

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET  
DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité: Phytopathologie et phytopharmacie

## Thème

---

*Contribution à l'étude des Nématodes à Kystes  
de Pomme de terre Dans la Wilaya de Guelma*

---

Présenté par : FAREH Imad

Devant le jury composé de :

Président : Mme BEN RBIHA.R (M.A.A)

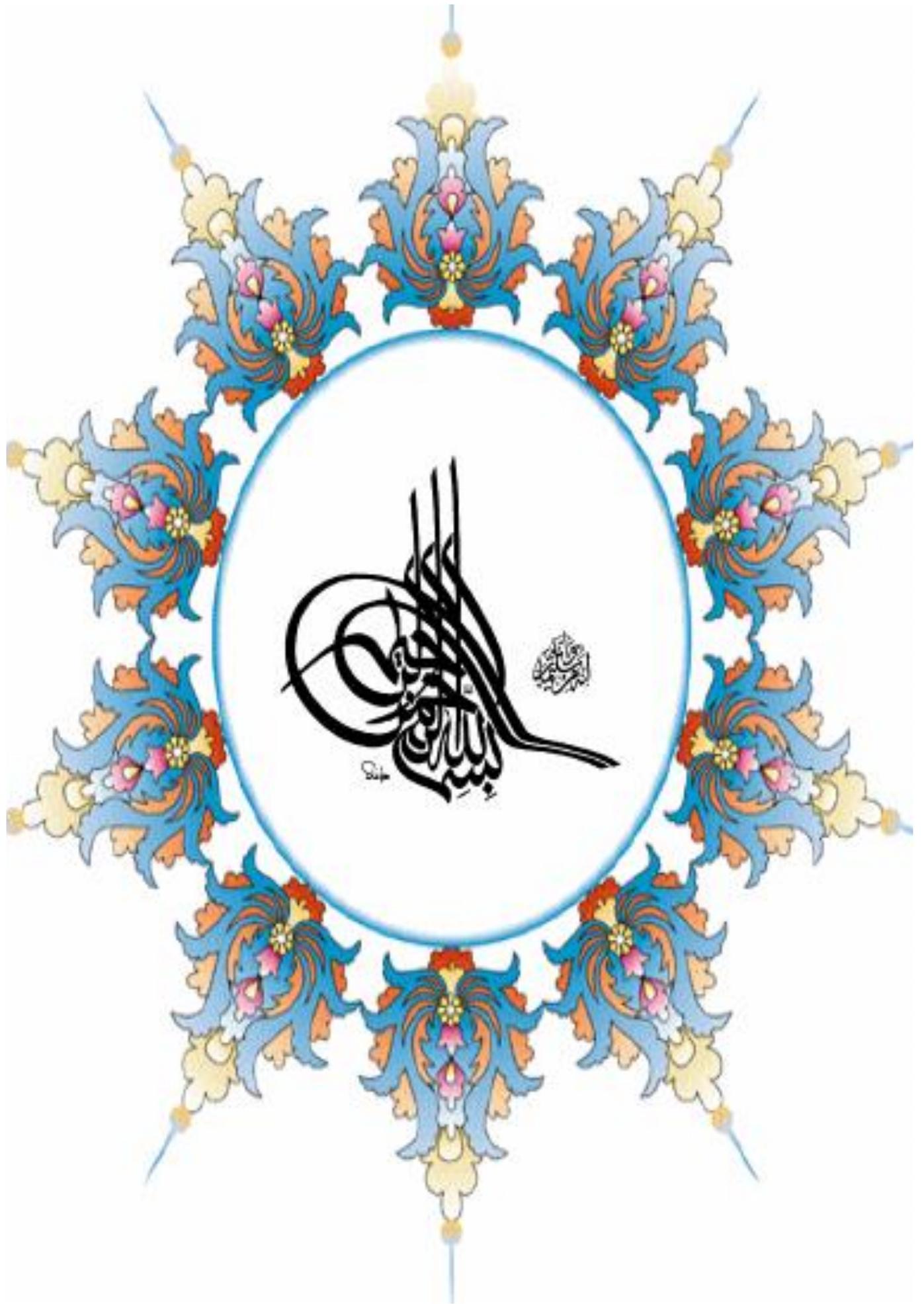
Examineur : Dr ZERGUINE.K (M.C.B)

Encadreur : M<sup>r</sup> KHALADI O. (M.A.B)

Juin 2015

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## *Remerciements*

*Au terme de ce modeste travail, mes remerciements les plus respectueux*

*vont à :*

*Mr. Khaladi Omar pour avoir dirigé ce mémoire*

*Md. Ben Rbaiha pour l'honneur qu'il me fait de présider le Jury*

*Md. Zerguine pour sa gentillesse d'avoir accepté d'examiner ce travail*

*Mes remerciements les plus profonds sont adressés à :  
Md Alloui Noura . pour leur aide précieuse depuis le début de ce travail.*

*Je tiens à remercier vivement*

*L'équipe de l'laboratoire SRPV ElTaref pour son immense gentillesse*

*Mes collègues de travail Md Lahouareche Md Dahel*

*Md Kaad pour l'aide qu'elle m'a apportée*

*Mes remerciements les plus vifs vont à ma femme*

## Liste des Figures

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figure 1</b> : Mode de vie des espèces de nématodes décrites, .....  | <b>09</b> |
| <b>Figure 2</b> : Phylogénie des métazoaires.....   | <b>10</b> |
| <b>Figure 3</b> : Structure d'un nématode.....  | <b>11</b> |
| <b>Figure 4</b> : Représentation des modes de parasitisme des nématodes parasites de racines.....   | <b>13</b> |
| <b>Figure 5</b> : Différentes structures des stylets et odontostyles des nématodes phytoparasites.....  | <b>13</b> |
| <b>Figure 6</b> : Phylogénie des nématodes à kyste basée sur les séquences des régions ITS de 40 espèces et sous-espèces de la famille des Heteroderidae..... | <b>17</b> |
| <b>Figure 7</b> : Nématodes à kyste du genre Globodera.....   | <b>19</b> |
| <b>Figure 8</b> : Cycle biologique des nématodes à kyste du genre Globodera.....  | <b>20</b> |
| <b>Figure 9</b> : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif.....  | <b>27</b> |
| <b>Figure 10</b> : Les cellules élargies, appelées "syncytia" ou "cellules de transfert" .....  | <b>31</b> |
| <b>Figure 11</b> : Les outils de l'échantillonnage des nématodes.....   | <b>35</b> |
| <b>Figure 12</b> : Conservation des échantillons.....   | <b>37</b> |
| <b>Figure 13</b> : Cristalliseur.....   | <b>38</b> |
| <b>Figure 14</b> : Des tamis (maille 250µm et 800µm).....   | <b>38</b> |
| <b>Figure 15</b> : Appareil d'extraction : Model type FENWICK.....  | <b>39</b> |
| <b>Figure 16</b> : loupe microscopique à éclairage épiscopique.....   | <b>39</b> |
| <b>Figure 17</b> : Appareil de FENWICK.....   | <b>40</b> |
| <b>Figure 18</b> : Disposition du papier filtre dans le cristalliseur.....  | <b>41</b> |
| <b>Figure 19</b> : Diagramme en secteur représente les pourcentages de la surface infestée et indemne par rapport à la surface totale.....                    | <b>42</b> |
| <b>Figure 20</b> : Pourcentage des régions touchées par les nématodes à kystes dans chaque commune .....  | <b>43</b> |
| <b>Figure 21</b> : Pourcentage des surfaces touchées par les nématodes à kystes dans chaque commune .....   | <b>44</b> |

## Liste des Tableaux

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tableau 1</b> : Les principales maladies de la pomme de terre .....   | <b>28</b> |
| <b>Tableau 2</b> : Principaux nématodes déprédateurs en culture de pommes de terre (pdt) à travers le monde..... | <b>30</b> |
| <b>Tableau 3</b> : Production de pomme de terre a la wilaya de Guelma.....                                       | <b>34</b> |
| <b>Tableau 4</b> : taux d'infestation de la pomme de terre par les nématodes à kyste.....                        | <b>46</b> |

## Liste des Abréviations

**SRPV:** Station de la protection des végétaux

**INPV:** Institut national de la protection des végétaux

**IPW:** Inspection de la protection des végétaux de la wilaya

**DSA:** Direction des services agricoles

**G:** Globodéra

**H :** *hétérodéra*

**ITS :** Internal Transcribed Spacer

**INRA:** Institut National de la recherche agronomique

**GPS :** Global Position Système

**Ha :** Hectare

**P de T:** pomme de terre

**S.A.U :** Superficie Agricole Utiles

**S.A.T :** Superficie Agricole Total

**Ph :** Photo

**Fig :** Figure

**Pro :** Production

**Sup :** Superficie

**S :** *Solanum*

# Sommaire

Remerciements

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des Abréviations

INTRODUCTION..... 7

## CHAPITRE 1 LES NÉMATODES PHYTOPHAGES

|  |    |
|--|----|
| 1. Diversité des nématodes .....   | 8  |
| 2. Éléments de systématique.....   | 9  |
| 3. Organisation structurale des nématodes.....                                     | 11 |
| 4. LES NEMATODES PHYTOPARASITES : GENERALITES.....                                 | 12 |
| 4.1. Les stratégies parasitaires des nématodes phytophages.....                    | 12 |
| 4.2. Dégâts liés aux nématodes phytophages.....                                    | 14 |
| 4.3. Les nématodes à kyste : <i>Globodera</i> & <i>Heterodera</i> .....            | 14 |
| 4.3.1. Fonctionnement des populations de nématodes à kyste.....                    | 15 |
| A. Les nématodes du genre <i>Heterodera</i> .....                                  | 16 |
| B. Les nématodes du genre <i>Globodera</i> .....                                   | 16 |
| 5. BIOLOGIE DES NEMATODES A KYSTE : <i>GLOBODERA</i> & <i>HETERODERA</i> .....     | 18 |
| 5.1. Cycle de développement .....  | 18 |
| 6-METHODES DE LUTTE CONTRE LES NEMATODES À KYSTE .....                             | 20 |
| a- Prophylaxie :.....  | 21 |
| b- Lutte culturale.....  | 21 |
| c- Lutte physique.....   | 21 |
| d- Lutte chimique.....   | 21 |
| e- Lutte biologique.....   | 22 |
| f- Lutte génétique : utilisation de résistances naturelle et/ou artificielles..... | 22 |
| • Utilisation de variétés résistantes.....   | 22 |
| • Résistances artificielles.....   | 23 |

## CHAPITRE 2

### LA POMME DE TERRE

|   |    |
|---|----|
| 1. Historique de la pomme de terre :.....                     | 24 |
| 2. Taxonomie et origine : .....                               | 24 |
| 3. Botanique : .....  | 24 |
| • Une partie aérienne :.....                                  | 25 |
| • Une partie souterraine .....                                | 25 |
| 4-Le cycle de vie et mode de reproduction : .....             | 25 |
| 4- 1 Cycle sexué.....   | 25 |
| 4-2 Cycle végétatif :.....                                    | 26 |
| 5-Les maladies et les ennemies de la pomme de terre.....      | 27 |
| 6- Les nématodes et la pomme de terre .....                   | 28 |
| 6-1- Importance des nématodes.....                            | 28 |
| • distribution géographique .....                             | 28 |
| 6-2Facteurs édaphiques influençant les nématodes.....         | 29 |
| 7- Relation pommes de terre -Nématode à kyste.....            | 30 |
| 8- Détermination des densités de population de nématodes..... | 31 |

## CHAPITRE 3

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

|  |    |
|--|----|
| 1. Présentation de la wilaya de Guelma.....              | 33 |
| 1.1. Situation géographique.....                         | 33 |
| 1.2. Le climat.....                                      | 33 |
| 1.3. Secteur de l'Agriculture.....                       | 33 |
| 1.4 Production de pomme de terre.....                    | 34 |
| 2. Méthodologie d'étude : Techniques Nématologiques..... | 34 |
| 2.1. Au champ : .....                                    | 34 |
| 2.1.1. Échantillonnage de sol.....                       | 34 |
| a- Outils d'échantillonnage.....                         | 35 |
| b- Collecte des échantillons de sol.....                 | 35 |
| c- Période d'échantillonnage.....                        | 35 |
| d- Soins à porter aux échantillons.....                  | 36 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2-2-Au laboratoire :</b> .....  | <b>37</b> |
| <b>2-2-1 Objectif</b> .....  | <b>37</b> |
| <b>2-2-2 Matériel utilisés</b> .....   | <b>37</b> |
| <b>2-2-3 Mode opératoire</b> .....   | <b>40</b> |
| <b>3- Résultats</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>3-1 Évaluation des taux d'infestation de la pomme de terre par les nématodes à kyste dans les différentes régions</b> ..... | <b>42</b> |
| <b>a- Pourcentage de la surface agricole infestée</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>b- Les régions touchées par les nématodes à kyste</b> .....   | <b>43</b> |
| <b>c- Pourcentage des surfaces touchées par les nématodes à kyste pour chaque région</b> .....                                 | <b>44</b> |
| <b>4- Discussion</b> .....   | <b>45</b> |

**CONCLUSION**

**RÉSUMÉ**

**REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE**

**ANNEXE**

## INTRODUCTION

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

Parce qu'ils sont difficiles ou impossibles à observer au champ, et parce que leurs symptômes sont le plus généralement non spécifiques, les dommages que les nématodes infligent aux cultures sont le plus souvent attribués à d'autres causes plus visibles. Agriculteurs et chercheurs souvent sous-estiment leurs effets. Cependant, il est globalement reconnu que les nématodes phytoparasites réduisent la production agricole d'approximativement 10%, soit une perte de récolte de plusieurs millions de tonnes chaque année (Agrios, G.N. 2005).

L'importance des dégâts causés par les nématodes dépend d'un grand nombre de facteurs, comme leur nombre, la virulence de l'espèce ou de la souche, la résistance (capacité de la plante à réduire le développement de la population de nématodes) ou la tolérance (capacité de la plante à produire en dépit de l'attaque des nématodes) de la plante hôte. D'autres facteurs sont également aggravants comme le climat, la disponibilité en eau, le type de sol, la fertilité et la présence d'autres maladies et ravageurs. Cependant, bien que nous ayons déjà quelques connaissances sur les relations nématodes-plantes et facteurs associés, beaucoup reste à apprendre. Les seuils de nuisibilité des nématodes sur différentes cultures dans diverses régions du monde sont le plus souvent inconnus et le danger lié à la présence des nématodes demeure approximatif.

Les connaissances sur les nématodes associés aux cultures maraichères dans la wilaya de Guelma sont infimes. Pour cela, Il est important d'identifier les espèces associées à ces cultures, afin d'évaluer la diversité nématologique et de faire un point exhaustif des taxons présentes dans cette wilaya.

