées dans des campagnes agricoles précédentes) qui bloquent le développement de ces nématodes. Le climat joue un rôle très important dans l'évolution de ces nématodes, les larves de *Globodera* ne peuvent pas éclore que si la température du sol dépasse +7°C, l'optimum pour les juvéniles se situe entre +15 et 20 °C (Schneider et Mugniery, 1971). Les parcelles contenant uniquement des kystes vides sont considérées indemnes de ces parasites car l'infestation des parcelles s'estime par la présence de kystes contenant des œufs et/ou des juvéniles (pleins). Cependant, d'autres échantillonnages doivent être effectués dans ces mêmes parcelles à différentes périodes de l'année afin de confirmer l'absence de ces nématodes sous forme de kystes pleins.

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives pour le nombre de kystes pleins, vides et totaux entre les deux wilayas, entre les communes, voire entre les parcelles.

Dans les quatre parcelles infestées, le seuil de nuisibilité estimé à 10 larves/g du sol par Mugniery (1975) n'a pas été atteint. Cependant dans les deux parcelles d'Ain Defla P2 et P3, les degrés d'infestation sont proches de ce seuil de nuisibilité (9,43 œufs+J2/g du sol dans la parcelle P2 et 7,05 œufs+J2/g du sol dans la parcelle P3). Le degré d'infestation élevé noté dans P2 d'Ain Defla, pourrait être lié à plusieurs facteurs : l'itinéraire technique non adéquat, non utilisation des variétés considérées comme variétés tolérantes (Greco et al., 2007 ; Hlaoua et al., 2010) ou à d'autres facteurs environnementaux. Vu le statut de quarantaine de ces parasites, des mesures de lutte doivent être entreprises dans ces parcelles afin d'éviter la multiplication de ces nématodes ou leur dissémination vers d'autres parcelles non infestées.

Le dénombrement des œufs et des juvéniles contenus dans les kystes pleins des quatre populations de *Globodera*, collectées montre que le nombre varie d'un kyste à un autre au sein de la même population. Cependant la comparaison entre les nombres moyens pour les quatre populations a montré des différences non significatives. Le nombre d'œufs et de juvéniles contenus dans les kystes reflète la capacité de multiplication des populations. Les kystes

contenant peu d'œufs et de juvéniles semblent appartenir à des populations anciennes qui auraient éclos et vu l'éclosion échelonnée des kystes des espèces appartenant au genre *Globodera*, il reste quelques œufs et larves à l'intérieur de ces kystes.

L'étude biométrique des kystes des quatre populations P1 et P2 de Rouina et P2 et P3 d'Ain Defla a montré des variations de la taille des kystes au sein de la même population. Cependant, la comparaison entre les quatre populations a montré des différences significatives pour les largeurs moyennes des kystes alors que leurs longueurs moyennes (avec tête ou sans tête) ne sont pas significativement différentes.

L'identification morphologique en se basant sur les caractéristiques des régions périnéales des kystes et celles des juvéniles infestant J2, a révélé que les populations d'Ain Defla P2 et Ain Defla P3 sont constituées d'une mixture de *G. pallida* et *G. rostochiensis*. Cependant, nous avons noté que les kystes de *G. pallida* seraient plus nombreux. La population P2 de Rouina est aussi mixte mais elle est caractérisée par un nombre élevé de kystes de *G. rostochiensis*. Pour confirmer si l'espèce *G. pallida* est dominante dans les parcelles d'Ain Defla et que *G. rostochiensis* est dominante dans la parcelle P2 de Rouina, il faudrait caractériser un nombre plus important de kystes. **Tirchi (2015)** a noté la présence des deux espèces dans la wilaya d'Ain Defla (communes : Ain Defla, Rouina, El Amra Arib et Mekhatria) soit séparément ou en populations mixtes. L'existence des deux espèces en mélange dans une même parcelle pourrait constituer une difficulté pour l'établissement d'une stratégie de lutte car les deux espèces de *G. pallida* et *G. rostochiensis* peuvent réagir différemment aux mesures de lutte (**Ibrahim, 2001**) particulièrement dans le cas de l'emploi de variétés résistantes puisque les résistances des cultivars sont généralement spécifiques (**Whitehead et Turner, 1998**).

Conclusion

Dans notre étude nous nous sommes intéressés à l'étude de l'état d'infestation de quelques parcelles, cultivées en pomme de terre situées dans les wilayas d'Ain Defla et Tipaza, par les nématodes à kystes *Globodera* spp. inféodés à cette culture. Aussi, nous avons identifié les espèces présentes dans les parcelles infestées.

Les résultats obtenus ont révélé que ces parasites, sont absents dans les parcelles prospectées dans la wilaya de Tipaza et présents dans celles de la wilaya d'Ain Defla puisqu'ils sont détectés dans deux sites d'échantillonnage Ain Defla et Rouina sous forme de kystes pleins et vides. Ils sont aussi signalés, sous formes des kystes vides dans les communes de Mekhatria et El Attaf.

La fréquence de l'infestation dans la wilaya d'Ain Defla était de 22,22% et elle était importante dans les communes de Rouina et d'Ain Defla (66,66%).

Les densités des kystes pleins et vides varient significativement dans les différentes régions étudiées (entre les communes voire entre les parcelles).

Les degrés d'infestation estimés par le nombre d'œufs et de larves par gramme du sol, enregistrés dans les parcelles infestées n'ont pas atteint le seuil de nuisibilité. Les degrés les plus élevés sont notés dans deux parcelles de la commune d'Ain Defla.

