

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
الجزائر - الحراش
École Nationale Supérieure Agronomique
EL HARRACH – ALGER

Spécialité Zoologie

Option Zoophytatrie

*Thèse en vue de l'obtention du diplôme de magistère en
Sciences Agronomiques*

Thème

**Contribution à l'étude de la bioécologie des
Nématodes à kystes, (*Globodera sp.*)
inféodées à la culture de la pomme de terre**

Soutenue par : **BALOUL Dihya**

Devant le jury :

Président : **M. DOUMANDJI S.** (Professeur E.N.S.A., El Harrach)

Directeur de thèse : **M. MOKABLI A.** (Maitre de conférences C.U. Khemis Miliana)

Examineurs : **Mme DOUMANDJI-MITICHE B.** (Professeur E.N.S.A., El Harrach)

M. HAMMACHE M. (Chargé de cours ENSA El Harrach)

Table des matières

1 La pomme de terre	11
1.1 Importance économique.....	11
1.1.1 Dans le monde.....	11
1.1.2 En Algérie	12
2 Synthèse de recherche sur les nématodes à kyste de la pomme de terre du genre <i>Globodera sp</i>	13
2.1 Classification	13
2.2 Distribution	18
2.2.1 Dans le monde.....	18
2.2.1 Dans le monde.....	18
2.3 Importance économique des nématodes à kystes <i>Globodera sp</i>	19
2.4 Morphologie et cycle de vie	21
2.4.1 Morphologie.....	21
2.4.2 Cycle de vie	21
2.4.3 Dormance	24
2.4.4 Éclosion	26
2.5 Variabilité génétique pour la virulence	27
2.6 Symptômes et dégâts	28
2.7 Méthodes de lutte.....	30
2.7.1 Mesures préventives	30
2.7.2 Mesures curatives	30
2.7.3 Lutte intégrée.....	32
2.7.4 Résistance variétale.....	32
3 Matériel et méthodes	34
3.1 État d'infestation de quelques parcelles en nématodes à kyste de la pomme de terre	34
3.1.1 Analyse nématologique	34
3.1.2 Identification des espèces de nématodes du genre <i>Globodera sp</i>	35
3.2 Influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui détermine la dynamique des populations des <i>Globodera</i>	37
3.2.1 Calcul des paramètres	37

TABLE DES MATIERES

3.3	Analyse morphométrique des populations de nématodes à kystes	39
3.4	Enquête sur la procédure de contrôle des parcelles destinées à la multiplication des semences de la pomme de terre	39
3.5	Méthodes d'analyse statistique	39
3.5.1	Analyse en composantes principales (ACP)	39
4	Résultats	42
4.1	Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol	42
4.1.1	Espèces de nématode à kystes identifiées	43
4.1.2	Distribution des espèces de nématodes à Kystes	43
4.1.3	Importance de l'infestation par les nématodes à kystes du genre Globodera	43
4.2	Résultat de l'influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui déterminent la dynamique des populations des Globodera	47
4.2.1	Les pertes dues aux prédateur et ennemis naturelles	48
4.2.2	Les pertes dues à l'éclosion	48
4.3	Analyse morphométrique des populations de nématodes à kystes	49
4.3.1	Caractères morphologiques des kystes des différentes populations de Globodera	49
4.4	Analyse biométrique des populations des différentes régions.....	51
4.5	Résultat du traitement statistique des données	52
4.5.1	Résultat de l'analyse statistique pour le caractère « Largeur » des kystes	52
4.5.2	Résultat de l'analyse statistique pour le caractère « Longueur » des kystes ..	55
4.5.3	Résultat de l'analyse statistique pour le caractère « Longueur de la tête » des kystes	57
4.5.4	Résumé de l'analyse pour les quatre caractères	58
4.5.5	Résultat de l'analyse statistique pour la corrélation entre les caractères mesurés	58
5	Discussion	62
6	Enquête sur le contrôle des parcelles destinées à la multiplication des semences de la pomme de terre	67
6.1	Les différents organismes qui interviennent dans le contrôle	67
6.2	La certification pour les semences de la pomme de terre	68
6.3	Agrément et admission au contrôle	68
6.4	Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre	70

Liste des tableaux

1.1	.....Production de la pomme de terre par région en 2007 (FAO, 2008)	12
2.1	Les valeurs moyennes des mensurations chez <i>Globodera rostochiensis</i> , <i>Globodera pallida</i> et la population de Costa Rica (Garcia et al, 2009)	14
2.2	..... Classification du pathotype <i>Globodera</i> de Kort et al (Nijboer et Parlevliet,1990)	28
3.1	Les moyennes de températures des régions prospectées sur un cycle de 12 mois pour l'année 2010	37
4.1	..... Résultat de l'analyse nématologique des différents échantillons de sol prélevés	42
4.2	..... Degré d'infestation par région	46
4.3	Les valeurs du coefficient de perte naturelle (μ) en fonction de la température au cours de l'année pour les régions de Ain Defla, Bouira et Chlef	48
4.4	Les valeurs du coefficient de perte par éclosion (α) en fonction de la température au cours de l'année pour les régions de Ain Defla, Bouira et Chlef	49
4.5	.....Moyennes et écarts type des largeurs des kystes par région (μm)	51
4.6	..... Moyennes et écarts type des longueurs des kystes par région (μm)	52
4.7	.....Moyennes et écarts type des longueurs de la tête des kystes par région (μm)	52
4.8	Matrice de corrélation obtenue à partir des populations Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana pour le caractère largeur des kystes	53
4.9	Matrice de corrélation obtenue à partir des populations Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana pour le caractère longueurs des kystes	55
4.10	Matrice de corrélation obtenue à partir des populations Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana pour le caractère longueur de la tête des kystes	57
4.11	.....Matrice de corrélation entre les différents caractères mesurés	60
6.1	Importance du poids (kg) de différents échantillons de sol prélevés dans les différentes parcelle	79
6.2	.....Degré d'infestation par parcelle	80
6.3	.....Moyenne du degré d'infestation par région	80
6.4	.....Nombre de kyste par parcelle et par échantillon dans la région de Ain Defla	81
6.5	.....Nombre de kyste par parcelle et par échantillon dans la région de Bouira	82

LISTE DES TABLEAUX

6.6.....	Nombre de kyste par parcelle et par échantillon dans la région de Chlef	82
6.7.....	Valeurs des mensurations de la population 1	84
6.8.....	Valeurs des mensurations de la population 2	86
6.9.....	Valeurs des mensurations de la population 3	88
6.10.....	Valeurs des mensurations de la population 4	90
6.11.....	Valeurs des mensurations de la population 8	92
6.12.....	Valeurs des mensurations de la population 9	94
6.13.....	Valeurs des mensurations de la population 10	96
6.14.....	Valeurs des mensurations de la population 11	98
6.15.....	Valeurs des mensurations de la population 5	101
6.16.....	Valeurs des mensurations de la population 6	103
6.17.....	Valeurs des mensurations de la population 7	106

Table des figures

2.1	Structure pariétale des kystes et la forme du stylet chez quelques espèces <i>Globodera</i> (Stone, 1972)	15
2.2	Structure pariétale de A) <i>Globodera rostochiensis</i> et B) <i>Globodera pallida</i> : la longueur de la distance et le nombre de rides entre l'anus et le fenestre vulvaire chez <i>Globodera rostochiensis</i> comparé à <i>Globodera pallida</i> (Greco, 1988)	16
2.3	Vue de face de la région périnéale des kystes de nématode du genre <i>Globodera</i> (Golden, 1986)	17
2.4	Distribution de l'espèce <i>Globodera rostochiensis</i> dans le monde (CABI et OEPP)	20
2.5	Distribution de l'espèce <i>Globodera pallida</i> dans le monde (CABI et OEPP)	20
2.6	Femelles de <i>Globodera pallida</i> (A) et <i>Globodera rostochiensis</i> (B) à maturité sur les racines de pomme de terre (Hockland, 2002)	22
2.7	Cycle de développement des nématodes a kystes de la pomme de terre (Pauline caster Picard cité dans (Chauvin et al, 2008)	23
2.8	Périodes d'éclosion de <i>Globodera pallida</i> sur un cycle de 12 mois (Muhammad, 1994)	27
2.9	Symptôme dû à l'attaque des nématodes à kyste de la pomme de terre <i>Globodera sp.</i>	29
2.10	Dégâts dus aux piqûres de <i>Globodera pallida</i> sur tubercules de pomme de terre (Chauvin et al, 2008)	29
3.1	.....Appareil de Fenwich	36
3.2	..... Technique de récupération de l'extrait	36
3.3	..... Morpho biométrie du kyste <i>Globodera</i>	41
4.1	..... Importance du poids du sol prélevés en fonction des régions	44
4.2	..... Importance de l'infestation selon les régions prospectées	45
4.3	..... Importance de l'infestation fonction des régions	47
4.4	Courbe de variation du coefficient de perte naturelle(μ) en fonction de la températures au cour de l'année pour la région de Ain Defla, Bouira et Chlef.....	50

TABLE DES FIGURES

4.5	Courbe de variation du coefficient de perte par éclosion (a) en fonction de la températures au cour de l'année pour la région de Ain Defla, Bouira et Chlef.....	50
4.6	Carte factorielle axe(1,2) de la répartition des quatre populations dans les différents quadrants pour le caractère « largeur » des kystes.....	54
4.7	Carte factorielle axe(1,2) de la répartition des quatre populations dans les différents quadrants pour le caractère « longueur » des kystes	56
4.8	Carte factorielle axe(1,2) de la répartition des quatre populations dans les différents quadrants pour le caractère « longueur de la tête » des kystes	59
4.9	Carte factorielle axe (1,2) de la répartition des trois caractères dans les différents quadrants.....	61
6.1	..... L'imprimé de demande d'analyse	72
6.2	..... Bulletin d'analyse	73
6.3	..... Déclaration des cultures au contrôle	74
6.4	..... Certificat d'agréege définitif des plants de pomme de terre	75
6.5	..... Certificat phytosanitaire du matériel végétal avant commercialisation	76

Résumé

Contribution à l'étude de la bioécologie des nématodes à kystes inféodées à la culture de pomme de terre

L'étude de l'état d'infestation et de la distribution des nématodes à kystes de la culture de pomme de terre (*Globodera*) dans quelques régions d'Algérie a révélé la présence du nématode à kystes de la pomme de terre au niveau de toutes ces régions étudiées.

Bien que la densité des populations dans ces régions fût importante, on note l'absence de ce parasite à l'exception de la parcelle de Djendel où on a détecté des kystes de *Globodera pallida* qui étaient pleins et dont le nombre était important.

Nous avons ensuite essayé de trouver une relation entre ces degrés d'infestation nuls et les conditions climatiques notamment la température qui peut engendrer des pertes en densités très importantes. Ces pertes sont estimées par des coefficients qui sont en fonction de la température. Ces derniers sont calculés grâce à des modèles de prédiction établis par Folkertsma et al. (1997).

L'étude morphométrique des kystes des quatre régions étudiées nous ont permis de confirmer la grande variabilité de la taille du genre *Globodera* suivant les régions, et de caractériser en partie les populations algériennes sur le plan largeur, longueur et longueur de la tête.

Afin d'évaluer les moyens mobilisés par l'état pour empêcher la propagation de ce genre de nématode, nous avons effectué une enquête sur les mesures et procédures suivies pour le contrôle des parcelles destinées à la multiplication des semences de la pomme de terre.

Abstract

Contribution to the study of bio-ecology of cyst nematodes subservient to the cultivation of potatoes

The study of the state of infestation and the distribution of cyst nematodes of the culture of potato *Globodera* in some parts of Algeria revealed the presence of cyst nematode in potatoes at all study areas.

Although population density in these regions was important, the absence of this parasite with the exception of the parcel of Djendel which was detected cysts of *Globodera pallida* were full and the number was significant.

We then tried to find a relationship between the zero degree of infestation and climatic conditions including temperature which may result in loss of very important densities. These losses are estimated by coefficients which are a function of temperature. These are calculated using prediction models developed by Folkertsma et al. (1997).

The study morphométric cysts of the four study areas we have confirmed the great variability in the size of the genus *Globodera* according to region, and to characterize some of the Algerian population in terms of width, length and head length.

To evaluate the resources mobilized by the government to prevent the spread of this type of nematode, we conducted a survey of measures and procedures for the control plots for seed multiplication of potato.

المساهمة في الدراسة التكنولوجية الحيوية لديدان الخيطية ذوي الأكياس الخاصة لزراعة البطاطا

كشفت دراسة حالة الإصابة و توزيع ديدان الخيطية ذوي الأكياس في بعض المناطق وجود هذه الديدان في كل المناطق المدروسة

على رغم من أن كثافة الديدان الخيطية في هذه المناطق كانت عالية، إلا أننا سجلنا غياب هذا الطفيلي معاد في جزيئة جندل أين رصدنا أكياس قلوبوديرا باليدا، حيث كانت مليئة و عددها مهم

ثم حولنا إيجاد درجة الإصابة و الظروف الجوية بما في ذلك درجة الحرارة قد تؤدي إلى انخفاض في الكثافة، يقدر هذا الانخفاض بمعاملات التي تتغير بتغير الحرارة .

الدراسة المورفومترية للأكياس التي وجدناها في المناطق الأربعة سمحوا لنا تأكيد التباين الكبير في حجم جنس قلوبودرا وفقا للمناطق المدروسة و تميز المجموعات الجزائرية من حيث الطول ، العرض و طول الرأس .

بغية تقييم الموارد المعبأة من قبل الدولة لمنع انتشار هذا النوع من الديدان الخيطية ، أجرينا تحقيقا حول الإجراءات المتبعة لمراقبة الجزيئات المخصصة لتكاثر بوزيرات البطاطة

Remerciements

Au terme de cette étude, j'exprime ma profonde gratitude à mon Directeur de thèse Monsieur MOKABLI Aissa, Maître de conférences au centre universitaire de Khemis Miliana, pour ses précieux conseils, ses encouragements et pour le temps qu'il a consacré pour la réalisation de ce travail.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Monsieur DOUMANDJI Salaheddine, Professeur au département de Zoologie agricole et forestière, qui a bien voulu présider mon jury et pour ses encouragements durant la période de ce travail.

Je tiens à remercier, Madame DOUMANDJI-MITICHE Baya, Professeur au département de Zoologie agricole et forestière et Monsieur HAMMACH Mouloud, chargé de cours au département de Zoologie agricole et forestière, pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier également le directeur du CNCC de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire de nématologie ainsi que les ingénieurs du laboratoire qui m'ont été d'une aide précieuse.

Mes remerciements s'adressent aussi à monsieur CHACALI, Maître de conférences au département de Zoologie agricole et forestière de m'avoir initié à l'étude biométrique.

Je n'oublierai pas Mmes SAADA N. et BENZARA F. pour leur disponibilité au niveau de la bibliothèque du département de Zoologie Agricole et Forestière.

Un grand merci pour tous ceux du département de zoologie agricole et forestière enseignants, étudiants et bibliothécaires qui, de près ou de loin, ont participé à ce travail pour leur aide et leurs encouragements.

Je remercie mes parents et mon époux pour leur soutien moral et physique, et en particulier mon époux qui m'a beaucoup aidé dans la rédaction de ce document.

Introduction

Parmi les 15 000 espèces de nématodes, environ 3 000 parasitent les plantes et environ 100 espèces causent des dégâts sur les plantes cultivées. Les nématodes à kyste *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont les nématodes de la pomme de terre qui ont d'importantes conséquences économiques.

Des dégâts dus au nématode doré ont été observés pour la première fois en 1913. En Algérie, ce nématode a été découvert pour la première fois en 1953 suite à l'introduction de semences de pomme de terre d'origine britannique à la fin de la deuxième guerre mondiale. Depuis il n'a pas cessé de s'étendre sur le territoire algérien en touchant plusieurs wilaya du pays dont les plus importantes sont Aïn Defla, Tipaza, Chlef, Mascara et Sétif.

Cependant, les pertes engendrées par ces ravageurs en Algérie passent inaperçues vu le manque d'étude menée dans ce domaine. Compte tenu de ce manque important en travaux, nous avons jugé utile d'entreprendre une étude sur ces parasites.

La première partie est consacrée à l'évolution de l'état de d'infestation de quelques parcelles dans quatre régions différentes. Elle consistera en une partie complémentaire aux travaux effectuées par quelques auteurs afin de déterminer la répartition des nématodes à kystes de la pomme de terre en Algérie (Merah, 1998 ; Salama, 2010 ; Boutekhra, 1992 ; Kacem,1992). Afin de comprendre cette répartition, on a appliqué un modèle mathématique en fonction de la température qui nous permettra de prédire les pertes qui peuvent être dus aux températures des régions étudiées.

La deuxième partie porte sur la caractérisation des populations algériennes de nématodes à kyste de la pomme de terre sur le plan morphobiométrique, essentiellement les caractères biométriques largeur, longueur et longueur de la tête.

La dernière partie vise à proposer un état des lieux des mesures prises par le ministère de l'agriculture et de la pêche afin de limiter d'étendue de ce parasite sur le territoire, principalement le contrôle des parcelles destinées à la multiplication des semences de la pomme de terre.

Chapitre 1

La pomme de terre

1.1 Importance économique

1.1.1 Dans le monde

Après son introduction en Europe par les Espagnols vers 1570, il a fallu attendre longtemps pour que sa valeur nutritive soit vraiment reconnue. A partir de la seconde moitié du 18^{ème} siècle, des efforts de promotion systématiques ont été entrepris, mais ce n'est qu'à la fin du 19^{ème} siècle que des missionnaires anglais l'ont introduite au Kenya.

Avec une production totale de 295 millions de tonnes en 1998 (FAO, 2008), la pomme de terre dépasse toutes les autres cultures en importance à l'échelle mondiale. Elle est cultivée dans quelque 130 pays, dont environ 95 pays en voie de développement et 35 pays développés. La Chine est le plus grand pays producteur avec une récolte totale de 44,5 millions de tonnes (env. 16 de la quantité globale). Plus d'un quart du total était auparavant produit en Union Soviétique. Les pays appartenant à la Communauté des États Indépendants produisent aujourd'hui encore la plupart des pommes de terre dans le monde (31,5 millions de tonnes en Russie, 15,5 millions de tonnes en Ukraine, 10 millions de tonnes en Biélorussie, etc.). Les autres grands producteurs sont la Pologne (26 millions de tonnes) et les États-Unis (21,5 millions de tonnes). La pomme de terre étant une plante des climats tempérés et des altitudes élevées, elle occupe en Afrique un rang inférieur. La production totale a atteint en 1998 près de 9 millions de tonnes (environ 3% de la production mondiale), dont plus de la moitié dans les pays du Maghreb.

La production de pomme de terre dans les pays développés, en particulier en Europe et dans la Communauté des États indépendants, a diminué en moyenne de 1% par an au cours des vingt dernières années. Cependant, la production des pays en développement a augmenté à un taux moyen de 5% pour cent par an, croissance alimentée par les pays d'Asie, en particulier la Chine et l'Inde (FAO, 2008).

En terme monétaire, la pomme de terre arrive, après le riz, le blé et le maïs, au quatrième rang des cultures vivrières des pays en voie de développement.

1.1 Importance économique

Ses chiffres de production augmentent plus fortement que ceux des aliments en général. Les productions de pomme de terre pour l'année 2007 figurent dans le tableau 1.1.

TABLE 1.1 – Production de la pomme de terre par région en 2007 (FAO, 2008)

Région	Surface récoltée Hectares	Quantité Tonnes	Rendement Tonnes/Hectare
Afrique	1 541 498	16 706 573	10,8
Asie et Océanie	8 732 961	137 343 664	15,7
Europe	7 473 628	130 223 960	17,4
Amérique latine	963 766	15 682 943	16,3
Amérique du nord	615 878	25 345 305	41,2
Monde	19 327 731	325 302 445	16,8

La pomme de terre est néanmoins devenue un facteur économique important dans certaines régions agricoles à altitudes élevées du fait qu'elle procure de bons revenus aux producteurs, qui sont dans la plupart des cas des petits exploitants.

1.1.2 En Algérie

Après que *Solanum tuberosum* fut introduite en Algérie au milieu de 19^{ème} siècle, l'essentiel de la production était expédié en France. En 1962, lorsque le pays acquit son indépendance, il produisait 250 000 tonnes par an et en exportait le tiers (FAO, 2008).

Depuis, la pomme de terre est devenue une des principales cultures destinées à la consommation domestique et en 2006 la production a atteint le chiffre record de 2018 millions de tonnes. La superficie cultivée est de 90000 ha, et la pomme de terre peut être plantée et récoltée dans n'importe quelle région, et pendant tous les mois de l'année (FAO, 2008).

La pomme de terre est surtout cultivée sur la côte méditerranéenne, qui jouit d'un climat tempéré propice à sa culture tout au long de l'année. On en trouve aussi à 500 mètres, sur les montagnes et les vallées entre la côte et les monts Atlas ainsi que sur les hauts plateaux. La consommation annuelle, qui était de 35 kg/ habitant en 1990 est passée à 57 kg en 2005 (FAO, 2008).

Au plan de la création d'emplois, la culture de pomme de terre procure environ 9 millions de journées de travail direct, soit l'équivalent de 30 000 emplois permanents.

Chapitre 2

Synthèse de recherche sur les nématodes à kystes de la pomme de terre du genre *Globodera. sp*

2.1 Classification

Ces organismes sont des Métazoaires appartenant à l'embranchement des *Némathelminthes*, au phylum *Nematoda*, à la classe des *Secernentae*, à la sous classe des *Diplogasteria*, à l'ordre des *Tylenchida*, à la famille des *Heteroderidae*, à la sous famille des *Heteroderinae* et au genre *Globodera*.

Mulvey et Golden (Mulvey et Golden, 1983) ont établi une clef de détermination en diagnostiquant 34 espèces de kystes déjà connue dans Hémisphère Western. Cette clé est principalement basée sur les critères morphologiques des kystes et des larves.

Ce sont les différences morphologiques observées chez les mâles, les femelles, les juvéniles et les kystes qui ont été à la base de leur description (Mugniery et al, 1992).

Aucun des caractères morphologiques et morphométriques de l'espèce *Globodera pallida* ou *Globodera rostochiensis* n'a été prouvée comme étant un caractère discriminant de l'espèce à déterminer puisque il y a un chevauchement dans ces caractères chez les deux espèces (Mota et Eisenback, 1993a,b,c ; Manduric et al, 2004). Toutefois le statut spécifique de ces deux espèces a été confirmé par la démonstration de leur non-interfécondité après hybridation in vitro (Mugniery, 1979).

À l'exception de *Globodera rostochiensis*, les différences morphologiques existant entre les espèces décrites de *Globodera* inféodées aux *Solanacées* sont légères et subtiles. La validité de ces espèces est donc posée et divers auteurs ont tenté de la résoudre par le biais de l'hybridation (Mugniery, 1979 ; Thiery et al, 1997), et l'électrophorèse bidimensionnelle (Bossis et Mugniery, 1993).

2.1 Classification

Le genre *Globodera* est représenté par plusieurs espèces, qui peuvent être différenciés par plusieurs critères, à savoir : les critères morphologiques des kystes, la taille et la forme des kystes, la structure pariétale du kyste, la distance entre l'anوس et la bordure des fenestres, le nombre de rides entre l'anوس et les fenestres vulvaires et la distance de l'anوس vulvaire (tableau 2.1 et figure 2.1), ainsi que les critères morphologiques du 2^{ème} stade larvaire du nématode, la longueur du corps et du stylet, la forme des boutons basaux du stylet (figure 2.2), la forme et la longueur de la queue, la forme et la longueur de l'hyaline sur l'extrémité de la queue, le nombre de corps rétractifs dans la partie hyaline de la queue (Skantar et al, 2007).

Le caractère le plus important dans la différenciation entre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* est le nombre de rides entre l'anوس et le fenestre vulvaire. Il y a vingt deux rides en moyenne pour *Globodera rostochiensis* alors que pour *Globodera pallida* il n'y a que douze (Greco, 1988) (figure 2.1 et 2.2).

TABLE 2.1 – Les valeurs moyennes des mensurations chez *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida* et la population de Costa Rica (Garcia et al, 2009)

Espèces / Caractères	Longueur du stylet chez J2 (μm)	Nombre de rides entre l'anوس et le fenestre vulvaire	Ratio de Granek
<i>Globodera rostochiensis</i>	(21.8)	16-31 (>14)	1.3-9.5 (>3)
<i>Globodera pallida</i>	22-24 (23.8)	8-20 (<14)	1.2-3.5 (<3)
Population de Costa Rica	8.8 (24.2)	6-14 (9.4)	1.9-2.4 (2.1)

En utilisant juste le microscope électronique et l'interférence du contraste du microscope, on peut déceler les différences morphologiques qui se trouvent sur la partie terminale des femelles blanches et les kystes de 6 espèces du genre *Globodera* (Mulvey, 1973). Les caractères les plus utilisés pour séparer les sous espèces *Globodera tabacum tabacum*, *Globodera tabacum virginiae* et *Globodera tabacum solanacearum* sont la forme du corps de la femelle, les kystes, les boutons du stylet, la queue, la région périnéale (figure 2.2) dont la structure des rides de l'anal-fenestrelle et l'anوس (Mota et Eisenback, 1993a) (figure 2.3).

Devant la complexité de la différenciation des espèces de *Globodera* par les critères morphométriques, le recours à des méthodes moléculaires est devenu indispensable. Parmi ces méthodes nous avons les techniques IEF, ELISA et PCR par lesquelles ont été différenciés les *Globodera pallida* des *Globodera rostochiensis* dans différentes régions (Reid, 2009 ; Vejl et al, 2002 ; Polypenko et al, 2005) et enregistré les populations mixtes (Ibrahim et al, 2001). Par la méthode PCR, différents échantillons de sol en Angleterre et le pays de Galles ont été analysés. 66% de ces échantillons contiennent l'espèce *Globodera pallida*, 8% contiennent *Globodera rostochiensis* et 26% contiennent la mixture de ces deux espèces (Ibrahim et al, 2001).