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

## CHAPITRE 1 LES NÉMATODES PHYTOPHAGES

### 1- Diversité des nématodes

Les nématodes sont des organismes vermiformes cylindriques non segmentés occupant des niches écologiques très diverses sur la planète. S'ils comprennent différentes formes, libres ou parasites d'animaux ou de végétaux, les nématodes sont tous des animaux aquatiques. Ils exploitent différents milieux tels que les océans et les mers, les eaux douces mais aussi les fluides corporels, les films d'eau dans le sol ou sur les végétaux. Ce sont les organismes les plus abondants de tous les métazoaires en termes de nombre d'individus dans de nombreux écosystèmes, notamment ceux du sol. Excepté leur morphologie très homogène, les nématodes présentent une très grande diversité avec un nombre total d'espèces dans le phylum *Nemata* estimé entre 40000 et 10 millions (BLAXTER *et al.*, 1998; DORRIS *et al.*, 1999 ; BLUMENTHAL *et al.*, 2004). Ce grand nombre d'espèces (26000 décrites selon HUGOT *et al.*, 2001), les place au deuxième rang dans le règne animal après les insectes. Les nématodes ont également des régimes alimentaires très diversifiés. Certaines espèces sont bactériophages, comme le nématode "modèle" *Caenorhabditis elegans*, d'autres sont entomopathogènes (ex : *Steinernema* spp ou *Heterorhabditis* spp), parasites d'animaux (ex : *Ascaris* spp, *Brugia* spp ou *Trichinella* spp) ou encore prédatrices (ex : *Mononchus* spp). Enfin, parmi toutes les espèces de nématodes décrites, seulement 15% sont des parasites de plantes (ex : *Globodera* spp, *Meloidogyne* spp, *Pratylenchus* spp, *Ditylenchus* spp...) (Figure 1)

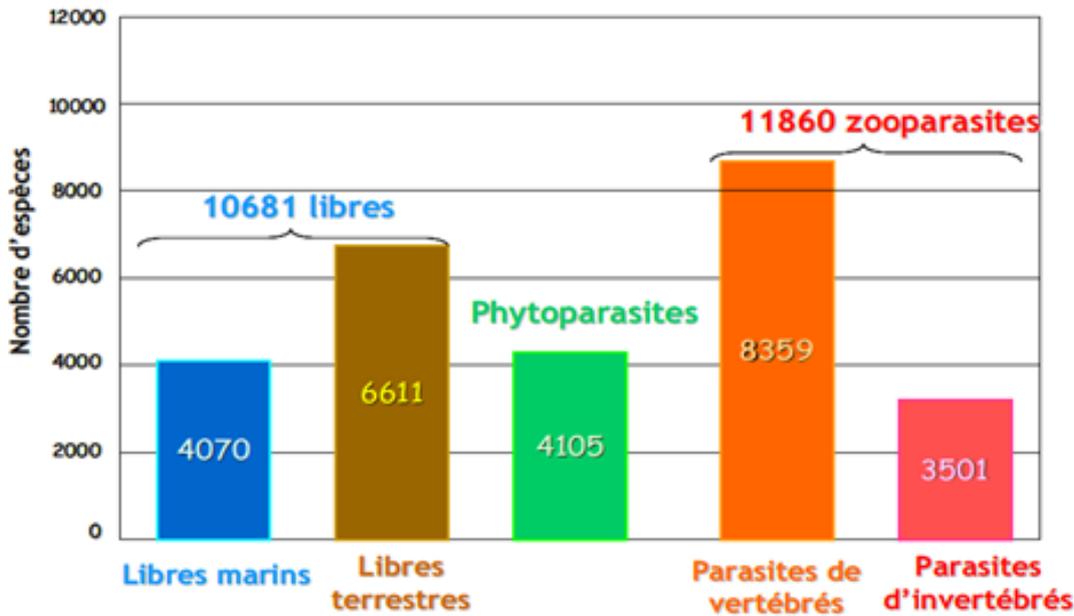
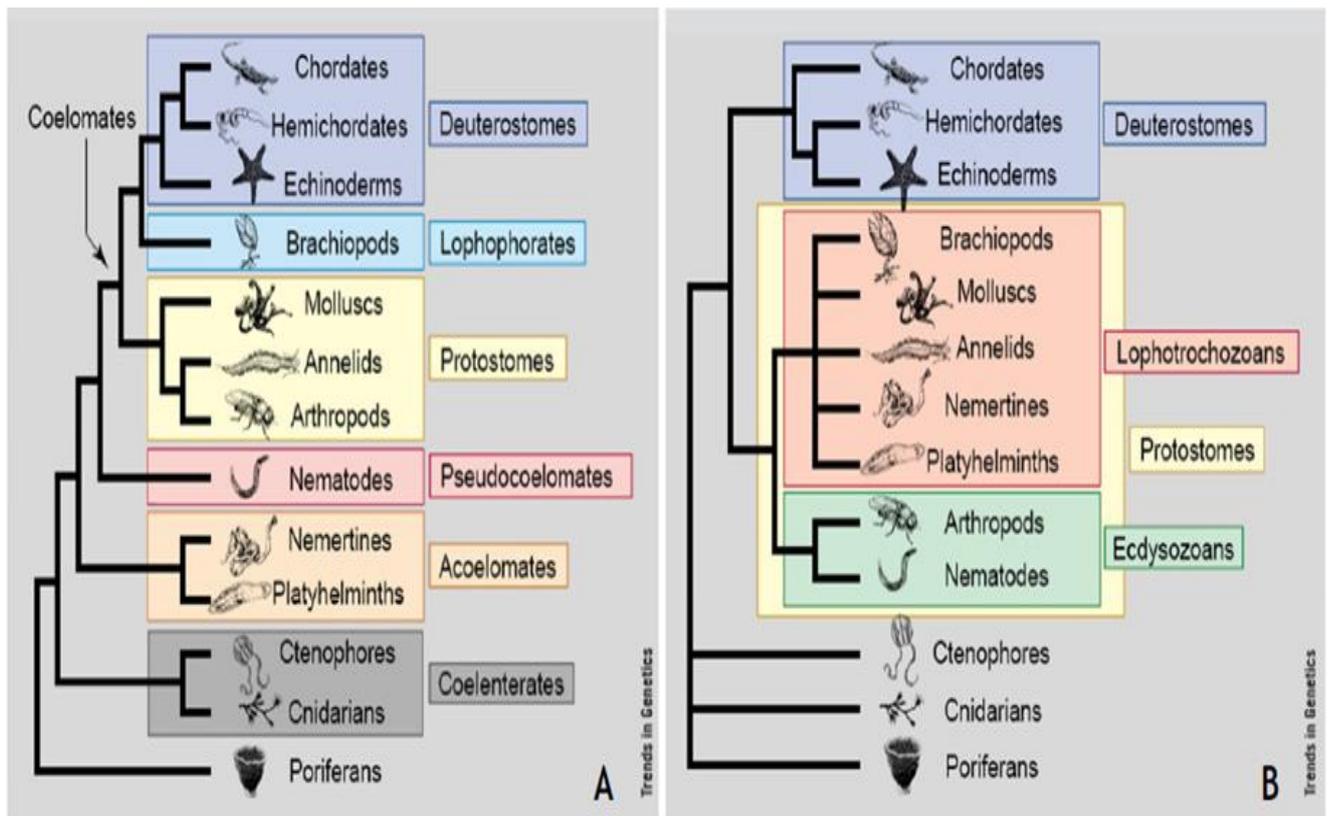


Figure 1 : Modes de vie des espèces de nématodes décrites par Hugot *et al.* (2001).

## 2- Éléments de systématique

Les nématodes sont des organismes triploblastiques (trois feuillet embryonnaires) et possèdent une cavité interne (formée par l'endoderme) non complètement recouverte de mésoderme. Au sein des métazoaires, les nématodes avaient été placés en fonction de ce critère morphologique dans les pseudo-coelomates (Figure 2A). Avec l'apparition des techniques de biologie moléculaire, des phylogénies ont pu être réalisées. Basée sur la séquence 18S de l'ARNr, la phylogénie des métazoaires a alors été reconsidérée. Même si cette conception suscite encore de nombreuses interrogations, un consensus se dégage pour considérer que les nématodes peuvent être regroupés avec les arthropodes (Figure 2B) pour former les Ecdysozoa (animaux capables de renouveler leur cuticule par des mues) (Aguinaldo *et al.*, 1997; Adoutte *et al.*, 1999).



**Figure 2 : Phylogénie des métazoaires (Adoutte et al. 1999).** **A** : Phylogénie "traditionnelle" des métazoaires ; **B** : Phylogénie basée sur les séquences 18S de l'ARN ribosomal.

Les nématodes ont été répartis par BLAXTER *et al.* (1998) en cinq clades majeurs dans la phylogénie du phylum *Nemata*. Chacun de ces cinq clades contient des espèces ayant des modes de vie divers et compte tous des espèces parasites d'animaux ou de végétaux. Le parasitisme des végétaux serait apparu indépendamment au moins trois fois au cours de l'évolution dans différents ordres : les *Dorylaimida*, les *Triplonchida*, les *Aphelenchida* et les *Tylenchida* (BLAXTER *et al.*, 1998). Les *Dorylaimida* et les *Triplonchida* sont surtout problématiques parce qu'ils sont vecteurs de virus, plus que pour les dégâts directs qu'ils provoquent sur les plantes. Les *Tylenchida* constituent l'ordre le plus important des nématodes phytoparasites à la fois en termes de nombre d'espèces, mais aussi en termes de dégâts causés aux plantes qu'ils parasitent. Cet ordre regroupe neuf familles de nématodes dont les *Heteroderidae* (FERRAZ & BROWN, 2002). Cette famille elle-même englobe une vingtaine de genres dont les nématodes à kyste des genres *Globodera* et *Heterodera*, et les nématodes à galle du genre *Meloidogyne* (même si de récents travaux remettent en cause la proximité de ces genres dans la même famille (HOLTERMAN *et al.*, 2006). Les *Heteroderidae* sont responsables des dégâts les plus

importants sur les plantes. De ce fait, ils font actuellement l'objet du plus grand nombre d'études visant à élucider les mécanismes fins qui permettent le dialogue moléculaire étroit entre le nématode et sa plante hôte. En effet, ils établissent avec leur hôte une relation très complexe via l'établissement d'un site nourricier, dont les mécanismes d'induction sont encore mal connus.

### 3- Organisation structurale des nématodes

Les nématodes sont des organismes vermiformes à symétrie bilatérale recouverts d'une cuticule continue et souple mais très résistante. Ils sont ainsi contraints à croître de façon discontinue en passant par quatre mues larvaires avant d'atteindre la forme adulte. Même si leur taille est très variable, (Blumenthal et al., 2004), l'immense majorité des espèces ne dépasse pas 1 à 2 mm. Ils possèdent une musculature longitudinale qui entoure le tube digestif rectiligne – se terminant par la bouche et l'anus aux extrémités et les glandes génitales (Figure 3). Les cellules longitudinales musculaires sont connectées aux cordes nerveuses par des expansions (cellules neuromusculaires). Les nématodes possèdent des organes sensoriels, les amphides situées à l'extrémité antérieure et les phasmides à l'extrémité postérieure. Les nématodes n'ont ni système circulatoire, ni système respiratoire. Enfin ces organismes possèdent un hypoderme produisant deux cordes longitudinales hébergeant les cordes nerveuses.

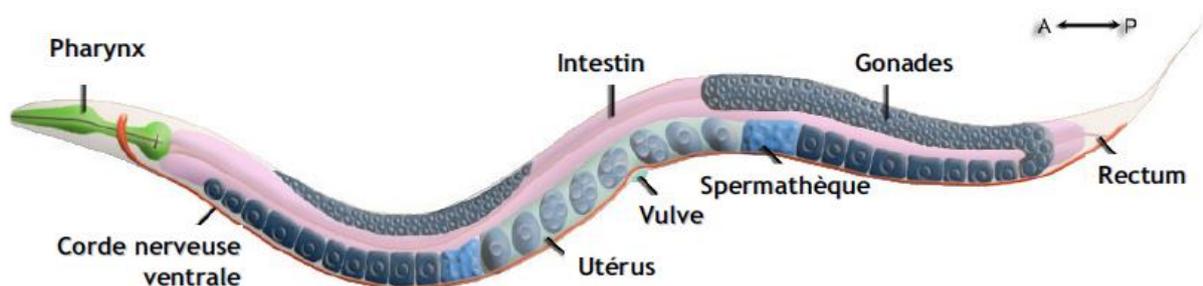
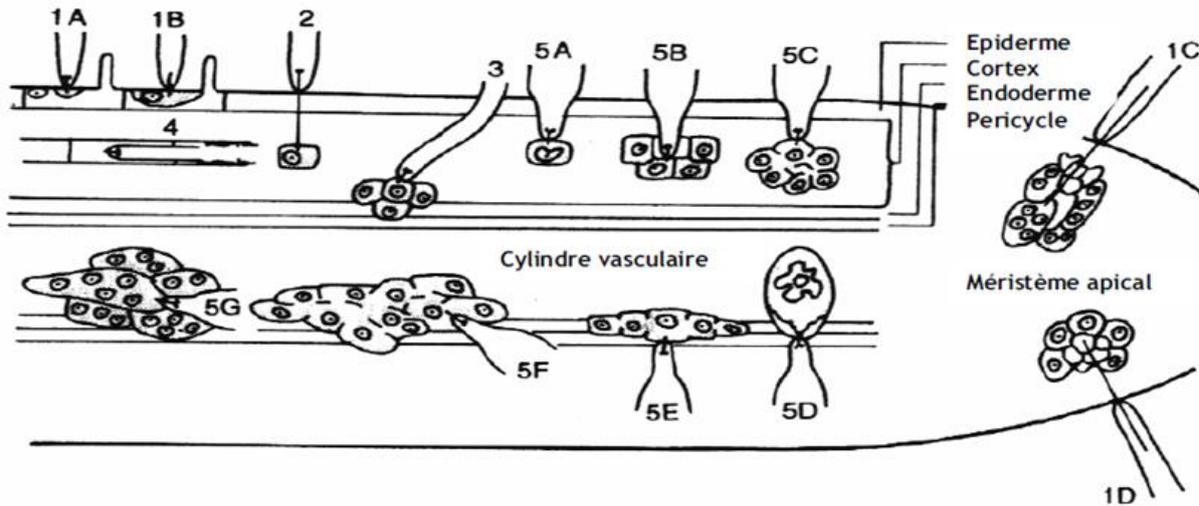


Figure 3 : Structure d'un nématode (femelle) (d'après ALTUN Z. F. & HALL D. H)<sup>1)</sup>

#### 4- LES NEMATODES PHYTOPARASITES : GENERALITES

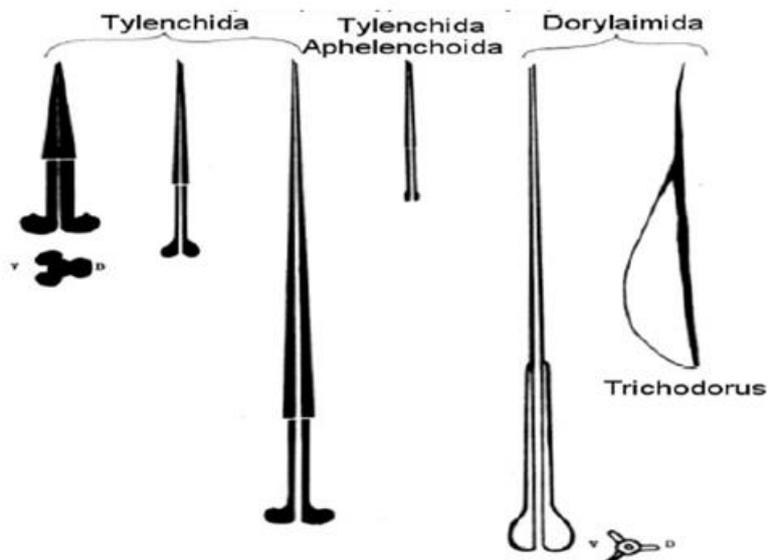
##### 4-1 Les stratégies parasitaires des nématodes phytophages

Les nématodes sont le plus souvent invisibles à l'œil nu (0,2 à 3 mm de long) et parasitent les parties aériennes et souterraines des plantes. Ils ne provoquent pas pour la plupart des plantes de symptômes visibles caractéristiques sur les parties aériennes, ce qui rend le diagnostic délicat. Comme nous l'avons vu précédemment, les nématodes phytoparasites regroupent quatre ordres : les *Aphelenchida* (ex : *Aphelenchoides* spp) qui sont des parasites des parties aériennes, les *Dorylaimida* (ex : *Longidorus* spp) et les *Triplonchida* (ex : *Trichodorus* spp) qui sont des parasites des racines, et enfin les *Tylenchida* qui parasitent les racines, les tubercules ou les rhizomes, ainsi que les parties aériennes pour certains genres. Bien qu'ayant divergé les uns des autres très précocement au cours de l'évolution du phylum *Nemata*, ces quatre ordres possèdent un caractère commun dérivé, le stylet, aiguille creuse (pour la plupart) située dans la partie antérieure. Cette structure leur permet de se nourrir des composés cellulaires de la plante hôte et est adaptée aux différentes stratégies parasitaires rencontrées dans les quatre ordres de nématodes phytoparasites de racine (Figure 4). On distingue les ectoparasites, les ecto-endoparasites et les endoparasites migrants et sédentaires. Les ectoparasites ont des stylets plutôt longs et fins leur permettant de piquer les cellules végétales profondes depuis l'extérieur de la racine. Les nématodes à kyste, qui sont des endoparasites ont au contraire un stylet plutôt court et robuste pour leur permettre de détruire mécaniquement les cellules végétales et pénétrer la racine (Figure 5). Les nématodes à kyste sur lesquels nous nous focaliserons par la suite sont des endoparasites sédentaires. Ils établissent une relation très élaborée avec leur hôte en mettant en place une structure très complexe qui leur permet de se nourrir lors de leur phase sédentaire.