Les variations des nombres d'œufs et des larves contenus dans les kystes pleins des différentes populations collectées des quatre parcelles infestées ne sont pas significatives.

La caractérisation de ces parasites, selon les critères morphobiométriques, effectuée au niveau des régions périnéales des kystes et sur les larves du deuxième stade a permis de mettre en évidence la présence des deux espèces de *Globodera* (*Globodera rostochiensis* et *G. pallida*) dans des parcelles des communes de Rouina et d'Ain Defla sous forme de populations mixtes.

Le manque ou une inefficacité de système de vulgarisation agricole et les facteurs climatiques et édaphiques, serait la cause de l'infestation de quelques parcelles prospectées. La rotation non raisonnée, le type d'irrigation et le choix de variété de pomme de terre sont les principaux facteurs qui influencent le développement et la dissémination de ces nématodes. Donc, afin de contrôler ces parasites, la rotation doit être au moins de 4 ans en introduisant des plantes non hôtes, l'utilisation des variétés précoces récoltées avant que les kystes n'arrivent à maturité ou de variétés résistantes est recommandée, l'emploi des nématicides doit être raisonné et les analyses nématologiques doivent être effectuées régulièrement dans les parcelles cultivées en pomme de terre.

Conclusion

En prospectives :

Il serait intéressant de compléter cette étude en prenant en considération plusieurs aspects:

- Elargir les prospections vers d'autres wilayas productrices de pomme de terre afin compléter l'information sur la distribution géographique de ces nématodes et des densités de leurs populations dans le sol.
- Identifier les espèces présentes dans les différentes régions, afin de choisir les méthodes de lutte appropriées.
- Faire des tests de sensibilité des variétés de pomme de terre aux attaques de ces nématodes pour une meilleure connaissance des variétés résistantes afin de les introduire dans le système de culture.
- Chercher des méthodes de lutte alternatives aux nématocides chimiques qui seraient plus respectueuses pour l'environnement et à la santé humaine.

Nous recommandant aussi d'organiser des journées de vulgarisation, par des instituts agricoles, au profit des agriculteurs afin de les sensibiliser et les aider à diminuer les risques d'infestation par les nématodes du genre *Globodera* et minimiser les pertes dues à leurs attaques.

Annexe 01 : Résultats d'enquête sur les nématodes à kystes *Globodera* de la culture de pomme de terre.

Wilaya	Commune	Parcelle	Date d'échantillonnage	Précédent cultural	Variété utilisée	Mode d'irrigation	
Ain Defla	Rouina	P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	aspersion	
		P2		Céréales/pomme de terre	Alaska	aspersion	
		P3		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
	Ain Defla	P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P2		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P3		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
	Mekhatria	P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P2		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P3		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
	Zeddine	P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P2		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P3		Céréales/pomme de terre	Rudolph	Aspersion	
	Abadia	P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P2		Céréales/pomme de terre	Royal	Aspersion	
		P3		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
	El Attaf	P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P2		Céréales/pomme de terre	Bartina	Aspersion	
		P3		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
	Tipaza	Marad	P1		Céréales / pomme de terre	Spunta	Aspersion
			P2		Ail/ Céréales/ pomme de terre	Royal	Aspersion
			P3		Pastèque/ pomme de terre/	Spunta	Aspersion
		Hadjout	P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion
			P2		Céréales /pomme de terre	Spunta	Aspersion
			P3		Jachère /pomme de terre	Kondor	Aspersion
Sidi Gelasse		P1		Céréales/ pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P2		Céréales/ pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P3		Jachère / pomme de terre	Spunta	Aspersion	
Ahmer El Ain		P1		céréales/ pomme de terre	Bartina	Aspersion	
		P2		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P3		Céréales/ pomme de terre	Spunta	Aspersion	
Bourkika		P1		Céréales/pomme de terre	Spunta	Aspersion	
		P2		Laitue /pomme de terre	Alaska	Aspersion	
		P3		Céréales/ pomme de terre	Spunta	Aspersion	

Annexe 02 : Nombres moyens des kystes (vides, pleins et totaux) de *Globodera* dans les parcelles des deux wilayas prospectées (Ain Defla et Tipaza).

Wilaya	Commune	Parcelle	Répétition	NKV	NKP	NTK	N d'œufs+J2 /250 g du sol	N d'œufs +J2/ g du sol
Ain Defla	Rouina	P1	R1	0	4	4	540	2,16
			R2	9	12	21	1137	4,548
			R3	6	10	16	1098	4,392
			R4	4	16	20	1958	7,832
			Moyenne	4,75	10,5	15,25	1183,25	4,73
			Ecart type	3,77	5	7,80	584,07	2,34
		P2	R1	4	2	6	161	0,644
			R2	4	5	9	406	1,624
			R3	7	6	13	976	3,904
			R4	8	19	37	2124	8,496
			Moyenne	5,75	8	16,25	916,75	3,67
			Ecart type	2,06	7,53	14,13	874,26	3,5
		P3	R1	1	0	1	0	0
			R2	6	0	6	0	0
			R3	1	0	1	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	2	0	2	0	0
			Ecart type	2,71	0	2,71	0	0
	Ain Defla	P1	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P2	R1	17	23	40	2060	8,24