2.1 Classification

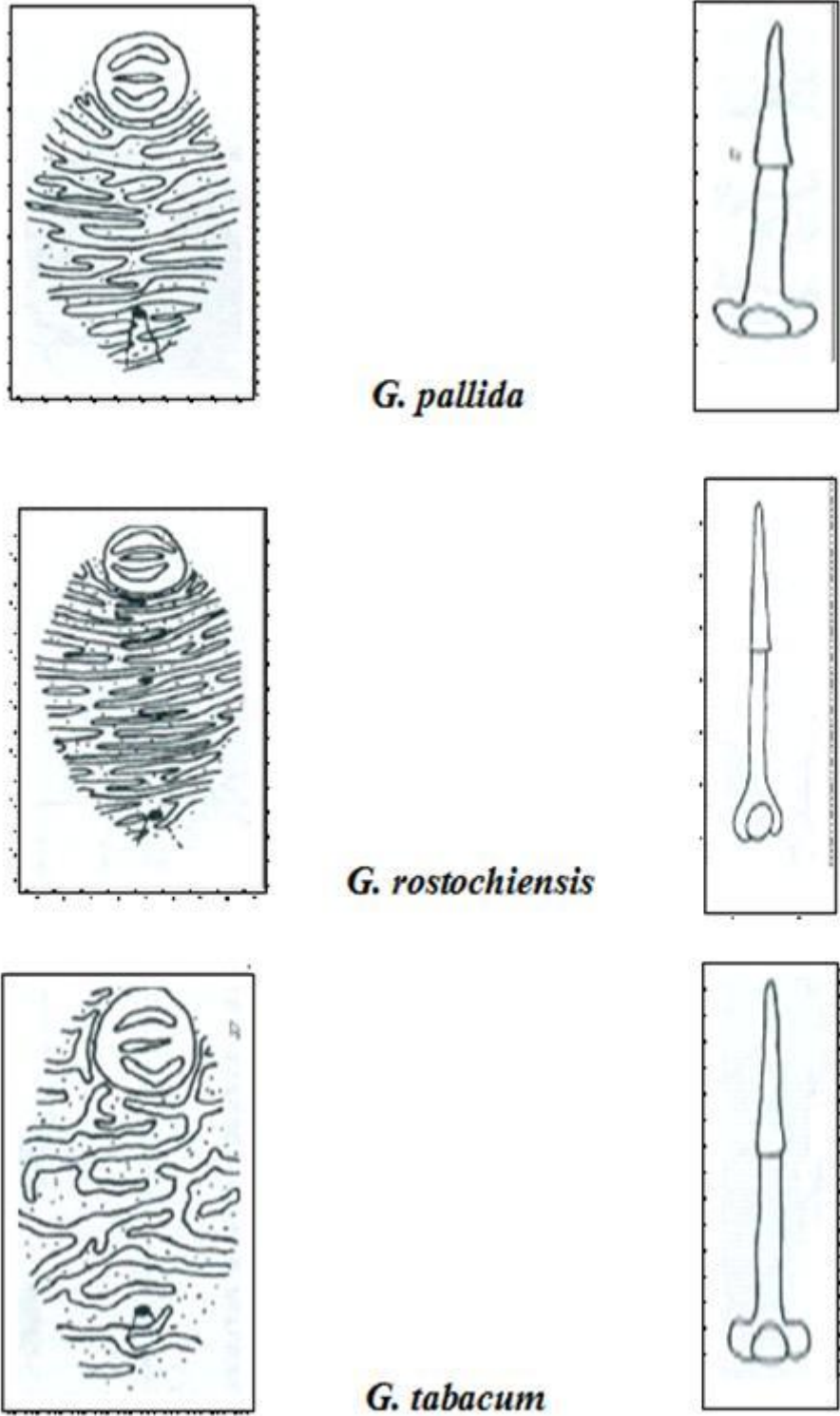


FIGURE 2.1 – Structure pariétale des kystes et la forme du stylet chez quelques espèces *Globodera* (Stone, 1972)

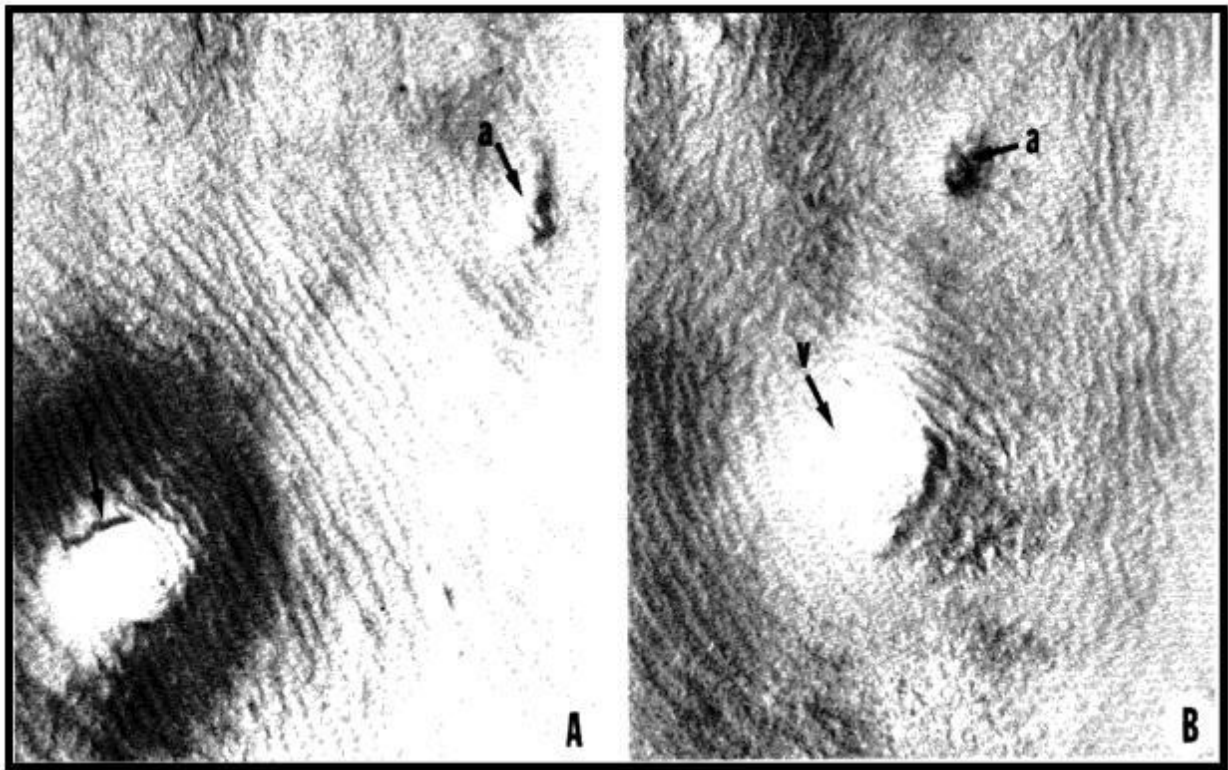


FIGURE 2.2 – Structure pariétale de A) *Globodera rostochiensis* et B) *Globodera pallida* : la longueur de la distance et le nombre de rides entre l'anus et le fenestre vulvaire chez *Globodera rostochiensis* comparé à *Globodera pallida* (Greco, 1988)

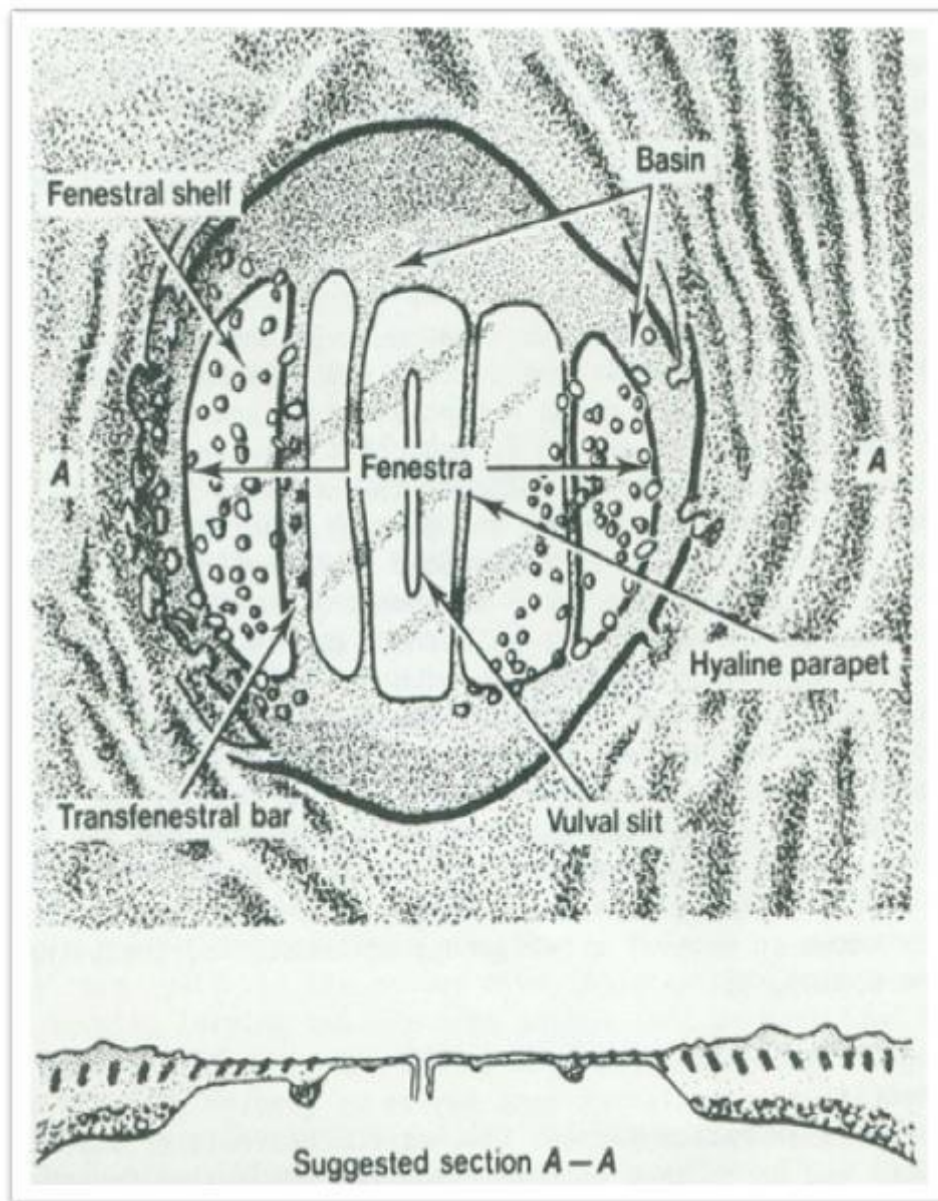


FIGURE 2.3 – Vue de face de la région périnéale des kystes de nématode du genre *Globodera* (Golden, 1986)

2.2 Distribution

2.2.1 Dans le monde

Les nématodes à kyste de la pomme de terre sont probablement originaires des Andes d'Amérique du sud où ils ont évolué avec leur hôte principal, la pomme de terre. C'est pendant la seconde moitié du 19^{ème} siècle qu'ils furent introduits en Europe. De là, ils se sont répandus dans les pays tempérés du nord ainsi que dans les régions d'altitude sous les latitudes tropicales.

Des dégâts dus aux nématodes dorés ont été observés pour la première fois en 1913, près de Rostock (Allemagne), puis, la même année, en Écosse. Depuis cette date, le parasite a été décelé dans la plupart des pays d'Europe, y compris l'Union Soviétique, en Algérie, aux Iles Canaris, en Israël, aux États Unis et au Canada, le plus souvent en foyers isolés.

Son origine est inconnue, et deux hypothèses sont également vraisemblables, si l'on tient compte du développement apparemment soudain du parasite et de la stabilité de l'espèce : soit introduite de l'inde ou bien due à une mutation accidentelle d'une autre espèce d'*Heterodera* (Schneider, 1971).

Le nématode est présent un peu partout en Europe. En peu d'années (9 à 10 ans) après infestation d'une parcelle, la perte de rendement peut atteindre 50%. La population de nématodes peut décupler en une année. Selon Somerhausen (Somerhaussen), la contamination par les nématodes à kyste de la pomme de terre serait présente sur plus au moins 25% des terres Belges cultivables en pomme de terre, et confirme que 95% des cas de contaminations sont dus à l'espèce *Globodera rostochiensis* et 5% des cas sont dus à l'espèce *Globodera pallida*.

Selon l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments en 2006, les nématodes à kystes de la pomme de terre sont présents dans tous les continents : l'Asie (Inde, Japon, Pakistan, Philippines, Sri Lanka), Amérique du Sud (Argentine, Bolivie, Brésil, Chili, Colombie, Équateur, Pérou, Venezuela), Amérique du Nord (Canada, États Unis), Europe (tous les pays sauf la Turquie), Moyen-Orient (Liban), Amérique centrale et Caraïbes (Costa Rica, Panama et en Afrique (Algérie, Égypte, Libye, Maroc, Sierra Leone, Afrique du Sud, Tunisie). Les deux espèces de *Globodera* diffèrent dans leurs exigences thermiques ce qui affecte leurs distributions géographiques dans le monde (Moxnes et Hausken, 2007) (figure 2.4 et 2.5).

2.2.2 En Algérie

Ce nématode a été découvert pour la première fois en 1953 suite à l'introduction de 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

2.3 Importance économique des nématodes à kystes *Globodera sp.*

d'Alger. Après, il a été disséminé dans plusieurs wilayas du pays dont les plus importantes sont Aïn Defla, Tipaza, Chlef, Mascara et Sétif (INPV, 1994).

2.3 Importance économique des nématodes à kystes *Globodera sp.*

Les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*, sont les nématodes les plus menaçants pour la production de pomme de terre dans le monde entier. Ils sont capables de causer de lourdes pertes aux rendements de la pomme de terre et déprécient la qualité des récoltes (ACIA, 2006). Les pertes subies par les plantes varient selon les régions.

Ces espèces de nématodes à kyste de la pomme de terre sont reconnues à l'échelle internationale comme des ravageurs justifiables de quarantaine. Depuis, leurs détections en 2006, *Globodera pallida* en Idaho (Skantar et al, 2007) et *Globodera rostochiensis* au Québec, le Canada et les États-Unis demeurent résolus à prévenir leurs propagations. Dernièrement, elles ont dressé de nouvelles lignes directrices qui révisent les mesures d'atténuation des risques en vue de gérer les problèmes ultérieurs associés aux nématodes à kyste de la pomme de terre (ACIA, 2006).

Les nématodes à kystes de la pomme de terre sont considérés parmi les contraintes qui affectent la production de pomme de terre à l'échelle mondiale. L'impact économique des nématodes peut être élevé en raison des pertes de rendement, des dépenses entraînées pour lutter contre ces derniers et des interruptions de l'accès aux marchés (ACIA, 2006).

Les pertes de rendement causées par ces parasites peuvent aller de 20% à 70% selon la densité initiale de la population (Greco, 1988). Si on pratique une culture répétée de pomme de terre, ces pertes peuvent atteindre les 80% (CABI et OEPP).

En Australie, des études ont été entreprises afin d'évaluer les coûts des pertes engendrées par les nématodes de la pomme de terre. Pour cela un enchainement de modèle de propagation, de croissance des populations et impacts économiques sont combinés afin d'estimer les coûts de l'expansion sans limites des nématodes à kyste de la pomme de terre sur une durée de temps. Cette analyse prévoit une moyenne de cout annuelle de la propagation des nématodes à kystes de la pomme de terre sur 20 ans de 18.7 million de dollar, qui fluctue sur un intervalle de confiance [11.9, 27.0]. Ces pertes peuvent même excéder les 37 million de dollar s'il n'y a pas eu lieu d'entreprendre des actions de prévention afin d'arrêter l'expansion de ces nématodes et empêcher leur propagation dans d'autres régions (Hodda et Cook, 2009).

2.3 Importance économique des nématodes à kystes *Globodera* sp.

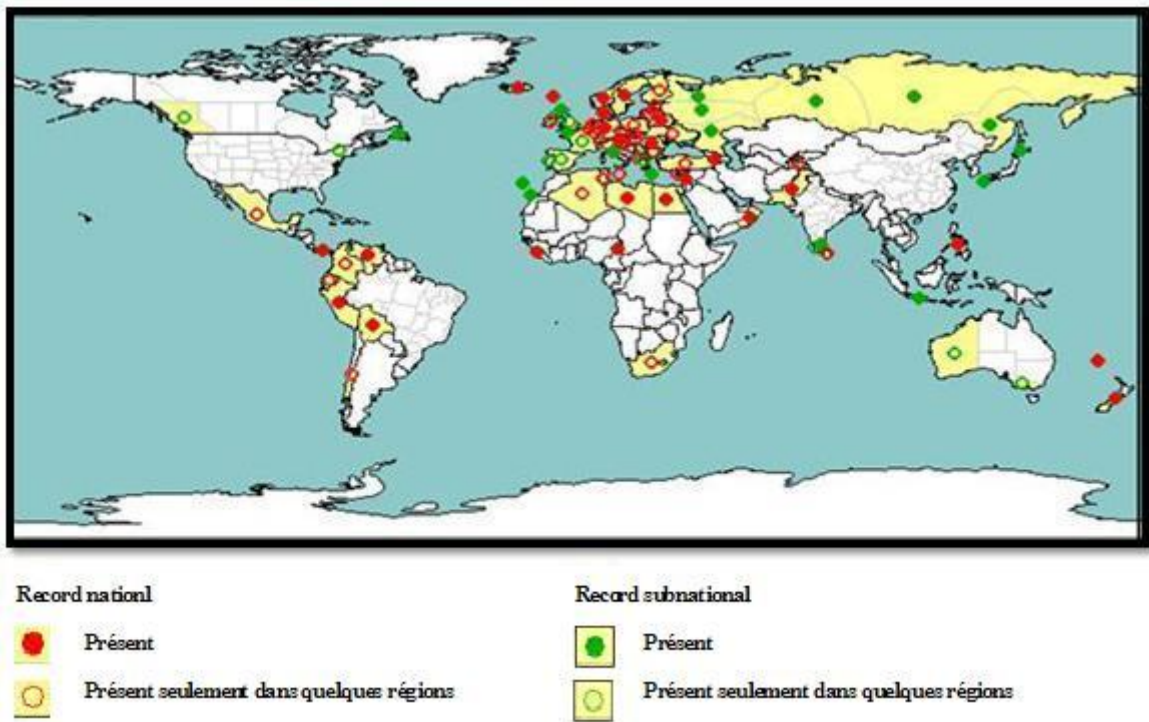


FIGURE 2.4 – Distribution de l'espèce *Globodera rostochiensis* dans le monde (CABI et OEPP)

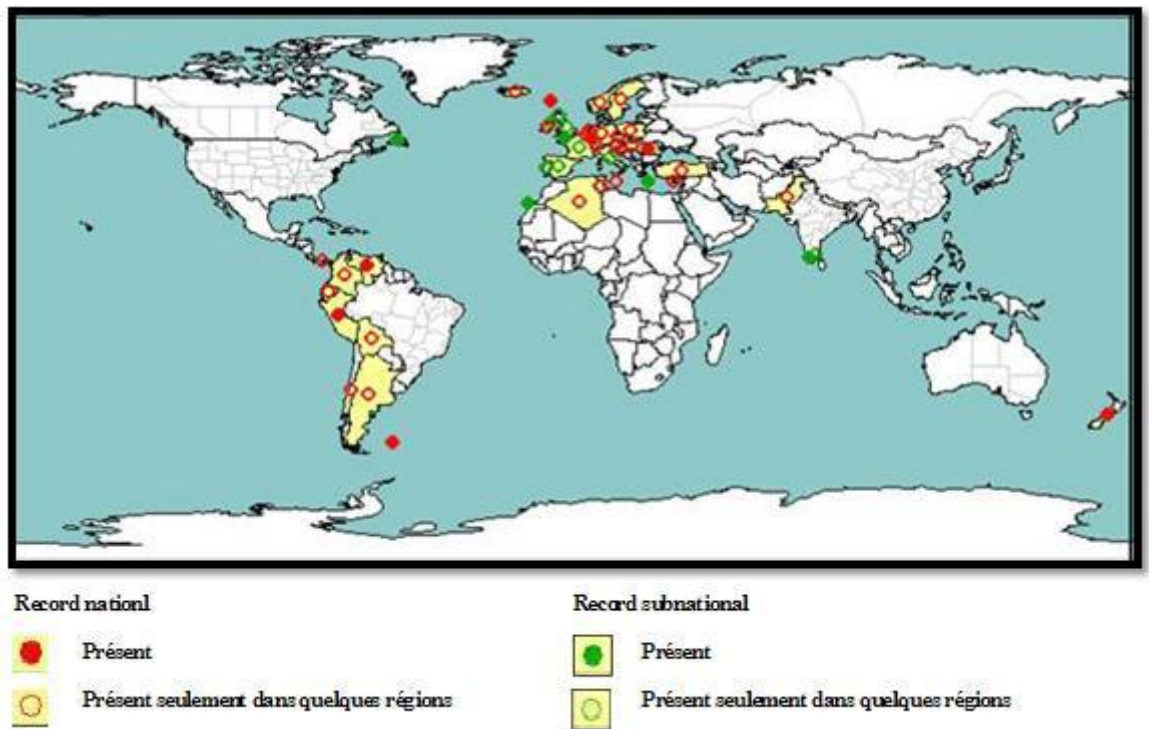


FIGURE 2.5 – Distribution de l'espèce *Globodera pallida* dans le monde (CABI et OEPP)

2.4 Morphologie et cycle de vie

2.4.1 Morphologie

Les nématodes *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont des endoparasites sédentaires des racines, caractérisés par un dimorphisme sexuel des adultes. Les mâles sont filiformes, mobiles et atteignent 1 mm de long. Les femelles se transforment après fécondation en sacs sphériques (Riga et al, 1996) résistants, de couleur brune rouge, remplis d'œufs (jusqu'à 500), appelés kystes, qui font de 0.3 à 0.9µm de diamètre.

Malgré leurs grandes similitudes morphologique et biologique les *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* sont deux espèces distinctes (Stone, 1972).

En outre les caractères morphologiques permettant de différencier ces deux espèces sont la couleur des kystes ; pour *Globodera rostochiensis* ils sont de couleur jaune dorée et pour *Globodera pallida* ils sont de couleur blanche (figure 2.6). Concernant les larves, nous avons le stylet qui est plus long chez *Globodera. rostochiensis* que chez *Globodera pallida*. Les boutons basaux sont ronds et étroits chez *Globodera rostochiensis* et larges et orientés vers l'avant chez *Globodera pallida*.

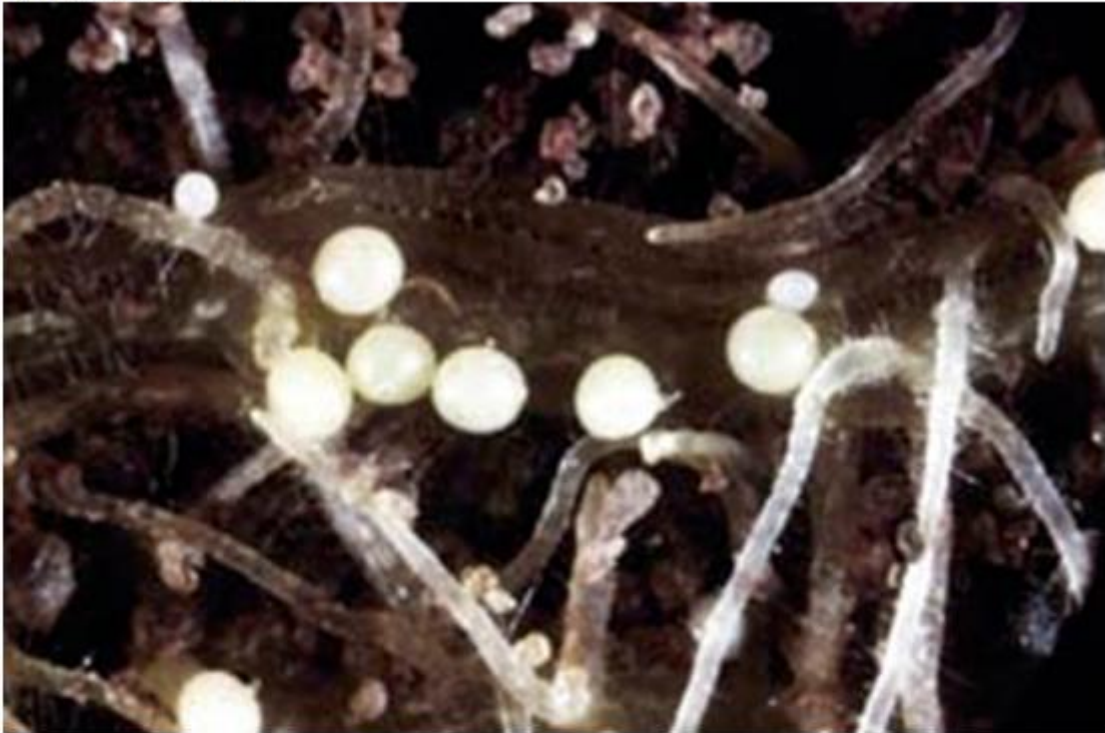
2.4.2. Cycle de vie

Chez les nématodes à kyste de la pomme de terre, le cycle de développement (figure 2.7) a été étudié essentiellement chez *Globodera rostochiensis*. Il est généralement influencé par la température et l'humidité. Le nombre de générations diffère selon le nombre de cultures et la durée de la saison de la plante hôte (Greco et al, 1988).

Lorsque les conditions d'humidité et de température sont favorables, le kyste (stade de repos), stimulés par les diffusât de racines de la plante hôte (Mugniery et Fayet, 1984), libère les larves de second stade (Moxnes et Hausken, 2007) qui se déplacent dans le sol humide à la recherche de radicelles d'un hôte adéquat pour les pénétrer. Le passage d'un état apparemment inactif à celui observé chez les J2 éclos se produit suite à des modifications de l'ultrastructure des amphides qui sont considérés comme étant des chimiorécepteurs chez les nématodes phytophages (Jones et al, 1994 ; Perry, 1994).

C'est ainsi que les larves explorent les surfaces des radicelles pour localiser le site d'attaque (Fudali et al, 2008). À l'aide du stylet buccal, les juvéniles pénètrent (Smant et al, 1997 ; Bekhetia et al, 2005) à travers les cellules situées près du cortex ou l'endoderme (Melillo et al, 1990 ; Dhandaydham et al, 2008), et secrète dans les cellules de la plante des protéines originaires des glandes subventrales œsophagiennes dont le rôle est très important dans les événements primaires de cette relation nématode-hôte (Smant et al, 1997 ; Perry et al, 1989), modifiant ainsi, localement l'expression de leur génome (Poch et al, 2006), et déclenchant la formation de sites spéciaux de nutrition par une substantielle reprogrammation du processus de développement des cellules des radicelles (Swiecicka et al, 2009). Ces sites de nutrition appelés « Syncytium » fournis-

(A) *Globodera pallida*



(B) *Globodera rostochiensis*



FIGURE 2.6 – Femelles de *Globodera pallida* (A) et *Globodera rostochiensis* (B) à maturité sur les racines de pomme de terre (Hockland, 2002)

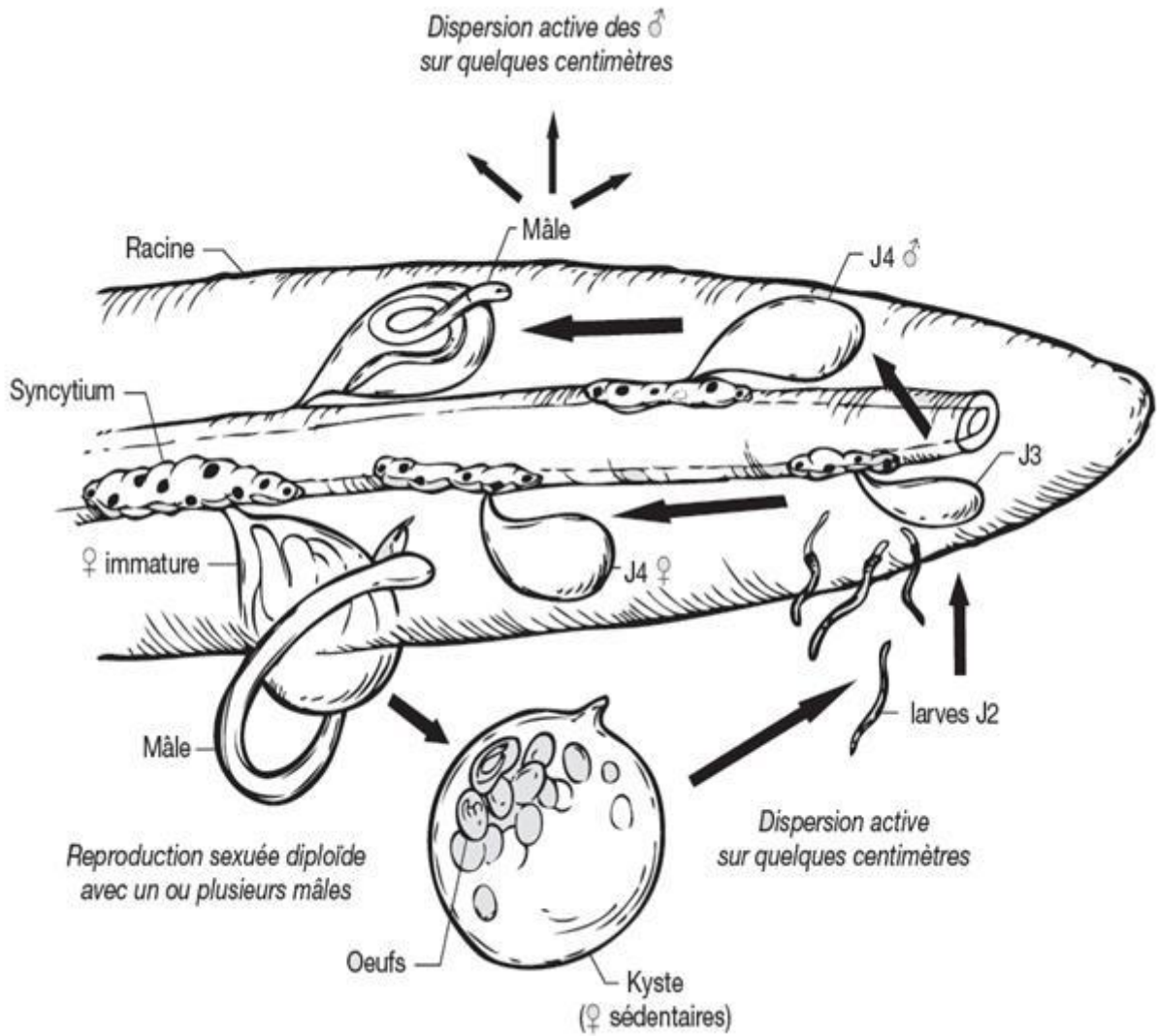


FIGURE 2.7 – Cycle de développement des nématodes a kystes de la pomme de terre (Pauline Caster-Picard cité dans (Chauvin et al, 2008))

2.4 Morphologie et cycle de vie

sent l'environnement nutritif pour l'accomplissement du cycle de vie du nématode (Poch et al, 2006).

À l'intérieure des racines, les juvéniles du deuxième stage se développent en passant par différents stades J2-J3-J4- Mâle/femelle pendant 20 jours avec une température de 20°C (Moxnes et Hausken, 2007). Les larves des nématodes *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* ne sont pas prédéterminées à être mâle ou femelle. Le rapport des sexes est dépendant des conditions du milieu (Mugniery, 1982). Le déterminisme sexuel épigénique de *Globodera* a été démontré par l'épuisement successif de toutes les hypothèses possibles (Mugniery et Fayet, 1984), toutefois ce caractère a été confirmé pour *Globodera rostochiensis* par Mugniery et Balandras, en 1986 et pour *Globorada pallida* par Balandras et al, en 1991.

Le dernier stade de développement est le stade adulte qui correspond au gonflement des femelles adultes de sorte que leur partie postérieure fasse éclater la paroi de la racine et immerge à l'extérieur (Mutiu, 2010) et à la libération des mâles dans le sol.

Ultérieurement, les mâles retournent vers les racines de la plante attirés par les phéromones sexuelles des femelles adultes. Ils fécondent cette dernière. Cette attractivité sexuelle des femelles est plus forte pour les mâles de leur propre espèce que pour les autres (Mugniery, 1979). Les femelles deviennent mûres et saillantes, puis elles s'enkystent et meurent. Les kystes contenant des œufs et des larves s'intègrent au sol. Les kyste y sont conservés pendant plusieurs années et permettent d'assurer plusieurs infestations consécutives.

Chez les nématodes à kyste de la pomme de terre, pour un cycle de vie complet, il faut 38 à 48 jours. Cependant cette durée peut changer selon le climat de la région. Il faut 126 et 163 jours dans les climats subtropicaux et 275 et 450 jours dans les climats tempérés, pour atteindre le stade de femelle adulte et kyste respectivement (Greco et al, 1988).

Pour achever un cycle complet, le nématode a besoin d'une somme de températures de 465°C. Cette somme est calculée en additionnant les températures moyennes journalières du sol (mesurées à une profondeur de 10 à 20cm) supérieures à 8°C (KWS).

2.4.3 Dormance

Les nématodes peuvent augmenter leur taux de survie en arrêtant leur développement sous les conditions défavorables (Den Nijs et Lock, 1992). Cette période d'inactivité est appelée « dormance », qui est répartie en période de « latence » et de « diapause » (Salazar et Ritter, 1993). La latence est un stade hypometabolique, directement initié par les conditions défavorables du milieu et se termine quand les conditions favorables reviennent (Salazar et Ritter, 1993). La capacité des nématodes phytophages à synchroniser leur cycle de vie avec celui de leur hôte et lié à la diapause. Cette dernière semble être initiée par des facteurs internes (Gonzales et Phillips, 1996).

2.4 Morphologie et cycle de vie

Normalement, il ne se produit qu'une seule génération par an, car les juvéniles néoformés entrent en diapause (Evans, 1982), un état de repos qui est dépendant de la température (Ward et al, 1985). Cette diapause est généralement plus forte chez *Globodera rostochiensis* que chez *Globodera pallida*. Néanmoins, il a été constaté, en France, dans des situations géographiques favorables à la culture précoce de la pomme de terre, que quelques populations de *Globodera pallida* peuvent présenter une diapause très peu prononcée et un deuxième cycle peut s'initier en automne sur les repousses de pomme de terre (Chauvin et al, 2008).