**Figure 4 : Représentation des modes de parasitisme des nématodes parasites de racines, (SIJMONS et al, 1994)**

**Ectoparasites migrants** : 1A : *Tylenchorhynchus dubius*, 1B : *Trichodorus* spp, 1C : *Xiphinema index*, 1D : *Longidorus elongatus*; **Ectoparasites sédentaires** 2 : *Criconebella xenoplax*; **Ecto-endoparasites migrants** : 3 : *Helicotylenchus* spp; **Endoparasites migrants** : 4 : *Pratylenchus* spp; **Endoparasites sédentaires** : 5A : *Trophotylenchulus obscurus*, 5B : *Tylenchulus semipenetrans*, 5C : *Verutus volvingentis*, 5D : *Cryphodera utahensis*, 5E : *Rotylenchulus reniformis*, 5F : *Heterodera* spp, 5G : *Meloidogyne* spp.



**Figure 5 : Différentes structures des stylets et odontostyles des nématodes phytoparasites**

#### **4-2- Dégâts liés aux nématodes phytophages**

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

- baisses de rendement,
- problèmes de qualité des plantes (aspect) qui les rendent impropres à la commercialisation,
- augmentations d'irrigation pour pallier les perturbations subies par le système racinaire des plantes parasitées,
- interdictions d'exportation du fait du statut de quarantaine de certaines espèces,
- traitements nématicides très coûteux.

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

#### **4-3- Les nématodes à kyste : *Globodera* & *Heterodera***

Les nématodes phytoparasites sédentaires comprennent principalement les nématodes à kyste (*Globodera* spp. et *Heterodera* spp.) et les nématodes à galle (*Meloidogyne* spp.) qui causent les dégâts les plus conséquents sur les cultures. Ces genres ont des caractéristiques biologiques très proches et ont longtemps été regroupés dans la classification basée sur des critères morphologiques.

En effet, si ces nématodes ont des gammes d'hôtes très différentes et génèrent des symptômes également très variés sur les racines hôtes, ils ont un cycle de développement très proche et mettent en place une relation avec leur hôte relativement similaire : un site nourricier. Pourtant les modifications cellulaires de la plante sont assez différentes.

Récemment, suite à des études sur la phylogénie moléculaire des *Tylenchida* (Subbotin *et al.*, 2006 ; Holterman *et al.*, 2006), il s'est avéré que ces deux groupes de nématodes ne sont pas des groupes frères puisqu'ils ne partagent pas d'ancêtre commun proche. Leur mode de vie sédentaire serait donc apparu indépendamment à partir de groupes de nématodes migrants. Les similitudes de leur mode de vie et de leur morphologie (femelles renflées) ne seraient que des convergences évolutives. Étant donné cet éloignement phylogénétique apparent, les comparaisons entre ces deux groupes peuvent être difficiles, notamment d'un point de vue moléculaire. C'est pourquoi il semble plus judicieux de se focaliser dans un premier temps sur l'un ou l'autre des groupes lors des études moléculaires des interactions plante/nématode.

### **4-3-1 Fonctionnement des populations de nématodes à kyste**

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

1- actif : les juvéniles infectants se déplacent dans le sol même si leur petite taille (~ 500

Mm) ne leur permet pas de migrer au-delà d'un mètre. Ils ne peuvent donc pas se disperser facilement de champ en champ.

2- passif : les kystes, forme de survie des nématodes à kyste contenant les œufs peuvent facilement être transportés par les activités humaines (le matériel agricole, les chaussures, ou encore l'eau d'irrigation). Le vent peut également propager les kystes, très légers, à plus longue distance. Enfin, des transports occasionnels mais sur de très longues distances peuvent se faire au cours des importations/exportations de plantes ou de tubercules contaminés. Connaissant les différents modes de dispersion possibles, Picard en 2005 a étudié la génétique des populations de *G. pallida* au Pérou et ont défini les contours d'une population d'un point de vue spatial : dans un bassin de production de pomme de terre, les nématodes situés dans un rayon de 50 km sont génétiquement semblables et sont donc considérés comme appartenant à la même population. (Picard *et al.* 2004) ont également montré que le maximum de variabilité génétique entre les individus est retrouvé à l'échelle d'une parcelle et non d'un champ ou d'une région.

### **A. Les nématodes du genre *Heterodera***

Les nématodes du genre *Heterodera* sont plus polyphages que les *Globodera*. Ils sont divisés en six groupes d'espèces (Subbotin et al., 2001 ; Figure 6) : "*Schachtii*", "*Goettingiana*", "*Avenae*", "*Humuli*", "*Cyperi*" et "*Sacchari*". La phylogénie moléculaire des *Heteroderidae* a permis de mettre en évidence une coévolution de ces nématodes avec leur plante hôte (Subbotin et al., 2001). Deux des groupes, *Schachtii* et *Humuli*, ont évolué avec les dicotylédones alors que les groupes *Sacchari* et *Avenae* semblent avoir évolué avec les monocotylédones. Parmi ces groupes, certains tels que *Humuli* ou *Goettingiana* ont développé la capacité à se développer sur une large gamme de familles botaniques (Figure 6). Au contraire, d'autres sont très spécialisés d'une famille, comme les groupes *Cyperi*, *Avenae* et *Sacchari* qui se développent exclusivement sur les plantes de la famille des *Poaceae*, ou encore le groupe *Schachtii* dont les espèces se développent principalement sur les *Fabaceae*, excepté *H. schachtii* qui semble avoir acquis la capacité à se développer sur d'autres familles botaniques telles que les *Chenopodiaceae* ou les *Brassicaceae*.

### **B. Les nématodes du genre *Globodera***

Les nématodes à kyste du genre *Globodera* sont des nématodes présentant une très grande spécificité d'hôtes et sont principalement inféodés aux Solanacées (Figure 6), excepté par exemple *G. artemisiae* qui se développe aussi sur les *Asteraceae* et les *Rosaceae*. Trois espèces principales composent ce genre : *G. pallida*, *G. tabacum* et *G. rostochiensis*. Actuellement, les nématodes à kyste de la pomme de terre, *G. pallida* et *G. rostochiensis*, sont définis comme des organismes de quarantaine<sup>(2)</sup>.

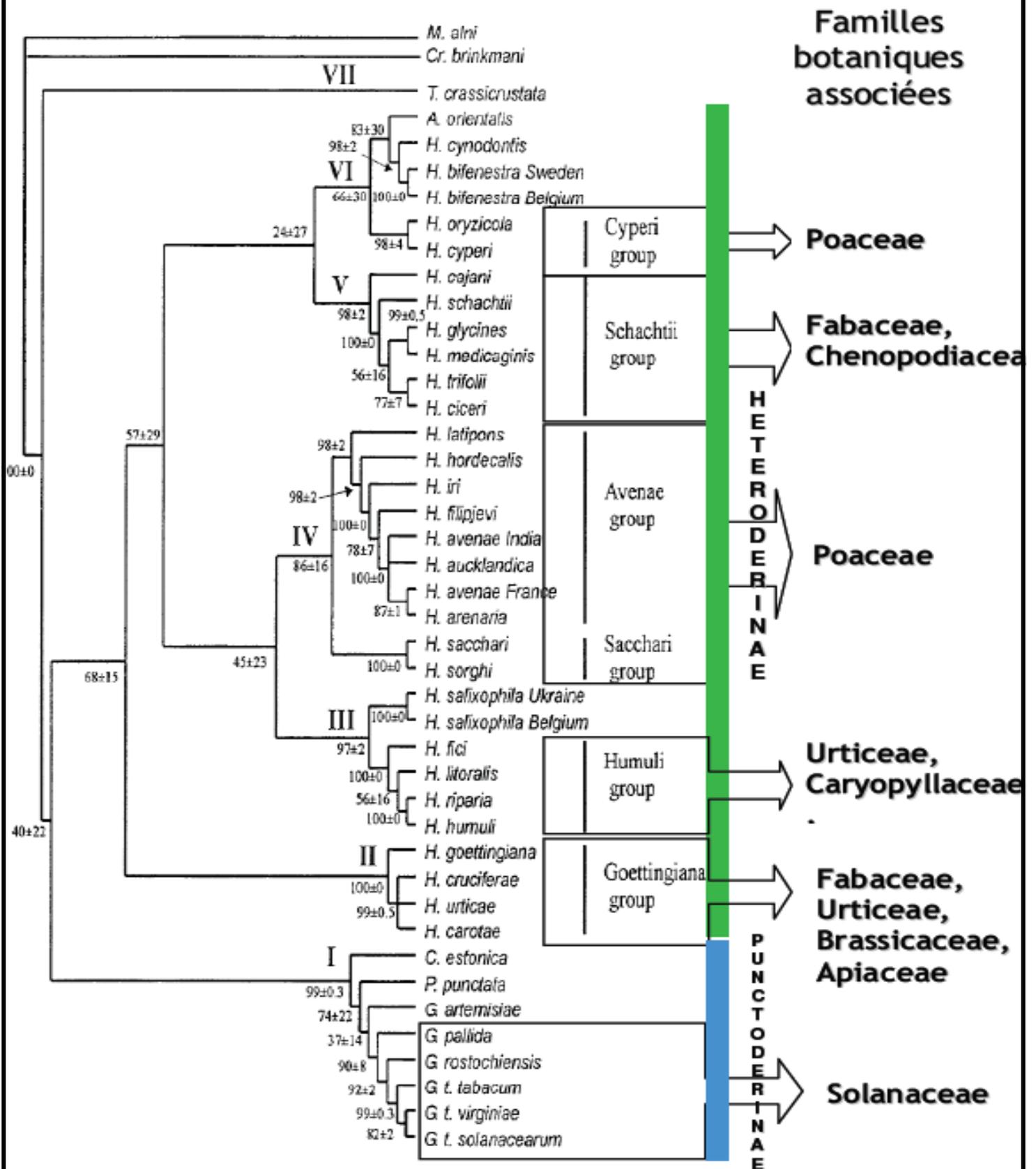


Figure 6 : Phylogénie des nématodes à kyste basée sur les séquences des régions ITS de 40 espèces et sous-espèces de la famille des Heteroderidae (d'après Subbotin et al., 2001).

## **5- BIOLOGIE DES NEMATODES A KYSTE : GLOBODERA & HETERODERA**

### **5-1 Cycle de développement**

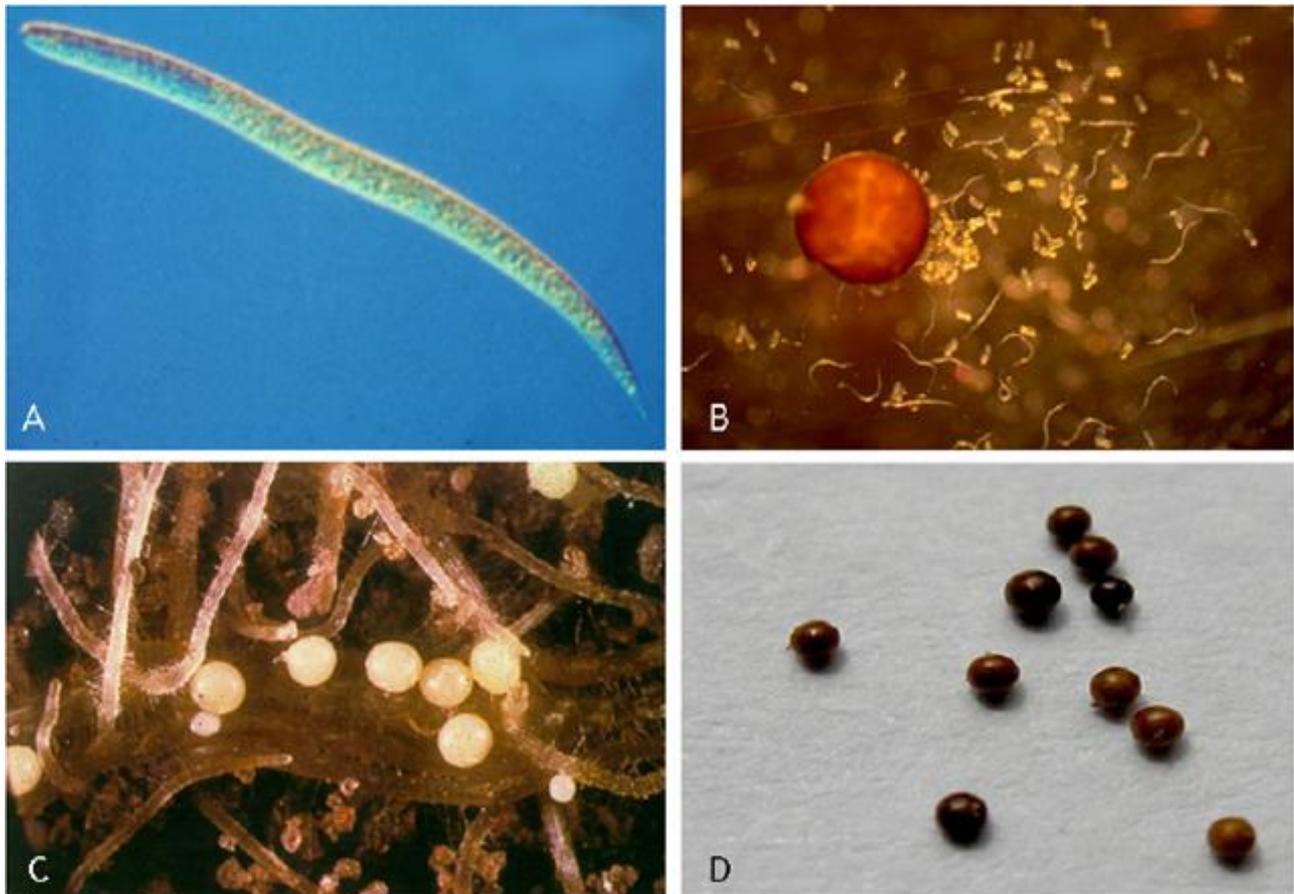
Afin de lutter contre ces nématodes, il apparaît essentiel de connaître leur biologie afin d'identifier les étapes clés du parasitisme et notamment les mécanismes moléculaires régissant l'induction des différentes étapes. En connaissant mieux les interactions et la biologie de ces organismes, il devrait être plus évident de définir les phases auxquelles il faut agir pour lutter de façon efficace contre ces parasites. Les seconds stades larvaires (stades infestants, Figure 7A) contenus dans les kystes perçoivent les exsudats radiculaires émis par la plante hôte et sortent du chorion (Figure 8). Ils se dispersent alors dans le sol et se dirigent vers les zones d'élongation de la racine hôte. Les juvéniles pénètrent la racine de façon mécanique à l'aide de leur stylet perforateur dans la zone apicale et migrent de façon intra cellulaire jusqu'au cylindre central. Les juvéniles utilisent leur stylet pour percer une cellule du cylindre central et induisent un site nourricier appelé syncytium par digestion des parois des cellules adjacentes. Le cytoplasme de ces cellules devient dense, la vacuole se rétrécit et le noyau devient multilobé. C'est la phase de sédentarisation du nématode. Le syncytium peut être formé de près de quinze cellules et fait office de cellule nourricière permettant l'alimentation et le développement des nématodes. Ils déploient une grande diversité de protéines au cours de leur stratégie parasitaire. Les principales clés de réussite du parasitisme sont liées à leurs sécrétions salivaires qui sont supposées intervenir tant lors des phases de migration que lors de la mise en place du parasitisme. Bien que de nombreuses protéines aient déjà été identifiées, les mécanismes d'induction du syncytium sont encore mal connus. Une fois le site nourricier induit, les nématodes sédentarisés, perdent leur aspect vermiforme et subissent trois mues successives pour passer au stade adulte. Les mâles ressortent de la racine pour migrer activement dans le sol.