			R2	14	26	40	3300	13,2
			R3	20	15	35	1386	5,544
			R4	38	23	61	2680	10,72
			Moyenne	22,25	21,75	44	2356,5	9,43
			Ecart type	10,78	4,72	11,58	821,51	3,29
		P3	R1	44	21	65	1590	6,36
			R2	11	17	28	2258	9,032
			R3	13	13	26	1522	6,088
			R4	20	13	33	1678	6,712
			Moyenne	22	16	38	1762	7,05
			Ecart type	15,17	3,83	18,24	336,78	1,35
	Mekhatria	P1	R1	0	0	0	0	0
			R2	3	0	3	0	0
			R3	1	0	1	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	1	0	1	0	0
			Ecart type	1,41	0	1,41	0	0
		P2	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
P3		R1	1	0	1	0	0	
		R2	0	0	0	0	0	
		R3	0	0	0	0	0	
		R4	0	0	0	0	0	
		Moyenne	0,25	0	0,25	0	0	
		Ecart type	0,5	0	0,5	0	0	
El Attaf	P1	R1	2	0	2	0	0	

			R2	2	0	2	0	0
			R3	6	0	6	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	2,5	0	2,5	0	0
			Ecart type	2,52	0	2,52	0	0
		P2	R1	4	0	4	0	0
			R2	1	0	1	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	2	0	2	0	0
			Moyenne	1,75	0	1,75	0	0
			Ecart type	1,71	0	1,71	0	0
		P3	R1	1	0	1	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	3	0	3	0	0
			Moyenne	1	0	1	0	0
			Ecart type	1,416	0	1,41	0	0
	Zeddin	P1	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P2	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P3	R1	0	0	0	0	0

			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			M	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
			Abadia	P1	R2	0	0	0
	R3	0			0	0	0	0
	R4	0			0	0	0	0
	Moyenne	0			0	0	0	0
	Ecart type	0			0	0	0	0
	P2	R1		0	0	0	0	0
		R2		0	0	0	0	0
		R3		0	0	0	0	0
		R4		0	0	0	0	0
		Moyenne		0	0	0	0	0
		Ecart type		0	0	0	0	0
	P3	R1		0	0	0	0	0
		R2		0	0	0	0	0
		R3		0	0	0	0	0
		R4	0	0	0	0	0	
Moyenne		0	0	0	0	0		
Ecart type		0	0	0	0	0		
Tipaza	Sidi Ghilas	P1	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
			P2	R1	0	0	0	0

			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P3	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
	Marad	P1	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P2	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P3	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
Moyenne			0	0	0	0	0	
Ecart type	0		0	0	0	0		
Hadjout	P1	R1	0	0	0	0	0	

			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P2	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P3	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
	Moyenne		0	0	0	0	0	
	Ecart type		0	0	0	0	0	
	Ahmer El Ain	P1	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
Moyenne			0	0	0	0	0	
Ecart type			0	0	0	0	0	
P2		R1	0	0	0	0	0	
		R2	0	0	0	0	0	
		R3	0	0	0	0	0	
		R4	0	0	0	0	0	
		Moyenne	0	0	0	0	0	
		Ecart type	0	0	0	0	0	
P3		R1	0	0	0	0	0	

			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
	Bourkika	P1	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P2	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0
		P3	R1	0	0	0	0	0
			R2	0	0	0	0	0
			R3	0	0	0	0	0
			R4	0	0	0	0	0
			Moyenne	0	0	0	0	0
			Ecart type	0	0	0	0	0

Annexe 03 : Nombres d'œufs et larves par kyste dans les différentes parcelles infestées de la wilaya d'Ain Defla

Commune	Parcelle	Répétition	Kyste	Nombres d'œufs +juvéniles
Rouina	P1	R1	K1	168
			K2	94
			K3	179
			K4	99
			Somme	540
			Moyenne	135
			Ecart type	44,72881249
		R2	K1	175
			K2	116
			K3	105
			K4	130
			K5	77
			K6	114
			K7	32
			K8	55
			K9	141
			K10	39
			K11	56
			K12	97
			Somme	1137
			Moyenne	94,75
			Ecart type	43,89683153
		R3	K1	267
			K2	12
			K3	59
			K4	65
			K5	131
			K6	95
			K7	133
			K8	121
			K9	114
			K10	104
			Somme	1101
			Moyenne	110,1
			Ecart type	66,87210014
		R4	K1	186
			K2	169
			K3	305
			K4	31
			K5	120
			K6	49
			K7	140

			K8	195
			K9	57
			K10	24
			K11	214
			K12	122
			K13	171
			K14	51
			K15	55
			K16	69
			Somme	1958
			Moyenne	122,375
			Ecart type	80,03822004
	P2	R1	K1	78
			K2	38
			Somme	116
			Moyenne	58
			Ecart type	28,28427125
		R2	K1	266
			K2	45
			K3	79
			K4	16
			K5	4
			Somme	410
			Moyenne	82
			Ecart type	106,8573816
		R3	K1	166
			K2	221
			K3	252
			K4	115
			K5	165
			K6	57
			Somme	976
			Moyenne	162,6666667
			Ecart type	70,48025728
		R4	K1	272
			K2	223
			K3	257
			K4	229
			K5	42
			K6	254
			K7	204
			K8	146
			K9	85
			K10	143
			K11	90