Les espèces *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* se caractérisent par une diapause des larves de deuxième stade contenues à l'intérieur du kyste, dont le rôle est principalement de synchroniser les sorties larvaires avec la période de culture de leur hôtes qui sont indispensables à leur développement (Evans, 1982). Cette diapause permet en outre à l'espèce de garantir sa survie (Javed Asghar, 2008) en prévenant la mortalité excessive des nématodes, en s'assurant qu'ils ne sont actifs que lorsque l'hôte approprié est présent (Evans, 1982).

Les nématodes de la pomme de terre présentent consécutivement deux diapauses, une diapause obligatoire qui est initiée immédiatement après formation des kystes et qui a une durée limitée et une autre facultative qui est fixée durant la formation de la population et qui peut disparaître avec l'augmentation de la longueur du jour (Salazar et Ritter, 1993).

En se basant sur la courbe d'éclosion des nouveaux et anciennes kystes, Zanna Muhammad, en 1994, a montré que la diapause est présente chez les nouveaux kystes en automne, hiver et tôt le printemps, alors qu'elle est absente tard le printemps et l'été.

Chez les *Globodera pallida*, la diapause s'établit durant l'automne et l'hiver, en adéquation avec la période post récolte, tandis qu'elle se lève le printemps et l'été pour coïncider avec la période où la pomme de terre commence à pousser et y est susceptible aux infections par les nématodes à kyste de la pomme de terre. Cette spécialisation de *Globodera pallida* diffère du comportement erratique des *Globodera rostochiensis* pour qui la diapause s'établit en automne, hiver, printemps et mi-été (Muhammad, 1990).

Pour activer les juvéniles à l'intérieur des kystes et arrêter la diapause, l'agent d'éclosion présent dans les diffusats des racines de pomme (PRD) de terre est nécessaire (Salazar et Ritter, 1993). Le temps que met le nématode pour répondre aux sécrétions racinaires de la plante hôte par l'éclosion dépend de la durée de la diapause (Holz et al, 1998). Le taux d'éclosions et la réaction des deux nématodes à kyste de la pomme de terre aux PRD et à la température sont différents, et suggèrent essentiellement une différence dans leur écologie (Den Nijs et Lock, 1992).

Le phénomène de diapause présente un véritable gêne pour la recherche génétique car elle prévient les kystes des nématodes de pomme de terre d'entrer en diapause quand les

2.4 Morphologie et cycle de vie

études génétiques sur les pathotypes de *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis* sont accélérées (Janssen et al, 1987).

2.4.4 Éclosion

Globodera pallida et *Globodera rostochiensis* partagent le même habitat mais il apparaît qu'elles sont différentes dans la manière dont elle s'assure que les racines sont atteinte et que la population est conservée. Manifestement PRD est le facteur majeur qui induit l'éclosion chez *Globodera pallida*, alors que pour *Globodera rostochiensis* d'autres facteurs peuvent induire l'éclosion aussi bien (Den Nijs et Lock, 1992).

En réagissant principalement au PRD, *Globodera pallida* synchronise son cycle de vie complètement avec celui de son hôte (figure 2.8). En plus *Globodera pallida* a un taux d'éclosion initial très long et utilise ses réserves en lipides plus lentement que *Globodera rostochiensis* (Robinson et al, 1987). Cela prolonge l'éclosion et de manière persistante s'assure que le développement des racines est moins affecté, afin de réduire la compétition intraspecificque (Mugniery et Fayet, 1984). Du point de vue écologique cela semble être une bonne stratégie.

Globodera rostochiensis montre un comportement plus opportuniste, en réagissant à des déclencheurs d'éclosion non spécifiques. Toutefois, elle a la capacité de survivre pendant une certaine période dans le sol sans qu'il y ait la plante hôte. Elle survit dans le sol plus longtemps que *Globodera pallida* (Den Nijs et Lock, 1992).

Globodera rostochiensis éclot mieux dans les températures entre 15 et 20°C alors que pour *Globodera pallida* la température optimale pour l'éclosion est quelque peu basse, entre 10 et 20°C. Il est aussi reporté que dans les mêmes conditions, les juvéniles de *Globodera pallida* ont besoin de plus de temps pour éclore que ceux de *Globodera rostochiensis* (Salazar et Ritter, 1993).

Éclorre tôt quand l'hôte adéquat est présent a une importance biologique pour les nématodes à kyste de la pomme de terre, principalement parce qu'ils ont un développement de la population dépendant de la densité qui entraîne des mécanismes tel que le déterminisme épigémique du sexe (Mugniery et Fayet, 1984). Dans les pays où les conditions climatiques permettent plus qu'une culture de pomme de terre par an, du cout plus qu'une génération de nématodes par an, les populations de nématodes à kyste de la pomme de terre avec une courte période de diapause ont un avantage biologique sur les populations avec une longue période (Gonzales et Phillips, 1996).

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

2.5 Variabilité génétique pour la virulence

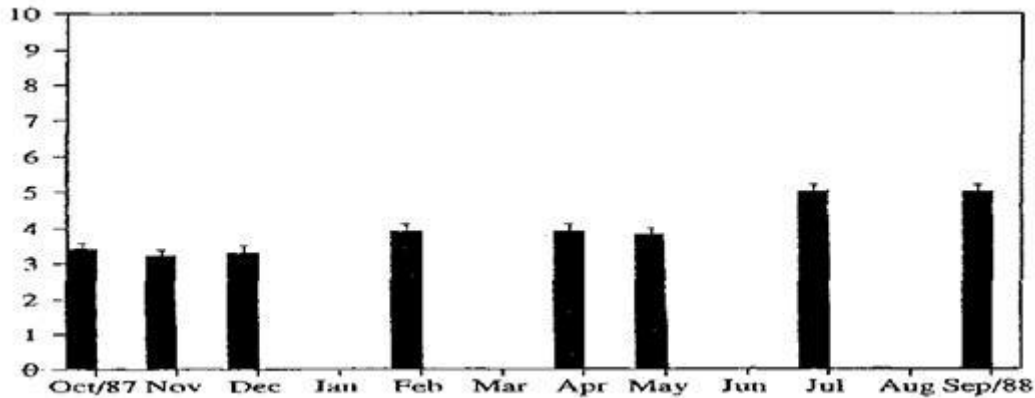


FIGURE 2.8 – Périodes d'éclosion de *Globodera pallida* sur un cycle de 12 mois (Muhammad, 1994)

2.5 Variabilité génétique pour la virulence

La confrontation de populations à divers génotypes ou gènes chez les variétés de pomme de terre a mis des différences dans leurs capacités à se développer. On différencie ainsi les pathotypes par leur aptitude à contourner des gènes de résistance connus.

Pour les *Globodera. sp* les pathotypes sont caractérisés par leur capacité à se multiplier sur certains clones de *Solanum* à tubercules et sur les hybrides utilisés pour la sélection (CABI et OEPP). Pour les populations européennes, il existe cinq pathotypes chez *Globodera rostochiensis* (Ro1-Ro5) et trois chez *Globodera pallida* (Pa1-Pa3) (Sedlak et al, 2004). Ces pathotypes ont été classifiés par Kort et al (1977) (in Nijboer et Parlevliet, 1990 ; Castelli et al, 2005) (tableau 2.2). Cette classification a été révisée par Trudgill (1985) (cité dans (Phillips et al, 1992)) et il a conclu que la plupart des pathotypes des populations européennes de nématodes à kyste de la pomme de terre sont hétérogènes pour le gène de virulence, et que seulement une partie de cette classification satisfait les critères d'Anderson et Anderson (Phillips et al, 1992). Ceux là sont les pathotypes Ro1 et Ro4 de *Globodera rostochiensis* et Pa1 de *Globodera pallida* qui comprennent les populations homozygotes pour les gènes virulents vis-à-vis des gènes résistants H1 et H2 respectivement (Phillips et al, 1992).

La population de *Globoder pallida* a été classée en différents pathotypes selon ces réponses au test de résistance des plantes, toutefois les populations du même pathotype ne se comportent pas toutes de manière identique. Une telle variabilité pour la virulence dans un pathotype suggère des fréquences différentes de gène pour la virulence (Turner et al, 1983).

La sélection de lignées virulentes et non-virulentes n'est pas aussi nette que la théorie du (gène-pour-gène) ne le laissait espérer car le nombre de lignées possédant un taux de virulence intermédiaire est plus élevé que prévu (Janssen et al, 1990).

2.6 Symptômes et dégâts

TABLE 2.2 – Classification du pathotype *Globodera* de Kort et al (Nijboer et Parlevliet, 1990)

Pathotype	Ro1	Ro2	Ro3	Ro4	Ro5	Pa1	Pa2	Pa3
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>tuberosum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> (H1)	-	+	+	-	+	+	+	+
<i>S. kurtzianum</i> , 60 .21 .19	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>S. vernei</i> , 58.1642.4	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>S. vernei</i> , 65.346.19	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>S. vernei</i> , 62.33.3	-	-	-	-	+-	-	-	+
<i>S. multidissectum</i> , P 55/7	+	+	+	+	+	-	+	+

2.6 Symptômes et dégâts

Il n'y a pas de symptômes spécifiques de l'attaque des *Globodera* sp (Mulder et Van Der Wal, 1997). On observe souvent des zones de croissance réduite dans un champ (figure 2.9), parfois accompagnée de jaunisse, flétrissement ou mort du feuillage (Sans Nom, 2010).

Même dans le cas de symptômes très faibles sur le feuillage, la taille des tubercules peut être réduite (CABI et OEPP) et la qualité du produit détériorée (figure 2.10).

Les symptômes décrits pour *Globodera* sp peuvent être causés par plusieurs autres plantes pathogènes et ne peuvent pas être considérés comme une preuve de la présence des nématodes. Pour cela, une analyse nématologique est indispensable pour se prononcer sur l'infestation d'une parcelle.

Au début de l'infestation, les nématodes ne présentent pas de symptômes visibles, sauf un retard dans la croissance de la plante, et une diminution de la hauteur des plants qui se manifeste sous forme de taches au milieu d'une culture d'apparence normale (Timmermans, 2005).

À l'intérieur des racines de l'hôte, les nématodes progressent, détruisent certaines cellules et induisent la prolifération de racines secondaire (Schneider, 1974). Les racines attaquées peuvent être tuées ou fortement détériorées. Les conséquences de la présence de nématodes dans les racines sont variées : décoloration et flétrissement des feuilles (Cornu, 2005), endommagement du système racinaire qui se traduit par une hypersensibilité au stress hydrique (Greco, 1988 ; Fatemy, 1985) et stress nutritionnel (Tobin et al, 2008), induisant une déficience minérale de la plante (Hockland, 2002). Ces altérations au niveau du système racinaire offre de nombreuses portes d'entrée pour d'autres agents pathogènes (Schneider, 1971).

2.6 Symptômes et dégâts

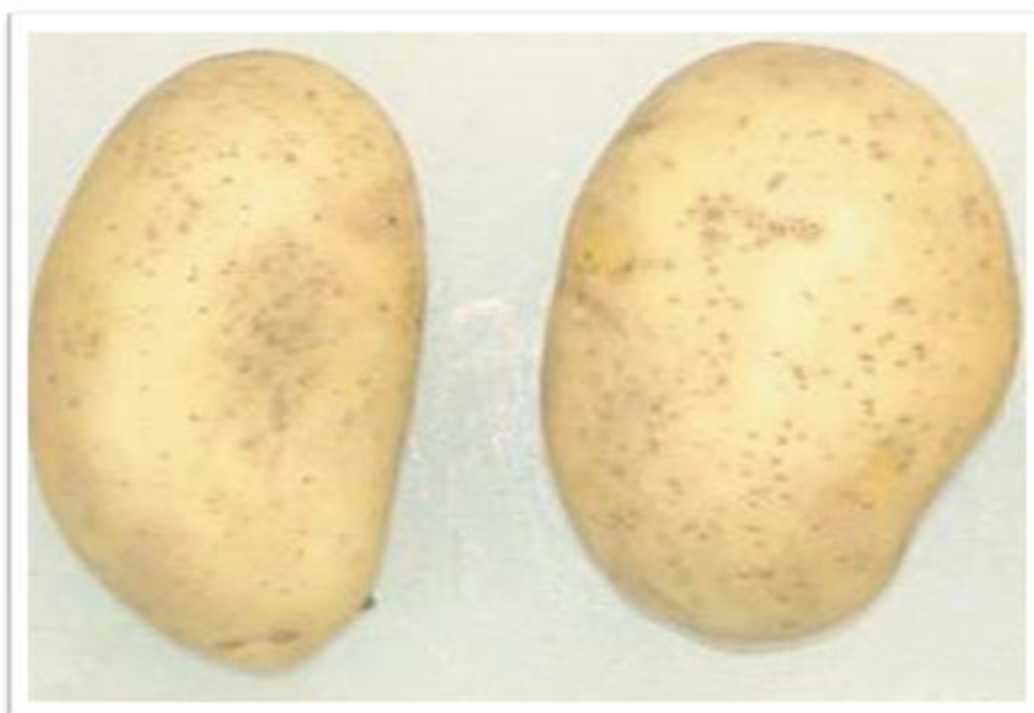
Les symptômes d'infestation par ces nématodes peuvent se manifester par le faible développement de la culture appelé aussi « nanisme ». Après plusieurs années d'infestation, le symptôme le plus évident est le grand manque d'uniformité dans la parcelle,

FIGURE 2.9 – Symptôme dû à l'attaque des nématodes à kyste de la pomme de terre
Globodera sp.

2.6 Symptômes et dégâts



FIGURE 2.10 – Dégâts dus aux piqûres de *Globodera pallida* sur tubercules de pomme de terre (Chauvin et al, 2008)



perte de vigueur, un dépérissement général, des rendements faibles (Belair, 2005) et même la mort de la plante (Volvas, 1996).

L'incidence des nématodes sur le rendement des cultures dépend essentiellement des densités initiales des populations (Greco et al, 1988). À 8 et 64 œufs/g de sol on peut s'attendre à des pertes de 20 à 70% respectivement de la récolte. Elle varie aussi en fonction des conditions climatiques, édaphiques et de la tolérance des variétés (Hockland, 2002). Ces dégâts peuvent être moins sévère dans les régions où la culture de pomme de terre se pratique tôt, ou le semi se fait à la moitié d'été et la récolte en novembre ou décembre, comme c'est le cas dans les pays méditerranéens (Greco, 1988).

2.7 Méthodes de lutte

La lutte contre les nématodes à kystes de la pomme de terre est difficile car ces parasites ont la possibilité de se maintenir dans le sol, même en absence des plantes hôtes. La mise au point d'un programme de lutte doit mettre en œuvre un ensemble de mesure préventives et curatives pour assurer le maintien en équilibre des populations dans le sol, non dommageables pour les cultures. Plusieurs approches sont disponibles ou en cours de mise au point.

2.7.1 Mesures préventives

Elles consistent à réduire les contaminations par un nettoyage des outils.

2.7.2 Mesures curatives

Se sont essentiellement des méthodes culturales, chimiques biologiques.

a. Méthodes culturales

La rotation des cultures a pour but d'introduire dans le système cultural des espèces ou variétés qui multiplient faiblement ou pas du tout les nématodes. Ces espèces ou variétés sont non hôtes, résistantes ou partiellement résistante. Tiilikkala, en 1991, a trouvé que dans les monocultures la densité de populations de nématodes peut passer de 0.1 à 265 larves/g de sol en 3 ans. Avec la rotation, au lieu de donner une génération par saison, le temps entre générations va s'étendre de 2 à 5 ans (Bakker, 1992).

L'efficacité de cette technique est démontrée, par les densités du nématode de la pomme de terre qui peuvent être diminuées de 30% par an, Ce taux peut être largement affecté par le rapport susceptibilité/tolérance des variétés et par les facteurs de l'environnement (Hockland, 2002). En Algérie, les cultures non hôtes de printemps et d'automne entraînent des chutes de populations de 30-33% (Mugniery, 1982).

2.7 Méthodes de lutte

Toutefois, cette méthode présente des inconvénients du fait d'être lente car la décontamination est progressive, et de laisser, pendant plusieurs années, un foyer de contamination dans une zone sensible avec tous les risques de dispersion.

La décontamination peut être fortement accélérée par les cultures pièges de pomme de terre. Elle consiste à réaliser une plantation à haute densité de petits tubercules, fortement pré-germés. Cinq semaines plus tard, la culture est détruite, soit chimiquement, soit mécaniquement. Dans ces conditions, il n'y a pas de formation de tubercules fils ni, par conséquent, de repousse estivale (Chauvin et al, 2008).

Après destruction de la culture, les diminutions de populations mesurées sont de l'ordre de 70 à 80%, ce qui correspond aux pourcentages d'éclosion des kystes sous l'influence des exsudats radiculaires observés pendant une culture de pomme de terre. Cette diminution des populations est largement supérieure à celle attendue, de l'ordre de 30%, consécutive à une simple absence de pomme de terre, en plus les risques de dissémination sont fortement diminués (Mugniery et Balandras, 1984). Selon Timmermans, 2005 *S. sisymbriifolium* est intéressant en culture piège des nématodes à kyste de la pomme de terre.

b. Méthodes chimiques

Près de 30000 ha de culture de pomme de terre sont traités annuellement par les nématicides, ce qui coûte approximativement 10M d'euros (KWS).

Expérimentalement les nématodes à kyste de la pomme de terre peuvent être contrôlés efficacement par les traitements à action de contact à base de fumigeant (dichloropropane) (Whitehead et al, 1994), dibromide d'éthylène (EDB), dazomal (Trudgill et al, 1978), éthoprophos, oxamyl (Mugniery et Balandras, 1984 ; Lamondia, 1990), ou à action systémique à base de carbamate tel que carbofuran et aldicarbe (Gurr, 1992 ; Whitehead et Nichols, 1992). Cette méthode de lutte nécessite une connaissance parfaite des périodes d'émergence des juvéniles, pour assurer la synchronisation de l'application des produit avec la présence des stades infectieux dans le sol et dans les plantes.

Des études menées par Cavalier, Mugniery et Mansour, 1987 on mis en évidence un effet biologique du bénomyl sur diverses séquences du cycle de développement des nématodes à kystes de la pomme de terre avec des effets variés qui laissent suggérer une activité biochimique multi sites du bénomyle.

c. Méthodes biologiques

Les pathogènes microbiens, endophytes et antagonistes sont extrêmement importants dans la régulation de la population de nématodes parasite des plantes. Plusieurs travaux concernant les agents microbiens en lutte biologique on été publiés, et démontre l'importance que peut avoir ces agents dans la gestion des nématodes (Trifonova et

Karadjova, 2003 ; Reitz et al, 2000 ; Javed Asghar, 2008). Plusieurs agents peuvent être utilisés dans la lutte biologique contre les nématodes à kyste de la pomme de terre. Nous avons les champignons tels que *Botryotrichum piluliferum* ; *Scolecobasidium constrictum* ; *Gliocladium roseum* et *Phoma fineti* qui parasitent les œufs (Trifonova et Karadjova, 2003) ou *Pochonia chlamydosporia* et *fosthiazate* qui affectent le taux de multiplication des nématodes (Tobin et al, 2008), ainsi que la bactérie *Rhizobacterium rhizobium* qui induit dans les racines de la pomme de terre une résistance systémique contre les nématodes à kyste de la pomme de terre. Cette lutte n'est appliquée présentement qu'à titre expérimental.

2.7.3 Lutte intégrée

Compte tenu de la complexité des problèmes posés par les nématodes à kyste de la pomme de terre, l'instauration d'un système de lutte intégrée sera plus efficace, tout en prenant en considération les spécificités de chaque région ainsi que les caractéristiques biologiques de ou des espèces en cause. Ces systèmes reposent essentiellement sur l'intégration de plusieurs méthodes pour maintenir les populations en dessous du seuil dommageable (Mokabli, 2002).

2.7.4 Résistance variétale

La tolérance traduit la capacité d'une variété à supporter une attaque du nématode sans perte de rendement (Doussinault et al, 1986 in Mokabli, 2002). La résistance aux nématodes à kystes *Globodera sp.* est une opposition au développement des larves infectantes (L2) en femelles dans les racines (Mulder et Van Der Wal, 1997 ; Schouten, 1993).

La sélection de variétés de pomme de terre résistante à *Globodera sp.* passe par la recherche de gènes de résistance et par le transfert de ces gènes dans du matériel agronomique intéressant (Mugniery et Balandras, 1986).

La variabilité génétique de la pomme de terre cultivée en Europe, au moment de l'introduction des nématodes à kyste, était relativement étroite et le matériel cultivé ne comportait pas de gènes de résistance capables d'en contrer la multiplication. Différentes espèces sauvage, apparentées à la pomme de terre cultivée ont été identifiées comme sources possibles de résistance et différentes formes de résistance ont été caractérisées (Chauvin et al, 2008). Les espèces apparentées à la pomme de terre cultivée (*Solanum tuberosum*) possèdent des niveaux de résistance très importants à ces parasites (Caromel, 2003).

Chez la plupart des espèces apparentées à *S. tuberosum*, la résistance à *Globodera rostochiensis* n'a pas été difficile à obtenir, étant donné que le caractère utile était dominant et contrôlé par un seul gène (Schneider, 1971), alors que pour *Globodera pallida* qui est sous le contrôle de plusieurs gènes, la sélection phénotypique, était lourde à mettre en œuvre, et ne permet pas de conserver tous les gènes au cours du processus de sélection. C'est pourquoi il a été nécessaire d'entreprendre une cartographie des

2.7 Méthodes de lutte

facteurs génétiques impliqués dans la résistance à *Globodera pallida* (Caromel, 2003).

La résistance partielle et complète du cv. Maria Huanca et du clone 280090.10 envers les races (P4A), et (P5A) de *Globodera pallida* est confirmée, jusqu'à l'identification d'une nouvelle race P6A de *Globodera pallida* au Pérou (Franco et Gonales, 1990) qui impliquées la recherche de nouveaux gènes de résistance et leur utilisation dans un programme d'amélioration génétique de la pomme de terre, programme ayant pour but la mise au point de cultivars commercialisables résistant à cette nouvelle race de *Globodera pallida*.

Il existe plusieurs sources de résistance connues chez la pomme de terre qui ont permis l'obtention de nombreuses variétés résistantes, figurant sur la liste non exhaustive des variétés résistantes aux nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida* (ACIA, 2006).

Cette stratégie est la plus efficace, la plus efficiente et la meilleure quant aux conséquences environnementales. À chaque saison d'utilisation d'un cultivar résistant, la population de nématodes décroît de 90-95%, comparé à 80-90% pour la fumigation du sol et à 30-40% lorsque nous utilisons une espèce non atteinte. Toutefois, comme toutes les autres méthodes elle a ces inconvénients.

Face à une population de *Globodera rostochiensis* la culture ininterrompue de variétés résistantes peut entraîner la sélection de souches à virulence accrue (Huijsman, 1972 in Mugniery et Balandras, 1984). Aux Pays-Bas, six à huit ans de cultures ininterrompues de telles variétés ont conduit à sélectionner le pathotype virulent Ro2/3/5 de telle manière que la population initiale constituée de Ro1/4 a été complètement remplacée par ce nouveau pathotype (Chauvin et al, 2008).

Si la population naturelle comporte les deux espèces, on observe l'élimination de *Globodera rostochiensis* par *Globodera pallida*, ce qu'à été le cas à l'Ile de Ré par suite d'utilisation à des fin agronomiques et économiques de cultivar résistant (Alcmaria) (Mugniery, 1982).

Chapitre 3

Matériels et méthodes

3.1 État d'infestation de quelques parcelles en nématodes à kyste de la pomme de terre

Les dégâts dus aux nématodes phytophages en cultures de pomme de terre passent souvent inaperçus et les symptômes qu'ils occasionnent sont peu spécifiques. C'est pourquoi l'analyse nématologique consiste le seul diagnostic fiable car elle permet une estimation quantitative des populations de nématodes présents dans le sol, ainsi que leur identification. Au niveau du champ, cette technique d'investigation est basée sur un échantillonnage de sol permettant la recherche de nématodes à l'état de kystes.

Notre travail consiste en une étude de l'état d'infestation de quelques parcelles prospectées dans des régions de culture de pomme de terre afin de déceler la présence de nématodes à kystes du genre *Globodera*. Une étude morphologique et biométrique des espèces du genre *Globodera* présentes dans les régions d'Ain-Defla, Bouira et Chlef est réalisée pour l'identification des espèces susceptibles d'exister et d'une étude de la fécondité de ces populations.

3.1.1 Analyse nématologique

Avant d'évaluer l'état d'infestation de quelques parcelles de pomme de terre appartenant à différentes régions par les nématodes à kystes, l'analyse nématologique est nécessaire. Cette analyse permet une estimation quantitative des populations de nématodes présents dans le sol, ainsi que leur identification (Person-Dedry Ver, 1989 et Vacher, 1994 in Haddadi, 1996). L'analyse nématologique comprend trois étapes :

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

3.1 État d'infestation de quelques parcelles en nématodes à kyste de la pomme de terre

Échantillonnage du sol

L'échantillonnage consiste à prélever des quantités de sol sur 10 à 30cm de profondeur dans des parcelles cultivées en pomme de terre. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une tarière, à raison de 40 prises (échantillons élémentaires) (Mugniery et Zaouchi, 1976). Selon Schneider, 1986 il est préférable d'effectuer les prélèvements au niveau du système racinaire, les nématodes ayant des déplacements très faibles, il est surtout important de se limiter aux zones du sol immédiatement en contact avec les racines. L'échantillon du sol porte la date du prélèvement, le lieu, le précédent cultural et le numéro de la parcelle. Au laboratoire, le sol est préalablement séché puis pesé afin de procéder à l'extraction des kystes.

Extraction des kystes

Pour extraire les nématodes à kystes, la technique décrite par Fenwich (1940) et modifiée par Oostenbrink (1960) est utilisée. Cette méthode est basée sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau (Nakachian, 1971). Les kystes pleins et humides possèdent une densité supérieure à 1,08. Les kystes secs ont une densité inférieure à 1, donc ils flottent sur l'eau et peuvent être facilement récupérés alors que les kystes pleins et vides sédimentent très vite. C'est pourquoi l'opération nécessite un dessèchement préalable du sol contenant les kystes.

Le procédé consiste à entraîner le sol séché à travers une passoire de 1mm de mailles dans un entonnoir qui plonge dans le corps de l'appareil (figure3.1). Les particules fines passent tandis que les grosses particules minérales et végétales sont retenues. Les kystes qui flottent à la surface de l'eau sous l'action du trop plein vont être entraînés dans la gouttière pour s'écouler sur le tamis à maille de 250 μ m. Le refus du tamis est récupéré à l'aide des jets d'eau d'une pissette sur un papier filtre placé dans un entonnoir porté par un Erlen-Mayer dans une boîte de Pétri (figure3.2).

La récolte des kystes

Sous une loupe binoculaire (G : 1,6 \times 10), les kystes sont récupérés à l'aide d'un pinceau et d'une épingle et déposés dans une boîte de Pétri étiquetée sur laquelle sont mentionnées la date et la région dont les kystes proviennent.

3.1.2 Identification des espèces de nématodes du genre *Globodera* sp.

Cette identification des espèces s'est basée sur les critères morphologiques tels que la couleur la forme et la taille des kystes. Après l'analyse nématologique des différents échantillons de sol, deux espèces de nématode à kyste de la pomme de terre ont été identifiées : *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis*.

3.1 État d'infestation de quelques parcelles en nématodes à kyste de la pomme de terre

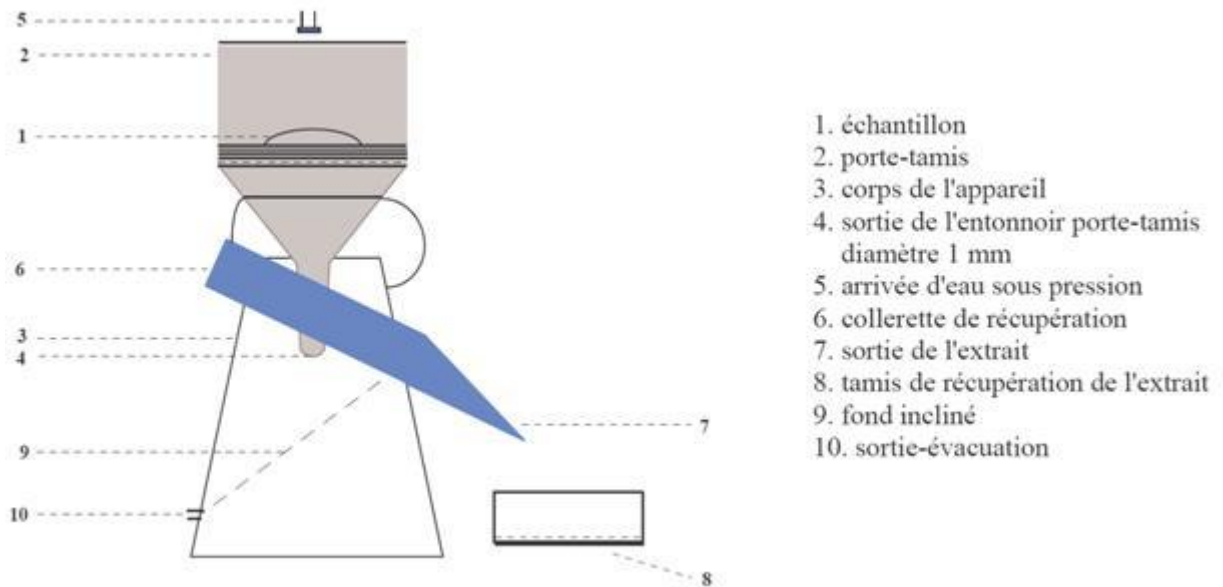


FIGURE 3.1 – Appareil de Fenwick

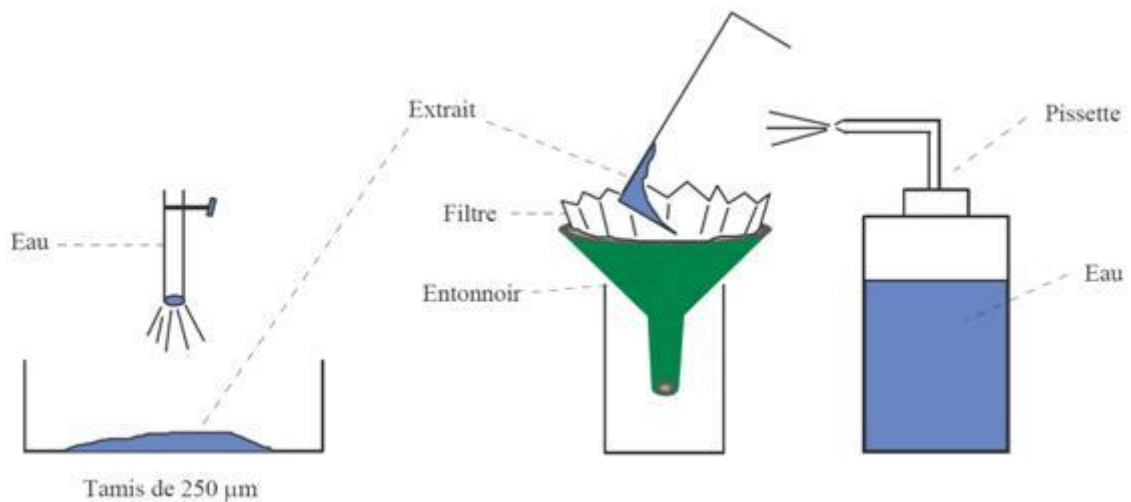


FIGURE 3.2 – Technique de récupération de l'extrait

3.2 Influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui détermine la dynamique des populations des *Globodera*

3.2 Influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui détermine la dynamique des populations des *Globodera*

La dynamique des populations s'intéresse au développement numérique de toutes les populations d'êtres vivants, et plus particulièrement de celles des animaux sexués. Les répartitions de poids, la composition par âge des individus, l'environnement, la biologie des groupes, et les processus qui influent sur ces changements font également partie de son champ d'étude. Ces études ont pour but, outre de prévoir les accroissements ou diminutions des populations, de comprendre les influences environnementales sur les effectifs des populations. Plusieurs auteurs ont fait l'objet de cette études dans le domaines de la nématologie (Lamondia et Brodie, 1986; Mugniery et Zaouchi, 1976; Ward et al, 1985) on utilisant des modèles mathématiques différents. Grâce à ces modèles, ils arrivent à évaluer l'effet que peuvent avoir les différentes méthodes de lutte sur l'évolution des populations de *Globodera sp.* (Spitter et Ward, 1988), et prédire les pertes que peuvent engendrer ces dernières sur les rendements (Trudgill et al, 2003).