Les femelles, quant à elles, se renflent et deviennent citriforme (présence d'un cône vulvaire) pour les *Heterodera* et piriforme (pas de cône vulvaire) pour les *Globodera* (Figure 7C).

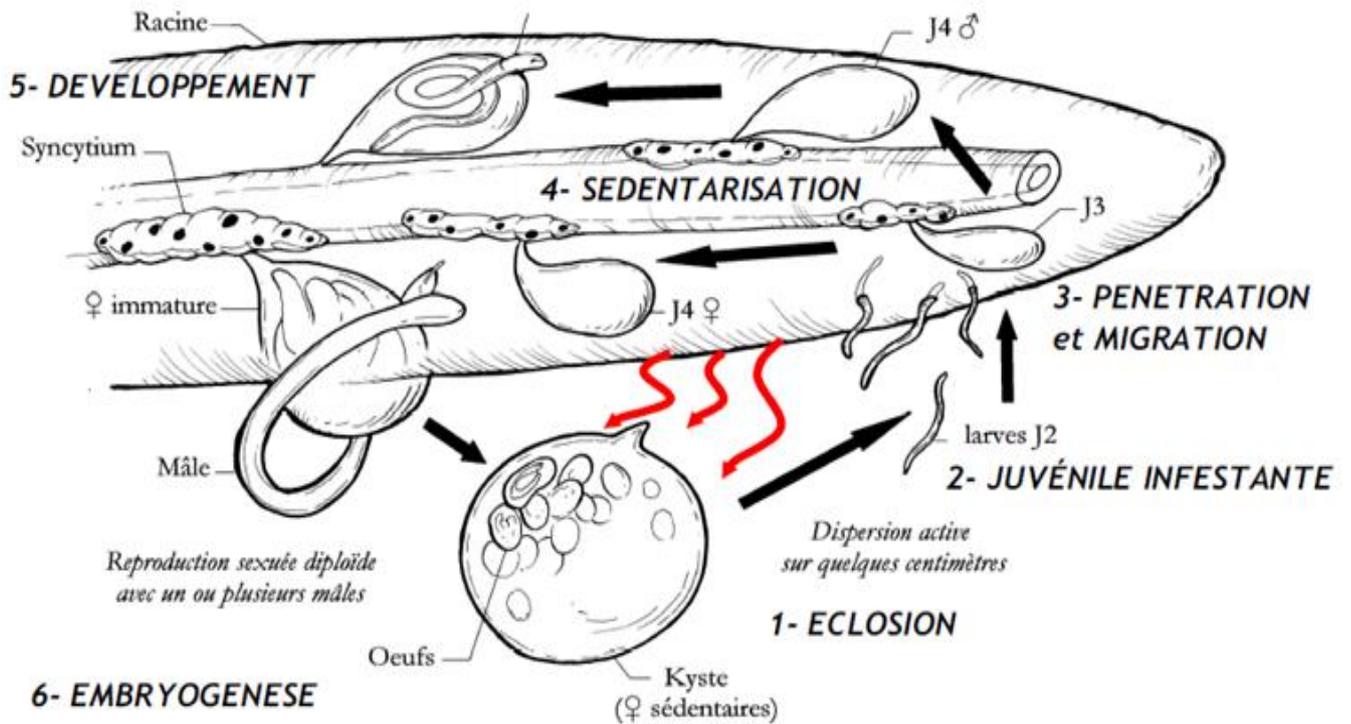
Elles font saillie à la surface de la racine hôte. Les nématodes à kyste ont une reproduction amphimictique. Les mâles sont attirés par les phéromones libérées par la cuticule de la femelle. La femelle fécondée produit des œufs puis meurt et se transforme alors en kyste (Figure 7D) qui se désolidarise de la racine. Ce kyste qui contient jusqu'à 1000 œufs (Figure 7B) qui entrent en diapause, peut résister de nombreuses années dans

le sol. Le cycle de développement complet est achevé en 30 jours à 20°C. En général, une seule génération par an est observée en conditions naturelles chez les *Globodera*.

Une connaissance approfondie du cycle biologique a permis de définir les étapes dites "clé" du parasitisme, essentielles au succès du parasite à se développer à l'intérieur de l'hôte. Les recherches portent donc sur les mécanismes impliqués dans ces étapes afin de mieux déterminer les stratégies de lutte à mettre en place de façon efficace.



**Figure 7 : Nématodes à kyste du genre *Globodera*.** A : Juvénile de second stade de *G. pallida*, B : kyste ouvert de *G. pallida* (Photo : INRA), montrant les œufs de nématodes, C : femelles de *G. pallida* faisant saillie à la surface de racines de pomme de terre D : kystes de *G. pallida* (Photo : INRA)



**Figure 8 : Cycle biologique des nématodes à kyste du genre *Globodera*.** Les flèches rouges symbolisent l'émission d'exsudats radiculaires par la plante hôte qui sont ensuite perçus par les nématodes dans le kyste.

## 6. METHODES DE LUTTE CONTRE LES NEMATODES À KYSTE

L'utilisation de substances chimiques est actuellement la méthode de lutte la plus utilisée. Néanmoins, face à l'interdiction progressive et planifiée des nématicides du fait de leur toxicité pour l'environnement ainsi que pour les utilisateurs, il est urgent de proposer des méthodes de lutte alternatives. Certaines relevant de pratiques culturales ou d'interventions techniques existent mais ne semblent pas être suffisamment efficaces : prophylaxie, lutte culturale, lutte physique. La lutte biologique a également été envisagée mais ne semble pas être applicable en conditions de culture pour le moment. Actuellement, les méthodes de lutte les plus prometteuses reposent sur l'utilisation de variétés résistantes suffisamment efficaces et qui peuvent assurer un contrôle durable des populations de nématodes.

### **a- Prophylaxie :**

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

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

### **b- Lutte culturale**

Il existe trois types de lutte culturale :

- Utiliser des variétés qui résistent le mieux aux attaques de nématodes
- Abaisser le niveau de population au dessous du seuil de nuisibilité par utilisation de plantes nématicides ou de plantes pièges (Scholte *et al.*, 2000)
- Modifier les pratiques culturales pour éviter la multiplication du nématode : récolte précoce des pommes de terre avant maturité des nématodes, par exemple.

Ces méthodes ne sont pas forcément les plus adaptées ou les plus faciles à mettre en place.

### **c- Lutte physique**

Il existe deux moyens de lutte physique :

- La solarisation (augmentation de la température du sol, en surface, par bâchage)
- L'inondation (les nématodes meurent par asphyxie).

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

### **d- Lutte chimique**

Il existe trois types de traitements chimiques :

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

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

### **e- Lutte biologique**

- ✓ Certains micro-organismes sont connus pour contrôler des nématodes phytoparasites des genres *Globodera*, *Meloidogyne* et *Pratylenchus* :
- ✓ Champignons du sol : prédateurs (*Arthrobotrys irregularis*) ou parasites des nématodes (*Paecylomyces lilacinus*)
- ✓ Certaines bactéries du genre *Bacillus* ou *Pasteuria*

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

### **f- Lutte génétique : utilisation de résistances naturelle et/ou artificielles**

#### **• Utilisation de variétés résistantes**

Les plantes sont constamment confrontées aux attaques de pathogènes de toutes natures (virus, bactéries, champignons, insectes, nématodes). Pour se défendre, elles ont développé au cours de leur évolution un système de défense constitué par un large spectre de gènes de résistance. La difficulté est d'identifier ces ressources génétiques afin de les utiliser pour lutter contre les pathogènes. En nématologie, une plante est considérée comme résistante aux nématodes à kyste lorsqu'elle permet de réduire très fortement ou totalement le nombre de femelles formées par rapport à un témoin non résistant. Chez ces nématodes, deux modes de résistance ont été observés en fonction de leur délai d'action après une attaque par le parasite (Marché *et al.*, 2001). Les réactions les plus précoces sont souvent des réactions d'hypersensibilité pendant l'induction du site nourricier. Cette réaction semble être identique à celles observées contre d'autres pathogènes. Les juvéniles de second stade n'évoluent alors pas jusqu'au stade adulte. Un deuxième type de réaction rencontré chez les plantes provoque la masculinisation des

nématodes adultes. C'est notamment le cas du gène Hero A qui initie tardivement la réponse à une infestation par le nématode, induisant une atrophie ou un développement anormal du site nourricier provoquant la formation de mâles (la détermination du sexe chez les nématodes à kyste est épigénétique).

Même si l'utilisation de résistances naturelles semble être la méthode la plus attractive notamment parce qu'elle est respectueuse de l'environnement et moins coûteuse que l'application de nématicides, elle présente cependant certaines limites dans l'état actuel des connaissances. Les sources de résistances utilisées présentent souvent une grande spécificité et ne sont efficaces que contre une espèce, voire une population. C'est le cas notamment du gène de résistance H1 de la pomme de terre qui ne permet de contrôler que les populations de *G. rostochiensis* de pathotype

- **Résistances artificielles**

Les données moléculaires acquises et en cours d'acquisition sur les mécanismes moléculaires qui régissent le succès du processus parasitaire du nématode sur son hôte ont une importance d'un point de vue cognitif mais également appliqué. En effet, de meilleures connaissances du fonctionnement du pathogène permettraient d'avoir une meilleure vision des stratégies de lutte à adopter. Si les molécules clé du succès parasitaire étaient identifiées, tels que les gènes du pouvoir pathogène, elles pourraient constituer des cibles d'intérêt pour la création de résistances artificielles, autrement dit de plantes génétiquement modifiées capables d'inhiber la mise en place du parasitisme par les nématodes. Les deux stratégies de création de résistances artificielles sont :

- 1- d'empêcher l'alimentation du nématode par la destruction ou l'atténuation spécifique du fonctionnement du site nourricier (ex : composés phytotoxiques),
- 2- de cibler directement le nématode (locomotion, perception chémosensorielle, neurotransmission, mue, digestion, reproduction, développement...).

Même si cette deuxième possibilité est attrayante du fait du large spectre de nématodes qui pourrait être ciblé, la première stratégie semble la plus envisageable au regard des connaissances actuelles sur le système sécrétoire des nématodes. Ainsi, des études se sont focalisées sur l'utilisation de techniques pouvant cibler les sécrétions salivaires et d'autres plus prospectives sur l'extinction de gènes du parasite (Alexandra 2007).

## CHAPITRE 2

### LA POMME DE TERRE

#### 1- Historique de la pomme de terre :

La pomme de terre a pris naissance dans les pays andins et plus particulièrement près de Littoral du Pérou, 8000 à 9000 ans avant JC. Les Incas l'ont cultivé sous le nom de papa et elle porte toujours ce nom en Amérique latine. Les zones les plus riches en espèces sont le centre du Mexique. L'habitat s'étage de 0 à 4000 m et regroupe des zones de type arbustifs et prairial (Anonyme ,2000). Il n'y a pas de document sur la date précise d'arrivée de cette plante sur l'Europe, il est probable qu'à l'époque, personne n'imaginait l'importance que pourrait prendre cette production agricole. On pense cependant que la pomme de terre arriva quelque années avant la fin du XVI<sup>ème</sup> siècle et ceci par deux entrées; la première l'Espagne vers 1570 et la seconde les îles Britanniques (1588-1593) (Rousselle *et al.* , 1996). En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite une première fois au XVI<sup>ème</sup> siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région : tomate, poivron, maïs, tabac ... puis elle est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt. Dans la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, les colons vont la cultiver pour leur usage, car les algériens y sont réticents malgré les disettes successives.

#### 2- Taxonomie et origine :

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa,1963), comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Doré *et al.* ,2006 ; Hawkes ,1990) , on pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S tuberosum*, dès 1929, les botanistes avaient montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivés, des plantes sauvages différentes (Rousselle *et al.* , 1992 ; Doré *et al.* ,2006).

#### 3- Botanique :

selon Rousselle *et al.*, (1996), la plante est une espèce herbacée vivace par ces tubercules mais cultivée en culture annuelle. Elle est constituée de deux parties :

- **Une partie aérienne :**

Avec des tiges prostrées ou dressées, mesurant un mètre ou moins, les feuilles sont oblongues et pointues, les fleurs ont une couleur variante du blanc au violet, les fruits sont des baies de la taille d'une cerise, plus ou moins grosses, charnues, lisses, largement aplaties et sillonnées de deux cotés, celles-ci contiennent un grand nombre de petites graines, lenticulaires, blanches attachées à un placenta hémisphérique et enveloppées d'une substance pulpeuse, comme les tiges et les feuilles, les fleurs contiennent une quantité significative de solanine , un alcaloïde toxique caractéristique du genre *Solanum* (Bruton ,1998). Cette partie de la plante permet une reproduction sexuée.