			K12	16	
			K13	20	
			K14	1	
			K15	40	
			K16	51	
			K17	17	
			K18	28	
			K19	6	
			Somme	2124	
			Moyenne	111,7894737	
			Ecart type	98,80259721	
Ain Defla	P2	R1	K1	105	
			K2	31	
			K3	100	
			K4	30	
			K5	350	
			K6	16	
			K7	20	
			K8	50	
			K9	200	
			K10	85	
			K11	120	
			K12	15	
			K13	60	
			K14	130	
			K15	70	
			K16	80	
			K17	90	
			K18	30	
			K19	100	
			K20	78	
			K21	72	
			K22	4	
			K23	230	
			Somme	2066	
			Moyenne	89,82608696	
			Ecart type	79,7140641	
			R2	K1	208
				K2	287
				K3	134
				K4	315
				K5	152
				K6	193
				K7	65
	K8	263			

			K9	111
			K10	61
			K11	131
			K12	213
			K13	189
			K14	102
			K15	81
			K16	54
			K17	42
			K18	46
			K19	76
			K20	159
			K21	123
			K22	30
			K23	114
			K24	78
			K25	39
			K26	34
			Somme	3300
			Moyenne	126,9230769
			Ecart type	81,14477091
		R3	K1	279
			K2	94
			K3	30
			K4	176
			K5	63
			K6	67
			K7	73
			K8	176
			K9	45
			K10	117
			K11	109
			K12	29
			K13	19
			K14	97
			K15	12
			Somme	1386
			Moyenne	92,4
			Ecart type	72,50596035
		R4	K1	10
			K2	200
			K3	51
			K4	17
			K5	100
			K6	37

			K7	40
			K8	340
			K9	87
			K10	70
			K11	100
			K12	106
			K13	85
			K14	70
			K15	11
			K16	98
			K17	60
			K18	17
			K19	1
			K20	500
			K21	100
			K22	330
			K23	250
			Somme	2680
			Moyenne	116,52
			Ecart type	126,15
	P3	R1	K1	4
			K2	143
			K3	115
			K4	70
			K5	36
			K6	35
			K7	50
			K8	230
			K9	3
			K10	240
			K11	60
			K12	26
			K13	30
			K14	56
			K15	10
			K16	330
			K17	10
			K18	4
			K19	40
			K20	100
			K21	25
			Somme	1617
			Moyenne	77
			Ecart type	89,24
		R2	K1	235

			K2	221
			K3	296
			K4	210
			K5	127
			K6	114
			K7	146
			K8	83
			K9	91
			K10	63
			K11	242
			K12	32
			K13	197
			K14	4
			K15	62
			K16	112
			K17	23
			Somme	2258
			Moyenne	132,82
			Ecart type	86,89
		R3	K1	130
			K2	125
			K3	14
			K4	235
			K5	47
			K6	156
			K7	224
			K8	70
			K9	178
			K10	139
			K11	67
			K12	86
			K13	46
			Somme	1517
			Moyenne	122,58
			Ecart type	69,25
		R4	K1	56
			K2	213
			K3	137
			K4	202
			K5	187
			K6	107
			K7	49
			K8	223
			K9	168
			K10	138

			K11	15
			K12	115
			K13	68
			Somme	1678
			Moyenne	129,1
			Ecart type	67,93

Annexe 04 : Données biométriques des kystes (largeurs, longueur sans cou, longueur avec cou) des populations collectées à Rouina et à Ain Defla.

Population	Kyste	Largeurs	Longueur sans cou	Longueur avec cou
Ain Defla P3	K1	474,21	498,99	540,02
	K2	520,14	515,22	532,2
	K3	592,48	642,49	666,34
	K4	629,19	605,75	677,08
	K5	526,79	612,69	645,58
	K6	443,62	470,87	-
	K7	445,75	464,03	488,06
	K8	473,89	536,44	-
	K9	647,28	681,48	832,77
	K10	558,94	622,16	702,66
	K11	385,67	395,69	498,35
	K12	507,72	513,98	605,19
	K13	445,25	427,44	520,9
	K14	569,17	555,16	588,63
	K15	543,19	559,4	-
	K16	490,09	475,38	586,99
	K17	463,21	489,88	-
	K18	541,78	498,56	575,25
	K19	561,95	597,69	542,72
	K20	485,84	531,61	-
		Moyenne	515,308	534,7455
	Ecart type	66,62	74,61	92,07
	Max	647,28	681,48	832,77
	Min	385,67	395,69	488,06
Ain Defla P2	K1	477,86	495,35	597,32
	K2	462,41	499,43	-
	K3	390,23	422,89	508,74
	K4	519,65	510,76	581,55
	K5	305,58	362,15	568,95
	K6	579,61	605,48	672,71
	K7	477,09	457,24	539,32
	K8	492,33	470,96	499,94
	K9	411,56	446,91	482,11

	K10	509,18	511,76	547,37
	K11	461,65	467,86	513,13
	K12	528,82	598,37	723,18
	K13	444,32	423,51	466,39
	K14	313,86	318,09	377,7
	K15	535,29	535,39	572,56
	K16	346,51	342,38	383,65
	K17	533,92	526,2	570,92
	K18	550,73	606,12	577,54
	K19	368	482,65	422,13
	K20	426,45	434,12	515,45
	Moyenne	456,75	475,88	532,67
	Ecart type	79,79	80,31	87,19
	Max.	579,61	606,12	723,18
	Min.	305,58	318,09	377,7
Rouina P2	K1	357,15	440,63	
	K2	441,62	528,15	553,23
	K3	424,43	451,3	499,74
	K4	505,02	523,53	552,72
	K5	514,56	550,32	598,93
	K6	655,65	640,97	687,9
	K7	431,62	494,58	581,19
	K8	503,77	513,98	539,44
	K9	430,56	527,49	587,56
	K10	527,87	585,32	651,94
	K11	402,01	427,77	533,89
	K12	379,48	419,69	472,17
	K13	470,42	508,15	625,21
	K14	473,05	573,06	666,99
	K15	527,92	539,69	513,95
	K16	387,12	422,97	532,99
	K17	378,13	432,55	468,5
	K18	512,13	559,85	625,57
	K19	525,25	558,6	614,91
	K20	554,89	576,08	647,8
	Moyenne	470,13	513,73	576,56
	Ecart type	74,10	63,27	65,33
	Max.	655,65	640,97	687,9
	Min.	357,15	419,69	468,5
Rouina P1	K1	353,67	363,7	444,19
	K2	651,97	609,09	636,11
	K3	475,82	490,37	575,95
	K4	476,15	521,91	615,75
	K5	574,69	579,88	595,44
	K6	500,59	488,94	550,88