Dans cette étude, le but est de déterminer l'influence de la température de chaque région sur les accroissements ou diminutions des populations de *Globodera sp.* et de trouver des explications aux différences d'infestation entre les régions prospectées. Pour cela, nous avons enregistré les températures de chaque région, sur un cycle de 12 mois que nous présentons dans le (tableau 3.1)

TABLE 3.1 – Les moyennes de températures en °C des régions prospectées sur un cycle de 12 mois pour l'année 2010

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Ain Defla	8,6	9,6	11,3	13,2	17	22	26,6	27	22,9	17,7	12,8	9,3
Bouira	7,2	8,3	10,6	12,3	17	22	25,7	26	22,8	17	11,8	7,9
Chlef	10,6	11,8	13,3	15,9	20	25	29	29	25,5	20,3	14,8	11,2

3.2.1 Calcul des paramètres

Le nombre d'œufs viable dans le sol est une mesure quantitative. Ainsi $N(t)$ est le nombre total d'œufs viables par unité de masse de sol au temps t . La densité des œufs viables comme fonction du temps est donnée par l'équation suivante (Moxnes et Hausken, 2007) :

$$\Delta N(t) \stackrel{mod}{=} (-\dot{L} - \dot{H} + \dot{R})\Delta t \quad (3.1)$$

où $N(t)$, L' , H' et R' représentent, respectivement, la variation du nombre d'œufs, la perte due a la nature par unité de temps, la perte due à l'éclosion par unité de temps et enfin

3.2 Influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui déterminent la dynamique des populations des *Globodera*

le renforcement ou le renouvellement par unité de temps.

L'équation (3.1) montre que la variation du nombre d'œufs viables durant l'intervalle de temps Δt est égal au nombre d'œufs nouvellement formé dans le kyste, moins les pertes dues aux prédateurs ou bien les pertes naturelles moins les pertes dues à l'éclosion naturelle ou bien spontanées.

Dans cette partie nous nous limiterons à l'estimation de $L(t)$ et $H(t)$ car ce sont les fractions directement influencées par la température et qui mettent en évidence l'effet du milieu de culture.

Calcul des pertes naturelles

Ces pertes sont dues aux attaques des prédateurs et autres ennemis naturels. Elle se calcule par la formule suivante (Moxnes et Hausken, 2007) :

$$\underbrace{\Delta L(t)}_{\text{Taux de perte}} \stackrel{mod}{=} \mu N(t) \quad (3.2)$$

L'équation (3.2) nous donne la perte par unité de temps, qui est proportionnelle au nombre d'œufs viables. Cela veut dire que la probabilité pour chaque œuf de perdre sa viabilité par unité de temps est donnée μ (coefficient de perte). Ce dernier dépend généralement de la température et d'autres paramètres spécifiques au sol tel que l'humidité et l'acidité.

Nous estimons μ à l'aide de la fonction suivante, définie par Folkertsma et al. (1997) (cité dans (Moxnes et Hausken, 2007)) :

$$\mu(T) = 0.2 \exp \frac{0.1}{c(T-4c)} \quad (3.3)$$

où T est la température en °C.

Calcul des pertes dues à l'éclosion

La perte due à l'éclosion représente l'éclosion spontanée sans la présence des exsudats racinaires (sans présence de la plante hôte) et l'éclosion stimulée par exsudat racinaire (avec présence de plante hôte), elle se calcule par la formule suivante (Moxnes et Hausken, 2007) :

$$\underbrace{\dot{H}(T)}_{\text{Taux d'éclosion}} \stackrel{mod}{=} \left(\underbrace{\alpha_0}_{\text{Spontanée}} + \underbrace{\alpha_1}_{\text{Stimulée}} \right) N(t) \quad (3.4)$$

Les deux paramètres α_0 et α_1 dépendent de la température et d'autres facteurs de l'environnement.

Les deux termes α_0 et α_1 qui représentent, respectivement, l'éclosion spontanée et stimulée sont regroupés dans un seul paramètre $a = \alpha_0 + \alpha_1$.

Pour estimer α nous utilisons la fonction définie par Folkertsma et al. (1997) (in (Moxnes et Hausken, 2007)) :

$$\alpha(T) = 9.1 \exp^{\frac{0.7}{c(T-17c)}} \quad (3.5)$$

où T est la température en °C.

3.3 Analyse morphométrique des populations de nématodes à kystes

Afin de caractériser les onze populations de nématodes, nous avons effectué une étude biométrique des kystes de chaque région. Cette étude est d'un grand intérêt car elle permet une identification préliminaire de l'espèce (Baldwin et Mundo Ocampo, 1991). Le but de cette étude est de mettre en évidence les différences morphologiques et biométriques entre les différentes populations. Pour ce qui est des différences morphologiques, on s'est basé juste sur l'observation de la couleur et de la forme des kystes. Les mesures ont concerné les longueurs, les largeurs et les longueurs de la tête des kystes (figure 3.3). Quelques kystes étant de forme irrégulière, j'ai pris l'initiative de mesurer la surface pour mettre plus en évidence la taille des kystes. Ces mensurations seront comparées aux mensurations théoriques définies par (Mulvey et Golden, 1983).

3.4 Enquête sur la procédure de contrôle des parcelles destinées à la multiplication des semences de la pomme de terre

Pour cela j'ai dû me référer aux différents documents qui m'ont été fournis par les différents organismes qui s'occupent de ce contrôle ; la DSA (direction des services agricoles) et INPV (Institut National de Protection des Végétaux), et qui délivre les agréments pour cette activité ; le CNCC (le Centre National Contrôle et Certification des semences et plantes) et le ministère de l'agriculture.

3.5 Méthodes d'analyse statistique

Des analyses statistiques descriptives sont jugées indispensables et intéressantes.

3.5.1 Analyse en composantes principales (ACP)

C'est une méthode d'analyse de données multivariées qui cherche à identifier les axes principaux qui expliquent le mieux les corrélations entre les variables descriptives. Elle cherche à synthétiser l'information contenue dans un tableau croisant les individus et les variables quantitatives. Produire un résumé d'informations au sens de l'ACP, c'est établir une similarité entre les individus, chercher des groupes d'individus homogènes et

mettre en évidence une typologie d'individus. Quant aux variables, c'est mettre en évidence des bilans de liaisons entre elles, moyennant des variables synthétiques et faire ressortir une typologie de variable. L'ACP cherche d'une façon générale à établir des liaisons entre ces deux typologies (Legendre et Legendre, 1984). Cette analyse permet dans des cas où il est impossible de se ramener à un tableau de contingence, de disposer d'un graphique à deux dimensions d'analyse factorielle (Delagarde, 1983).

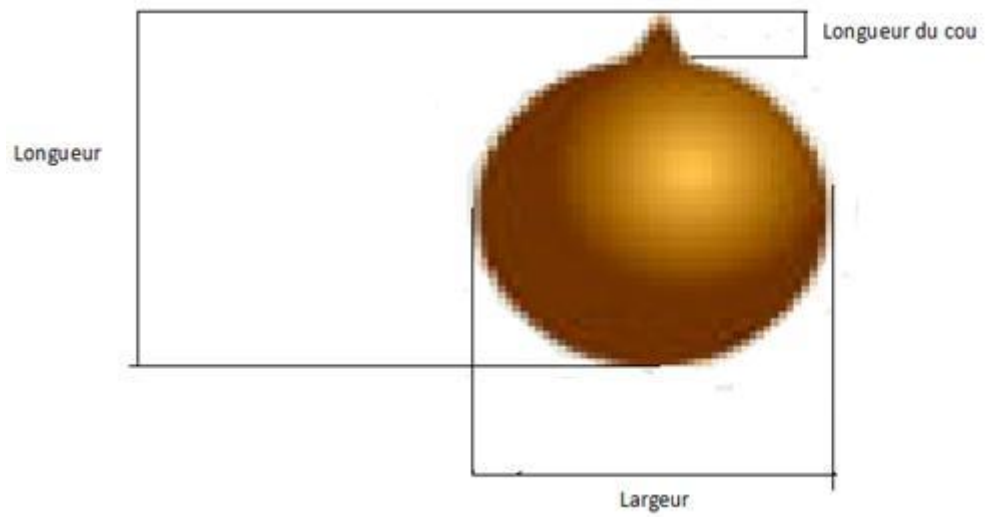


FIGURE 3.3 – Morpho-biométrie du kyste Globodera

Chapitre 4

Résultats

Vu l'importance des dégâts provoqués par les nématodes à kystes du genre *Globo-**dera*, nous avons effectué une prospection dans quelques zones de culture de pomme de terre afin de détecter ces nématodes et d'estimer le degré d'infestation dans chaque région.

4.1 Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol

Au cours de notre travail, l'échantillonnage s'est fait au niveau de quatre régions : Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana à raison de 4, 2, 1 et 4 parcelles, respectivement, pour chaque région. Les résultats sont représentés dans le tableau 4.1.

TABLE 4.1 – Résultat de l'analyse nématologique des différents échantillons de sol prélevés

Région	N°	Origine de la parcelle	Nombre d'échantillons	Précédent cultural	Date d'échantillonnage
Ain Defla	1	Djendel	3	Céréale/PT	07/11/2009
	2	Abadia (a)	6	Céréale/PT	15/11/2009
	3	Ain Soltane	7	Céréale/PT	03/11/2009
	4	Abadia (b)	5	Céréale/PT	15/11/2009
Bouira	5	Bir Ghbalou	8	PT après PT	27/03/2010
	6	Ain Bessam	8	Céréale	22/07/2009
Chlef	7	Ouled Saleh	12	Céréale	15/04/2010
Khemis Miliana	8	Ould Khelifa	5	Céréale	07/11/2009
	9	Daoudi (a)	2	PT	15/11/2010
	10	Daoudi (b)	3	PT	15/11/2010
	11	Mettay	3	Céréale	30/11/2010

4.1 Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol

Les résultats relatifs à l'importance du poids des différents échantillons de sol prélevés sont représentés dans le tableau 6.1 en annexe et dans la figure 4.1.

4.1.1 Espèces de nématode à kystes identifiées

Deux espèces de nématodes à kystes inféodées à la pomme de terre, *Globodera pallida*, *Globodera rostochiensis*, et une espèce spécifique aux céréales ont été identifiées dans les régions prospectées.

4.1.2 Distribution des espèces de nématodes à Kystes

Parmi les principales espèces de nématodes à kyste trouvées, *Globodera rostochiensis* est la plus répandue dans la région prospectée (Djendel, Abadia, Ain Soltane, Bir Ghbalou, Ain Bessam, Khemis Miliana). *Globodera pallida* n'a été recensée qu'à Djendel avec un taux de 25 kyste/kg de sol et Ain Soltane avec 3 kyste pour tout le poids du sol échantillonné.

La présence d'espèces de *Globodera*, inféodées à la culture de pomme de terre en mélange (*Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*) à Djendel et Ain Soltane pourrait s'expliquer par l'abondance de la culture de pomme de terre dans ces régions.

4.1.3 Importance de l'infestation par les nématodes à kystes du genre *Globodera*

Importance d'infestation en fonction des parcelles de la même région

L'importance d'infestation par les nématodes à kystes du genre *Globodera* en fonction des régions est représentée dans les tableaux 6.4, 6.5 et 6.6 en annexe, et la figure 4.2.

a) Ain Defla :

Les prélèvements du sol ont été effectués dans quatre parcelles, à raison de trois échantillons pour P1, six échantillons pour P2, sept échantillons pour P3, cinq échantillons pour P4. Le degré d'infestation est de 63.83, 67, 172.86 et 79.9 Kyste/500g de sol respectivement pour P1, P2, P3, P4 (figure 4.2).

b) Bouira :

À partir de deux parcelles représentées par huit échantillons de sol chaque une, nous avons évalué l'infestation à 32.41 et 22.7 kyste/500g de sol pour les parcelles P5 et P6 respectivement (figure 4.2).

c) Chlef :

Les prélèvements du sol ont été effectués dans une seule parcelle P7. Dans cette dernière où 12 échantillons d'un poids total de 14 Kg ont été prélevés, nous avons enregistré une infestation de 36.75 kyste/500g du sol (figure 4.2).

4.1 Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol

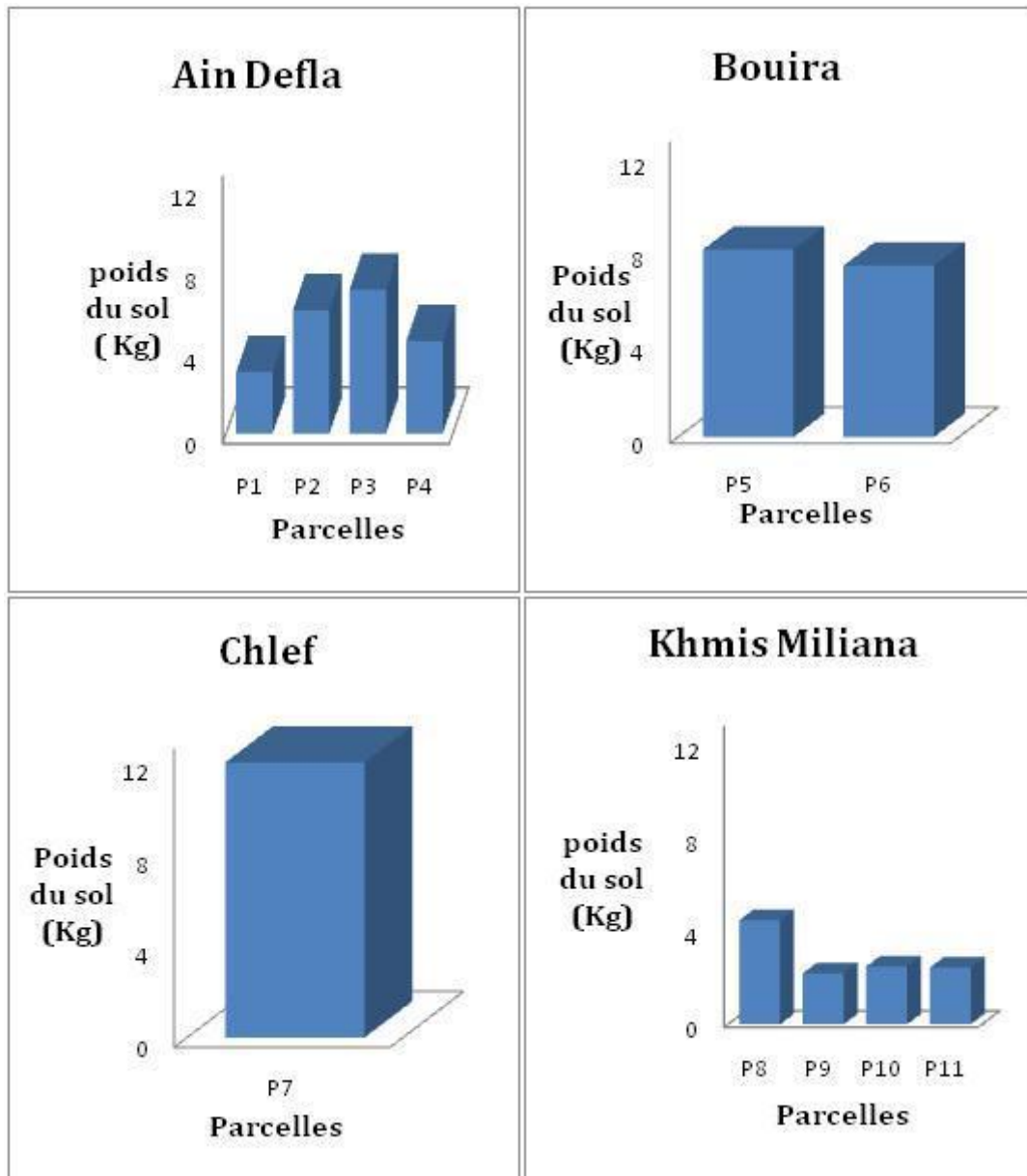


FIGURE 4.1 – Importance du poids du sol prélevés en fonction des régions

4.1 Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol

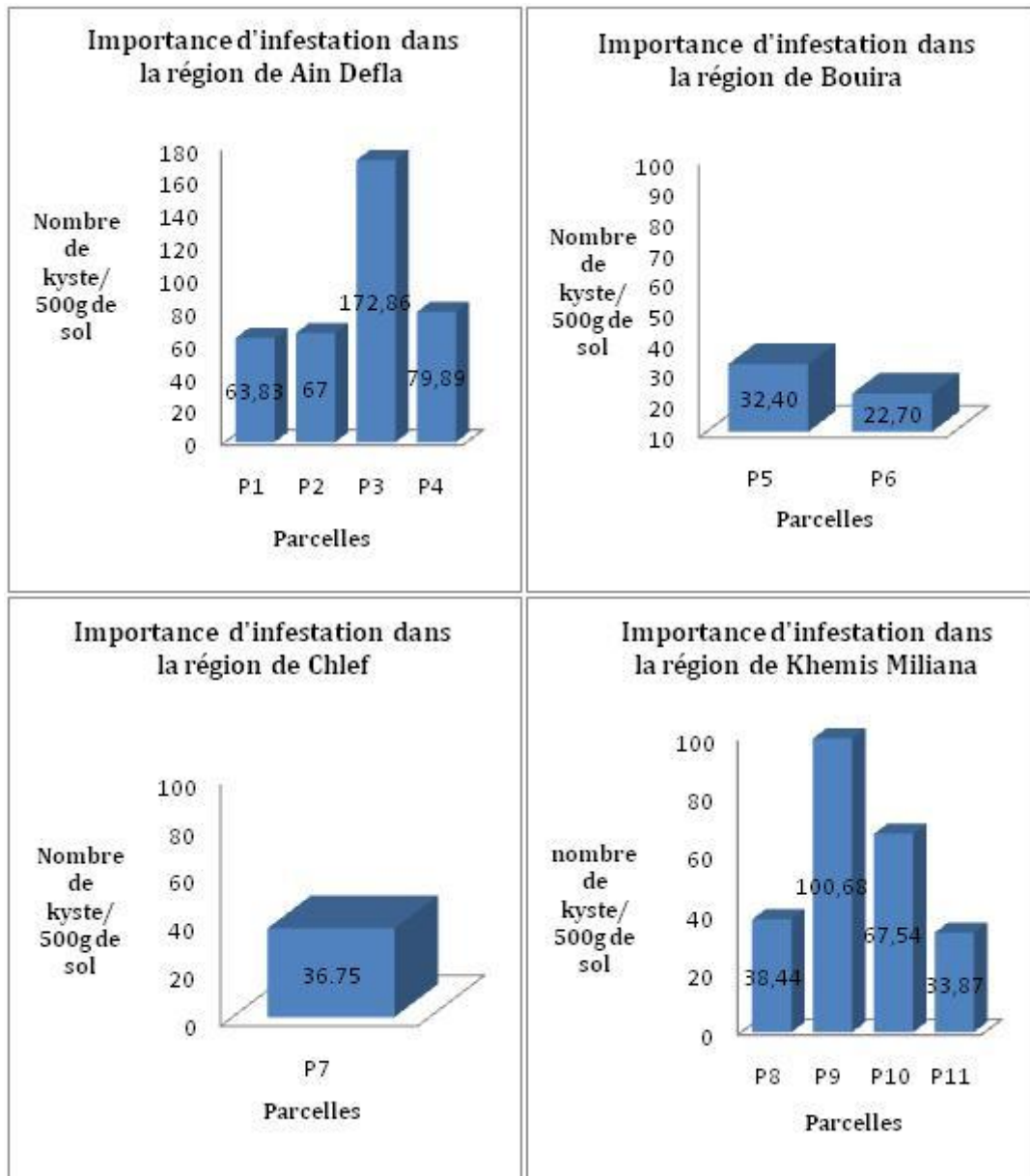


FIGURE 4.2 – Importance de l'infestation selon les régions prospectées

4.1 Résultat de l'analyse nématologique des échantillons de sol

d) Khemis Miliana :

Les prélèvements du sol ont été effectués dans quatre parcelles, à raison de cinq échantillon pour P8, deux pour P9, trois pour P10 et trois pour P11. Les degrés d'infestation sont de 38.44, 100.68, 67.54 et 33.88 kyste/500g de sol, respectivement, pour P8, P9, P10, P11 (figure 4.2).

Les infestations sont généralement mono-spécifiques mais des mélanges de deux espèces sont possibles comme à Djendel (P1) et Ain Soltane (P3). Des mélanges avec une espèce d'un autre genre de nématode tel que *Heterodera* a été observé dans quelque parcelles de la région de Khemis Miliana, cela est due à la pratique de deux cultures (pomme de terre et céréale) sur ces parcelles.

Dans les différentes parcelles, nous avons enregistré des niveaux d'infestation différents et cela même dans les parcelles de la même région. Cela peut être expliqué par la fréquence de la culture de pomme de terre qui diffère d'une parcelle à une autre. Comparée à *Globodera pallida*, *Globodera rostochiensis* est l'espèce la plus fréquente ; elle sévit dans la plupart des régions étudiées.

Importance de l'infestation en fonction des régions prospectées

Globodera rostochiensis est présente dans toutes les régions prospectées. Le taux d'infestation est variable d'une région à une autre. Il est de : 95.9, 27.55, 36.75 et 60,13 Kyste/500g de sol pour Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana respectivement (tableau 4.2). La fréquence de l'infestation est de 100% dans toutes les régions prospectées.

TABLE 4.2 – Degré d'infestation par région

Région	Le degré d'infestation (nombre de kyste/500g de sol)
Ain Defla	95,9
Bouira	27,55
Chlef	36,75
Khemis Miliana	60,13

Dans la figure 4.3 nous remarquons que le nombre de kystes par 500g de sol dans la région de Ain Defla est le plus important de tous, suivi de Khemis Miliana, Bouira et Chlef respectivement, avec des taux relativement faibles pour les deux dernières.

Ces différents niveaux d'infestation résultent de la fréquence des cultures de pomme de terre notamment dans la région d'Ain Defla et Khemis Miliana par rapport à Bouira et Chlef. Cette différence peut être due aussi aux conditions climatiques telle que la température qui agit sur l'éclosion des nématodes.

4.2 Résultat de l'influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui déterminent la dynamique des populations des *Globodera*

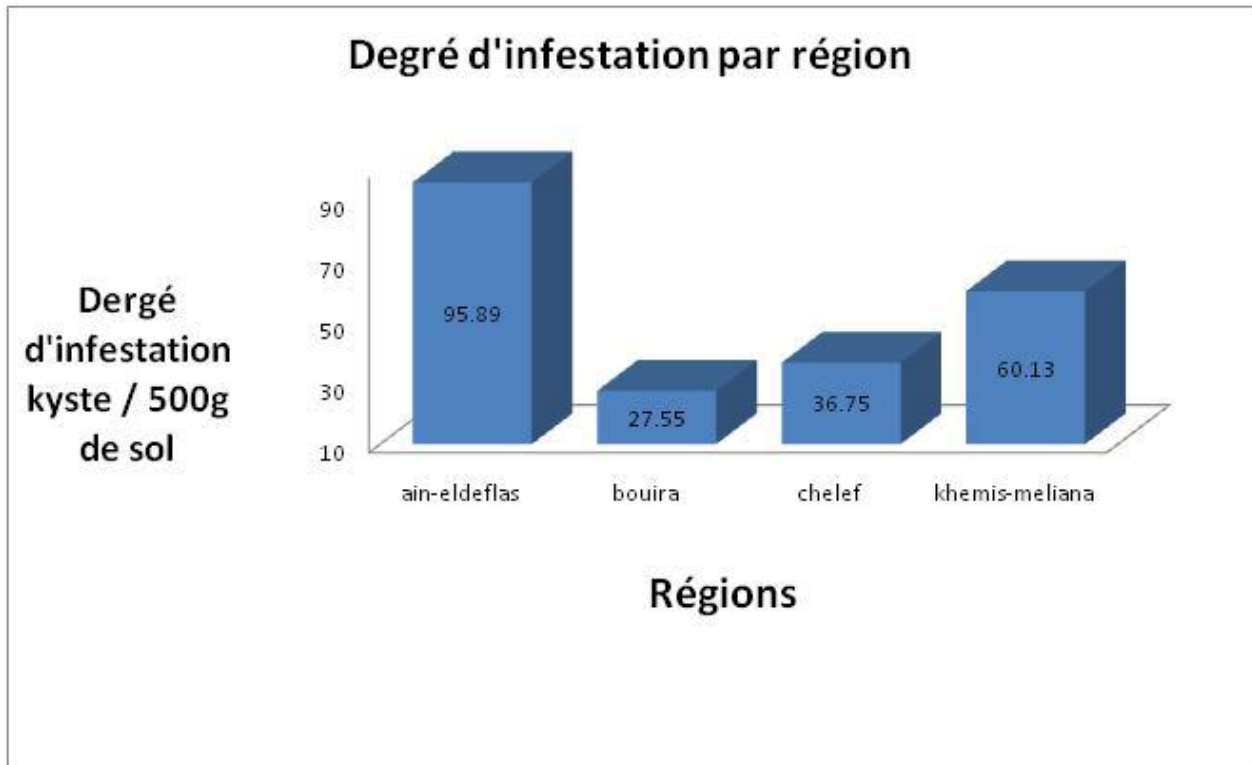


FIGURE 4.3 – Importance de l'infestation fonction des régions

Pour mieux comprendre l'impact que peut avoir la température sur l'évolution des populations dans nos régions nous allons calculer le coefficient de perte naturelle (μ) et le coefficient de perte par éclosion (α) qui correspond aux températures de ces trois régions.

4.2 Résultat de l'influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui déterminent la dynamique des populations des *Globodera*

La température joue un rôle très important dans l'évolution des densités des populations dans le sol, car elle a une influence sur l'effet des différents prédateurs et ennemis naturels des *Globodera Sp.* En plus, elle joue un rôle capital et l'un des plus importants dans l'éclosion de ces nématodes. Pour estimer l'effet de la température sur la dynamique des populations de *Globodera sp.* des équations mathématiques ont été établies par Folkertsma et al (in Moxnes et Hausken, 2007). C'est équations permettent d'évaluer les pertes dues aux prédateurs et autres pertes naturelles qui sont représentées par le coefficient de perte naturelle (μ), et les pertes dues à l'éclosion soit stimulées ou bien non stimulées qui est représenté par le coefficient de perte par éclosion (α). Pour pouvoir expliquer la différences dans le taux d'infestation des régions

4.2 Résultat de l'influence de la température des régions prospectées sur les paramètres qui déterminent la dynamique des populations des *Globodera*

prospectées nous avons calculé les valeurs de ces deux coefficients qui correspondent aux températures enregistrées sur une période d'un an pour trois régions : Ain Defla, Bouira et Chlef.

4.2.1 Les pertes du aux prédateur et ennemis naturelles

Ces pertes sont représentées par le coefficient (μ), et il est fonction de la température. Les résultats des valeurs de ce coefficient en fonction des températures des régions prospectées sont enregistrées dans le (tableau 4.3).

TABLE 4.3 – Les valeurs du coefficient de perte naturelle (μ) en fonction de la température au cours de l'année pour les régions de Ain Defla, Bouira et Chlef

	Ain Defla	Bouira	Chief
Janvier	0,31	0,27	0,38
Février	0,35	0,30	0,43
Mars	0,41	0,38	0,50
Avrii	0,50	0,45	0,65
Mai	0,75	0,75	1,00
Juin	1,23	1,17	1,60
Juiiet	1,91	1,75	2,43
Août	1,91	1,78	2,43
Septembre	1,32	1,31	1,71
Octobre	0,78	0,73	1,02
Novembre	0,48	0,43	0,58
Décembre	0,33	0,29	0,41

Graphiquement, on peut représenter les résultats du tableau 4.3 par la figure 4.4, pour les trois régions étudiées. La relation température-perte naturelle et mise en évidence. Les pertes les plus importantes sont enregistrées dans la période allant de juin à septembre pour atteindre le pic au mois d'août pour les trois régions. Cette période correspond aux grandes chaleurs où les températures excèdent les 21°C. Pour La région de Chlef, les pertes sont les plus importantes tout au long de l'année suivie de Bouira et en fin Ain Defla. Ce qui montre que la région de Ain Defla est la plus adéquate pour le développement des population de *Globodera sp.*

4.2.2 Les pertes du à l'éclosion

Ces pertes sont représentées par le coefficient (a), et il est fonction de la température. Les résultats des valeurs de ce coefficient en fonction des températures des régions prospectées sont enregistrées dans le tableau 4.4.