- **Une partie souterraine :** La plante comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (Darpoux et Delelly, 1967), et porte aussi des racines nombreuses, fines et fasciculées qui peuvent pénétrer profondément dans le sol s'il est suffisamment meuble (Soltner, 2005). Cette partie porte aussi des tubercules : C'est l'organe le plus intéressant de la plante, qui confère à la pomme de terre sa valeur alimentaire

#### **4- Le cycle de vie et mode de reproduction :**

##### **a. Cycle sexué :**

Les phénomènes que nous venons d'indiquer ne favorisent pas la fructification. Le fruit est un baïe sphérique ou ovoïde de 1-3 cm de diamètre, de couleur verte brun violacé jaunissant à la maturité. Il contient généralement plusieurs dizaines de graines et peut contenir jusqu'à 200 graines (Rousselle *et al.*,1996). La pomme de terre est très peu produite par graines dans la pratique agricole, en même temps la graine est l'outil de création variétale. La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol, par le développement de l'hypocotyle, en conditions favorables. Quand la jeune plante à seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau de cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules

**b. Cycle végétatif :**

Le cycle végétatif est un cycle annuel en quatre phases :

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

# La pomme de terre

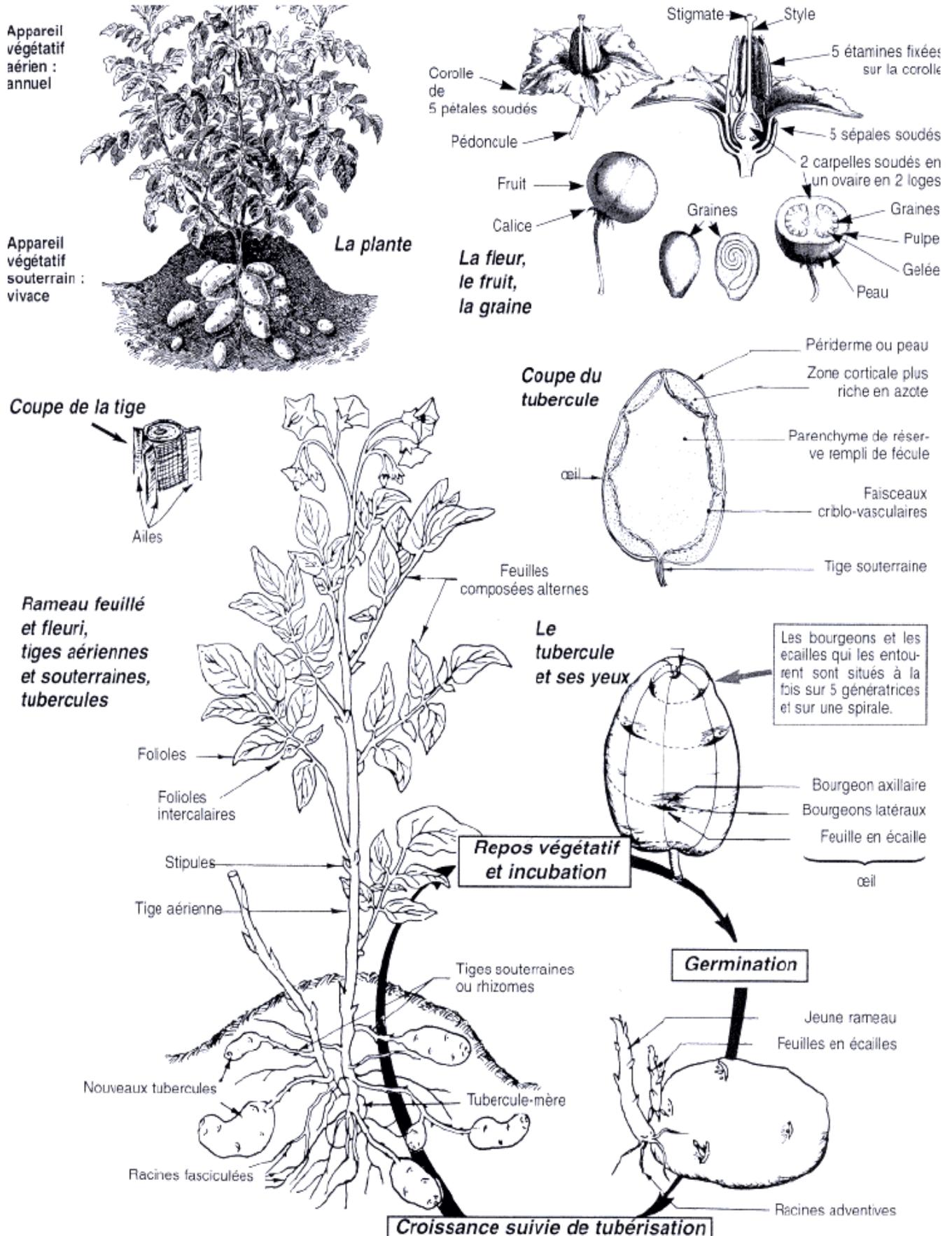


Figure 9 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif. (Soltner ,2005)

**5- Les maladies et les ennemis de la pomme de terre :** les principaux ennemis sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 1:** Les principales maladies de la pomme de terre (Bernhards, 1998 ).

| Les maladies                                  | La cause   | Les symptômes  |
|---|--|--|
| <u>Mildiou de la pomme de terre</u>           | Phytophthora infestant ce champignon se transmet par le vent   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brunissement de la base des tiges ou de portions de tige et de pétioles</li> <li>▪ Taches jaunâtres devenant brunes sur les feuilles de la base</li> </ul>  |
| <u>Virus X</u>                                | Virus X .Ce virus transmet par frottement  | Décoloration bénigne en forme de mosaïque légère entre les nervures.   |
| <u>Virus M</u>                                | Virus M. Le vecteur de cette maladie sont les pucerons   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faible décoloration des nervures, folioles apicales.</li> <li>▪ Légère coloration rougeâtre des feuilles terminales.</li> <li>▪ Une ondulation des bords et la formation de taches en mosaïque</li> </ul> |
| <u>Tache de rouille</u>                       | Virus du ratte   | Une coupe des tubercules montre des tissus morts sous forme de tache rouge-brun  |
| <u>Cœur noir et Cœur creux</u>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bactéries de pourriture apparaît à cause du manque d'O<sub>2</sub></li> <li>▪ Le brusque passage de période sèche à période humide et vice-versa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les tissus de tubercules montre un surface de tissus noirs.</li> <li>▪ Excès de fumures azotées</li> </ul>  |
| <u>Rhizoctone brun</u>                        | Rhizoctonia. Maladie fongique.   | Attaques sévères sur les tiges et les stolons et enroulement des feuille   |
| <u>Bactéries pathogènes du genre Erwinia.</u> | Bactéries pathogènes du genre Erwinia, cette bactérie se transmet par la pluie, l'eau d'irrigation et les insectes.  | La jambe noire (des nécroses de la base des tiges.).   |
| <u>Nématodes.</u>                             | Globodera rostochiensis et Globodera pallida   | Mauvaise croissance du végétal<br>Nanisme  |
| <u>Puceron vert du p écher</u>                | Puceron vert du p écher  | Déformation du limbe   |
| <u>PLRV (potato leafroll virus).</u>          | Virus d'enroulement de la pomme de terre causé par l'accumulation d'amidon qui rend les feuilles dures   | Enroulement des feuilles<br>Le nanisme de la plante  |

## **6- Les nématodes et la pomme de terre**

Les nématodes sont des vers non-segmentés filiformes ou ronds de taille microscopique. On les trouve surtout dans le sol et dans l'eau. Des milliers d'espèces n'ont aucune importance pathologique, cependant quelques-unes provoquent des dégâts aux pommes de terre.

### **6-1- Importance des nématodes**

Les nématodes représentent l'un des principaux groupes d'organismes vivant dans le sol aux abords des racines des plantes. Ils jouent souvent un rôle vital dans le développement et le rendement des plantes. On parle souvent de "vers filiformes" et de "vers ronds" pour désigner les nématodes parasites des vertèbres, tandis que "anguillules" s'applique aux espèces de nématodes libres et parasites des végétaux.

Les quelques espèces de nématodes qui provoquent des dégâts aux pommes de terre peuvent entraîner une baisse de rendement jusqu'à 20%. En plus de pertes directes de rendement, certains nématodes nuisent à la qualité du tubercule. Les tubercules infectés sont invendables et impropres à la consommation humaine. Lorsqu'on les utilise comme plants, les tubercules infectés peuvent devenir une source d'inoculum et de dissémination des nématodes. Les œufs de certaines espèces ont une durée de vie de plusieurs années dans le sol. Certains nématodes sont vecteurs de virus, d'autres agissent en interaction avec d'autres agents pathogènes pour provoquer des complexes de maladies. Ils peuvent aussi affecter la résistance des plantes aux autres pathogènes.

- **distribution géographique :**

Plus de 40 espèces de nématode infectent les pommes de terre, mais il y'en a que quelques-unes qui ont une importance réelle. La plupart de ces nématodes responsables de dégâts sont répartis dans le monde entier et ont une gamme d'hôtes relativement étendue.

Le tableau présente la répartition à travers le monde des principaux nématodes déprédateurs en culture de pommes de terre. (Franco, 1987)

**Tableau 2 :** Principaux nématodes déprédateurs en culture de pommes de terre (p de t) à travers le monde (Franco, 1987).

| Nom scientifique               | Nom commun                                     |                                    |
|--------------------------------|--|------------------------------------|
| <i>Globodera pallida</i>       | Nématode à kyste de la pdt                     |                                    |
| <i>Globodera rostochiensis</i> | Nématode doré ou<br>nématode à kyste de la pdt |                                    |
| <i>Meloidogyne</i> sp.         | Nématodes endoparasites des racines            |                                    |
| <i>Nacobbus aberrans</i>       | Faux nématode de la<br>nodosité des racines    |                                    |
| <i>Pratylenchus</i> sp.        | Nématodes des lésions radiculaires             |                                    |
| <i>Ditylenchus destructor</i>  | Nématode de la<br>pourriture du tubercule      |                                    |
| <i>Ditylenchus dipsaci</i>     | Nématodes du bulbe et des tiges                |                                    |
| vecteurs<br>de virus           | <i>Longidorus</i> sp.                          | Nématode aiguille                  |
|                                | <i>Paratrichodorus</i>                         | Nématode de l'atrophie radiculaire |
|                                | <i>Trichodorus</i> sp.                         |                                    |
|                                | <i>Xiphinema</i> sp.                           | Nématodes stylets                  |

### 6-2- Facteurs édaphiques influençant les nématodes

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

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

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

## 7- Relation pommes de terre -Nématode à kyste

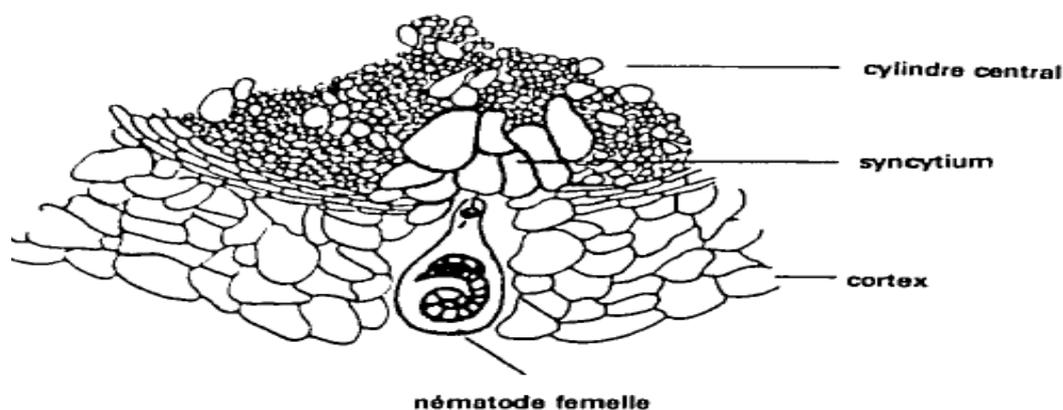
Les nématodes à kyste de la pomme de terre sont des parasites des racines bien adaptés. La stimulation des exsudats racinaires de l'hôte assure l'éclosion des nématodes uniquement dans des conditions favorables: là où ils peuvent trouver des racines de pomme de terre.

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

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

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

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



**Figure 10 : Les cellules élargie, appelées "syncytia" ou "cellules de transfert" fournissent les femelles en nourriture de manière permanente. (Scurrah. 1977)**

## 8- Détermination des densités de population de nématodes

Il est important de reconnaître la densité de population des nématodes à kyste des pommes de terre dans le sol pour mettre en œuvre des méthodes de lutte efficaces. Les méthodes les plus habituelles pour déterminer la densité de population des nématodes sont l'analyse du sol et l'observation des racines.

- **L'analyse du sol** : Le sol est analysé par un laboratoire de nématologie qui utilise les échantillons de sol que l'agriculteur a prélevé dans ses champs. Le laboratoire analyse les échantillons en mettant en suspension la terre sèche dans un récipient d'eau et en comptant le nombre de kystes flottant à la surface. Un échantillon de kystes est ouvert et le nombre d'œufs et de larves est compté pour déterminer leur viabilité totale.

Une méthode au champ facile, dérive de l'analyse du sol, donne une estimation approximative de l'infestation de nématodes. Placez une poignée (environ 50 g) de terre bien mélangée de différents endroits du champ dans une bouteille en verre clair. Ajoutez suffisamment d'eau pour humidifier complètement la terre et secouez vigoureusement la bouteille. Remplissez la bouteille d'eau jusque près du bord. Les kystes de l'échantillon vont flotter à la surface de l'eau indiquant la quantité de kystes dans l'échantillon. Versez la partie du dessus sur un papier absorbant afin que les kystes puissent être examinés plus attentivement ou comptés à l'aide d'une loupe de poche.

- **L'observation des racines** : Dans les stations d'expérimentation, on utilise une méthode "biologique" pour déterminer l'infestation du sol. Deux à trois mois avant la plantation, des tubercules en germination sont placés dans des pots contenant des échantillons de terre provenant du champ contrôlé. Si le champ est infesté, les nématodes à kyste de la pomme de terre peuvent être détectés visuellement après 8 semaines par les corps ronds des femelles qui se développent sur les racines à la périphérie de la motte.

Un agriculteur peut estimer de manière approximative l'infestation du champ en examinant les racines des plantes peu avant la floraison. À ce stade de développement de la plante, les femelles ont rompu le cortex de racine et les corps ronds sont visibles à l'œil nu.

Les niveaux critiques d'infestation dépendent des situations locales. Des essais pratiques, comparant des parcelles non traitées et des parcelles traitées avec des nématicides peuvent aider à déterminer à quel niveau d'infestation le rendement des pommes de terre est touché (Scurrah, 1977).

## CHAPITRE 3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1- Présentation de la wilaya de Guelma

#### 1-1 Situation géographique

La Wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud.

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km<sup>2</sup>. Elle est limitrophe aux Wilayas de:

- Annaba, au Nord,
- El Taref, au Nord-est,
- Souk Ahras, à l'Est,
- Oum El-Bouaghi, au Sud,
- Constantine, à l'Ouest,
- Skikda, au Nord-ouest,

#### 1-2 Le climat

Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de 4°C en hiver à 35.4°C en été, est en moyenne de 17,3° C.

Quant à **la pluviométrie**, on enregistre :

- \* 654 mm/an à la station de Guelma
- \* 627 mm/an à la station d'Ain Larbi
- \* 526 mm/an à la station de Medjez Amar

Cette pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu'à près de 700 mm/an au Nord. Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide (Octobre - Mai).

#### 1-3 Secteur de l'Agriculture

Les cultures à développer qui nécessitent des investissements sont :

1. Cultures fruitières
2. Cultures maraîchères
3. Céréaliculture
4. Cultures industrielles.

✓ **S.A.T** : 264.618 ha, soit 71,77 % de la superficie totale de Wilaya.

✓ **S.A.U** : 187.338 ha, soit 50,81 % de la superficie totale de Wilaya.