K7	532,65	585,13	639,79
K8	470,79	476,56	577,94
K9	560,39	555,91	670,22
K10	614,9	621,45	573,63
K11	508,78	525,99	
K12	481,59	516,31	553,84
K13	640,58	584,76	626,7
K14	473,44	510,59	576,95
K15	391,83	406,21	447,63
K16	516,66	514,4	550,27
K17	580,28	626,97	674,72
K18	465,92	467,6	533,17
K19	433,38	436,29	481,41
K20	710,6	694,55	734,95
Moyenne	520,73	528,83	582,08
Ecart type	89,05	80,43	75,21
Max.	710,6	694,55	734,95
Min.	353,67	363,7	444,19

Annexe 05 : Données morphométriques des régions périnéales des kystes de populations collectées dans les commune d'Ain Defla et Rouina.

Populations	N° de kyste	Longueur de la fenêtre	Distance anus-vulve	Rapport de Granek	Nombre de stries
Ain Defla P3	1	23,41	48,76	2,08	11
	2	20,53	42,99	2,09	12
	3	22,33	98,57	4,41	23
	4	22,6	62,96	2,79	14
	5	23,75	65,2	2,75	13
	6	-	52,21	-	-
	7	21,06	42,4	2,01	12
	8	23,18	66,15	2,85	14
	9	18,74	32,71	1,75	10
	Moyenne	21,95	56,88	2,59	13,63
	Ecart type	1,713976163	19,38	0,85	4,03
	Min.	18,74	32,71	1,75	10
	Max	23,75	98,57	4,41	23
Ain Defla P2	1	20,39	56,92	2,7915645	-
	2	23,52	107,41	4,5667517	14
	3	20,68	40,49	1,9579304	11
	4	22,26	47,23	2,1217430	11
	5	22,31	65,37	2,9300762	16
	6	23,38	58,23	2,4905902	12

	7	23,44	61,7	2,6322526	12
	Moyenne	22,28285714	62,47857143	2,784415515	12,6666667
	Ecart type	1,305535832	21,57453779	0,859233165	1,96638416
	Min.	20,39	40,49	1,957930368	11
	Max.	23,52	107,41	4,566751701	16
Rouina P2	1	22,4	69,28	3,09	17
	2	23,52	71,55	3,04	17
	3	22,89	72	3,15	18
	4	23,28	95,07	4,08	20
	5	21,24	64,48	3,04	17
	6	22,11	61,36	2,78	16
	7	21,05	71,36	3,39	19
	8	21,95	98,55	4,49	19
	9	17,93	53,32	2,97	14
	10	22,04	32,4	1,47	10
	Moyenne	21,841	68,94	3,15	16,7
	Ecart type	1,58847551	18,97	0,8	2,91
	Min.	23,52	98,55	4,49	10
	Max.	17,93	32,4	1,47	20

Références bibliographiques

1. **Anonyme., 1979-** *La pomme de terre : maladies et nématodes*. Lima, Pérou .66p.
2. **Bacic J., Barsi L. et Strbac P., 2011-** Life cycle of the potato golden cyst Nematode (*Globodera rostochiensis*) Grown nder climatic conditions in Belgrade. *Arch. Biol. sci. Belgrade*, 63(4), 1069-1075
3. **Baldwin J. G. et Mundo-ocampo M., 1991-** Heteroderinae, cyst and non-cyst forming nématodes. Pp. 275-362 in W.R. Nickleed. *Manual of agriculture nematology*. Newyork : Marcel Dekker Inc.
4. **Baloul D., 2012 -** *Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kystes, (Globodera sp.) inféodés à la culture de la pomme de terre*. Thèse de magister en Science Agronomique, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger, 116 p.
5. **Behrens E. ,1975-** *Globodera skarlovich* 1959 un genre indépendant de la sous famille des *Heteroderinae skarbiovich*, 1949 (nématode : Heteroderidae). *Problème der phytonematologie*, N° 1, Pp12-26.
6. **Bélaïr G., 2005 -**Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes par la racine. *Société de Protection des Plantes du Québec (SPPQ)*. Volume 86 (1), 65-69.
7. **Bélaïr G. et Laplante G., 2007-** Les nématodes à kyste de la pomme de terre, *Globodera rostochiensis* : mise au point sur la situation au Québec .CRDH, St-Jean-Sur. Richelieu ; ACIA, Québec.
8. **Belhadj Ben Yahia F., 2007 -** *Variation de l'infestation de quelques parcelles de pomme de terre par le nématode doré du genre Globodera. Test de sensibilité de deux variétés (Désirée et Spunta) au laboratoire*. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, 57 p.
9. **Blok V. C., Malloch G., Narrower B., Phillips M. S. et Vrain T. C., 1998-** Intraspecific Variation in Ribosomal DNA in Populations of the Potato Cyst Nematode *Globodera pallida*. *Journal of Nematology* 30(2): 262-274.
10. **Bougar D., 2010 -** *Etude des nématodes à kystes du genre Globodera inféodés à la culture de la pomme de terre dans la wilaya d'Ain-Defla*. Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Centre Universitaire de Khemis Miliana, 109 p.
11. **Brown B. , 1969-**Assesment of the damage cansed to potatoes by potato cyst *relworm*. *Heterodera rostochiensis woll*. *Annals of Applies Biology*. 63,493-502.
12. **Brown M., Kepnerj L., Smartg C. 1985-** Inereased crop yields following application *Bacillus penetrans* to field plots infested with *Meloidogyne incognita*. *Soil Biochen*, Vol. 17. Pp. 483-486.