La représentation graphique du tableau 4.4 par la figure 4.5 nous montre que les pertes par éclosion sont d'autant plus importantes que la température augmente. Pour la région de Chlef qui a enregistré tout au long de l'année des températures plus élevées que les deux autres régions, montre des taux de perte par éclosion plus importants,

4.3 Analyse morphométrique des populations de nématodes à kystes

TABLE 4.4 – Les valeurs du coefficient de perte par éclosion (α) en fonction de la température au cours de l'année pour les régions de Ain Defla, Bouira et Chlef

	Ain Defla	Bouira	Chlef
Janvier	0,025	0,01	0,10
Février	0,05	0,02	0,23
Mars	0,16	0,10	0,68
Avrii	0,63	0,33	4,21
Mai	11,22	11,22	79,70
Juin	346,63	244,27	2139,38
Juillet	7542,23	4016,93	40468,30
Aout	7542,23	4620,57	40468,30
Septembre	565,81	527,56	3492,15
Octobre	14,85	9,1	91,67
Novembre	0,48	0,23	1,95
Décembre	0,04	0,01	0,15

surtout la période allant de Mai jusqu'à Octobre. Pour la région de Bouira et Ain Defla les pertes sont beaucoup moins importantes et s'étendent sur une période moins longue allant de Juin jusqu'à Septembre. En dehors de cette période les pertes sont quasiment nulles. De cela, on peut comprendre que les températures élevées peuvent réduire considérablement les populations de *Globodera sp.*

4.3 Analyse morphométrique des populations de nématodes à kystes

Cette partie consiste en la description morphologique et biométrique de nos populations.

4.3.1 Caractères morphologiques des kystes des différentes populations de *Globodera*

La forme générale du kyste

Quelque soit l'origine de la population du nématode étudié nous avons observé des formes bien arrondies chez la majorité des individus. Toutefois, on a observé dans quelques cas des formes globuleuses et d'autres irrégulières avec des contours mal définis.

La couleur des kystes

La couleur principale constatée est le marron qui décline du foncé au clair avec des nuances dorées. Dans certains cas dans la population de Ain Defla on a remarqué des éléments qui présentaient bien la forme et la taille d'un kyste avec une tête bien définie mais dont la couleur était d'aspect noirâtre et on ne pouvait distinguer aucune structure

4.3 Analyse morphométrique des populations de nématodes à kystes

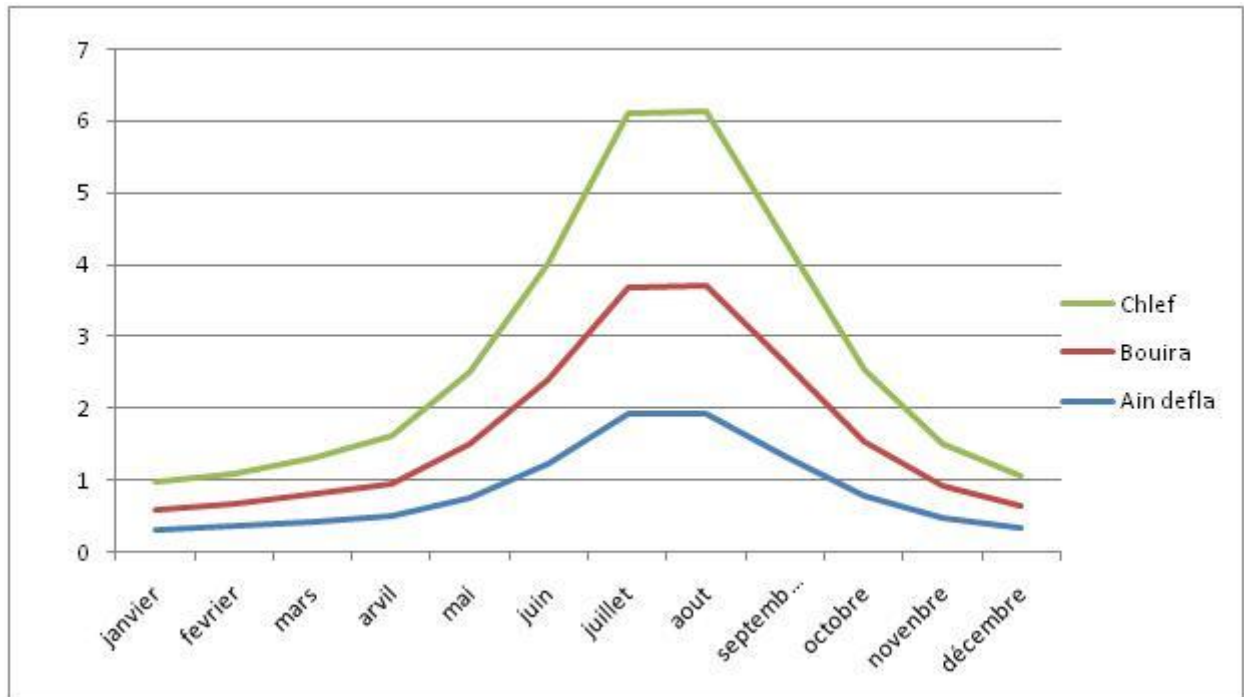


FIGURE 4.4 – Courbe de variation du coefficient de perte naturelle(μ) en fonction de la températures au cour de l'année pour la région de Ain Defla, Bouira et Chlef

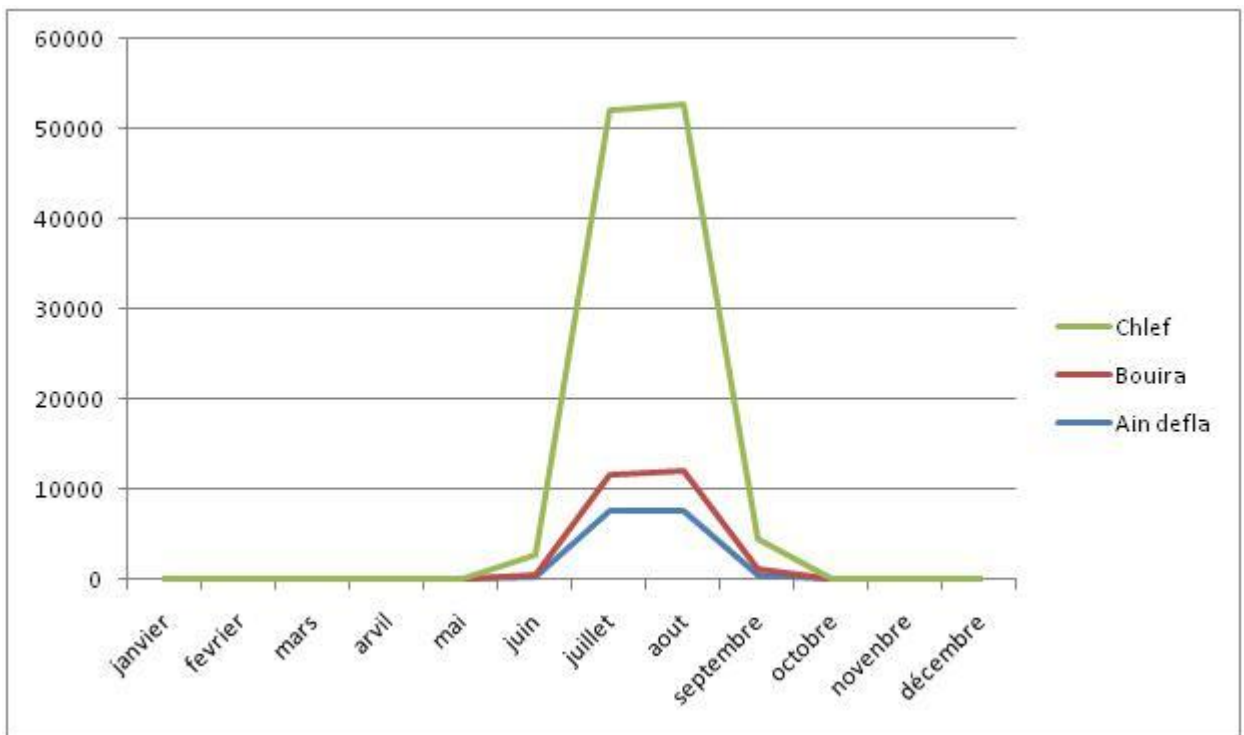


FIGURE 4.5 – Courbe de variation du coefficient de perte par éclosion (α) en fonction de la températures au cour de l'année pour la région de Ain Defla, Bouira et Chlef

4.4 Analyse biométrique des populations des différentes régions

à leur intérieur. On a observé aussi des kystes blancs dans la taille était plus importante que les marrons mais dont la forme était pour tous bien ronde et avec une tête bien apparente.

La taille des kystes

La taille était variable que ce soit au niveau de la région ou bien dans la même parcelle. Il y avait des kystes de petite, moyenne et grande taille.

Afin de mieux mettre en évidence cette variabilité dans la taille de kyste, une analyse biométrique a été effectuée sur ces populations.

4.4 Analyse biométrique des populations des différentes régions

Les valeurs des mensurations effectuées sur les kystes des populations des quatre régions sont consignées dans les tableaux de 6.7 à 6.17 en annexe.

Comme il à déjà été dit les mensurations concerner la largeur, longueur et longueur de la tête des kyste. Les tableaux 4.5, 4.6 et 4.7 récapitulent les moyennes et écarts-type des largeurs, longueurs et longueurs de la tête des kystes de *Globodera* étudiés.

La moyenne de la largeur des kystes pour nos populations sont de $508\mu m$ avec un écart-type de $35\mu m$, $511\mu m$ avec un écart-type de $44\mu m$, $500\mu m$ avec un écart-type de $60\mu m$, $544\mu m$ avec un écart-type de $48\mu m$ pour les régions Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana respectivement. Ces valeurs sont très largement supérieures aux valeurs définies pour l'espèce *Globodera rostochiensis* par Mulvey et Golden, 1983 qui sont de $382\mu m$ avec un écart-type de $61\mu m$. Par contre, ces valeurs sont plutôt proches de celles définies pour l'espèce *Globodera pallida* qui sont de $534\mu m$ pour la moyenne avec un écart-type de $66\mu m$.

TABLE 4.5 – Moyennes et écarts-type des largeurs des kystes par région (μm)

Population	Moyenne	Ecart-type
Ain Defla	508	35
Bouira	511	44
Chlef	500	60
Khemis Miliana	544	48

Pour les moyennes de la longueur des kystes de nos populations qui sont de $546\mu m$, $544\mu m$, $535\mu m$ et $590\mu m$ pour les régions Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana respectivement, restent toujours largement supérieures aux valeurs définies pour l'espèce *Globodera rostochiensis* par Mulvey et Golden, 1983 et qui est de $445\mu m$ avec

un écart-type de 50 μm . Comme pour la largeur, ces valeurs s'approchent plus de celles défini pour *Globodera pallida* qui sont de 579 μm pour la moyenne avec un écart-type de 70 μm .

TABLE 4.6 – Moyennes et écarts-type des longueurs des kystes par région (μm)

Population	Moyenne	Ecart-type
Ain Defla	546	37
Bouira	544	49
Chlef	535	61
Khemis Miliana	590	59

Les moyennes de la longueur de la tête quant à elles sont complètement différentes de celles définies par Mulvey et Gloden, 1983 pour les deux espèces de *Globodera sp.*, *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Les moyennes de nos populations sont de 30 μm , 28 μm , 30 μm , 43 μm pour les régions Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana respectivement et elles sont largement inférieure aux valeurs définies par Mulvey et Golden, 1983, 104 μm pour *Globodera rostochiensis* et 118 μm pour *Globodera pallida*.

TABLE 4.7 – Moyennes et écarts-type des longueurs de la tête des kystes par région (μm)

Population	Moyenne	Ecart-type
Ain Defla	30	16
Bouira	28	22
Chlef	30	30
Khemis Miliana	43	21

4.5 Résultat du traitement statistique des données

Dans cette partie nous effectuons une analyse statistique de nos données. Ce traitement s'effectuera par une analyse en composantes principales.

4.5.1 Résultat de l'analyse statistique pour le caractère « Largeur » des kystes

L'exploitation par une analyse en composantes principales des mensuration de la largeur dans les quatre régions, Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana a permis de mettre en évidence la différences dans la largeur en fonction des axes.

La contribution de la largeur pour la construction des axes est égale à 29,71% pour l'axe 1, 26,13% pour l'axe 2 et 23,62% pour l'axe 3. La somme des pourcentages des deux

premiers axes est de 55.84%. Elle se rapproche de 100 %, ce qui permet de ne retenir que les axes 1 et 2 pour la suite de l'étude.

La contribution de chaque station à la formation des deux axes choisis est la suivante :

Axe 1 : La population d'Ain Defla contribue à la construction de cet axe avec 39,94%, suivie de la population de Bouira avec 31,26% et la population de Chlef avec 27,85%. La population de Khemis Miliana quant à elle, ne contribue qu'avec 0,935%.

Axe 2 : La population de Khemis Miliana participe fortement à la formation de cet axe avec 75,09%, suivie par la population d'Ain Defla (Pic) avec 13,33% et la population de Chlef avec 11,27%, et en fin la population de Bouira avec 0,29%.

Les valeurs des coefficient de corrélation calculées entre les quatre populations étudiées sont mentionnées dans le tableau 4.8.

TABLE 4.8 – Matrice de corrélation obtenue à partir des populations Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana pour le caractère largeur des kystes

	Ain Defla	Bouira	Chlef	Khemis Miliana
Ain Defla	1	-0,122	0,105	-0,052
Bouira	-0,122	1	-0,047	-0,030
Chlef	0,105	-0,047	1	0,065
Khemis Miliana	-0,052	-0,030	0,065	1

Au seuil de signification $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables. Autrement dit, la corrélation entre les variables n'est pas significative.

Les Valeurs de (r) sont toutes proche de 0 ce qui indique une absence de corrélation entre les variables étudiées.

La représentation graphique du plan défini par les axes 1 et 2 montre que la population de Khemis Miliana et de Chlef sont dans le premier quadrant, tandis que la population de Ain Defla se situe dans le quadrant 2 et la population de Bouira dans le quadrant 4 (figure 4.6). Les deux premières populations citées présentent des ressemblances pour le caractère largeur. Alors que la population de Chlef et Bouira sont complètement différente l'une de l'autre.

Cette analyse montre que pour le caractère largeur des kystes, nous avons deux populations qui se ressemblent et qui peuvent donc contenir les mêmes espèces, et deux autres qui sont complètement différentes l'une de l'autre, et différentes aussi des deux premiers.

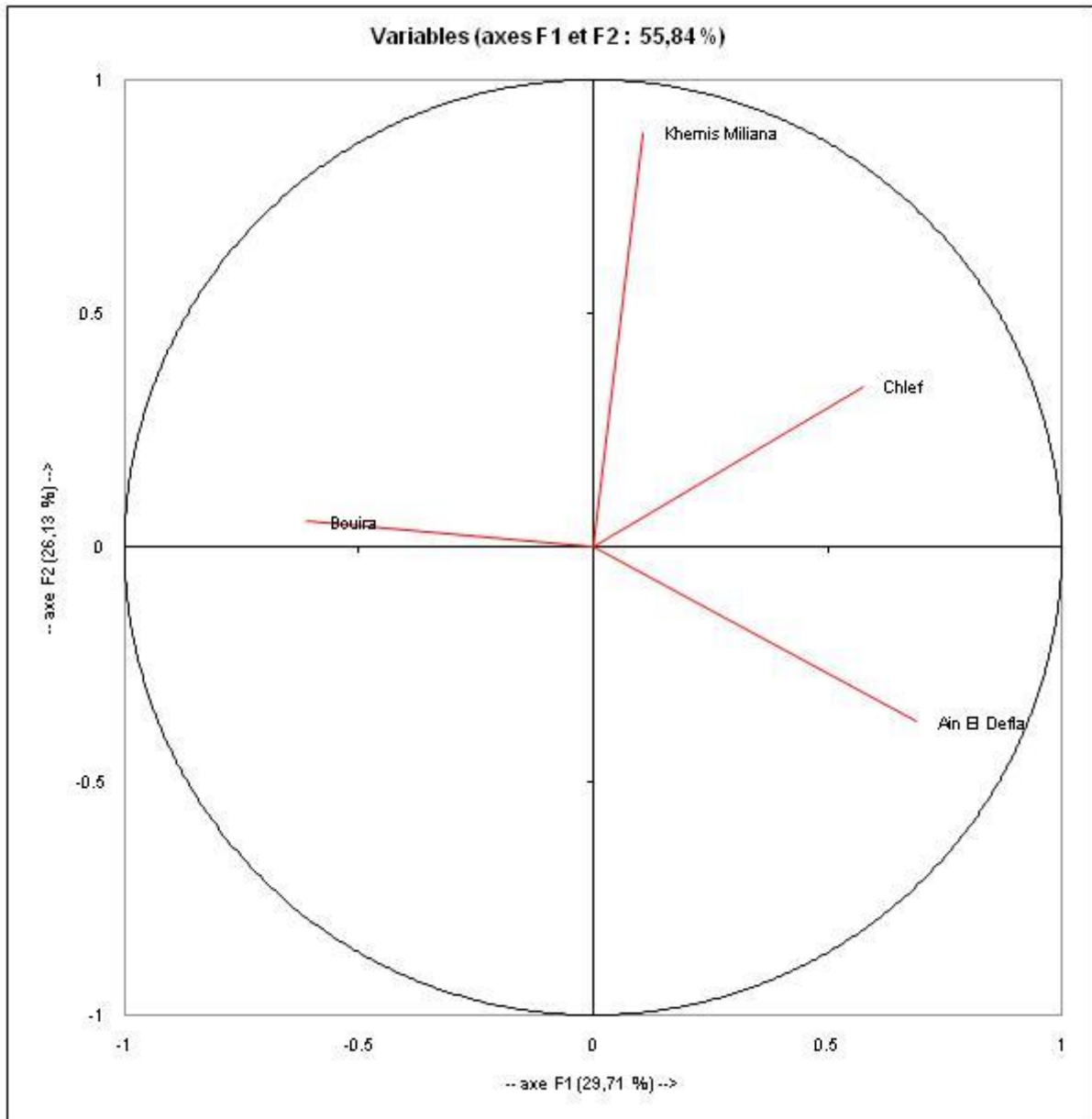


FIGURE 4.6 – Carte factorielle axe(1,2) de la répartition des quatre populations dans les différents quadrants pour le caractère « largeur » des kystes

4.5.2 Résultat de l'analyse statistique pour le caractère « Longueur » des kystes

L'exploitation par une analyse en composantes principales des mensurations de la longueur dans les quatre régions, Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana a permis de mettre en évidence la différences dans la longueur en fonction des axes.

La contribution de la longueur pour la construction des axes est égale à 35,26% pour l'axe 1, 24,18% pour l'axe 2 et 21,40% pour l'axe 3. La somme des pourcentages des deux premiers axes est de 59,45%. Elle se rapproche de 100%, ce qui permet de ne retenir que les axes 1 et 2 pour la suite de l'étude.

La contribution de chaque population à la formation des deux axes choisis est la suivante :

Axe 1 : La population de Bouira contribue à la construction de cet axe avec 34,39%, suivie de la population de Ain Defla avec 27,75% et la population de Khemis Miliana avec 25,94%. En dernier vient la population de Chlef qui contribue avec 11,91%.

Axe 2 : La population de Chlef participe fortement à la formation de cet axe avec 70,59%, suivie par la population de Ain Defla (Pic) avec 21,23% et la population de Bouira avec 5,24%, et en fin la population de Khemis Miliana avec 2,92%.

Les valeurs des coefficient de corrélation calculées entre les quatre populations étudiée pour le caractère longueur sont mentionnées dans le tableau 4.9.

TABLE 4.9 – Matrice de corrélation obtenue à partir des populations Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana pour le caractère longueurs des kystes

	Ain Defla	Bouira	Chlef	Khemis Miliana
Ain Defla	1	-0,225	0,053	-0,130
Bouira	-0,225	1	-0,097	-0,174
Chlef	0,053	-0,097	1	0,112
Khemis Miliana	-0,130	-0,174	0,112	1

Au seuil de signification $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables. Autrement dit, la corrélation entre les variables n'est pas significative.

Les Valeurs de (r) sont toutes proches de 0 ce qui indique une absence de corrélation entre les régions étudiées.

La représentation graphique du plan défini par les axes 1 et 2 montre que la population de Khemis Miliana et de Chlef sont dans le quadrant 4, tandis que la population de Ain Defla se situe dans le quadrant 3 et la population de Bouira dans le quadrant 1 (figure 4.7). Les deux premières populations citées présentent des

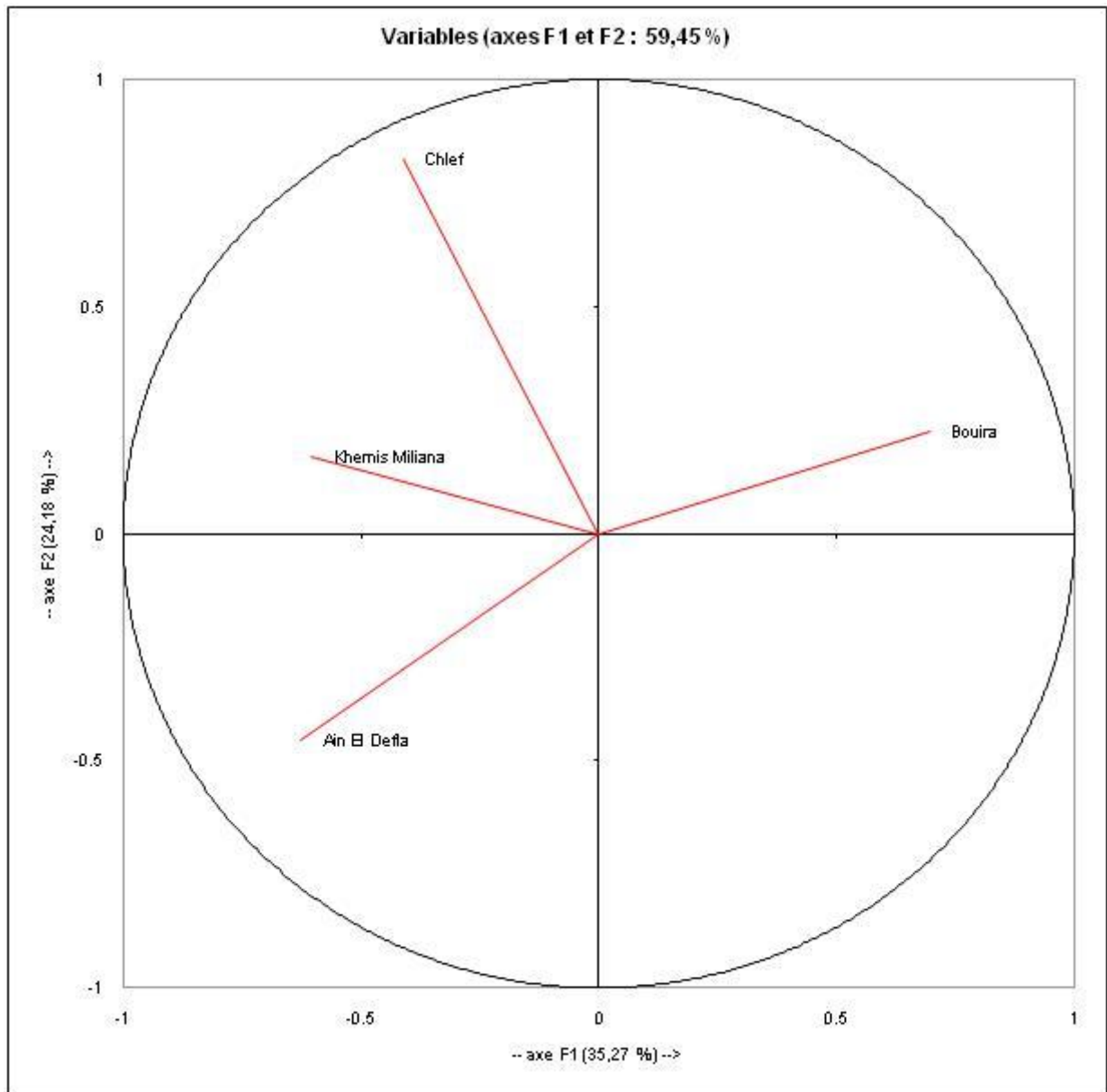


FIGURE 4.7 – Carte factorielle axe(1,2) de la répartition des quatre populations dans les différents quadrants pour le caractère « longueur » des kystes

ressemblances pour le caractère longueur. Alors que la population de Chlef et Bouira sont complètement différentes l'une de l'autre et différentes des deux premiers.

4.5.3 Résultat de l'analyse statistique pour le caractère « Longueur de la tête »

L'exploitation par une analyse en composantes principales des mensurations de la longueur de la tête dans les quatre régions, Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana a permis de mettre en évidence la différence pour ce caractère en fonction des axes.

La contribution de la longueur de tête pour la construction des axes est égale à 30.10% pour l'axe 1, 25.61% pour l'axe 2 et 23.78% pour l'axe 3. La somme des pourcentages des deux premiers axes est de 55.72%. Elle se rapproche de 100%, ce qui permet de ne retenir que les axes 1 et 2 pour la suite de l'étude.

La contribution de chaque population à la formation des deux axes choisis est la suivante :

Axe 1 : La population de Chlef contribue à la construction de cet axe avec 44,99%, suivie de la population de Khemis Miliana avec 42,82% et la population de Ain Defla avec 11,1%. La population de Bouira quant à elle, ne contribue qu'avec 1,07%.

Axe 2 : La population de Bouira participe fortement à la formation de cet axe avec 63.51%, suivie par la population de Ain Defla avec 28.13% et la population de Khemis Miliana avec 6.37%, et en fin la population de Chlef avec 1.97%.

Les valeurs des coefficient de corrélations calculées entre les quatre régions d'étude sont mentionnées dans le tableau 4.10.

TABLE 4.10 – Matrice de corrélation obtenue à partir des populations Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana pour le caractère longueur de la tête des kystes

	Ain Defla	Bouira	Chlef	Khemis Miliana
Ain Defla	1	-0,039	-0,054	-0,042
Bouira	-0,039	1	-0,016	-0,004
Chlef	-0,054	-0,016	1	0,179
Khemis Miliana	-0,042	-0,004	0,179	1

Les valeurs de (r) sont toutes proches de 0 se qui indique une absence de corrélation entre les variables étudiées. Au seuil de signification $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les populations des différentes régions. Autrement dit, la corrélation entre les variables n'est pas significative.

La représentation graphique du plan défini par les axes 1 et 2 montre que la population de Khemis Miliana et de Chlef sont dans le quadrant 2, tandis que la population de Ain Defla se situe dans le quadrant 3 et la population de Bouira dans le

quadrant 1 (figure 4.8). Les deux premières populations citées présentent des ressemblances pour le caractère longueur de la tête. Alors que la population de Chlef et Bouira sont complètement différentes des deux premiers et complètement à l'opposé l'une de l'autre.

4.5.4 Résumé de l'analyse pour les quatre caractères

Dans les trois ACP pour les caractères largeur, longueur et longueur de la tête la population de Khemis Miliana et la population de Chlef occupent toujours le même quadrant. Quant à la population de Bouira et de Ain Defla, l'une et toujours à l'opposé de l'autre se qui laisse à dire qu'il y a une grande différence dans la taille des kystes entre ces deux population.

Cette analyse montre que pour le caractère largeur, longueur et longueur de la tête des kyste, les populations de Khemis Miliana et Chlef se ressemblent et comportent la même espèces qui est différentes de celle de Ain Defla et Bouira. La population de Ain Defla est extrêmement différente de celle de Bouira se qui laisse supposer qu'il s'agit de deux espèces différents pour chacune des régions.

4.5.5 Résultat de l'analyse statistique pour la corrélation entre les caractères mesurés

L'exploitation par une analyse en composantes principales des mensurations de la largeur dans les quatre régions, Ain Defla, Bouira, Chlef et Khemis Miliana a permis de mettre en évidence une corrélation entre les caractères en fonction des axes.

La contribution des caractères mesurés pour la construction des axes est égale à 69.12% pour l'axe 1, 24,9% pour l'axe 2 et 5,96% pour l'axe 3. La somme des pourcentages des deux premiers axes est de 94,03%. Elle se rapproche fortement de 100%, ce qui permet de ne retenir que les axes 1 et 2 pour la suite de l'étude.

La contribution de chaque caractère à la formation des deux axes choisis est la suivante :

Axe 1 : la longueur contribue à la construction de cet axe avec 42,64%, suivie de la largeur avec 35.99% et la longueur de la tête avec 21,36%.

Axe 2 : La longueur de la tête participe fortement à la formation de cet axe avec 73,23%, suivie par la largeur avec 24,47% et la longueur avec 2,28%.

Les valeurs du coefficient des corrélations calculées entre les trois stations d'étude sont mentionnées dans le tableau 4.11.