Superficie Irriguée est de 11.841 ha, soit 6.32 % de la S.A.U. Cependant, il est attendu que cette superficie évoluera à la hausse grâce à la mise en service totale du périmètre d'irrigation et aux autres projets de mise en valeur en irrigué, pour atteindre, à long terme, 26000 ha, soit 13,88 % de la S.A.U. (DSA Guelma)

**1-4 Production de pomme de terre** : les données relatives à la production de la pomme de terre dans la wilaya de Guelma sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 3** : production de pomme de terre à la wilaya de Guelma (DSA)

| Campagne  | Arrière-saison |          |                |          | Saison       |          |                |          |
|-----------|----------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|----------------|----------|
|           | Consommation   |          | Multiplication |          | Consommation |          | Multiplication |          |
|           | Sup (Ha)       | Pro (Qx) | Sup (Ha)       | Pro (Qx) | Sup (Ha)     | Pro (Qx) | Sup (Ha)       | Pro (Qx) |
| 2008/2009 | 1188.5         | 217100   | 225            | 45900    | 398          | 99022    | 190            | 43620    |
| 2009/2010 | 1218           | 245204   | 781            | 184110   | 553.5        | 177752   | 253.5          | 83990    |
| 2010/2011 | 2141.5         | 633265   | 398.5          | 129835   | 645          | 197286   | 166            | 55328    |
| 2011/2012 | 1493.5         | 482519   | 443            | 140145   | 555.5        | 181129   | 181.5          | 58675    |
| 2012/2013 | 1491.5         | 516555   | 494.5          | 164275   | 553          | 185150   | 243            | 81050    |
| 2013/2014 | 1733           | 514252   | 521            | 162221   | 338          | 116850   | 162            | 55215    |
| 2014/2015 | 720            | 224984   | 519            | 164351   |              |          |                |          |

## **2- Méthodologie d'étude : Techniques Nématologiques**

### **2-1 Au champ :**

Le travail de terrain s'est déroulé dans plusieurs communes de la wilaya de Guelma à savoir : Belkheir ; Boumahra Ahmed, Elfedjoudj, D.khmissi, Bni Mezline, H.Boumedién, Bouchegouf et Oued Zenati. Tout cela, afin de signaler la présence ou l'absence des nématodes à kyste, en fonctions des étapes suivantes :

### 2-1-1 Échantillonnage de sol

Après avoir observé les symptômes d'une possible infestation par les nématodes, nous avons réalisé un échantillonnage de sol en Zigzag.

#### a. Outils d'échantillonnage

Les outils et accessoires les plus utiles afin d'échantillonner, quelques-uns sont montrés sur la figure 11, comprennent une pelle-bêche, une gouge, des sachets en polyéthylène et des étiquettes. La gouge pour le sol doit avoir une lame de 20–30 cm, cylindrique ou semi cylindrique. La terre se détache plus facilement des gouges semi cylindriques. Des marqueurs permanents pour écrire sur le sachet, un stylo et un carnet sont également nécessaires pour noter les informations.



**Figure 11: Les outils de l'échantillonnage des nématodes (photo SRPV EI-Taref).**

#### b. Collecte des échantillons de sol

D'une manière générale, il est recommandé d'éviter de collecter des échantillons de sol trop sec ou trop humide. Il est préférable de diviser les très grandes surfaces (supérieures à 1 hectare) en parcelles élémentaires d'1 hectare pour l'échantillonnage. Prendre ensuite de 10 à 25 sous-échantillons et les rassembler pour former un échantillon composite de 3 à 4 kg. Prélever le sous-échantillon au niveau de la zone racinaire à l'aide d'une truelle, d'une gouge, d'une pelle ou de tout autre instrument adaptée au sol échantillonné. Prendre soin d'ensacher, d'étiqueter et de refermer hermétiquement le sachet contenant l'échantillon.

**c. Période d'échantillonnage**

La période optimale d'échantillonnage varie selon les plantes cultivées et est fonction des stades de développement de la plante et des objectifs de l'échantillonnage (diagnostic ou prévisionnel). L'échantillonnage prévisionnel est souvent réalisé tôt dans la saison, durant ou juste avant la plantation ou à la fin de la culture précédente afin de déterminer le nombre de nématodes présents (densité)

**d. Soins à porter aux échantillons**

Utiliser de solides sachets en plastique et les étiqueter clairement et systématiquement. Des étiquettes en plastiques, écrites au marqueur indélébile permanent ou au crayon, peuvent être placées dans les sachets d'échantillons ou de manière alternative, le numéro d'échantillon et les informations peuvent être écrites directement à l'extérieur du sachet en plastique avec un marqueur indélébile permanent. Il est recommandé d'attacher les étiquettes en papier à l'extérieur des sachets avec un lien ou une ficelle. Si vous utilisez des étiquettes en papier, il est préférable d'écrire au crayon à papier plutôt qu'avec un stylo à bille ou à encre (qui s'effacera ou deviendra illisible avec l'humidité). Toujours se souvenir qu'une étiquette en papier se détériore très vite en condition humide. On note : La date de prélèvement, Commune et lieu-dit de la parcelle, Le nom de l'agriculteur, Le lieu (et les coordonnées GPS quand c'est possible), Un numéro de référence (de parcelle ou de traitement) dans le cadre d'une expérimentation, Le précédent cultural.

Les nématodes sont très fragiles et périssables, et il est important de leur apporter les soins appropriés pour les conserver dans de bonnes conditions. Les échantillons ne doivent pas rester exposés au soleil directement ou dans un véhicule fermé au soleil. Ils ne doivent pas non plus attendre trop longtemps avant d'être traités au laboratoire.

Après échantillonnage, les échantillons devraient être placés dans une glacière (un conteneur thermorésistant;) (Figure12), ou emballés dans des boîtes en carton solide et placés au frais à l'ombre. S'il est impossible de procéder aux analyses immédiatement, les échantillons peuvent être conservés dans un réfrigérateur (approximativement 10°C) jusqu'à 2 semaines. Cependant, la survie des nématodes décroît avec le temps et les nématodes des régions chaudes peuvent souffrir du froid.



**Figure 12: Conservation des échantillons**

## **2-2 Au laboratoire :**

Nous avons réalisé notre analyse de sol au niveau de S.R.P.V. (**S**ta**R**tion **R**égionale de la **P**rotection des **V**égétaux) de la wilaya d'El -Taref.

SRPV est un établissement public à caractère administratif doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière (lié à l'INPV créé en février 1975 et ses statuts ont fait l'objet de réaménagements en 1993 et en 2000.) sous tutelle du Ministère de l'Agriculture. Le siège est situé à Elkos commune de Ben M'hidi Wilaya d'El-Taref

### **2-2-1 Objectif :**

L'objectif de cette analyse est la détection des nématodes à kyste de la pomme de terre en utilisant la technique de FENWICK. Cette méthode s'applique sur tous les types de sol, support de culture et déchets terreux ayant ou non portés de cultures.

Le principe de cette méthode est :

- Extraction par mise en suspension de la fraction du sol contenant les kystes
- Filtration sur tamis de 250  $\mu$ m
- Récupération de l'extrait sur papier filtre
- Séchage à température ambiante
- Préparation du résidu pour la récupération des kystes
- Examen morphologique des kystes par examen des cônes vulvaires

### **2-2-2 Matériel utilisés**

#### **➤ Petit matériel :**

- Verrerie courante de laboratoire

- Tige en verre, pinceau,
- Support adapté pour déposer les bandes papier filtre
- Tamis de récupération de maille 250 $\mu$ m (diamètre 10 à 20 cm) et de 800  $\mu$ m (Figure 13)
- Cristalliseur de dimension adaptée pour recevoir les bandes papier (Figure 14).



**Figure 13 : Des tamis (maille 250 $\mu$ m et 800 $\mu$ m) SRPV EI-Taref**



**Figure 14 : Cristalliseur (SRPV EI-Taref)**

➤ **Gros Matériel :**

- Appareil d'extraction : Model type FENWICK (Figure 15)
- Optique : loupe microscopique à éclairage épiscopique (Figure 16)



**Figure 15 : Appareil d'extraction : Model type FENWICK (SRPV EI-Taref)**

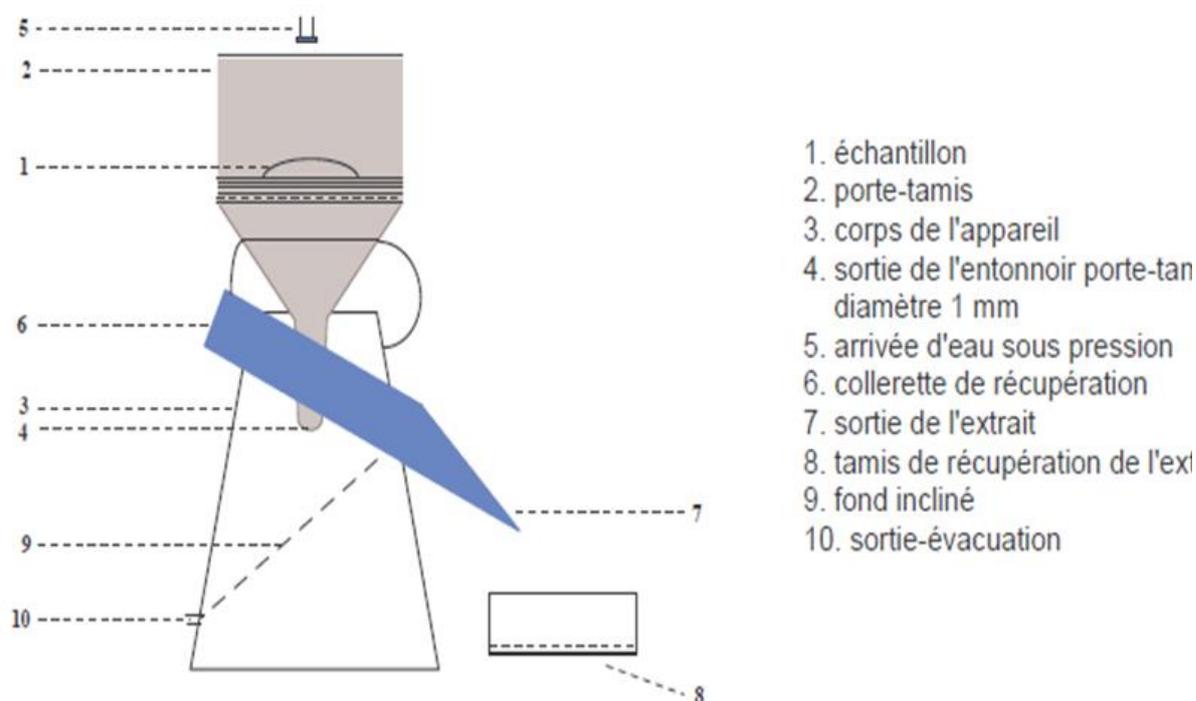


**Figure 16 : loupe microscopique à éclairage épiscopique (SRPV EI-Taref)**

### 2-2-3 Mode opératoire

#### a. Extraction : Réalisée selon la méthode **de Fenwick** :

Placer l'échantillon de sol sec (01) dans le tamis supérieur (2 mm de diamètre) de l'appareil préalablement rempli d'eau à l'aide d'un courant d'eau (5) le sol est entraîné dans l'appareil à travers le tamis supérieur ; maintenir le débit d'eau de manière à conserver un apport suffisant pour évacuer des éléments légers de densité inférieure à 1 (dont les débris organiques et les kyste) vers le tamis de maille 250 $\mu$ m (08) placé la collerette de récupération (06) de l'appareil ; l'apport d'eau est permanent jusqu'à épuisement de l'échantillon. (Figure 17)



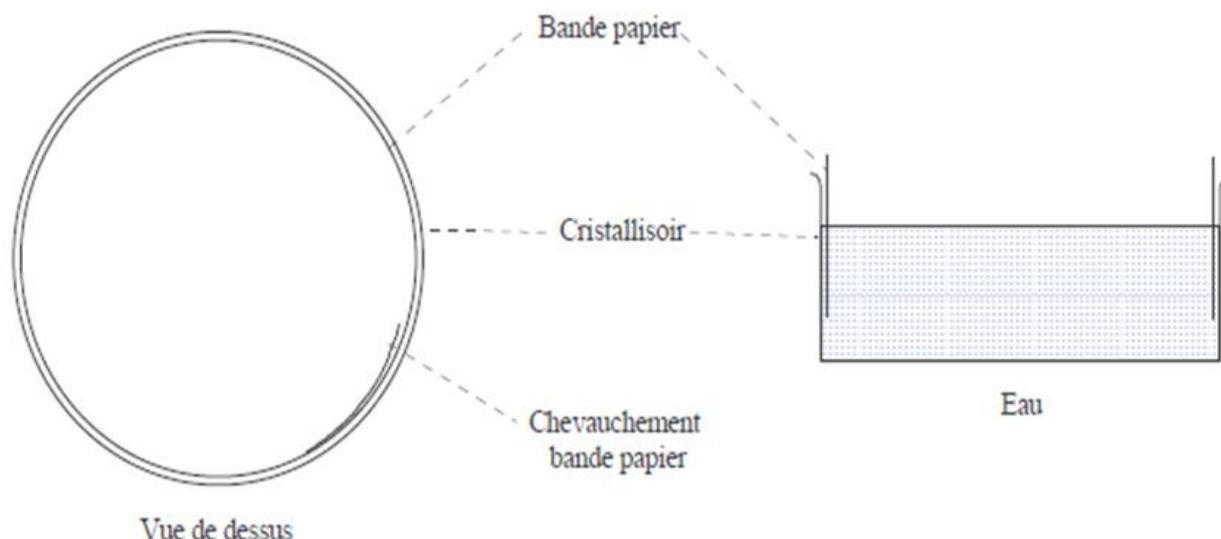
**Figure 17 : Appareil de FENWICK**

#### b. Récupération de l'extrait des tamis 250 $\mu$ m

La fraction retenue sur tamis de 250 $\mu$ m est nettoyée sous pression d'eau à l'aide d'un jet fin pour éliminer les particules de diamètre inférieurs ; elle est ensuite récupérée sur papier filtre par un jet de pissette.

**c. Préparation de l'Extrait**

- Disposer dans un cristallisoir une bande de papier buvard épais contre la paroi verticale interne, un léger chevauchement aux extrémités de la bande est à prévoir pour obtenir une couverture totale de la paroi interne.(Figure 18)



**Figure 18 : Disposition du papier filtre dans le cristallisoir**

- Remplir le cristallisoir d'eau à un niveau correspondant aux  $\frac{3}{4}$  de la hauteur de la bande de papier
- Triturer manuellement l'extrait sec pour obtenir un produit de texture fine
- Verser lentement l'extrait dans le cristallisoir à travers un tamis de  $800\mu\text{m}$
- Brassier délicatement la suspension à l'aide d'une tige de verre ou d'une spatule de manière à dissocier les éléments solides de l'extrait
- Laisser reposer jusqu'à obtenir l'immobilité des particules flottantes
- Déposer une goutte de dispersant au centre de cristallisoir afin de repousser les particules flottantes (résidu et kystes éventuelle) vers la bande de papier
- Retirer la bande délicatement et placer celle-ci sur un support (planchette) en vue de tri des kystes

**NB : la séparation entre les kystes et la matière organique est possibles également par la différence de densité en utilisant une phase liquide de densité intermédiaire, l'acétone ou autre produit reconnu équivalent.**

**d. Lecture**

- Placer la bande ou le filtre supportant l'extrait recueilli sous la loupe binoculaire pour le tri des kystes
- Trier a l'aiguille montée ou pinceau les kystes ou partie des kystes
- Recherche la présence des kystes sans cône vulvaire apparent

### 3- Résultats

#### 3-1 Évaluation des taux d'infestation de la pomme de terre par les nématodes à kyste dans les différentes régions

##### a- Pourcentage de la surface agricole infestée :

Notre travail a été réalisé dans plusieurs régions dans la wilaya de Guelma, cette dernière est caractérisée par un climat Subhumide dans sa partie Nord et semi-aride dans sa partie Sud.