13. **Burrows P. R. et Boffey S. A., 1986-** A technique for the extraction and restriction endonuclease digestion of total DNA from *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* second stage juveniles. *Revue Nématol.*, 9 (2) : 199-200.
14. **Caromel B., Mugniery D., Lefebvre V., Andrzejewski S., Elle Plisseche D., Kerlan M.C., Roussel P., Rousselle-Bourgeois F., 2003-** Mapping QTLs for reditance against *Globodera pallida* (stone) Pa213 in diploid potato progeny originaling from *solanumspegazzini* . *Theoretical and Applied*. N°106, 1517-1523.
15. **Castagnone-Sereno P., Djian-Caporalino C., 2011-** Lutte contre les nématodes à galles en cultures maraîchères : des recherches pour promouvoir la durabilité des résistances variétales. *Innovations Agronomiques*, 15, 55-64.
16. **Cayrol J.C., 1983 -** *Des auxiliaires nouveaux contre les nématodes*. Ed. Hortical, n°237, Paris, pp. 33 –36.
17. **Cayrol J-C., Djian Caporalino C. et Matteille P., 1992-** La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Rev. Hort.*, 287: 36-37.
18. **Chauvin L., Caromel B., Kerlan M. C., Rulliat E. Fournet S., Chauvin J. E., Grenier E., Ellissèche D. and Mugniéry D., 2008-** *La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre Globodera rostochiensis et Globodera pallida*. *Cahiers Agriculture*, volume 17, numéro 4,368-374, Juillet- Août, 2008, Synthèse
19. **Chitwood D.J., Hutzell P.A et Lusby W.R., 1985-** Stérol composition of the com cyst, *Heterodera Zeae* and com. *J. Nematol*, Vol.17, 64-68.
20. **Coyne D.L., Nicol J.M. ET Claudius-Cole B., 2010-** Les nematodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Ed. IITA (Intenational Institute of Tropical Agriculctue), Nigeria, 93 p.
21. **Dandurand L. M., 2013-** Novel Eradication Strategies for Pale Cyst Nematode. *Potato Progress*, Volume XIII, Number 10.
22. **Djebroune A., 2011 -** *Etude des nématodes à kystes du genre Globodera inféodés à la culture de la pomme de terre dans la wilaya d’Ain-Defla*. Mémoire d’Ingénieur en Agronomie, Centre Universitaire de Khemis Miliana, 116 p.
23. **Djebroune A., 2013-** *Contribution à l’étude de la bioécologie des nématodes à kystes (Globodera sp.) Inféodé à la culture de pomme de terre*. Thèse Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger. 195 p.
24. **D.S.A. d’Ain Defla, 2019-** Direction des Services Agricoles de la wilaya d’Ain Defla. *Document interne, non publié*.
25. **D.S.A. de Tipaza, 2019-** Direction des Services Agricoles de la wilaya de Tipaza. *Document interne, non publié*.

26. **Duvauchelle S., 2013-** Nématodes des pommes de terre, tour d'horizon à ras du sol, face à l'émergence de nouveaux cas et à l'évolution de légélation un point sur la biologie. *Phytoma*, N° 660,12-18, janvier 2013, Dossier.
27. **EPPO. PM 7/40 (2), 2009-** *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *EPPO Bulletin*, 39,354-368.
28. **Evans K. et Stone A.R., 1977-** A review of the distribution and biologie of the potato cyst – nematodes *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. Paris, N°23, 178-189.
29. **F.A.O., 2008-** Année internationale de la pomme de terre. <http://www.fao.org/potato-2008/ar/potato/index.html>
30. **FAOSTAT, 2012-** Food and Agriculture Organisation of the United Nation [http:// faostat .fao.org](http://faostat.fao.org) .
31. **FAOSTAT, 2018** – Base de données de la Division de statistique de la FAO, FAOSTAT [http://faostat.fao.org/browse /Q/QC/F](http://faostat.fao.org/browse/Q/QC/F)
32. **FAOSTAT, 2019-** Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
33. **FAO, 2019-** Année internationale de la pomme de terre. <http://www.potato.2019.org/fr/>
34. **Fenwick, D.W., 1940-** Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera Schachtii* from soil. *J. Helminthology* 18: 155-172.
35. **Fleming C. C. et Turner S. J., 1998-** Diagnostics of cyst nematodes: use of the polymerase chain reaction to determine species and estimate population levels. *Aspects of Applied Biology* 52, 375-382.
36. **Fleming C.C. et Powers T.O., 1998-** Potato cyst nematode diagnostics: morphology, differential hosts and biochemical techniques. Pp. 91-114.In: Marks R.J., Brodie B.B., 1998- *Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control* CAB International, Wallingford, UK, 408 p.
37. **Franco J., 1989-** *Nématodes à kyste de la pomme de terre Globodera spp.* *Bulletin d'Information Technique* 9. Centre International de la pomme de terre, Lima, Pirou, 65 p.
38. **Golden A. M., 1986-** Morphology and identification of cyst nematodes. Pp. 23-46. In Lamberti and Taylor C.E., 1986- *Cyst nematodes*. Ed. Pelenum Press, NewYork. 467 p
39. **Golden A.M et Ellington D.M.S., 1972-** Redescription of *Heterodera rostochiensis* (Nematoda : Heteroderidae) with a Key and notes on closely related species. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 39 (1): 64-78.
40. **Greco, N, Mereno, I., 1993-**Développement of *Globodera rostochiensis* during three different growing seasons in Chile. *Nematropica* 22, Pp.175-181.
41. **Greco N., Di Vito M., Parisi B., Ranalli P., Brandonisio A. et Catalano F., 2007-** Resistance of new Italian potato breeding clones to cyst and root-knot nematodes. *Nematol. medit.*, 35: 227-235.