Il existe une forte corrélation positive entre la largeur et la longueur avec $r = 0.785$ (tableau 4.11). Pour la longueur de la tête, la corrélation avec la longueur et la largeur et

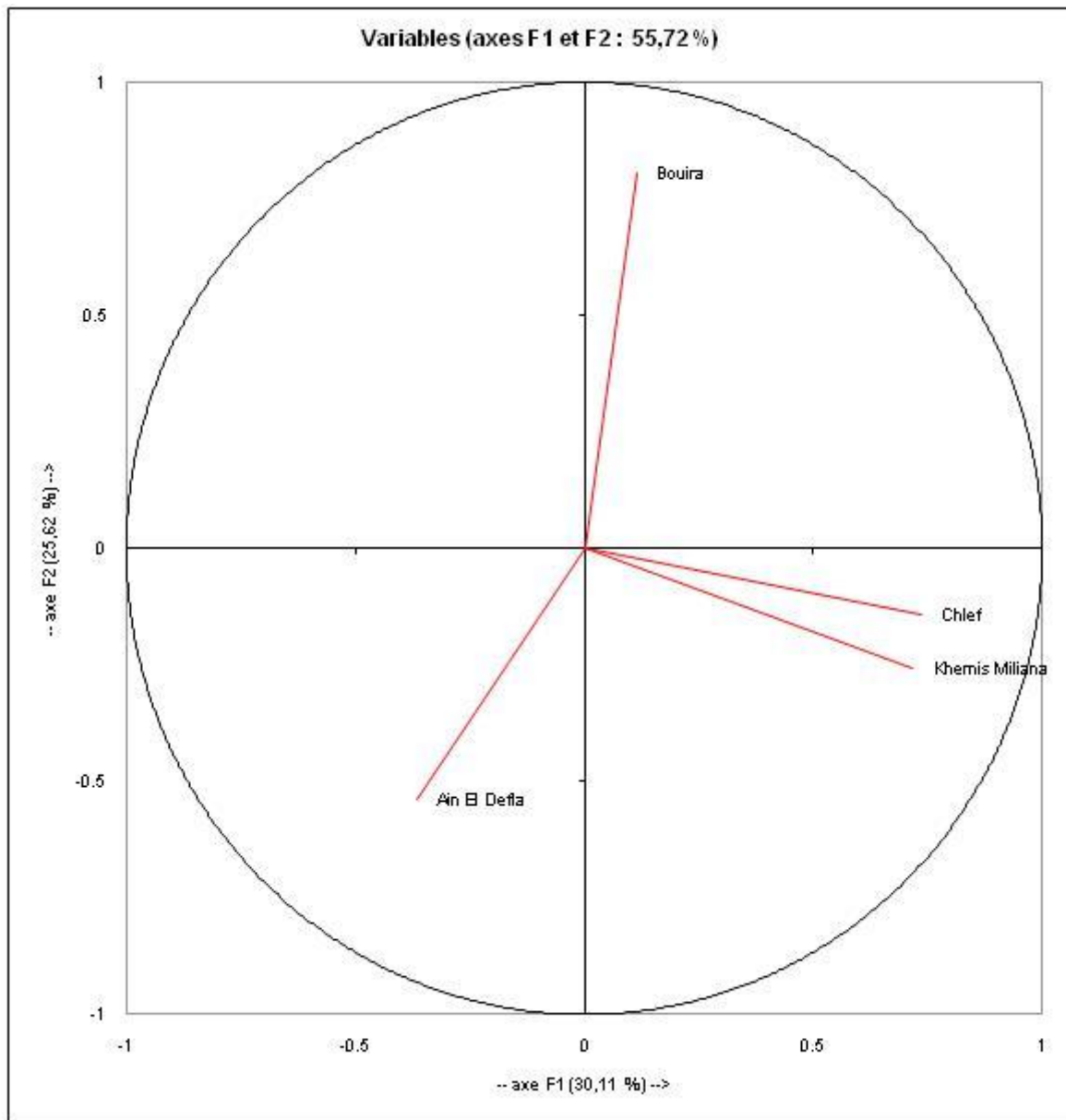


FIGURE 4.8 – Carte factorielle axe(1,2) de la répartition des quatre populations dans les différents quadrants pour le caractère « longueur de la tête » des kystes

moins importante avec des coefficients de corrélation $r = 0.498$ et $r = 0.285$ pour la longueur et la largeur respectivement.

TABLE 4.11 – Matrice de corrélation entre les différents caractères mesurés

	Largeur	Longueur (μm)	Long. tête (μm)
Largeur	1	0,785	0,285
Longueur (μm)	0,785	1	0,498
Long. tête (μm)	0,285	0,498	1

La représentation graphique du plan défini par les axes 1 et 2 montre que le caractère « longueur de tête » se trouve seul dans le premier quadrant, tandis que la largeur et la longueur se situent dans le même quadrant 2 (figure 4.9). Les deux derniers caractères cités sont corrélés.

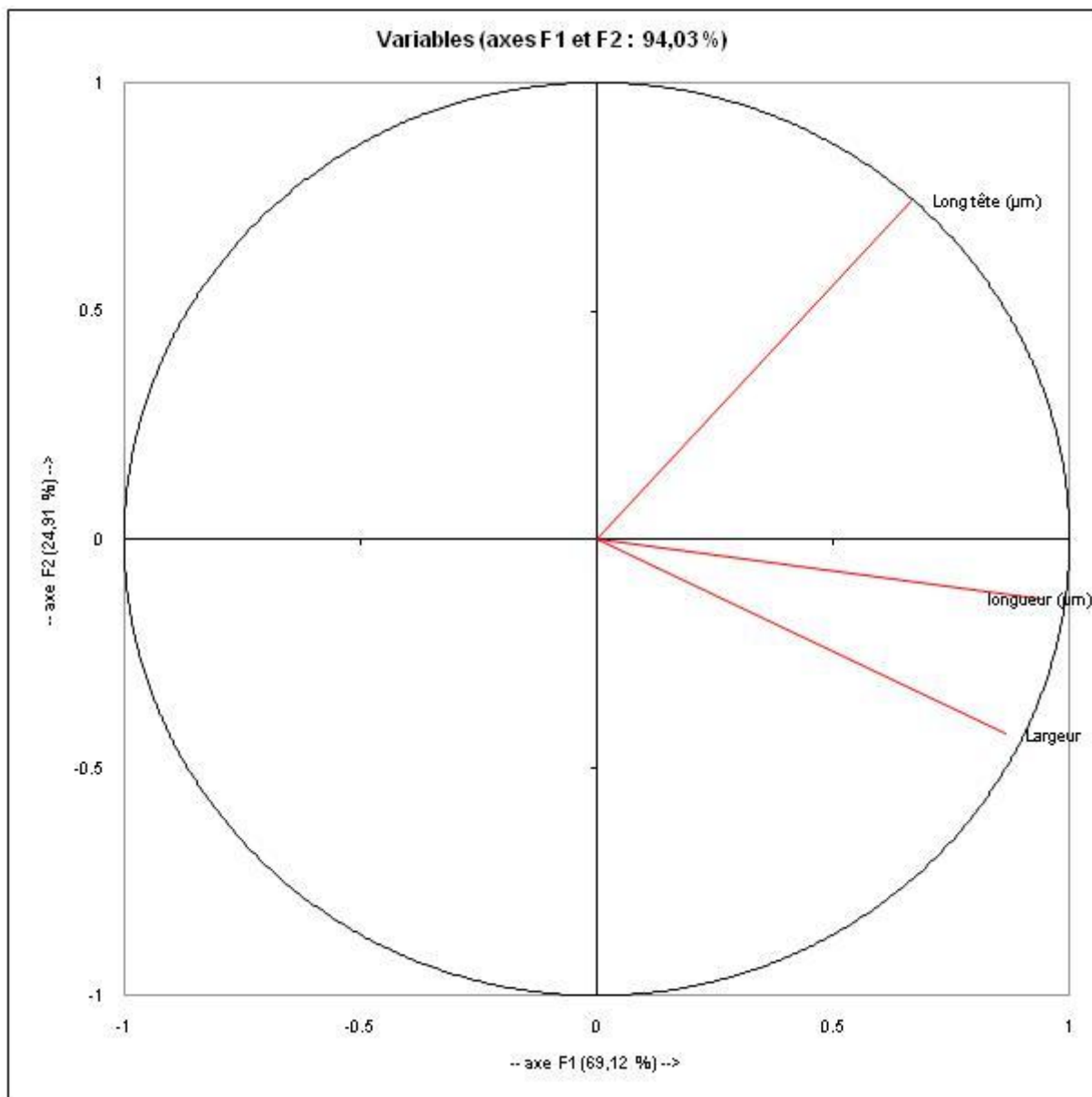


FIGURE 4.9 – Carte factorielle axe (1,2) de la répartition des trois caractères dans les différents quadrants

Chapitre 5

Discussion

La présence du nématode doré de la pomme de terre *Globodera sp.* dans le littoral algérois semble être mis en évidence depuis longtemps sur la culture de pomme de terre et sur la tomate. Signalé par Frezel en 1953 (in Kacem, 1992), dans les parcelles de Maison carrée, Birkhadem, Chéragas, Fort-de-l'eau, Kouba et Staoueli avec divers degrés d'infestation. Cette contamination a été expliquée par la fréquence de la culture de pomme de terre dans ces régions (deux fois sur le même sol et au cours d'une même année

Plus tard en 1992, Kacem a établi une carte de répartition de ce nématode dans la région de Boumerdes. D'une manière générale, le degré de contamination dans les différentes communes de cette région et la répartition de l'espèce sont en fonction de la texture, le type de culture, la rotation et le nombre de répétition de la culture hôte durant une année. Ainsi, le degré le plus élevé est celui des régions qui pratiquent la culture de pomme de terre en primeur, saison et arrière saison et ayant des sols légers.

Dans notre étude, la prospection a concerné quatre régions, Ain Dafla , Bouira, Chlef et Khemis Miliana. Dans la plus part des parcelles prospectées, la production agricole est basée sur la culture de pomme de terre, ce qui explique la présence de ces nématodes, parfois avec des densités importantes notamment dans les régions à sol sableux comme Djendel.

Les kystes récoltés dans ces parcelles présentent tous la forme et la couleur des kystes de *Globodera*. Ces kystes ont été isolés, écrasés pour en apprécier le contenu, et dans la plus part des cas nous n'avons pas signalé la présence d'œufs ou de larves. Le même type de kyste a été trouvé par Merah en 1998 dans la région du littoral. Comme on a remarqué aussi des kystes qui étaient de couleur noirâtre et des forme irrégulières qui peuvent représenter les kystes morts. Cet état des Kystes peut être expliqué par les conditions climatiques défavorables. Selon Mugniery, 1982 en Algérie, par suite des conditions climatiques rigoureuses de température et de sécheresse, un an de non culture de pomme de terre peut assainir la terre en détruisant 80% des larves infestantes et dans l'instabilité des conditions climatiques dans notre pays, la pomme de

terre peut coïncider avec des périodes sèches. En absence de plante hôte, la mortalité des œufs peut atteindre moins de 50% dans les régions tempérées, alors que dans les régions chaudes, elle peut largement dépasser 70% (Sullivan et al, 2007).

La présence de ce type de kyste peut être due aussi à l'utilisation des agriculteurs des variétés de pomme de terre mi-précoces dans le cas de toutes les parcelles prospectées. Selon Mugniery et Balandra, 1984 quel que soit le cultivar utilisé, toute réduction de la durée végétative de la plante hôte diminue l'importance de la génération néoformée.

Toutefois, le nombre de kystes/500g de sol reste différent d'une région à une autre. Les parcelles de Ain Defla et Khemis Miliana présentaient les nombres de kystes les plus importants entre les parcelles prospectées. Cette différence peut être due aux conditions climatiques, plus précisément la température qui est plus adéquate au développement de ces parasites dans ces deux régions qu'elle ne l'est dans les régions de Bouira et Chlef.

Selon Franco, 1979 la température optimale pour l'éclosion de *Globodera rostochiensis* est auprès de 20° C, avec des limites basses de 10° C et l'optimum pour *Globodera pallida* est légèrement moins avec des limites basses de 8° C. Les réserves énergétiques initiales des larves sont plus élevées à 20° C et 24° C qu'à 12° C et 16° C (Tiilikka, 1992). Les faibles et les hautes températures sont responsables des faibles réserves énergétiques initiales, ce qui réduit le pouvoir parasitaire du nématode. Parmi les régions prospectées les températures les plus faibles et les plus hautes sont enregistrées dans les régions de Bouira et Chlef respectivement (tableau 3.1).

En plus du développement des nématodes qui est plus favorable dans les régions de Ain Defla et Khemis Miliana nous avons les pertes en densité des nématodes à kystes qui elles aussi dépendent de la température et qui peut expliquer les faibles densités enregistrées dans les régions de Chlef et Bouira.

Les pertes en densités des nématodes à kyste de la pomme de terre peuvent être liées à deux phénomènes, les pertes liées aux ennemis naturels et les pertes liées à l'éclosion soit spontanées ou bien stimulées.

Les pertes liées aux ennemis naturels pour les trois régions peuvent se manifester la période allant de juin à septembre, cette période correspond aux températures qui dépassent 21° C. Ces températures intensifient l'activité bactérienne dans le sol, et parmi ces bactéries ils y ont a celles qui sont prédatrices des nématodes à kyste de la pomme de terre tel que *Pseudomonas oryzae*. Selon Andreoglou et al, 2003 cette dernière peut réduire de manière significative l'invasion des juvéniles du deuxième stade (J2) de *Globodera rostochiensis* dans les racines de la pomme de terre, son effet est beaucoup plus marqué dans les températures élevées tel que 25 et 21° C qu'à 17° C, et leur motilité est optimale à 26° C et inhibée à des températures inférieures à 18° C. Les températures supérieures à 20° C sont observées à Chlef pendant une période de 6 mois alors qu'à Bouira et Ain Defla elles ne sont observées que sur une période de 4 mois.

En plus des pertes naturelles qui peuvent être à l'origine de ces différences dans les densités de population entre les trois régions prospectées, la figure 4.5, montre que les pertes par éclosion y sont pour beaucoup dans l'induction de cette différence. Dans cette présentation graphique on voit bien que les températures élevées qui induisent les pertes les plus importantes sont observées dans la région de Chlef, ces températures s'étendent sur une période très large allant de Mai à mi-Octobre, alors que pour les deux autres régions Bouira et Ain Defla cette période n'est que de 4 mois.

Les pertes par éclosion qui peuvent se produire sont très largement supérieures dans la région de Chlef par rapport à la région de Bouira, toutefois, les densités de populations enregistrées dans les parcelles prospectées à Bouira sont moins importantes que celles observées à Chlef qui sont de 27.55 et de 36.75 kyste/500g de sol respectivement pour chacune des régions. D'autre part, les taux de pertes naturelles et par éclosion en fonction de la température dans les régions de Bouira et Ain Defla sont proches, alors que les densités de population pour ces derniers restent comme même différentes avec 95,8 kyste/500g de sol pour la région de Ain Defla et 27.55 kystes/500g de sol pour la région de Bouira. Ces faibles densités de population observés dans la région de Bouira ne peuvent être expliquées que par l'utilisation de méthodes de lutte dans les deux parcelles prospectées pour cette région, l'utilisation de variété résistante « Timat » qui est connu comme étant résistante au pathotype (Ro1) pour la parcelle P5 et la pratique de rotation pour la parcelle P6.

Si on suit les deux modèles conçus par Folkertsma et al. (in Moxnes et Hausken, 2007), pour prédire les pertes naturelles et perte due à l'éclosion en fonction de la température on peut dire que les cultures de pomme de terre semées dans le courant d'automne sont les plus exposées aux attaques car leur début de végétation coïncide avec le cycle d'éclosion des nématodes et que les pertes en densités des nématodes au cours de cette période sont les plus faibles.

Les densités de populations sont variables d'une parcelle à une autre au sein de la même région, pour la région de Ain Defla, la P3 de Ain Soltane présente le taux le plus élevé comparé aux trois autres (P1, P2 et P4), cela peut être lié à la nature du sol qui est sableux ou plus ou moins argileux et défavorise le développement des nématodes dans ces derniers.

Pour la région de Bouira, on voit que l'utilisation de la variété résistante est plus efficace pour la diminution des populations de *Globodera* sp. que la rotation avec 32.40 kystes/500g de sol contre 22,70 kyste/500g de sol pour la variété résistante « Timat ». Toutefois ces valeurs trouvées ne donnent pas un aperçu exact sur la fiabilité de ces deux méthodes de lutte car l'étude n'a pas pris en considération les densités initiales des populations étudiées.

Globodera pallida se localise dans des régions bien limitées à la commune de Djendel et Ain Soltane. Sa présence est réduite par rapport à la première espèce. Cela ne veut pas dire qu'il est moins problématique, que du contraire, car on ne connaît quasiment pas de variétés qui sont résistantes à *Globodera pallida*, tandis que bon nombre de variétés présentent une résistance à *G. rostochiensis*. Ajoutons que, là où la résistance envers

Globodera rostochiensis est verticale et donc totale, la résistance envers *Globodera pallida* n'est que partielle et permettra toujours une certaine multiplication des populations en place en présence de plantes hôtes. De plus, mieux vaut prévenir, car pour cela que des investigations sont nécessaires sur cette espèce peu étudiée en Algérie.

D'autres espèces de *Globodera* dans la plupart des cas en mélange avec *Globodera rostochiensis* n'ont pas pu être identifiées parce que nos observations se sont limitées à la description de la morphologie des kystes inféodés à la culture de pomme de terre.

Toutefois, des kystes du genre *Heterodera* ont été détectés dans plusieurs parcelles, principalement dans les parcelles dont le précédent cultural est les céréales.

L'étude morphologique des kystes des quatre régions montre qu'il y a une différence dans la forme d'une région à une autre et même au sein de la même région. Pour la couleur c'est la même chose, elle diffère au sein de la même parcelle, allant du marron foncé au plus clair avec des nuances dorées. Les kystes de couleur marron représentent les vieilles femelles, et les kystes de couleur dorée représentent les femelles néoformées (Desgarenes et al, 2006).

On se qui concerne l'étude biométrique, pour chacun des paramètres considérés (longueur, largeur, longueur de la tête) nous avons réalisées une analyse en composantes principales (ACP). Les résultats montrent, que se soit du point de vue largeur, longueur ou bien longueur de la tête des kystes des populations de Khemis Miliana et Chlef se ressemblent, alors que pour les populations des deux autres régions Bouira et Ain defla non seulement elles sont différentes entre elles, mais elles sont encore complètement l'une à l'opposée de l'autre, en plus elles sont différentes des deux premières. Cela ne veut pas forcément dire qu'il s'agit d'espèces différentes, surtout si l'on juge par la forme et la couleur qui nous laisse penser qu'il s'agit bien de l'espèce *Globodera rostochiensis*, dans les quatre régions étudiées. D'autant plus, Mulvey et Golden, 1983 ont montré que même les populations de la même espèce peuvent présenter des différences dans la taille des kystes s'il proviennent de régions différentes, par exemple pour les populations canadiennes, ils ont trouvées que la largeur varie de 310 à 550 μm , pour les populations allemandes elles varient de 250 à 810 μm , alors qu'elles sont de 382 μm avec un écart-type 61 μm pour les populations anglaises. Pour la longueur, ils ont trouvé qu'elles varient de 360 à 650 μm pour les populations Canadiennes, de 450 à 990 μm pour les populations allemandes, alors qu'elles sont de 445 μm avec un écart-type 50 μm pour les populations anglaises.

Cette étude complétée par une analyse morphologique et moléculaire peut nous permettre de caractériser de manière plus précise les populations algériennes.

Toutefois, cela ne supprime pas l'hypothèse qu'il s'agit bien d'espèces différentes d'une région à l'autre, d'autant plus que les mensurations enregistrées pour nos populations s'approchent bien de celles déterminées par Mulvey et Golden, 1983 pour l'espèce *Globodera pallida*. La différenciation entre pathotypes n'est pas toujours nette. Certaines populations de kystes présentent des caractéristiques intermédiaires. C'est la raison pour laquelle on parle de plus en plus de groupes de virulence.

Cette étude biométrique effectuée sur les kystes des populations des quatre régions confirme bien la grande variabilité de la taille du genre *Globodera* suivant les régions. Cette variation pourrait être due à l'effet des conditions abiotiques (écotype), biotique (pathotype) et aux conditions de travail du sol qui sont différentes.

On sait que certains pathotypes ont une aire de répartition étendue et que certains ont un impact économique plus important que d'autres, mais on ne dispose pas d'informations concernant la répartition des pathotypes sur le territoire. Afin de distinguer les deux espèces, on peut faire appel à des systèmes moléculaires simples. Pour la détermination des pathotypes, il faut avoir recours à des tests de réaction sur des plantes hôtes spécifiques.

Chapitre 6

Enquête sur le contrôle des parcelles destinées à la multiplication des semences de la pomme de terre

Les semences et plants des principales variétés de pomme de terre cultivées sont soumis à une réglementation harmonisée au niveau national et qui répond à plusieurs objectifs. Les principes de contrôle de qualité des semences commercialisés en Algérie sont posés depuis les années 90 par les organismes professionnels, en créant le centre national de contrôle et de certification suivi par une réglementation relative aux semences (MADR, 2006). En octobre 1995, un arrêté fixe le règlement technique général relatif à la production, au contrôle et à la certification des semences. Cette certification a une double finalité, garantir la qualité des semences pour les agriculteurs et favoriser la diffusion des variétés améliorées.

6.1 Les différents organismes qui interviennent dans le contrôle

Cette certification est obligatoire et officielle. Elle est mise en place par les pouvoirs publics de l'État. La mise en œuvre de ce dispositif nécessite la mobilisation tant des structures techniques concernées : le centre national de contrôle et de certification des semences et plants (CNCC), l'inspecteur de la protection des végétaux à la direction des services agricoles (DSA), l'institut national de la protection des végétaux (INPV) et la direction de la protection des végétaux et du contrôle technique (DPVCT), que de la profession (Etablissement producteur et la Chambre d'Agriculture des Wilayas (CAW) (MADR, 2008).

a) La direction de la protection des végétaux et du contrôle technique (DPVCT): Elle effectue les contrôles aux différents points d'entrée transfrontière des semences. Ces inspecteurs vérifient la conformité aux normes phytosanitaires des semences importées et les documents qui les accompagnent ainsi que leur homologation.

6.2 La certification pour les semences de la pomme de terre

b) Inspecteur de la protection des végétaux à la direction des services agricoles (DSA): La direction des Services Agricoles est chargée de faire appliquer les règlements arrêtés par le ministère de l'agriculture pour la production, le contrôle et la certification des semences de la pomme de terre. Il s'agit d'une certification officielle de conformité et de produits qui s'applique aux semences agricoles, garantit leur identité, pureté variétale, leur pureté physique, leur faculté germinative et leur qualité sanitaire. L'action de la DSA se concrétise par la position de certificat officiel sur chaque emballage de semences et plants agricoles répondant aux normes de qualité.

c) L'institut national de la protection des végétaux (INPV): Cet organisme s'occupe de la partie laboratoire, c'est à son niveau que s'effectuent les analyses et sont remplis les bulletins d'analyse et renvoyer à la DSA.

d) Le centre national de contrôle et de certification des semences et plants (CNCC): La multiplication et la commercialisation des semences et plants par secteur privé s'organisent comme suit : Une personne physique ou morale dépose son dossier au CNCC qui le transmet à la commission d'agrément composée de membres provenant du CNCC, DPVCT et de l'INPV et CAW. Le dossier est examiné par la commission et remis au CNCC qui autorise ou refuse l'agrément et l'admission au contrôle.

6.2 La certification pour les semences de la pomme de terre

1. La première phase

Elle porte sur la variété des semences. En Algérie, ne peuvent être produites et certifiées que les variétés inscrites au catalogue officiel (MADR, 1993), des espèces et variétés algériennes instituées par le ministère de l'agriculture.

Pour chaque espèce et variété, les semences et plants sont répartis en plusieurs catégories désignées par les qualificatifs de « pré-base », « base », « certifié », « commercial » et « standard ».

2. La deuxième phase

Cette phase concerne la pureté spécifique et la capacité germinative des semences, ainsi que la vérification de leur état sanitaire.

6.3 Agrément et admission au contrôle

Afin d'autoriser l'agrément et l'admission au contrôle, l'organisme producteur doit répondre à plusieurs exigences (CNCC, 1995) :

1. Critère d'admission

- Produire dans une aire géographique favorable agréée par le CNCC.
- Réaliser chaque année un champ de pré-culture suivant un protocole établi par le CNCC.

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

- Disposer d'une capacité de conservation en magasins appropriés, du matériel de triage et de conditionnement nécessaire à l'activité.
- D'un encadrement technique qualifié à raison d'un agent au moins par tranche de 300 ha.
- S'engager à stocker dans les locaux complètement isolés de tout magasin pouvant contenir des lots de pomme de terre de consommation.

2. Règle de culture

- Le champ de production doit être exempté de parasites graves, notamment les nématodes nuisibles en particulier *Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis*.
- Respecter la superficie minimale.
- Respecter le nombre de variétés à multiplier.
- Dans le cas où la parcelle de production de plants de base ou de plants certifiés est voisine d'une autre parcelle qui au cours de la végétation présente des dangers de contamination, cette dernière devra être épurée sur une bande contiguë d'une largeur minimale de 10m.
- La pratique des rotations des cultures est obligatoire.
- Les cultures sont signalées dès le début de la végétation par une pancarte mentionnant le nom de l'établissement producteur, le nom de l'agriculteur multiplicateur, le nom de la variété et le numéro de l'identification de la parcelle.
- L'épuration est obligatoire depuis le début de la végétation jusqu'au début de jaunissement des feuilles (début de maturité).
- la parcelle de multiplication doit être convenablement conduite, et les disponibilités de ressources hydriques et les possibilités d'irrigation doivent constituer un critère déterminant dans le choix des multiplicateurs et des parcelles de multiplication.
- le défanage peut être prescrit par le CNCC qui déterminera les dates limites par zone de production.
- une date limite d'arrachage est déterminée annuellement pour chaque zone de production suivant les instructions du CNCC.

3. Conservation des semences

Cette opération permet de limiter les pertes dues à la respiration, à la germination et à certaines maladies des tubercules. Les locaux de conservation, les équipements de triage et de calibrages, les emballages de service et de stockage doivent être désinfectés avant chaque campagne. Elle est d'une durée de 45 jours suite à ça l'état accorde une prime afin d'encourager cette pratique.

Tout traitement au moyen de produits inhibant la germination est strictement interdite.

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Avant de certifier, encore faut-il contrôler et les contrôles sont aussi précis que rigoureux. La multiplication des semences s'effectue en parcelle dans un contrat entre l'agriculteur multiplicateur et l'établissement producteur de semences. Ce contrat définit les techniques strictes officialisées par le règlement du ministère de l'agriculture.

Le contrôle en culture, ou inspection sur pied, a eu lieu sur le terrain chez les agriculteurs multiplicateurs. Il porte sur le respect des règles de production, l'identité et la pureté variétale des semences cultivés, la pureté spécifique et l'état sanitaire des parcelles dédiées à la multiplication. Ces contrôles nécessitent plusieurs visites réalisées par des techniciens agréés et par les services agricoles et donne lieu aux fiches de notation suivantes :

1. L'imprimé de demande d'analyse

Le premier contrôle s'effectue 15 jours après plantation. Par ce contrôle, une fiche de demande d'analyse phytosanitaire (figure 6.1) doit être remplie. Sur cette fiche il doit être précisé le numéro d'échantillon, la date de prélèvement et l'origine des sols prélevés. C'est sur cette même fiche que le type d'analyse à effectuer sur le prélèvement de sol est mentionné, dans le cas de la pomme de terre, il s'agit de l'analyse nématologique. Cette fiche doit être transmise à l'INPV accompagnée de l'échantillon de sol à analyser. Les dates de ce contrôle diffèrent selon les régions:

- 15 février, zone littorales et Sub-littorales.
- 15 mars, plaines intérieures.
- 15 mai, hauts plateaux.
- 30 août, pour les cultures de multiplications d'arrière saison.

2. Bulletin d'analyse

Une fois l'échantillon réceptionné par l'INPV, des analyses seront effectués dans les laboratoires de nématologie et un bulletin d'analyse (figure 6.2) sera établi précisant l'absence ou la présence du nématode *Globodera* sp. Ce bulletin sera envoyé au CNCC.

3. Déclaration des cultures au contrôle

Ce document est délivré par le CNCC après réception du bulletin d'analyse établi par l'INPV. Cette déclaration comporte des informations concernant la variété de semence à multiplié, sa classe, le numéro, lieu et superficie de la parcelle, le précédent cultural, l'origine de la semence, date de début et fin de plantation (figure 6.3).

Tout au long de la végétation, les champs de production de matériel de départ sont classés sous la surveillance d'un technicien. Les notations et observations sont notées sur une fiche.

4. Certificat d'agrégation provisoire

Les cultures sont acceptées provisoirement lorsque à l'issue des notations, elle répond aux normes en vigueur, dans ce cas, un certificat d'agrégation provisoire est

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

délivré (figure 6.4).

5. Certificat d'agréage définitif des plants de pomme de terre

Le présent certificat atteste que le lot de plants de pomme de terre désigné a été produit et contrôlé conformément à la réglementation en vigueur. Sa validité est de 15 jours à compter de son établissement. Les lots agréés depuis de 15 jours sont soumis à un nouvel agréage avant livraison.

6. Certificat phytosanitaire du matériel végétal avant commercialisation

Pour que ce certificat (figure 6.5) soit délivré, la production de la pomme de terre doit être conforme aux normes phytosanitaires et phytotechniques suivant :

- Maturité physiologique : les plants de pomme de terre doivent être d'une maturité physiologique suffisante et ils ne doivent pas avoir subi de traitement inhibant ou retardant la germination. Avant leurs livraisons, les plants doivent avoir subi une période de stockage de 45 jours au moins
- Les plants de pomme de terre doivent avoir une pureté variétale minimale de :
Classe S.E et E : 9999/10000 Classe A : 99/100 Classe B : 97/100
- Les plants de pomme de terre doivent être présentés en calibre unique compris entre 30 et 60 et dans ce cas le nombre de tubercules par sac de 50 kg devra être compris entre 700 et 900 tubercules.
- Les tubercules ne doivent pas avoir des germes dépassant 5 mm sauf si les germes présentent un développement normal par rapport à la période de plantation.
- Les plants de pomme de terre doivent être indemnes de toute infection pathologique et notamment les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera* sp.

La filière semence a été mise en place par et pour les agriculteurs. Grâce à elle, ses derniers ont en permanence accès à de nombreuses variétés, adaptées à leurs conditions de culture, toujours plus performantes qui répondent à la demande des consommateurs et à des semences saines et de qualité.