Les échantillons ont porté sur des prélèvements de sol dans ces régions, la surface totale prospectée dans ces régions est 208.5 hectares. L'analyse nématologique a révélé la présence des nématodes à kyste dans plusieurs échantillons. La figure suivante montre le taux de la surface infestée et non infestée.

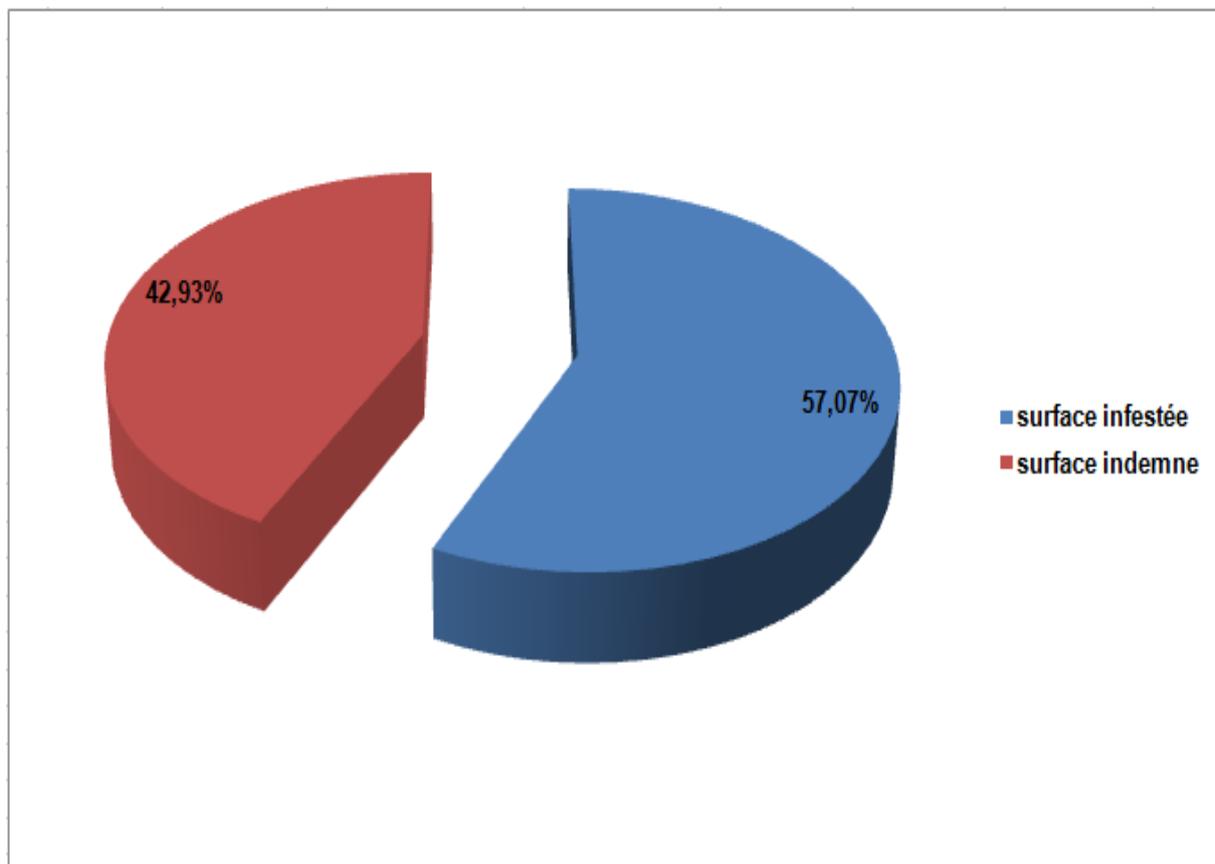


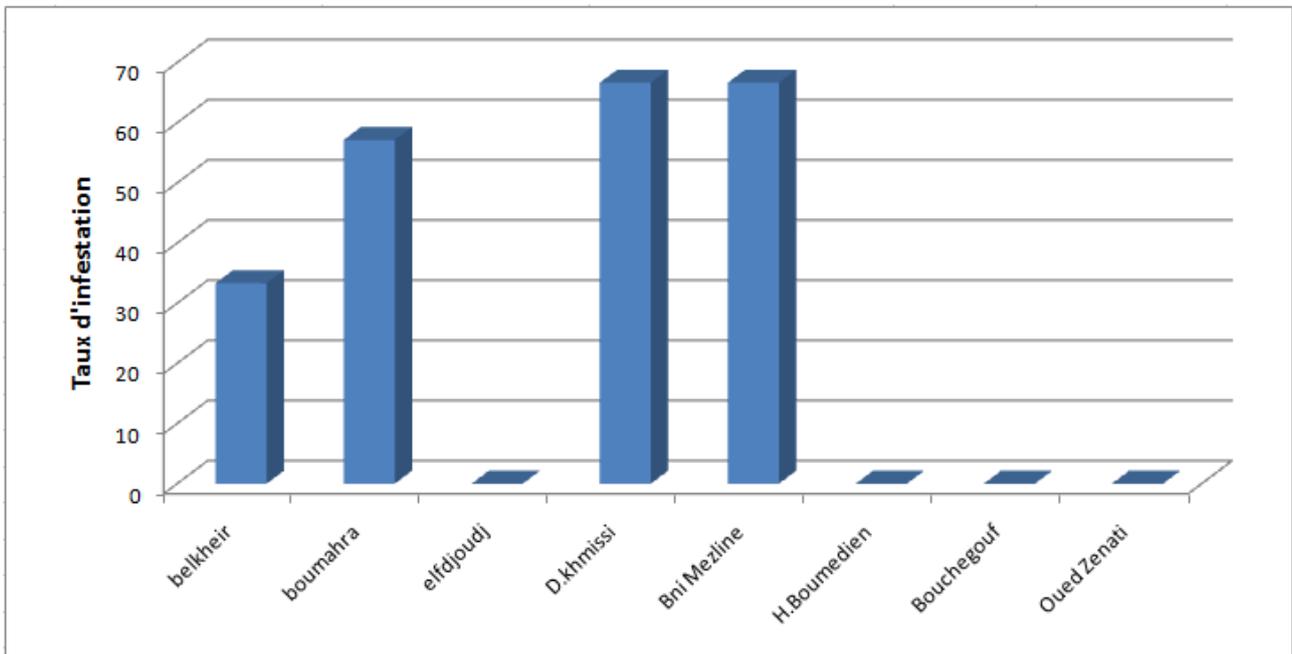
Figure 19 : Diagramme en secteur représente les pourcentages de la surface infestée et indemne par rapport à la surface totale

Alors cette enquête nous a permis d'identifier une population très importante de *Globodera pallida* et *rostochiensis* notamment ***Globodera pallida***

D'après le graphique ci-dessus, on remarque que le taux de la surface infestée a atteint 57% de la surface totale (119 hectares/208.5 hectares), alors que le pourcentage de la surface indemne était presque 43% (89.5 hectares)

**b- Les régions touchées par les nématodes à kyste**

Les résultats de l'infestation des régions sont représentés dans la figure suivante :



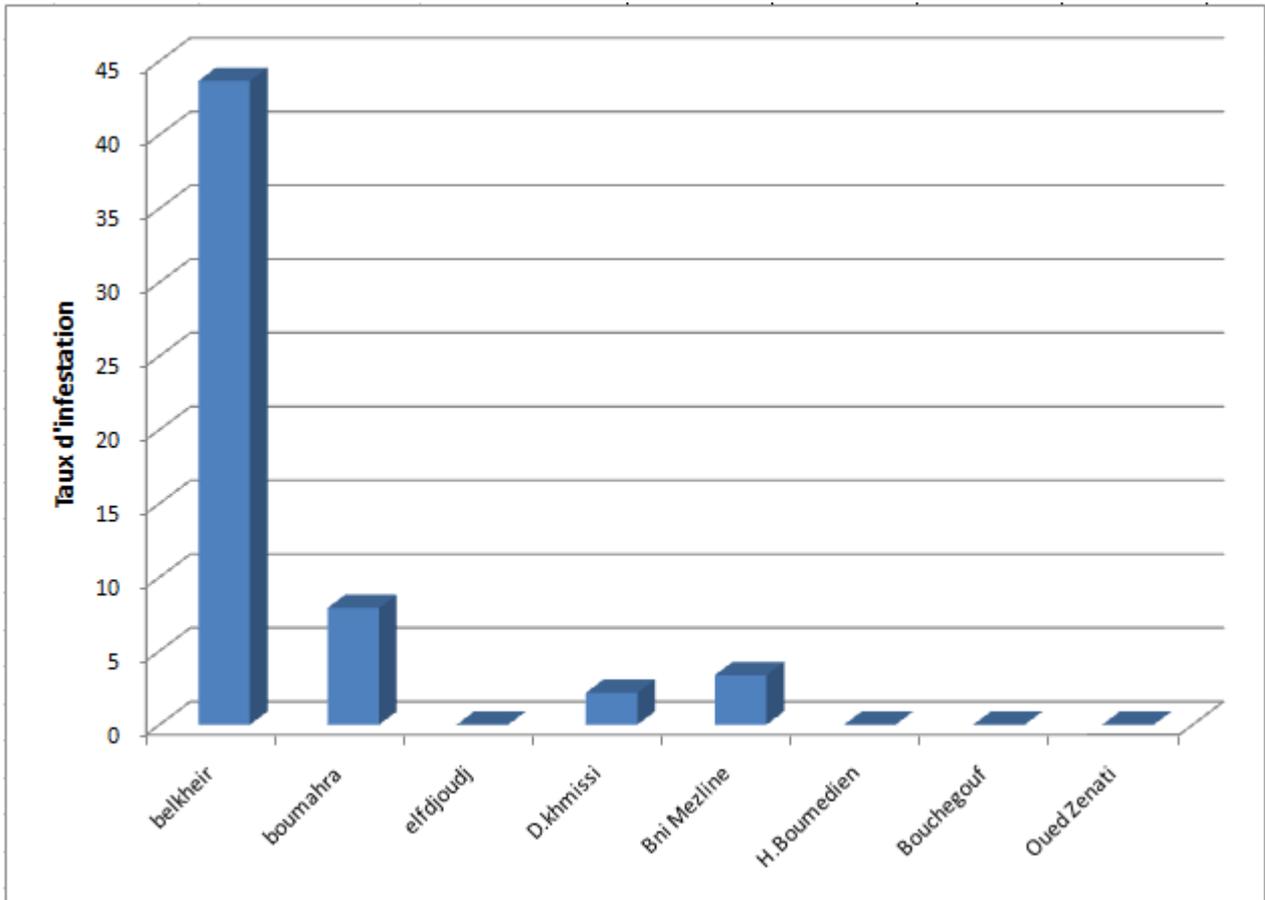
**Figure 20: Pourcentage des régions touchées par les nématodes à kystes dans chaque commune**

Dans la région de Belkheir, nous avons enregistré 33.33% des régions prospectées qui sont touchées par les nématodes à kyste, alors que dans la région de Boumahra Ahmed, 57.14%.

Dans les communes D.khmissi et Bni Mezline, 66.66% des régions sont infectées par ces nématodes. Concernant les autres communes ; Elfdjoudj, H.Boumedién, Bouchegouf et Oued Zenati, ne nous n'avons pas trouvés les nématodes à kyste dans nos prélèvements.

**c- Pourcentage des surfaces touchées par les nématodes à kyste pour chaque région :**

Les résultats sont mentionnés dans la figure suivante :



**Figure 21: Pourcentage des surfaces touchées par les nématodes à kystes dans chaque commune**

D'après la figure 19, nous constatons que la surface infestée est de 57%. Sur la base de ce chiffre, nous avons essayé de donner plus de détaille avec la figure 21 où nous avons remarqué que parmi 57%, il ya 43.64% appartient à la région de Belkheir, et 7.91% à Boumahra, 2.16% à D.Khmissi et enfin 3.36% à Bni Mezline.

#### 4- Discussion

La pomme de terre est très nettement la plante-hôte la plus importante. La tomate et l'aubergine sont également attaquées. D'autres *Solanum* spp. et leurs hybrides peuvent aussi être des hôtes de ces *Globodera* spp.

Les deux espèces de *Globodera* ont plusieurs pathotypes différents (Kort, 1974). Les pathotypes se caractérisent par leur capacité à se multiplier sur certains clones de *Solanum* à tubercules et sur les hybrides utilisés pour la sélection. Il existe cinq pathotypes chez *G. rostochiensis* (Ro1-Ro5 - nomenclature internationale) et trois chez *G. pallida* (Pa1-Pa3) (Kort et al., 1977). Certains se reconnaissent par leur incapacité pratiquement totale à se multiplier sur des cultivars de pommes de terre spécifiques (résistance monogénique); par exemple, les cultivars résistants de pomme de terre les plus couramment utilisés (résistance basée sur le gène *H1* issu de clones de *S. tuberosum* subsp. *andigena*) sont résistants au Ro1 de *G. rostochiensis* uniquement. D'autres pathotypes présentent différents niveaux de capacité à se multiplier sur différents cultivars; Mugniéry et al. (1989) ont étudié les tests de cette forme de résistance.

Ces nématodes n'ont aucun moyen naturel de dispersion, le seul déplacement connu est celui des juvéniles attirés par les racines dans le sol sur de très petites distances. La dispersion se fait sous la forme de kystes véhiculés, par ordre d'importance, sur pommes de terre de semence, matériel végétal initial de pépinière, terre, bulbes floraux, pommes de terre de consommation ou de transformation. Ces dernières ne sont concernées que s'il y a un risque qu'elles soient plantées ou si les résidus de terre ne sont pas convenablement traités (Bernhard ,2005).

D'après l'étude de la zone de Guelma et surtout autour de le périmètre d'irrigation qui concentre dans les commune de Boumahra ahmed ,Belkheir, Djebal K, et Bnimezline l'infestation et élevée par rapport à les autre commune

Autour de ce périmètre les cultures maraichères sont toujours présentes ; le manque de la rotation agricole et la régénération des terres sont les principaux facteurs pour la propagation rapides de ce ravageurs et surtout au niveau la commune de belkheir

En collaboration avec la SRPV d'Et-Taref, des données sur les 04 wilayas d'Et-Taref, Souk-Ahras, Skikda et Annaba montrent qu'il y a un taux d'infestation varié d'une zone à une autre selon la densité de culture de pomme de terre de semence au niveau de ces régions, comme il représente le tableau suivant :

**Tableau 4 : taux d'infestation de la pomme de terre par les nématodes à kyste dans les wilayas d'Et-Taref, Souk-Ahras, Skikda, Annaba et Guelma selon la DSA**

| <b>Wilaya</b>     | <b>Nombre d'EPS</b> | <b>Superficie pdt Cultivée (Ha)</b> | <b>Type de pomme de terre</b> | <b>Taux D'infestation</b> |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| <b>Skikda</b>     | <b>15</b>           | <b>1020</b>                         | <b>Semence</b>                | <b>54%</b>                |
| <b>Annaba</b>     | <b>01</b>           | <b>30</b>                           | <b>Semence</b>                | <b>0%</b>                 |
| <b>El-Taref</b>   | <b>01</b>           | <b>20</b>                           | <b>Semence</b>                | <b>0%</b>                 |
| <b>Souk-Ahras</b> | <b>0</b>            | <b>0</b>                            |                               | <b>-</b>                  |
| <b>Guelma</b>     | <b>07</b>           | <b>208.5</b>                        | <b>Semence</b>                | <b>57%</b>                |

La production de la semence de la pomme de terre est concentrée dans deux wilayas wilaya : Skikda et Guelma.