42. **Grenier E., Bossis M. Fouville D., Renault L. et Mugniery D., 2001-** Molecular approaches to the taxonomic position of Peruvian potato cyst nematodes and gene pool similarities in indigenous and important populations of *Globodera*. *Heredity* 86, 277-290.
43. **Grison C., 1983-** *La pomme de terre : caractéristique et qualité alimentaire*. Ed. CSTA, Rue de Général Fay, 75008, Paris, 88p.
44. **Guany A. et Mimaud J., 1971-** Les méthodes physiques de lutte, Pp.595-606 in : *Les nématodes des cultures*. Journées d'Etude et d'Information ACTA-APNGPC, Paris, 3.4.5 Novembre 1971. 828 p.
45. **Hajihassani A., Ebrahimian E. et Hajihassani M., 2013-** Estimation of yield damage in potato caused by Iranian population of *Globodera rostochiensis* with and without aldicarb under greenhouse conditions. *Int. J. Agric. Biol.*, 15: 352–356.
46. **Hlaoua W., Kallel S. et Horrigue-Raouani N., 2010** - Effets des composantes de l'environnement et des pratiques culturales sur les communautés des nématodes associées à la culture de pomme de terre en Tunisie. *Nematol. Medit*, 38: 13-26.
47. **Hockland S., 2002-** Potato cyst nematodes - a technical overview for England and Wales. CSL, Sand Hutton, York, England.19 p.
48. **Ibrahim S. K., Minnis S., Barker A. D. P., Russel M. D., Haydock P. P. J., Evans K., Grove J.G., Woods S. R. et Wilcox A., 2001-** Evaluation of PCR, IEF and ELISA techniques for the detection and identification of potato cyst nematodes from field soil samples in England and Wales. *Pest Manage. Sci.* 57: 1068-1074.
49. **INPV, 2009-** Nématodes à kystes de la pomme de terre : *Globodera rostochiensis* et *pallida*. 4p.
50. **I.N.P.V., 2011** - Nématodes à kystes de la pomme de terre : *Globodera rostochiensis* et *pallida*. 4p.
51. **ITCMI., 2006** (Institut technique des cultures maraichères et industrielles).la production de la pomme de terre en Algérie. Agriculture et développement .INVA, Alger.
52. **Jatala P. , Kaltenbach R .et Bocangel M., 1979-** Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera pallida* on potatoes. *Journal of Nematology* 11, Pp. 303.
53. **Jatala P., Fanco J., Gonzales A.O. et Hara, C.M., 1985** - Hatching stimulation and inhibition of *Globodera pallida* eggs by enzymatic and exopathic toxic compound of some biocontrol fungi. *J. Nematol.*, 17, p 501.
54. **Jones F.G.W. et Jones M.G., 1974-** *Pests of field crops*. Ed. Arnold, London, Royaume-Uni. 448p.
55. **Luc M, Richard A. S., Bridge J., 2005-** *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, 2nd Edition. CABI Publishing, 858p.