(1)

République Algérienne Démocratique Et Populaire

**MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL**

Direction des Services Agricoles
et du Développement Rural
de la Wilaya d'Alger

Inspection Phytosanitaire
de la Wilaya d'Alger

Réf. : /IPW/2010

**Demande d'Analyse
Phytosanitaire**

DESCRIPTION DE L'ENVOI

Echantillon :
 Numéro de l'échantillon :
 Provenance :
 Prélevé : En Culture En Stockage En Pépinière Poste Frontière

Date de prélèvement :
 Origine :
 Nom du bateau :
 Date d'arrivée :

TYPE D'ANALYSE DEMANDE

Mycologique
 Bactériologique
 Virologique
 Entomologique
 Nématologie
 Malherbologique

Analyse visant le type d'organisme nuisible :


Fait à Alger le
Cachet et signature

FIGURE 6.1 – L'imprimé de demande d'analyse


6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

(2)

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL
INSTITUT NATIONAL DE LA PROTECTION DES VÉGÉTAUX
LABORATOIRE DE NÉMATOLOGIE EL-HARRACH



BULLETIN D'ANALYSE



Némato /164/2010

I - ENVOI

- Date de réception :

- Provenance :

- Nom de l'établissement ou n° d'agrément :

- Nom du multiplicateur :

- Lieu de prélèvement :

- Date de prélèvement :

II - DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON

- Nature : Tubercules de pomme de terre destinés à la semence.....

- Variété : Fabula.....

- Nombre d'unités : 1.....

- Numéro de la chambre : 1.....

- Superficie de la parcelle : /.....

- Numéro du lot : /.....

- Précédent cultural : /.....

III - ANALYSE

- Nom de l'agent demandeur : ... M. Moudjeb Z.....

- Analyse demandée : Recherche de nématodes *Globodera sp*

IV - METHODES ET RESULTATS

- Techniques utilisées : Extraction et observation sous loupe binoculaire

- Analyse effectuée par : Mme Douzi M.....

- Résultats :

Absence de nématodes *Globodera sp.*

L'ingénieur Délivré le 26/07/2014

Chef de service




FIGURE 6.2 – Bulletin d'analyse

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

(4)

Ets Producteur : المنشأة المنتجة:

Multiplicateur : المكثف:

Commune de : البلدية:

Daira de : الدائرة:

Wilaya : الولاية:

Campagne : الموسم:

Lieu de stockage : مكان التخزين:

Zone de production : منطقة الإنتاج:

Tranche de culture : شريحة الزراعة:

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة الفلاحة والتنمية الريفية
Ministère de L'Agriculture et du Développement Rural

المركز الوطني لمراقبة البذور و الشتائل و تصديقها
Centre National de Contrôle de Certification
des semences et plants
C.N.C.C

رقم 033639 №

شهادة الاعتماد النهائية لشتائل البطاطا

CERTIFICAT D'AGREAGE DEFINITIF DES PLANTS DE POMME DE TERRE

Le présent certificat atteste que le lot de plants désigné ci-dessous a été produit et contrôlé conformément à la réglementation en vigueur. Sa validité est de 15 jours à compter de son établissement.

هذه الشهادة تثبت إن حصة الشتائل المبينة فيما يلي أنتجت تحت الرقابة طبقا للقتون المعمول به تبقى هذه الشهادة صالحة لمدة 15 يوم منذ تاريخ إصدارها

رقم ت.ز.م. DCC..... №

المخزن أو غرفة التخزين Magasin ou Chambre froide	طريقة التخزين Mode de stockage	الكمية المتعددة Quantité agréée	القسم Classe	رقم الحصة N° du lot	الصف Variété
.....

تاريخ / Date

.....

اسم المراقب / Nom du contrôleur

.....

توقيع
Signature

المرسِل إليه / Destinataire : المنشأة لمنتجة / Etablissement Producteur

FIGURE 6.4 – Certificat d'agréeage définitif des plants de pomme de terre

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

(5)

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Agriculture
Direction des Services Agricoles

INSPECTION DE LA PROTECTION DES
VEGETAUX ET DES CONTROLES TECHNIQUES
DE LA WILAYA D'ALGER

**CERTIFICAT PHYTOSANITAIRE DU MATERIEL
VEGETAL AVANT COMMERCIALISATION**

*Décret Exécutif n°95-387 du 28 novembre 1995
Instruction Ministérielle n°311/SPM du 08 juillet 2000
DM n°168 du 08-07-2000*

N° :

L'inspecteur de la protection des végétaux et des contrôles technique de la wilaya D'Alger, atteste que le contrôle du matériel végétal désigné ci-après :

Nature du matériel (plants et porte greffes arboricole et viticoles, semences de céréales, semences de légumineuses alimentaires, semences de légumineuses fourragères, cultures industrielles, tubercules de pomme de terre, rejets de palmiers datiers...) * :

Quantité par variété :

Classe :

Effectué en date du : Et provenant de l'établissement de

Raison social :

Représenté par (Nom et Prénom) :

Adresse :

Commune :

Wilaya :

Lieu de production :

Lieu de stockage (s'il y a lieu) :

Daira : Commune : Wilaya :

Est déclaré conforme aux normes phytosanitaires et phytotechniques fixées par la réglementation en vigueur ; il est par conséquent autorisé à la commercialisation.

Etabli Le :

Nom et Signature de l'agent de contrôle :

Nom, Signature et cachet de la l'inspecteur :

NB(*) : Rayer la mention inutile

FIGURE 6.5 – Certificat phytosanitaire du matériel végétal avant commercialisation

Conclusion

Dans le présent travail nous avons fait une étude complémentaire aux travaux déjà existants sur la distribution géographique des espèces de nématode à kystes *Globodera* inféodés à la culture de pomme de terre en Algérie.

L'état d'infestation des parcelles de quelques régions de culture de pomme de terre par ces nématodes montre que toutes les régions prospectées sont infestées. La densité de population de ces nématodes varie d'une région à une autre, voir même au sein d'une même région.

Bien que la densité de populations des *Globodera* soit importante surtout dans les régions de Ain defla et Khemis miliana, le degré d'infestation est nul dans toutes les parcelles étudiées à l'exception de la région de Djendel où nous avons détecté *Globodera pallida*. L'absence des \textit{Globodera} ne peuvent être liés qu'aux conditions climatiques défavorables au développement de ces nématodes à kystes vu qu'aucune méthode de lutte n'a été entreprise par ces agriculteurs, à l'exception fait des parcelles de la région de Brouira où dans l'une on pratique un système de rotation et dans l'autre on utilise une variété résistante « Timat ».

Bien que ces degrés d'infestation semblent être réconfortants, il ne faut pas oublier qu'il s'agit bien d'organismes de quarantaine, et rien que le fait de détecter un seul kyste qu'il soit vide ou plein met en danger toute la parcelle surtout avec l'instabilité des conditions climatiques de notre pays. Sans oublier la détection des kystes de *Globodera pallida* qui étaient bien pleins dans la région de Djendel, et avec une densité importante jamais vue au par avant en Algérie. Cela peut présenter un danger réel pour cette parcelle à court terme et à toute la région à long terme.

C'est pour cela que des moyens de protection appropriés telles que les variétés résistantes, la rotation et le bon choix de la date de semis sont préconisés afin de limiter d'avantage les densités de nématodes dans le sol.

Les instituts comme l'INPV, ITGC et INRA doivent porter un intérêt particulier à ces parasites en organisant des journées techniques au profit des cultures de pomme de terre et entreprendre une campagne de sensibilisation sur ce problème qui risque de prendre des dimensions dramatiques auxquels on ne saura faire face vu les moyens mis à disposition et qui restent encore limités notamment dans le domaine du contrôle des parcelles destinées à la multiplication des semences de pomme de terre.

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Lors de notre enquête sur cette pratique nous avons remarqué que dans les listes des variétés autorisées à la multiplication des semences de pomme de terre en Algérie, il ne figure qu'une seule variété qui est résistante aux nématodes à kyste de la pomme de terre.

L'étude des pertes en densité des populations de *Globodera* induites par les températures montre que parmi les régions prospectées, Chelf est la moins exposée à la propagation de ce nématode. Toutefois des semis effectués en automne réduisent fortement ces pertes et peuvent engendrer des multiplications de populations très importantes. Suite à cela, le choix de la date de semi de la pomme de terre dans cette région reste très déterminant de la densité de population finale des nématodes et préconise un moyen de lutte très efficace.

L'étude biométrique des kystes des quatre populations d'origine géographique diverse, révèle une grande diversité morphologique chez ce nématodes et confirme la variabilité de la taille du genre *Globodera*. Cette partie nous a permis en partie, de caractériser les populations algériennes sur le plant largeur, longueur et longueur de la tête, ainsi que la couleur et la forme des kystes, reste à compléter cette étude avec des recherches plus approfondies comme l'étude biométrique du cône vulvaire, des larves femelle et larves mâle, et pour quoi pas une étude moléculaire qui permet de compléter l'identification des espèces de *Globodera*.

Annexe A

TABLE 6.1 – Importance du poids (kg) de différents échantillons de sol prélevés dans les différentes parcelle

Parcelle / N° Echantillon	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.2	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1		0.5	0.45
4		1	1	1	1	1	1	1			
5		1	1	0.5	1	1	1	0.5			
6		1	1		1	1	1				
7			1		1	1	1				
8					1.1	0.4	1				
9							1				
10							1				
11							1				
12							1				
Poids total	3	6	7	4.5	8.1	7.4	12	4.5	2.2	2.5	2.45

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.2 – Degré d'infestation par parcelle

N° Parcelle	Degré d'infestation (œufs/g de sol)
1	27.9
2	40,2
3	102.6
4	47.8
8	22.8
9	58.7
10	40.5
11	20.3
7	12.3
6	13.6
5	19.4

TABLE 6.3 – Moyenne du degré d'infestation par région

Régions	Ain Defla	Chlef	Bouira
Degré d'infestation	45.1	12.3	16.5

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.4 – Nombre de kyste par parcelle et par échantillon dans la région de Ain Defla

Parcelle	N° Ech.	Poids	Nbre kystes
P1	1	1	60
	2	1	88
	3	1	131
P2	1	1	320
	2	1	0
	3	1	108
	4	1	72
	5	1	36
	6	1	268
P3	1	1	240
	2	1	110
	3	1	328
	4	1	386
	5	1	484
	6	1	128
	7	1	718
P4	1	1	158
	2	1	111
	3	1	184
	4	1	147
	5	0.5	118
P8	1	1	58
	2	1	87
	3	1	111
	4	1	62
	5	0.5	25
P9	1	1	169
	2	1.2	258
P10	1	1	117
	2	1	159
	3	0.5	59
P11	1	1	48
	2	1	77
	3	0.45	41

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.5 – Nombre de kyste par parcelle et par échantillon dans la région de Bouira

Parcelle	N° Ech.	Poids	Nbre kystes
P5	1	1	85
	2	1	33
	3	1	46
	4	1	82
	5	1	118
	6	1	65
	7	1	71
	8	1.1	25
P6	1	1	17
	2	1	9
	3	1	41
	4	1	29
	5	1	77
	6	1	51
	7	1	80
	8	0.4	32

TABLE 6.6 – Nombre de kyste par parcelle et par échantillon dans la région de Chlef

Parcelle	N° Ech.	Poids	Nbre kystes
P7	1	1	100
	2	1	32
	3	1	20
	4	1	0
	5	1	80
	6	1	56
	7	1	0
	8	1	140
	9	1	44
	10	1	0
	11	1	13
	12	1	7

Annexe B

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.7 – Valeurs des mensurations de la population 1

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	665,3	726,2	48,2	157100
2	570,4	590	0	157950
3	469,6	559,5	18,2	137600
4	545,7	623,7	0	164550
5	474,3	545,7	41,2	257300
6	562,2	622,9	35,6	116050
7	650,7	752,4	68,8	207950
8	555,7	630,6	93,9	187300
9	595,5	631,3	28,2	184450
10	558,7	567,3	0	194250
11	570,1	575,8	9,3	223200
12	399,2	402,6	0	116150
13	412,3	416,2	0	121550
14	623,9	690,3	50	287950
15	415,9	488,4	51	122850
16	400	522	0	149300
17	518,7	605,4	30,9	215700
18	418,7	420,1	0	114250
19	530	560,4	27,9	212650
20	427,2	486,6	49,2	137300
21	593,6	617,2	40,1	247200
22	579,4	570,7	39,2	224350
23	512	557,3	0	219650
24	572,2	646,3	32,3	247050
25	526,3	536	0	205850
26	436,6	453,5	0	140650
27	415,9	516,2	18	148950
28	494	569,4	0	184700
29	582,6	687,7	14,1	264450
30	427,6	441	10,5	126300
31	454,9	500,9	40,2	155850
32	394,1	435,7	22,3	122850
33	480	470	0	153100
34	629,4	626,4	19,1	271250
35	488,8	545,9	0	199400
36	584,6	608,3	0	260100
37	581,9	673,6	34,7	263750
38	431,7	594,4	72,7	152850
39	470,1	532,4	58,2	161450
40	439,1	492,4	44,6	134550
41	400,5	400,5	0	116650
42	564	612,9	22,1	248600
43	473	513,5	9,9	160350

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	508	547,1	27,4	187950
45	542	538,5	0	223200
46	553,6	618,5	41,3	233850
47	489,2	537,6	63,4	191950
48	451	470,4	20	141400
49	537,6	664,1	28,4	235150
50	457,9	542,3	31,5	165800

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.8 – Valeurs des mensurations de la population 2

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	470,1	590,8	60	184900
2	449,1	485,1	29,7	131800
3	540,4	591,4	0	232900
4	539,4	539,4	0	203050
5	475,1	568,6	13,9	179300
6	480,9	510,4	9,5	183250
7	392	413,4	0	118050
8	578	626,5	40,5	240250
9	490,4	559	27,5	186800
10	371,2	421,9	10,8	99950
11	510,8	607,3	53,7	200050
12	528,9	621	63,1	228850
13	475,2	521,5	9,1	167600
14	492,4	523,3	26,7	187250
15	552,3	544,5	7,1	217950
16	420,6	533,7	19,5	154900
17	538,1	600	42	232250
18	438,6	494,1	55,8	145700
19	434,2	420,6	31,1	121850
20	492,4	475,4	0	164100
21	672,7	736,6	57,2	302200
22	533,4	563,6	0	196400
23	500,1	530,1	40,1	185250
24	438,3	444,1	0	135800
25	434,2	488,3	44,2	137550
26	597,7	619,8	0	269900
27	568,5	648,2	43,8	238300
28	530	605,4	30,9	239000
29	581,8	617,2	13,5	266500
30	524	537	41,2	200600
31	563	816,3	233,2	245900
32	545,7	528,9	0	226300
33	642,8	602,1	19,6	254250
34	564,6	626,3	37,6	254150
35	563	585,2	24,8	215000
36	565,9	665,3	63,9	241600
37	572	558	0	251450
38	502,9	550,3	34,8	177950
39	555,7	631,6	35,4	236250
40	500,9	577	0	218550
41	452,8	575,7	38,1	173500
42	490	520	19,6	206450
43	473	557,3	19,7	167050

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	512,6	522	0	196150
45	441	406,1	0	133550
46	406,1	402,6	0	118250
47	381,8	475,1	0	131750
48	567,5	594,4	29,2	222250
49	514,8	602,1	0	219300
50	506,4	537,6	29,6	165350

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.9 – Valeurs des mensurations de la population 3

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	560,4	631,3	30	257400
2	411,1	500	22	142000
3	548,2	584,6	46,1	209650
4	516,2	618,5	107,6	199650
5	563,6	694,6	130	232350
6	541,2	575,8	28	240350
7	381,8	403,6	0	110950
8	588,6	616,6	31,1	261800
9	531,4	570,7	19,6	211550
10	426,4	489,2	64	148150
11	427,2	455,4	12,7	136500
12	439,7	455,4	0	127550
13	537,1	518,7	87,9	210900
14	550,1	577	9	232300
15	523,3	581,4	0	218800
16	460,4	480,2	17	156550
17	481,7	496,5	5,6	161150
18	648,2	640,3	73	266350
19	563,6	573,8	10,2	254450
20	382,9	488,4	35	119800
21	504,5	493,7	39,7	180750
22	524,8	495,8	28,3	178150
23	545,9	657,4	80,4	222050
24	566	641,4	72	241700
25	518,9	507	9,3	189650
26	533,1	546,3	35,5	201600
27	566,1	579,8	41,3	228250
28	425,8	403,1	0	131550
29	528,1	541,3	0	212400
30	465,3	435,7	22,7	138450
31	536	512	23,6	172000
32	374,8	404,5	0	99950
33	372,2	374,4	0	103600
34	653,1	658	31,5	321800
35	578	578	21,9	248300
36	460	460,1	0	155350
37	451	420,5	0	148050
38	442,8	394	0	127850
39	431,9	425,8	0	132700
40	478,5	532,3	0	194800
41	460,1	570,1	90	156850
42	504,9	497,3	43,3	154400
43	437,4	435,7	27,8	133850

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	470,1	470,1	9,1	163050
45	601,7	632,5	61,8	259000
46	406,1	404,5	39,5	120400
47	511,6	584,2	72,6	206150
48	504,5	521,7	13,7	171900
49	510,8	555,4	53,2	178950
50	502,1	546,7	43,4	193700

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.10 – Valeurs des mensurations de la population 4

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	411,1	470,4	29,4	138544,2
2	390	389,5	9,4	113411,5
3	396	424,5	49,7	125663,7
4	474,1	456,5	12,7	166190,2
5	538,2	548,2	54,1	212371,7
6	532,6	564	14	212371,7
7	490,9	596,8	122,6	196349,5
8	377,4	431,4	0	138544,2
9	446,5	518,6	10,9	180955
10	546,7	573,1	49,8	212371,7
11	570,1	588	0	246300,9
12	519,7	560,8	75,7	180955,7
13	537,1	632,9	0,4	264207,9
14	586,9	595,5	55,1	246300,9
15	398,2	487,6	38,2	152053,1
16	343,7	360,6	0	90792
17	399,6	492,4	76,5	125663,7
18	525	551,7	14,3	2290221
19	510,9	588	91,5	180955,7
20	510,1	550,4	48,8	196349,5
21	553,6	543,4	0	229022,1
22	431,9	490,9	49,1	152053,1
23	500,1	573,1	60,7	212371,7
24	594,1	620,3	0	28274303
25	620,3	700,4	63,9	282743,3
26	490,4	540,1	50,1	180955,7
27	550,4	672,7	62,6	246300,9
28	562,2	510,3	0	229022,1
29	636,3	624,3	36	282743,3
30	630,7	730,6	10	321699,1
31	555,4	659,1	112	229022,1
32	554,7	550,4	0	212371,7
33	572,2	590	0	229022,1
34	493,7	520	39,9	180955,7
35	508	514,8	0	196349,5
36	600,3	600,3	39,5	246300,9
37	439,3	450	0	166190,2
38	510,9	553,3	22,9	212371,7
39	530,1	531,5	0	171000
40	561,4	540,8	0	223600
41	424,4	424,4	32,4	113411,5
42	622	622	44	246300,9
43	510,8	510,8	22,3	180955,7

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	616,6	616,6	49,4	264207,9
45	434,2	434,2	0	152053,1
46	654,6	654,6	69,4	282743,3
47	519,2	519,2	10	180955,7
48	481,7	481,7	65,5	125663,7
49	568,6	568,6	110,6	166190,2
50	615,9	615,9	27,6	264207,9

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.11 – Valeurs des mensurations de la population 8

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	604,1	653,8	39,8	268000
2	584,1	632,5	0	282900
3	617,2	807,8	86,9	347800
4	471	544,5	31	183450
5	781	795,6	26,4	464150
6	450,1	600,1	60	177450
7	623,9	712,5	69,7	311950
8	629,7	651,5	0	322800
9	521,5	555,4	18,3	196600
10	655,5	640,8	53,9	297500
11	638,2	680,1	33,7	311050
12	608,8	666,1	81,9	249000
13	547,4	512	0	217250
14	444,1	480,2	49,7	141700
15	622	642	0	276900
16	642	696,4	28,8	305300
17	608,8	617,2	0	278900
18	611,3	638,9	28,6	264150
19	563,6	572,5	17,8	227750
20	420,5	390	0	120400
21	590,3	620,3	0	273450
22	640,3	680,7	30	313800
23	594,6	662,2	70,2	265600
24	613,5	619,8	9,8	289800
25	615,5	636,6	63,8	254450
26	584,6	606,4	21,8	276500
27	654,4	694,3	35,7	324500
28	415,9	581,4	174,2	129850
29	696,4	763,2	0	420350
30	478,5	546,3	98,5	146300
31	613,5	702,3	114,1	271800
32	579,8	657,3	16,6	256000
33	800	966,1	114	676100
34	630,3	742,8	125,6	295900
35	414	563	66,5	163850
36	640,7	680,3	10,2	319600
37	606,1	665,3	55,7	298550
38	742,4	736,8	0	433550
39	530,8	550,4	0	221350
40	412,3	524,8	80,6	133950
41	554,4	657,6	0	271400
42	662,9	735,7	117,2	276850
43	398,1	383,3	31	95900

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	386	401,6	34,7	96600
45	571,4	586	44	225800
46	431,9	396	21,2	123150
47	577,1	670,8	74	242800
48	483,7	610,7	90,3	183050
49	530,4	580,1	0	223550
50	701,8	720,6	20,3	354500

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.12 – Valeurs des mensurations de la population 9

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	615,9	711,1	58	295550
2	694,6	797,6	141,4	375700
3	642	746,3	94,8	302500
4	568,9	662,7	47,5	245850
5	581,8	636	69,9	235250
6	470,4	490	0	162350
7	394	427,2	28	114450
8	412,3	459,7	49,3	127350
9	475,4	471,3	31,6	159100
10	457,9	472	0	162350
11	534,9	628,2	89,7	222350
12	559,7	536	15,9	220850
13	565,7	496,5	21,3	187400
14	482,6	562,2	19,9	180400
15	617,2	639,5	35,8	276300
16	592,1	710,6	89,9	251650
17	482,6	581,8	35,9	181100
18	523,9	642,6	94,8	209550
19	360,7	424,3	42,5	105750
20	394,5	384,8	4,7	97250
21	540,4	682,6	163,9	200600
22	623,9	770,6	119,9	320300
23	437,4	504,5	41,3	138600
24	485,1	616,8	104,4	176850
25	691,2	820,2	109,9	356200
26	525	658	113,1	212050
27	475,1	509,9	14,1	172150
28	480,1	563	0	172950
29	514,8	573,1	19,8	196150
30	410,5	463,2	30,5	127000
31	507	623	104,3	188300
32	483,3	520	22,3	182050
33	487,6	572,5	85,5	176700
34	564	715,6	77,5	266750
35	413,4	438,3	30,3	127950
36	416,8	349,9	0	109200
37	353,6	389,1	40,2	103550
38	592,4	645,1	63,2	261800
39	439,1	432,8	15,1	132150
40	417,7	480,5	21,6	137350
41	465,7	516,2	8,2	172000
42	530,8	524	28,2	192700
43	525	490,4	28,7	175950

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	512,6	544,1	34,5	208250
45	516,2	537,6	44,2	188300
46	390,5	461	30,5	128450
47	451,9	484,7	27,8	145900
48	513,1	578	40,9	203250
49	458,8	478,5	0	155900
50	480,4	491,6	20,6	170100

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.13 – Valeurs des mensurations de la population 10

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	592	825,7	72,6	350900
2	567,3	603,1	28,2	246550
3	586	658	35,7	294100
4	524,7	573,1	20,8	232600
5	647,6	728	9,6	366750
6	769	782,6	37,3	443300
7	520	490,9	9,2	197300
8	552,3	550,8	50,4	208700
9	579,8	505,4	0	202950
10	572,8	659,5	85,7	258450
11	650,1	620,3	50,2	277650
12	572,7	549,2	21,5	220900
13	570,8	590,1	30	243350
14	532,6	548,2	15,6	207050
15	520,1	438,3	0	159100
16	410,1	420,1	28,1	120600
17	544,5	495	0	207300
18	445,5	450	9,5	146750
19	424,3	454,5	43,4	136850
20	473,8	552,3	21,5	173650
21	522	516,6	29	171200
22	528	588,3	13,8	210250
23	602,2	632,5	22,2	282050
24	470	501,6	39,9	165150
25	564	588,2	41,8	225300
26	501,2	518,8	8,8	190100
27	533,4	560,8	36	219200
28	533,4	577	53,7	202450
29	539,1	496,8	23	171800
30	532,4	571,4	59	209950
31	490,4	554,4	49,5	176600
32	580,1	483,7	19,8	187750
33	402,2	422	14	127600
34	474,3	534,9	53,9	164350
35	497,3	574,9	48,6	189200
36	466,5	550,4	35,6	183150
37	522	557,9	31,6	195050
38	523,5	519,7	17,2	201400
39	560,1	510,9	0	206150
40	500	518,8	22,3	180750
41	495,8	612,2	78,1	179800
42	622	564	0	276150
43	478	514	6	167800

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	575,6	564,4	50,9	221350
45	567,3	566,1	0	243650
46	537,6	567,2	31,2	219050
47	501,2	541,2	35,8	195500
48	661,3	543,4	0	289400
49	412,3	451,2	0	138050
50	557,6	661,9	57,7	265850

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.14 – Valeurs des mensurations de la population 11

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	504,5	562,9	0	203150
2	686,2	879,7	220,5	355500
3	590,8	680,1	40,1	267700
4	563	669,4	94,5	233800
5	610,3	650,3	40,2	278100
6	414,8	484,7	19,8	137850
7	531,5	550,1	50	202400
8	574,9	674,7	23,5	295300
9	649,4	701,8	90,5	296400
10	414,4	503,6	89,2	126950
11	566,1	756,9	182	246350
12	606,7	578,7	39,3	256250
13	609	706,6	111,8	276350
14	586	604,1	63,3	238150
15	564,4	574,3	36,1	221100
16	528	528,4	0	207350
17	681,8	715,7	9,9	354150
18	410,4	438,6	0	135100
19	537,6	539,1	0	217200
20	544,5	671,2	116,8	242500
21	679	684,1	84,1	329400
22	586	629,7	113,1	225550
23	574,9	640,7	44,3	258650
24	308,7	417,9	46,3	90600
25	614	662,4	62,1	284900
26	618,5	737,8	174,2	255800
27	610,6	638,2	0	302700
28	479,3	470,1	57,8	153650
29	432,8	445,5	21,2	134700
30	407,9	504,9	77,3	115750
31	537,6	616,8	41	235000
32	516,6	567,2	67,1	197800
33	470	550,8	19,3	189950
34	520	566,5	50,3	210450
35	482,6	513,5	30,9	178150
36	620,1	710,6	49,9	331750
37	710,1	690,7	0	373100
38	589	693,5	35,5	308850
39	761,6	755,4	31	440050
40	623,9	760,1	140	298550
41	664	802,8	71,7	406450
42	480,8	488,4	35,6	175450
43	432,8	509,9	43	153350

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	610,3	674,8	0	305150
45	551,5	540,1	0	222150
46	590,1	551,5	0	236350
47	674,8	721,8	41,1	352400
48	657,6	710,2	70,7	332550
49	547,8	480,8	2,8	191500
50	497,3	502,2	19,5	195850

Annexe C

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.15 – Valeurs des mensurations de la population 5

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	542	553,2	19,2	229022,1
2	550,4	601,7	56,1	229022,1
3	575,6	651,2	68,7	264207,9
4	398,2	398,1	0	113411,5
5	514,3	521,5	0	212371,7
6	438,6	459,7	0	166190,2
7	478	512,2	0	196349,5
8	541,2	572,4	39	196349,5
9	567,3	626,4	66,9	246300,9
10	554,7	594,8	35,8	229022,1
11	510,1	543,3	5,7	196349,5
12	488,5	509,6	13	166190,2
13	532,3	645	0	259500
14	488,5	425,4	5,3	152053,1
15	590	666,1	56,1	282743,3
16	480,9	510,4	40	166190,2
17	629,7	635,1	0	282743,3
18	470,1	542,3	39	180955,7
19	481,7	552,3	39,9	181400
20	526,3	664,7	70,1	241400
21	453,4	465,2	17,4	166190,2
22	430,1	514	19,9	166190,2
23	600,1	610,3	75,8	229850
24	606,7	574,3	1	239100
25	607,3	674,7	84,4	266750
26	486	579,8	13,9	192400
27	468,4	516,6	19,3	162400
28	595,5	653	17,9	268700
29	370	445,5	21,2	115300
30	580	567,3	7,6	243300
31	403,1	452,8	0	138544
32	601,1	622,3	49,5	264207,9
33	594,1	618,1	19,7	282743,3
34	583,1	617,7	9,4	246300,9
35	456,1	496,5	26,9	166190,2
36	516,1	464,9	0	196349,5
37	473,8	606,4	36,3	196349,5
38	563,2	647,6	29,1	264207,9
39	500,9	541,3	0	196349,5
40	468,7	510,4	47,2	166190,2
41	487,6	490,9	0	180955,7
42	563,6	490,4	0	212371,7
43	484,1	468,6	0	180955,7

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	492,4	538,5	28,9	196349,5
45	510,4	502,1	0	180955,7
46	464	482,6	8,3	180855,7
47	500,9	530,4	28,8	188755,9
48	442,9	484,7	3,7	152053,1
49	509,9	450,1	0	173450
50	545,9	562,9	25,3	196349,5

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.16 – Valeurs des mensurations de la population 6

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	425,2	468,6	0	162000
2	601,7	537,6	25,2	232800
3	386	383,3	0	113500
4	520,4	510,1	20	188750
5	446,4	523,9	65,1	166750
6	500,1	530,8	11,1	215950
7	610,7	618,5	38	283350
8	453,4	468,6	29,3	159300
9	530,4	497,3	28,6	187700
10	614	629,7	30,6	284750
11	482,6	476,3	28,1	167600
12	590,3	632	270	276200
13	532,4	542,3	14,3	208600
14	552,2	593,6	27,5	230450
15	514,8	639,8	23,9	207250
16	574,3	612,7	42,6	243050
17	508	565,7	49,6	175650
18	474,1	522	104,3	180450
19	590,6	639,8	23,9	271450
20	573,1	576,1	45,8	229300
21	508	504,5	28,2	185350
22	466,2	403,1	0	140650
23	529,2	557,6	0	202300
24	560,4	621,3	63,7	230450
25	540	508	0	213800
26	577,1	632,9	30,8	255900
27	534,6	541,3	29,3	211250
28	431,9	490,4	39,4	136850
29	543,8	616,1	0	261000
30	490,1	530	30	184900
31	480,9	460,4	0	172300
32	468,7	543,3	0	202000
33	460	480	0	159900
34	530	550,7	67	200350
35	531,5	594,4	36,5	229550
36	570,1	621	50,9	263050
37	596,2	626,3	59,8	250750
38	411,1	461,7	0	149250
39	514	566	0	223700
40	420,6	483,7	13,6	147000
41	510	602,1	44,5	220050
42	399,2	443,8	19,3	120650
43	510,9	631,3	56,4	220250