56. **Merny G. et Luc M., 1969-** Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. Pp.237-272 in *Problèmes d'écologie : L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Ed. Masson et Cie, Paris, 360 p.
57. **Mézière D., 1991.** Histoire de la pomme de terre. *Diététique* n°25.29 p.
58. **Mugniery D., 1975-** Importance dégâts provoqués par les nématodes à kyste de la pomme de terre : *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* (Woll). *Ext. Pro. Agro. France*, Pp. 636-644.
59. **Mugniéry D., 1982 -** Diversités régionales d'application de lutte intégrée en culture de pomme de terre en fonction de la variabilité des populations de nématodes à kystes. *I.N.R.A., Rennes 2 (7):* 629-644.
60. **OEPP/EPPO, 1981-** Data sheets on quarantine organisme No. 125, *Globodera rostochiensis*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 11 (1).
61. **OEPP/EPPO., 2004-** Diagnostic Protocol for regulated pests –*Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* .*OEPP/EPPO, Bulletin*, 34, 309-314.
62. **OEPP/EPPO., 2006-**Testing of potato varieties to assess resistance to *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. European and Mediterranean Plant Protection Organization.
63. **OEPP/EPPO, 2013-** PM 7/40 (3) *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Bulletin OEPP/EPPO*, 43, 119–138.
64. **OEPP/EPPO., S.D-** Fiche informative sur les organismes de quarantaine *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Ed. CABI et l'OEPP pour l'UE sous le contrat 90/399003. 6p.
65. **Picard D., 2005-** Génétique des populations et phylogéographie du nématode à kyste de la pomme de (Globodera) au Pérou. Thèse de Doctorat en Biologie, Université de Rennes 1/Agrocampus, 185 p.
66. **Reddy P.P., 1983 –** Plant nematology agricole academy publish. Acadi, NewDelhy. 287p.
67. **Richard L. et Sawyer., 1972-** Nématode à kyste de la pomme de terre, PP : 57-64 in : la pomme de terre, *Bulletins d'Information Technique* 1 à 19. Centre International de la pomme de terre, Bruxelles, p136.
68. **Ritter M., 1971 -** *Les nématodes et l'Agriculture*. Pp 7-65 in : *Les nématodes des cultures. Journées d'Etude et d'Information ACTA-APNGPC, Paris, 3.4.5 Novembre 1971*. 828 p.
69. **Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C., 1996-** *La pomme de terre*. Ed. INRA et ITCF, Paris, 607 p.
70. **Rulliat E., Ellissèche D., 2006-** Filière pomme de terre. Mag : *Les nématodes de la pomme de terre*. INRA France.

71. **Sayre R. M. et Starr M.P., 1985-** *Pasteuria penetrans* (exthome, 1940), amycelial and endospore forming bacterium parasitic in plant-parasitic Nematodes. *Proc. Helm. Soc. Wash.*, n°52, Pp. 149.
72. **Schneider J. et Megniery M., 1971-** Les nématodes parasites de la pomme de terre. Pp 327-348 in : *Les nématodes des cultures. Journées d'Etude et d'Information ACTA-APNGPC, Paris, 3.4.5 Novembre 1971.* 828p.
73. **Scoto Lamassese C., 1961-** *Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. Journée d'Etude Internationale.* ACTA, F.N.G.P.C., Paris, 2p.
74. **Sedlák P., Melounová M., Skupinová S., Vejl P. et Domkářová J., 2004-** Study of European and Czech populations of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) by RAPD method. *Plant. Soil. Environ.*, 50 (2): 70–74.
75. **Soltner D., 1979-** *Les grandes productions végétales.* Ed. CSTA, Paris, 10 éditions. 348 p.
76. **Soltner D., 1988-** *Les grandes productions végétales.* Collection Scientifique des Technologies Agricoles. 16^{ème} édition, 494p.
77. **Somerhausens E., 2006-** Nématodes de pomme de terre : évolution dangereuse d'une maladie de quarantaine .4p.
78. **Stelter H., 1971-** Le nématode à kyste de la pomme de terre *Heterodera rostochiensis* (Wollenweber). *Wissenschaftliche Abhandlungen der Deutschen Akademie der Landwirtschafts Wissenschaften Zu Berlin* N°. 59, 290 Pp.
79. **Stone, A.R., 1973 -** *Heterodera pallida* n. sp. (Nematoda: *Heteroderidae*), a second species of potato cyst nematode. *Nematologica*, 18, 591-606.
80. **Stone A. R., 1977-** Récent développement and some problems in taxonomy of *Heterodera*. *Rev. Nematologica*, vol. 23, 273p.
81. **String G.R., 1991-***Biological control of plant parasitic nematodes : progres, problems and prospects.* CABI, Walligford, 284 p.
82. **Subbotin S. A., Halford P. D. et Perry R. N., 1999-** Identification of populations of potato cyst nematodes from Russia using protein electrophoresis, rDNA- and RAPDS. *Russian Journal of Nematology*, 7, 57-63.
83. **Subbotin S. A , Halford P. D., Warry A. et Perry R. N., 2000-** Variations in ribosomal DNA sequences and phylogeny of *Globodera* parasitising Solanaceous plants. *Nematology*, Vol. 2(6), 591-604.
84. **Subbotin SA., Sturhan D., Rumpfenhorst H. J. et Moens. M., 2003-** Molecular and Morphological caractérisation of *Heterodera avenae* species complex (TylInchida : *Heteroderidae*). *Nematology*, 5,515-538.

85. **Thiéry M. et Mugniéry D., 1996-** Interspecific rDNA restriction fragment length polymorphism in *Globodera* species, parasites of Solanaceous plants. *Fundam. Appl. Nematol*, 19, 471-479.
85. **Tirchi N., 2015-** *Etude de la bioécologie des nématodes à kystes du genre Globodera inféodés à la culture de pomme de terre dans la plaine du Haut-Chélif*. Thèse Doctorat en Science Agronomique, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger, 192p.
86. **Viaene N.M., Coyne D.L. et Kerry B.R., 2006-**Biological and cultural management. In : Perry, R.N.& Moens ,M(Eds) . *Plant nematology*. Wallingford, UK, CABI Publishing, pp.346-369.
87. **Whitehead A, G, et Turner S. J., 1998-** Management and regulatory strategies for potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*). Pp. 135-152. In: Marks R.J., Brodie B.B. (eds.), *Potato Cyst Nematode, Biology, Distribution and Control*, CAB International, Wallingford, U.K. 408p.
88. **Wollenweber H.W., 1923-** Krankheiten und beschädigungen der kartoffeln. *Abr Forschungsinst Kartoffelbau Heft. 7*, Berlin, 56 p.