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	455,4	455,4	0	152450
45	377	411,1	0	119050
46	441,8	490,1	59,6	147800
47	366,9	386	9,6	106250
48	447,8	527,7	53,6	162900
49	603,1	681,2	48,7	275650
50	648,5	655,5	35,2	298500

Annexe D

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

TABLE 6.17 – Valeurs des mensurations de la population 7

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
1	442,9	446,4	19,2	133600
2	503,3	525	15,1	186750
3	488,5	557,1	60,6	176400
4	512,2	542	42	192700
5	518,9	573,8	57,6	190950
6	440,5	573,1	14,1	192550
7	492,4	527,7	0	216700
8	452,8	508	19,6	147500
9	526,1	530,8	29,9	195450
10	530,1	520,1	0	210900
11	568,5	608,3	49,6	235500
12	650,3	610,3	10,2	283350
13	544,9	539,1	0	213200
14	626,8	636,3	0	303750
15	528,1	550,8	38,4	206950
16	497,7	683,5	177,5	195850
17	492,5	460,4	0	170950
18	562,9	557,3	21,3	233500
19	557,3	583,1	0	242150
20	366,2	416,3	31,5	114800
21	505,4	566,5	35,1	196450
22	489,2	578	65,8	174650
23	461,7	470,4	29,9	158050
24	526,3	618,5	0	249400
25	415,9	486,6	41,1	131750
26	518,6	524	63,9	190650
27	560,4	570,8	40,4	222700
28	553,6	588,2	56,8	218650
29	481	471,3	0	172350
30	491,6	510,1	9,7	191700
31	586,7	644	53,7	2662,5
32	499,3	530	32,6	1877
33	446	500,1	48,9	1535
34	614	657,3	60,6	2729
35	533,1	541,3	9	2219,5
36	424,9	443,8	40,7	1463
37	531,5	538,5	19,3	2058
38	506,1	603,1	20,5	2150,5
39	510	555,4	31,5	2099,5
40	502,5	544,9	20,9	2020,5
41	466,2	509,9	20,7	168300
42	491,9	487,5	44,7	153050
43	421,9	504,5	20,4	161850

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

Individu	Largeur	Longueur	Tête	Surface
44	420,1	449,4	30,6	140250
45	390,5	454,5	7,6	134950
46	523,3	574,5	82,1	206300
47	514,8	501,2	0	187900
48	500,4	500,4	0	185300
49	429,4	483	35,8	138950
50	372	404,6	15,1	106850

Bibliographie

- [1] AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, 2006 - Gestion intégrée des nématodes à kyste de la pomme de terre. <http://publications.gc.ca/collections/collection-2010/agr/A52-138-2009-fra.pdf>
- [2] ANDREOGLU F.I., VAGELAS I.K., WOOD M.1, SAMALIEV H.Y.et GOWEN S.R., 2003 - Influence of temperature on the motility of *Pseudomonas oryzihabitans* and control of *Globodera rostochiensis*. *Soil Biology & Biochemistry.*, vol. 37, N° : 02, pp.1095-1101
- [3] ARNTZEN F.K., BAKKER J., 1988 – Variation in number of cysts formed on susceptible potato cultivars with various populations of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Euphytica S.*, Ed. Kluwer Academic Publishers, Netherlands
- [4] BAKKER J., BOUWMAN-SMITS L. et GOMMERS F.J., 1992 - Genetic relationships between *Globodera pallida* pathotypes in Europe assessed by using two dimensional gel electrophoresis of proteins. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 15, N°: 06, pp.481-490
- [5] BALANDRAS C., MUGNIERY D. et ROUSSELLE P., 1991 - Test de descendance pour la résistance à *Globodera pallida* Pa2/3 Stone chez la pomme de terre. *Potato Research.*, vol. 34, pp.343-352
- [6] BALDWIN j.G. et MUNDO OCAMPO M., 1991 - Heteroderinae, cyst and non cyst forming nematodes. *Manuel of agricultural. Nematology.* Marcel Dekker.,INC. New York, pp.275-362
- [7] BEKHETIA M., CHARLTON W.L., URWIN P.E., MCPHERSON M.J. et ATKINSON H.J., 2005 – RNA interference and plant parasitic nematodes. *Science direct*, Vol. 10, N°: 08, pp. 362 – 367
- [8] BELAIR G., 2005 - Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes ...par la racine. *Phytoprotection.*, vol. 86, pp.65-69
- [9] BOSSIS M. et MUGNIÉRY D., 1993 - Specific status of six *Globodera* parasites of solanaceous plants studied by means of two-dimensional gel electrophoresis with a comparison of gel patterns by a computed system. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 16, N°: 01, pp.47-56
- [10] BOUTEHRA R., 1992 – effet de la jachere travailler sur la mortalité des larves de *Globodera.sp* sur pomme de terre dans le domaine Boudhar (Ain taya), Thèse Ing. Insti. Nati.Agro. El Harrach. 27p
- [11] CABI et OEPP., S.d – Fiche informative sur les organismes de quarantaine, *Globodera rostchiensis* et *Globodera pallida*, UE, 6 p.
- [12] CAROMEL B., MUGNIÉRY D., LEFEBVRE V., ANDRZEJEWSKI S., ELLISSÈCHE D., KERLAN M.C., ROUSSELLE P. et ROUSSELLE-BOURGEOIS F.,

2003 - Mapping QTLs for resistance against *Globodera pallida* (Stone) Pa2/3 in a diploid potato progeny originating from *Solanum spegazzinii*. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 106, N°: 08, pp.1517-23

[13] CASTELLI L., BRYAN G., BLOK V.C, RAMSAY G.et PHILLIPSS S., 2005 - Investigation of resistance specificity amongst fifteen wild *Solanum* species to a range of *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* population. *Nematology.*, vol. 07, N°: 05, pp.689-699

[14] CAVELIER A., MUGNIERY D. et MANSOUR A., 1987 – Aspects de l'activité biologique du bénomyl vis-à-vis des nematodes à kyste de la pomme de terre, *Globodera rostochiensis* Woll. et *G. pallida* Stone. *Revue Nématol.*, Vol. 10, N° : 01, pp. 101 – 110

[15] CENTRE NATIONALE DE CONTRÔLE ET DE CERTIFICATION DES SEMENCES ET PLANTS, 1995 - Arrête N° n° 250 du 03 octobre 1995 fixant le règlement technique spécifique relative à la production, au contrôle et à la certification des plants de pomme de terre. CNCC. 14p

[16] CHAUVINN L., CAROMEL B., KERLAN M.C., RULLIAT E., FOURNET S., CHAUVIN J.E., ELLISSECHE D. et MUGNIERY D., 2008 – La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. *Cahiers agricultures*, Vol. 17, n° : 04, pp. 368 – 374

[17] CORNU A., 2005 - Agriculture.Les cahiers de l'agriculture et de l'environnement., N°: 13, pp.08-15

[18] CRONIN D., MOENNE-LOCCOZ Y., FENTON A., DUNNE C., DOWLING D.N. et O'GARA F., 1997 – Role of 2,4-Diacetylphloroglucinol in the Interactions of the biocontrol pseudomonad Strain F113 with the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 63, n°: 04, pp. 1357 – 1361

[19] DELAGARDE J., 1983 - Initiation à l'analyse des données.Ed. Dunod, Paris, 157 p.

[20] DEN NIJS L.J.M.F. et LOCK C.A.M., 1992 – Differential hatching of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* and *G. pallid* in root diffusates and water of differing ionic composition. *Neth J.PL.Path.*, Vol. 98, pp. 117 – 128

[21] DESGARENNES D., CARRION G., NUNEZ-SANCHEZ A. E., ET NUNEZ-CAMARGO M. C., 2006 - Distribution of stages and in vitro larval hatching in *Globodera rostochiensis* cysts. *Nematropica .*, vol. 36, pp.251-260

[22] DHANDAYDHAM M., CHARLES L., ZHU H., STARR J.L., HUGUET T., COOK D.R., PROSPERI J.M. et OPPERMAN C., 2008 – Characterization of root-knot nematode resistance in *medicago truncatula*. *Journal of nematol.*, Vol. 40, n°: 01, pp. 46 – 54

[23] EVANS K., 1982 – Effets of host variety, Photoperiod and chemical Treatments on hatching of *Globodera rostochiensis*. *Journal of Nematology*, Vol. 14, n°: 02, pp. 2003 – 2007

[24] FAO, 2008 – Année internationale de la pomme de terre.<http://www.potato2008.org/fr/monde/index.html>

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

- [25] FATEMY F., TRINDER P.K.E., WINGFIELD J.N. et EVANS K., 1985 – Effect of *Globodera rostochiensis*, water stress and exogenous abscisic acid on stomatal function and water use of cara and pentland Dell potato plants. *Revue Nematol.*, Vol. 08, n°: 3, pp. 249 – 255
- [26] FRANCO J., 1979 - Effect of temperature on hatching and multiplication of potato cyst nematodes. *Nematologica.*, vol. 25, pp.237-244
- [27] FRANCO J. et GONZALEZ A., 1990 - A new race of *Globodera pallida* attacking potatoes in Peru. *Revue Nématol.*, vol. 13, N°: 02, pp.181-184
- [28] FUDALI S., SOBCZAK M., JANAKOWSKI S., GRIESSER M., GRUNDLER F.M. ET GOLINOWSKI W., 2008 - Expansins are among plant cell wall modifying agents specifically expressed during development of nematode-induced syncytia. *Plant Signal Behav.*, vol. 03, N°: 11, pp.969–971.
- [29] GARCIA D., GRACIA C., MONTERO Z., SALAZAR L., BRENES A. et GOMEZ-ALPIZAR L., 2009 – Morphological and molecular identification of potato cyst forming nematode *Globodera pallida* in soil samples from Costa Rica. *Revista latinoamericana de la papa*, Vol. 15, n°: 1, pp. 38 – 45
- [30] GOLDEN, A. M., 1986 - Morphology and identification of cyst nematodes. Pp. 23-45 in F. Lamberti and C. E. Taylor, eds. *Cyst Nematodes*. New York: Plenum Press.
- [31] GONZALEZ J.A. et PHILLIPS M.S., 1996 – Hatching behavior of potato cyst Nematodes from the Canary Islands. *Journal of Nematology*, vol. 28, n°: 04, pp. 451 – 456
- [32] GRECO N., 1988 – Potato cyst Nematodes : *Globodera rostochiensis* and *G. pallid.* Fla. Dept. Agri. et Consumer Serv., *Nematologist*, Agraria, Italy, n°: 337
- [33] GRECO N., INSERRA R.N., BRANDONISIO A., TIRRO A. et MARINIS G., 1988 – Life cycle of *Globodera rostochiensis* on potato in Italy. *Nematol. mediterr.*, Vol. 16, pp. 69 – 73
- [34] GURR G.M., 1992 - Control of potato cyst nematode (*Globodera pallida*) by host plant resistance and nematicide. *Annals of Applied Biology.*, vol. 121, N°: 01, pp.167-173
- [35] IBRAHIM S.K., MINNIS S.T., BARKER A.D., RUSSELL M.D., HAYDOCK P.P., EVANS K., GROVE I.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 Manag Sci.*, vol. 57, N°: 11, pp.1068-74.
- [36] INPV, 2009 - Nematodes a kystes de la pomme de terre. [http://www.inpv.edu.dz/index.php/p\\$=\\$publication-listepublication-categorie-id\\$=\\$17](http://www.inpv.edu.dz/index.php/p$=$publication-listepublication-categorie-id$=$17)
- [37] HADDADI F., 1997 – contribution à l'étude bioécologique du nématode à kyste des céréales *Heterodera avenae* (Nematoda-Heterodera) et de la virulence de deux population de ce parasite. Thèse Mag. Insti. Nati.Agro. El Harrach. 194p
- [38] HOCKLAND S., 2002 – Potato cyst nematodes, a technical overview for England and Wales. pp. 1 – 17

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

- [39] HODDA M. et COOK DC., 2009 - Economic impact from unrestricted spread of potato cyst nematodes in Australia. *Phytopathology.*, vol. 99, N°: 12, pp.1387-93
- [40] HOLZ R.A, RIGA E. et ATKINSON H.J., 1998 – Seasonal changes in the dorsal pharyngeal gland nucleolus of unhatched second-stage juveniles of *Globodera* spp. In Bolivia. *Journal of Nematology*, Vol. 30, n°: 03, pp. 291 – 298
- [41] JANSSEN R., BAKKER J. et GOMMERS F.G., 1987 – Circumventing the diapause of potato cyst nematodes. *Neth. J.Path.*, Vol. 93, pp. 107 – 113
- [42] JANSSEN R., BAKKER J. et GOMMERS F.J., 1990 - Selection of virulent and avirulent lines of *Globodera rostochiensis* for the H, resistance gene in *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* CPC 1673. *Revue Nématol.*, vol. 13, N°: 03, pp. 265-268
- [43] JAVED ASGHAR T., 2008 – Bioantagonistic activity of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) against *Meloidogyne javanica* for the control of root knot disease of tomatoes. *Doct. Agri.*, Faisalabad, 106 p.
- [44] JONES J.T., PERRY R.N. et JOHNSTON M.R.L., 1994 - Changes in the ultrastructure of the amphids of the potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, during development and infection. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 17, N°: 04, pp.369-382
- [45] KACEM N., 1992 – Répartition des nematodes à kystes de la pomme de terre dans la wilaya de Boumerdes, Thèse Mag. Insti. Nati.Agro. El Harrach. 72p
- [46] KERRY B., BAKKER A. et EVANS K., 2002 – Investigation of potato cyst nematode control. DEFRA, 87 p.
- [47] KWS, Les dossier KWS RHIZOMANIE/NEMATODES. KWS France. 40 p
- [48] LAMONDIA J.A., 1990 – Effect of Oxamyl on *Globodera* growth and yield. *Supplement to journal of Nematology*, Vol. 22, n°: 4S, pp. 654 – 657
- [49] LAMONDIA J. A. et BRODIE B. B., 1986- Effects of Initial Nematode Density on Population Dynamics of *Globodera rostochiensis* on Resistant and Susceptible Potatoes. *Journal of Nematology* ., vol. 18, N°: 02, pp:159-165..
- [50] LEGENDRE L. et LEGENDRE P, 1984 - Ecologie numérique - La structure des données écologiques. Ed. Masson, Paris, coll. "Presses Université du Québec", T. 2, 335 p.
- [51] MANDURIC S., OLSSON E. ENGLUND J.E. ET ANDERSSON S., 2004 - Separation of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* (Tylenchida: Heteroderidae) using morphology and morphometrics. *Nematology.*, vol. 06 , N° : 02, pp.171-181
- [52] MELILLO M. T., BLEVE-ZACHEO T. et GUISEPPE Z., 1990 – Ultrastructural response of potato roots susceptible to cyst nematode *Globodera pallida* pathotype Pa 3. Vol. 13, n° : 1, revue nematol, Italia, pp. 17 - 28
- [53] MERAH F., 1992 – Etude comparative de l'infestation des régions du littoral et les plaines intérieures par le nématode doré de la pomme de terre. Thèse Ing. Insti. Nati.Agro. El Harrach. 74p

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

- [54] MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURALE, 1993 - Décret exécutif n° 93-284 du 9 jourmada Ethania 1414 correspondant au 23 Novembre 1993 fixant la réglementation relative aux semences et aux plants. 4p
- [55] MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURALE, 2006 - Décret exécutif n° 06-216 du 22 jourmada El Oula 1427 correspondant au 18 juin 2006 fixant les conditions de classement et les modalités de certification des semences et plants. Journal Officiel de la République Algérienne N° 41, pp.07-08
- [56] MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURALE, 2008 - Dispositif de contrôle de la production des plants de pomme de terre campagne 2007/2008. Note à la direction des services Agricoles, 3p
- [57] MOKABLI A., 2002 – Biologie des nématodes à kyste (Heterodera) des céréales en Algérie, virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doc. Insti. Nat. Agro. El Harrach. 108p
- [58] MOTA M.M. et EISENBACK J., 1993a – Morphology of females and cysts of *Globodera tabacum tabacum*, *G.T. virginiae* and *G.T. Solanacearum* (Nemata : Heteroderinae). *Journal of Nematology*, Vol. 25, n°: 02, pp. 136 – 147
- [59] MOTA M.M. et EISENBACK J., 1993c - Morphometrics of *Globodera tabacum tabacum*, *G. t. virginiae*, and *G. t. solanacearum* (Nemata: Heteroderinae). *Journal of Nematology*, vol. 25, N°: , pp.148-160
- [60] MOTA M.M. et EISENBACK J., 1993b - Morphology of Second-stage Juveniles and Males of *Globodera tabacum tabacum*, *G. t. virginiae*, and *G. t. solanacearum* (Nemata: Heteroderinae). *Journal of Nematology*, vol. 25, N°: 01, pp.27-33
- [61] MOTIUL Q., 2010 – Diagnostic methods for potato cyst nematodes, *Globodera* spp. Plant Biosecurity toolbox (PaDIL), CRC, 27 p.
- [62] MOXNES J.F. et HAUSKEN K., 2007 – The population dynamics of potato cyst nematodes. *Ecological modeling*, Vol. 207, pp. 339 – 348
- [63] MUGNIERY D., 1982 – Diversités régionales d'application de lutte intégrée en culture de pomme de terre en fonction de la variabilité des populations de nématodes à kystes. *Revue Agronomie*, Vol. 02, n° : 07, pp. 629 – 640
- [64] MUGNIERY D., 1979 – Hybridation entre *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) et *G. pallida* (Stone). Vol. 02, n° : 02, pp. 153 – 159
- [65] MUGNIERY D., et BALANDRAS C., 1984 – Examen des populations d'éradication du nématode à kystes *Globodera pallida* Stone. *Revue Agronomie*, Vol. 04, n°: 08, pp. 733 – 778
- [66] MUGNIERY D. et BALANDRAS C. , 1986 - Test de résistance de descendance de la pomme de terre à *Globodera rostochiensis* Woll. *Potato Research*, vol. 29, pp.131-140
- [67] MUGNIÉRY D., Bossis M. et PIERRE J.B., 1992 - Hybridations entre *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), *G. pallida* (Stone), *G. virginiae* (Miller and Gray), *G.*

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

solanacearum (Miller and Gray) et *G. U " mexicana* "(Campos-Vela). Description et devenir des hybrides. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 15, N° : 04, pp.375-382.

[68] MUGNIERY D., et FAYET G., 1984 – Détermination du sexe de *Globodera rostochiensis* Woll. et influence des niveaux d'infestation sur la pénétration, le développement et le sexe de ce nématode. *Revue Nématode*, Vol. 7, n°: 03, pp. 233 – 238

[69] MUGNIERY D. et ZAOUCHI., 1976 – Etude critique de la méthode d'échantillonnage des nématodes à kystes dans le sol et de la validité des différents critères d'estimation des populations. *Ann. Zool. Ecol. Anim*, Vol. 8, pp. 177-195.

[70] MUHAMMAD Z., 1990 – Diapause in the nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*.. PhD Thesis, University of London, pp 155

[71] MUHAMMAD Z., 1994 – Diapause in the nematode *Globodera pallid*. *European journal of plant pathology*. Vol. 100, pp. 413 – 423

[72] MULDER A. et VAN DER WAL A.F., 1997 – Relationship between potato cyst nematodes and their principal host. I. A. literature review. *Potato Research*, Vol. 40, pp. 317 – 326

[73] MULVEY R.H., 1973 - Morphology of the Terminal Areas of White Females and Cysts of the Genus *Heterodera* (s.g. *Globodera*). *Journal of Nematology.*, vol. 05, N°: 04, pp

[74] MULVEY R.H.et and GOLDEN A.M., 1983 - An Illustrated Key to the Cyst-forming Genera and Species of *Heteroderidae* in the Western Hemisphere withSpecies Morphometrics and Distribution. *Journal of Nematology.*, vol. 15, N°: 01, pp.1-59

[75] NAKACHIAN J.M., 1971 - L'analyse nematologique.in *Nématodes des culture*, eds.ACTA-FNGPC. Paris, pp.769-787

[76] NIJBOER H. et PARLEVLIET J.E, 1990 - Pathotype-specificity in potato cyst nematodes, a reconsideration. *Euphytica.*, vol. 49, pp.39-47

[77] OLSSON C., 2009 – Characterization of mechanisms involved in hatching of the potato cyst nematode. Ed. SLU, 22 p.

[78] PERRY R.N., 1994 - Studies on nematode sensoryperception as a basis for novel control strategies. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 17, N°: 03, pp.199-202

[79] PERRY R.N., MOENS M. et STARR J.L., 1996 – Mixed sources (FSC), 488 p.

[80] PERRY R.N., ZUNKE U. et WYSS U., 1989 – Observation on the response of the doesal and subventral oesophageal glands of *Globodera rostochiensis* to hatching stimulation. *Revue nematol.*, Vol. 12, n°: 01, pp. 91 – 96

[81] PHILLIPS M.S., HARROWER B.E.,TRUDGILL D.L.,CATLEY M.A. et WAUGH R., 1992 - Genetic variation in british population of *globodera pallida* as revealed by isozyme and DNA analyses. *Nematologica.*, vol. 38, pp.304-319

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

- [82] POCH H.L., LOPEZ .H. et KANYUKA K., 2006 – Functionality of resistance gene Hero, which controls plant root-infecting potato cyst nematodes, in leaves of tomato. Vol. 29, n°: 07, pp. 13 – 72
- [83] POLYPENKO L.A., UEHARA T., PHILLIPS M.S., SIGAREVA D.D. et BLOK V.C., 2005 – Identification of *Globodera rostchiensis* and *Globodera pallida* in the Ukraine by PCR. European Journal of plant pathology, Vol. 111, pp. 39 – 46
- [84] REID A., 2009 - PCR detection of potato cyst nematode. Methods Mol Biol., vol.508, pp.289-94
- [85] REITZ M., RUDOLPH K., SCHRODER I., HOFFMANN-HERGARTEN S., HALLMAN J. et SIKORA R.A., 2000 – Lipopolysacharides of rhizobium etli Strain G12 Act in Potato roots as an inducing agent of systemic resistance to infection by the cyst nematode *Globodera pallida*. Applied and Environmental Microbiology, Vol. 66, n°: 08, pp. 3515 – 3518
- [86] RIGA E., PERRY R.N. et BARRETT J., 1996 - electrophysiological analysis of the response of males of *globodera rostochiensis* and *G. pallida* to their female sex pheromones and to potato root diffusate. Nematologica., vol. 42, pp.493-498
- [87] ROBINSON M.P., ATKINSON H.J. et PERRY R.N., 1987 – The influence of temperature on the hatching, activity and lipid utilization of second stage juveniles of the potato cyst nematodes *Globodera rostchiensis* and *G. pallida*. Revue Nematol., Vol. 10, n°: 03, pp. 349 – 354
- [88] RYAN N.A., et JONES P., 2004 - The ability of rhizosphere bacteria isolated from nematode host and non-host plants to influence the hatch in vitro of the two potato cyst nematode species, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Nematology., vol.06 , N°: 03, pp.375-387
- [89] SALAMA A. S., 2010 – étude des nématodes dorés de la pomme de terre (*Globodera*, Tylenchida, Heteroderidae) associée aux céréales dans la région de Chlef. Thèse In. Ecol. Nati.sup. Agro. El Harrach. 72p
- [90] SALAZAR A.et RITTER E., 1993 - Effects of daylength during cyst formation, storage time and temperature of cysts on the in vitro hatching of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. Fundam. appl. Nématol., vol. 16, N°: 06, pp.567-572
- [91] SCHOUTEN H.J., 1993 - Models of incomplete selection for virulence of potato cystnematodes caused by sex determination that depends on hostresistance. Neth. J. PI. Path., vol. 99, N°: 03, pp.191-200
- [92] SCHNEIDER J., 1971 - Les nématodes parasite de la pomme de terre.in Rouanet G., Les nématodes des cultures., eds. ACTA, 828p
- [93] SEDLAK P., MELOUNOVA M., SKUPINOVA S., VEJLI P.ET DOMKAROVA J., 2004 - Study of European and Czech populations of potatocyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*)by RAPD method. Plant Soil Environ, vol. 50, N°: 02, pp.70 - 74

6.4 Contrôle des parcelles de multiplication de la pomme de terre

- [94] SKANTAR A.M., HANDOO Z.A., CARTA L.K., CHITWOOD D.J., 2007 - Morphological and Molecular Identification of *Globodera pallida* Associated with Potato in Idaho. *Journal of Nematology.*, vol. 39, N°: 02, pp.133-144
- [95] SMANT G., GOVERSE A., STOKKERMANS J.P., DE BOER J.M., POMP H.R., ZILVERENTANT J.F., OVERMARS H.A., HELDER J., SCHOTS A. et BAKKER J, 1997 - Potato root diffusate-induced secretion of soluble, basic proteins originating from the subventral esophageal glands of potato cyst nematodes. *Phytopathology.*, vol. 87, N°: 08, pp.839-845.
- [96] SOMERHAUSEN E., Nématodes de la pomme de terre : évolutions dangereuses d'une maladie de quarantaine?. Belgique, 4 p
- [97] SPITTER C.J.T. et WARD S.A., 1988 – Evaluation of breeding strategies for resistance to potato cyst nematodes using a population dynamic model. *Euphytica S*, pp. 87 – 98
- [98] STONE A.R., 1972 - *Heterodera Pallida* N. Sp. (Nematoda: Heteroderidae), a Second Species of Potato Cyst Nematode . *Nematologica.*, vol. 18, N°: 04, pp.591-606
- [99] SULLIVAN M. J., INSERRA R. N., FRANCO J., MORENO-LEHEUD I. et GRECO N., 2007 - Potato cyst nematodes: plant host status and their regulatory impact. *Nematropica.*, vol. 17, N°: 03, pp.193-201
- [100] SWIECICKA M., FILIPECKI M., VAN VIET J., GOVERS J. et HELDER J., 2009 – Dynamics in the tomato root transcriptome on infection with the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Mol. Plant. Patho.* Vol. 10, n°: 04, pp. 487 – 500
- [101] TIILIKKALA K., 1991 – Effect of crop rotation on *Globodera rostochiensis* and on potato yield. *Ello Bulletin*, Vol. 21, n°: 01, pp. 41 – 47
- [102] TIILIKKALA A.K., 1992 - Influence of soil temperature on initial energy reserves of *Globodera rostochiensis* larvae. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 15, N°: 01, pp.49-54
- [103] TIMMERMANS B.G.H., 2005 – *Solanum sisymbriifolium* (Lam) : Atrap crop for potato cyst nematodes. These Doctorat, Wageningen University, The Netherlands, 135 p.
- [104] THIÉRY M., MUGNIÉRY D. , BOSSIS M. ET SOSA-MOSS C. , 1997 - Résultats de croisements entre *Globodera pallida* Stone et G. "mexicana" Campos-Vela : héritabilité du développement sur pomme de terre et notion d'espèce. *Fundam. appl. Nématol.*, vol. 20, N°: 06, pp.551-556
- [105] TOBIN J.D., HAYDOCK P.P.J., HARE M.C., WOODS S.R. et CRUMP D.H., 2008 – Effect of the fungus *Pochonia chlamydosporia* and Fosthiazate on the multiplication rate of potato cyst nematodes (*Globodera pallida* et *G. rostochiensis*) in potato crops grown under UK field conditions. *Biological control*, Vol. 46, pp. 194 – 201
- [106] TRIFONOVA Z. et KARADJOVA J., 2003 - Fungal parasitism of the cysts and eggs of the *Globodera rostochiensis*. *Journal of Agricultural Sciences.*, vol. 48, N°: 01, pp.103-110

- [107] TRUDGILL D.L., ELLIOTT M.J., EVANS K. et PHILLIPS M.S., 2003 - The white potato cyst nematode (*Globodera pallida*) – a critical analysis of the threat in Britain. *Ann. appl. Biol.*, vol. 143, pp.73-80
- [108] TRUDGILL D. L., MACKINTOSH G. M., OSBORNE P. et EWART R. M., 1978 - Control of potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) by nematicides and a resistant potato cultivar at four sites in Scotland. *Annals of Applied Biology.*, vol. 88, N°: 03, pp.393–399
- [109] TURNER S.J., STONE A.R. ET PERRY N., 1983 - Selection of potato cyst-nematodes on resistant *Solanum vernei* hybrids. *Euphytica.*, vol.32 , pp.911-917
- [110] VEJL P., SKUPINOVA S., SEDLAK P. et DOMKAROVA., 2002 – Identification of PCN specie (*Globodera rostochiensis*, *G. pallida*) by using of ITS-1 region's polymorphism. *Rostinna Vyroba*, Vol. 11, pp. 486 - 489
- [111] VOLVAS N., 1996 – Infestation by the cyst forming nematode *Globodera pallid* of potato tubers in Southern. Italy. *European journal of plant Pathology.* Vol. 102, pp. 743 – 746
- [112] WARD S.A, RABBINGE et DEN OUDEN, 1985 – Construction and preliminary evaluation of a simulation model of the population dynamics of the potato cyst-nematode *Globodera pallid*. *Neth.J.PL.Path.*, Vol. 91, pp. 27 – 44
- [113] WHITEHEAD A.G.et NICHOLS A.J.F., 1992 - Control of potato golden cyst-nematode, *Globodera rostochiensis*, by nematicides applied once or twice in two rotations. *Journal of Agricultural Science.*, vol. 119, N°: 02, pp.191-196
- [114] WHITEHEAD A.G., NICHOLS A.J. et SENIOR J.C., 1994 – The control of potato pale cyst-nematode (*Globodera pallida*) by chemical and cultural methods in different soils. *Inst. Entomology and Nematology.*