Au niveau de notre région et malgré l'importance de la pomme de terre dans l'économie nationale, une attention assez limitée est portée aux problèmes phytosanitaires qui les affectent en général et aux nématodes parasites en particulier. Ces derniers sont pourtant des ennemis redoutables des maraîchers car ils constituent un facteur limitant à la production.

En 1961, les nématodes à kyste touchèrent 33 communes en Algérie aux environs d'Alger (d'après INPV). Après, il a été disséminé dans plusieurs wilayas du pays dont les plus importantes sont AïnDefla, Tipaza, Chlef, Mascara et Sétif. Et surtout Ain Defla ou l'infestation a atteint presque 100%.



## **CONCLUSION**

La réalisation de cette étude nous a permis de détecter la présence des nématodes à kyste dans la wilaya de Guelma, dont 57% de la surface totale était infestée par ces nématodes.

Concernant les huit régions prospectées, quatre sont touchées par les nématodes qui sont Belkheir , Boumahra Ahmed, D.Khmissi et Bni Mezline avec les pourcentages d'infestation suivantes et respectives ; 33.33%, 57.14%, 66.66% et 66.66%.

Au vu des résultats obtenus au niveau des comptages des échantillons positif, il serait souhaitable de prendre en compte tous les facteurs biotiques et abiotiques nécessaires et d'analyser les interactions possibles favorables pour prétendre avoir à une banque semencière nationale résistante ou tolérante face aux agressions des nématodes phytoparasites surtout la semence de la pomme de terre .

D'une part et malgré les dégâts importants que les nématodes occasionnent sur les cultures maraîchères, le problème nématologique est encore très mal perçu par les producteurs de pomme de terre et mêmes par certains agents des services techniques. Ceci est dû au fait que les symptômes qu'ils induisent ne sont pas typiques comme ceux causés par les autres ravageurs ou agents de maladies.

D'autre part Pour orienter le technicien dans le choix de la stratégie de lutte, il est nécessaire d'effectuer une analyse nématologique des sites maraîchers avant la l'installation des cultures. Il en est de même quand les plantes déjà en place présentent des symptômes de flétrissement et de rabougrissement. Une analyse nématologique est nécessaire pour vérifier la présence des nématodes dans une parcelle afin d'éviter de les incriminer à tort s'il s'agit d'autres agents de maladies.

## CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES COMMUNAUTÉS NÉMATOLOGIQUES DES CULTURES MARAICHÈRES DANS LA WILAYA DE GUELMA

### RÉSUMÉ

Les ravageurs de la pomme de terre sont nombreux et appartiennent aux plusieurs classes, parmi elle on trouve les nématodes. Outre les dommages directs qu'ils causent aux cultures de pommes de terre, ils sont aussi dans certains cas des vecteurs de maladies virales et bactériennes. Leurs dégâts peuvent aussi favoriser le développement de maladies cryptogamiques

L'objectif de notre étude est de détecter la présence ou non des nématodes à kyste de la pomme de terre dans différentes régions dans la wilaya de Guelma.

Les résultats ont montrés que 57.07% de la surface totale échantillonnée est infestée, dont 43.64% appartient à la région de Belkheir et 7.91% à Boumahra, 2.16% à D.Khmissi et enfin 3.36% à Bni Mezline.

Concernant le pourcentage des régions touchées dans chaque commune, nous avons enregistré 33.33% des régions prospectées dans la commune de Belkheir sont touchées par les nématodes à kyste, 57.14% dans la commune de Boumahra et 66.66% dans les communes D.khmissi et Bni Mezline, 66.66%.

**Mots clés :** Nématodes à kyste, pomme de terre, Guelma.

## CONTRIBUTION TO THE STUDY OF NEMATOLOGICAL COMMUNITIES OF VEGETABLE CROPS IN WILAYA OF GUELMA

### ABSTRACT

Pests' potatoes are numerous and belong to several classes, among them there are nematodes. In addition to the direct damage they cause to potato crops, they are also in some cases of viral and bacterial disease vectors. Their damage can also promote the development of fungal diseases

The aim of our study was to detect the presence or absence of cyst nematodes potato in deferent regions in Guelma.

The results showed that 57.07% of the total sampled area is infested, which 43.64% belongs to the region of Belkeir and 7.91% to Boumahra, 2.16% at the D.Khmissi and finally 3.36% to Bni Mezline.

Regarding the percentage of affected areas in each municipality, we recorded 33.33% of the regions surveyed in the town of Belkeir affected by cyst nematodes, 57.14% in the municipality of Boumahra and 66.66% in D.khmissi Public and Bni Mezline , 66.66%.

**Keywords:** cyst nematodes, potato, Guelma.

## Référence Bibliographique

- Adoutte A, Balavoine G, Lartillot N, de Rosa R.** 1999. Animal evolution: the end of the intermediate taxa?. Trends Genet. 15:104-108.
- Anonyme., 2000.** Histoire de la pomme de terre, Fédération des producteurs de pomme de terre de Québec CF.PPTQ, www.fpptq.aq.ca .
- Agrios, G.N. (2005).** *Plant Pathology*, 5th edn. Academic Press, USA. 922 pp.
- Aguinaldo AM, Turbeville JM, Linford LS, Rivera MC, Garey JR, Raff RA, Lake JA.** 1997. Evidence for a clade of nematodes, arthropods and other moulting animals. Nature. 387:489-493.
- Alexandra Blanchard 2006** identification, polymorphisme et évolutions moléculaire de genes du pouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la pomme de terre *globodera pallida* Université de Rennes p 18-19
- Bernhardes U, 1998.,** La pomme de terre *Solanum tuberosum* .L .Monographie institut National Agronomique.
- Bernhard B., 2005.** Fiche informative sur les organismes de quarantaine ***Globodera rostochiensis* et *Globodera pallid***. Préparé par le CABI et l'OEPP pour l'UE sous Contrat 90/399003, 6p.
- Blaxter M. 1998.** Caenorhabditis elegans is a Nematode. Science 282:2041-2046.
- Blumenthal T, Davis RE.** 2004. Exploring nematode diversity. Nature Genet.36:1246-1247.
- Bruton W.G.,1989.**The potato in La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et Maladies. Utilisation édition
- Darboux R et Delelly .,1967.**Les plantes sarclées .Edition J.B.Baillière France. Collection d'enseignement Agricole.307p.
- Doré .C, Varoquaux F, Coordinateur ., 2006 .**Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées IRNRA.
- Dorris M, De Ley P, Blaxter ML.** 1999. Molecular analysis of nematode diversity and the evolution of parasitism. Parasitol Today. 15:188-193.
- Franco, J.1987.** Nematodes à kyste de la pomme de terre; *Globodera* spp. Bulletin d'information Technique 9. Centre International de la Pomme de terre, Lima, Pérou
- Ferraz LCCB, Brown DJF.** 2002. An introduction to nematodes: plant nematology. Derek JF, Brown BA. Eds. 221p.

- Hawkes J.G., 1990.** The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources .London  
Belhaven Press, 259p.
- Holterman M, van der Wurff A, van den Elsen S, van Megen H, Bongers T,  
Holovachov O, Bakker J, Helder J. 2006.** Phylum-wide analysis of  
surdna reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and  
accelerated evolution toward crown clades. *Mol Biol Evol.* 23:1792-1800.
- Hugot JP, Baujard P, Morand S. 2001.** Biodiversity in helminths and nematodes as a  
field of study:an overview. *Nematol.* 3:199-208.
- Kort, J.,1974.** Identification of pathotypes of the potato cyst nematode. *Bulletin  
OEPP/EPPO Bulletin 4*, 511-518.
- Kort, J.; Ross, H.; Rumpfenhorst, H.J.; Stone, A.R., 1977.** An international scheme for  
the identification of pathotypes of potato cyst nematodes *Globodera  
rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* **23**, 333-339.
- Marché L, Valette S, Grenier E, Mugniéry D. 2001.** Intra-species DNA polymorphism in  
the tobaccocyst-nematode complex (*Globodera tabacum*) using AFLP.  
*Genome.* 44:941-946.
- Mugniéry, D. and Phillips, M. S. 2007.** The nematode parasites of potato. Pages 569-  
594 in D. Vreugdenhil, J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, D. K. L.  
Mackerron, M. A. Taylor, H. A. Ross, eds. *Potato biology and  
biotechnology: Advances and perspectives.* Elsevier Science B.V.,  
Amsterdam.
- Picard D, Plantard O, Scurrah M, Mugniery D. 2004.** Inbreeding and population  
structure of the potato cyst nematode (*Globodera pallida*) in its native  
area (Peru). *Mol Ecol.* 13:2899-2908.
- Rousselle P, Robert Y, Grossuer J.C, ed ., 1996 .** La pomme de terre production,  
Amélioration, Ennemis et Maladies. Utilisation édition R Doun P278.
- Sasser JN, Freckman DW. 1987.** A world perspective on nematology: the role of the  
society. Dans :Visitas on nematology. Veech, J.A. et Dickson, D.W.  
Eds. p. 7-14. Hyattsville, USA, society of nematologist inc.
- Scholte K. 2000.** Screening of non-tuber bearing Solanaceae for resistance to and  
induction of juvenile hatch of potato cyst nematodes and their potential  
for trap cropping. *Annu Appl Biol* 136:239-246.
- Scurrah, M. 1987.** Evaluation de la resistance aux nematodes akyste de la pomme de  
terre. Bulletin d'Information Technique 10. Centre International de la  
Pomme de terre, Lima, Perou.

- Sijmons PC, Atkinson HJ, Wyss U.** 1994. Parasitic strategies of root nematodes and associated hostcell responses. *Annu Rev Phytopathol.* 32:235-259.
- Soltner .D Smant G, Stokkermans JP, Yan Y, de Boer JM, Baum TJ, Wang X, Hussey RS, ., 2005.** Les grandes productions végétales .Collection Scientifiques des technologie Agricoles 20eme édition 472P
- Subbotin SA, Sturhan D, Chizov V, Volvas N, Baldwin JG.**2006. Phylogenetic analysis of Tilenchida Thorne, 1949 as inferred from D2 and D3 expansion fragments of the 28S rRNA gene sequence. *Nematol.* 8:455-474.
- Subbotin SA, Vierstraete A, De Ley P, Rowe J, Waeyenberge L, Moens M and Vanfleteren JR ,2001.** Phylogenetic relationships within the cyst-forming nematodes (Nematoda, Heteroderidae) based on analysis of sequences from the ITS regions of ribosomal DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 21: 1–16

### **Sites Internet et Organisme**

**DSA** : Direction des services agricoles de la wilaya de Guelma

**SRPV EI-Taref** : Station régional de la protection des végétaux ben M'hibi

[www.wormatlas.org/handbook/contents.htm](http://www.wormatlas.org/handbook/contents.htm)<sup>(1)</sup>

[www.eppo.org/QUARANTINE/nematodes/Globodera rostochiensis/F-hetdro.pdf](http://www.eppo.org/QUARANTINE/nematodes/Globodera_rostochiensis/F-hetdro.pdf)<sup>(2)</sup>

## ANNEXE

| Commune            | Nom et Prénom  | Superficie Ha | Nombres d'Echantillons | Coordonnée G.P.S | Lieu-dit      | Résultat |
|--------------------|----------------|---------------|------------------------|------------------|---------------|----------|
| <b>Belkheir</b>    | Saidia         | 3             | 1                      | N3643037         | Lahfais       | Absence  |
|                    | A/hamid        |               |                        | E00750025        |               |          |
|                    | Chemakhi       | 1             | 1                      | N3648879         | Bouguerguer   | Présence |
|                    | A/Karim        |               |                        | E00750832        |               |          |
|                    | Aggoun         | 4             | 2                      | N3643706         | Lahfais       | Absence  |
|                    | Halim          |               |                        | E00748723        |               |          |
|                    | Ferme pilote   | 90            | 19                     | N36272418        | Elmatar       | Présence |
|                    | Richi A/madjid |               |                        | E007275943       |               |          |
| Saidia             | 4              | 2             | N3649229               | Bouguerguer      | Absence       |          |
| Boudjama           |                |               | E00749124              |                  |               |          |
| Brouk              | 10             | 2             | N3640402               | Elazla           | Absence       |          |
| A/ Allah           |                |               | E00748039              |                  |               |          |
| <b>Boumahra A.</b> | Bentboula      | 6             | 2                      | N3642446         | Lahfais       | Absence  |
|                    | Rabeh          |               |                        | E00749422        |               |          |
|                    | Bouchkoura     | 2,5           | 1                      | N3639560         | Bled Kafar    | Présence |
|                    | Fares          |               |                        | E00750301        |               |          |
|                    | Hellaci        | 7             | 2                      | N3641037         | Terre Madi    | Absence  |
|                    | Youcef         |               |                        | E00752145        |               |          |
|                    | Zedori         | 2             | 1                      | N3645992         | M. Ayadi      | Présence |
|                    | Nacer          |               |                        | E00750848        |               |          |
| Douara             | 2              | 1             | N3642077               | M. Douara        | Présence      |          |
| Brahim             |                |               | E00753879              |                  |               |          |
| Laraibi            | 10             | 2             | N3643331               | BirAissa         | Absence       |          |
| Rachid             |                |               | E00753359              |                  |               |          |
| Laraibi            | 10             | 2             | N3643331               | Bir Ben Amor     | Présence      |          |
| Rachid             |                |               | E00753359              |                  |               |          |
| <b>Elfedjoudj</b>  | Saidani        | 2             | 2                      | N3648592         | Meftah Bachir | Absence  |
|                    | Azzedine       |               |                        | E00741795        |               |          |
|                    | Menter         | 6             | 2                      | N3649987         | Bazar         | Absence  |
| <b>D,khmissi</b>   | Mouassa        | 1,5           | 1                      | N3648474         | Elgarsa       | Présence |
|                    | Saadoun        |               |                        | E00736667        |               |          |
|                    | Messiodi       | 3             | 1                      | N3640577         | KasrElatech   | Présence |
|                    | A/Hak          |               |                        | E00750700        |               |          |
| Bazemlel           | 3,5            | 1             | N3646433               | Bousnaib         | Absence       |          |
| Aoumeur            |                |               | E00758564              |                  |               |          |
| <b>BniMezline</b>  | Lamairia       | 2             | 1                      | N3646929         | Esabine       | Présence |
|                    | Ahmed          |               |                        | E00760382        |               |          |
|                    | Menassria      | 5             | 1                      | N3645649         | F. Sourie     | Présence |
|                    | Noureddine     |               |                        | E00761519        |               |          |
| Messiodi           | 8              | 1             | N3645649               | Entre            | Absence       |          |
| Lakhedar           |                |               | E00761519              |                  |               |          |
| <b>H.Boumedien</b> | Allaoui        | 14            | 3                      | N3643737         | Ain           | Absence  |
|                    | A/Rahman       |               |                        | E00728928        |               |          |
| <b>Bouchegouf</b>  | Kraimia        | 2             | 1                      | N36270336        | Dbidib        | Absence  |
|                    | A/Rahman       |               |                        | E007411521       |               |          |
| <b>Oued Zenati</b> | Guedmani       | 10            | 1                      | N3626281         | Route CCLS    | Absence  |
|                    | Ahcene         |               |                        | E0078319         |               |          |
| <b>Total</b>       |                | <b>208,5</b>  | <b>53</b>              |                  |               |          |

## Liste A : Organismes nuisibles dont la lutte est obligatoire

### INSECTES

|                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| <i>Capnodis tenebrionis</i>        | Capnode                       |
| <i>Cossus cossus</i>               | Cossus                        |
| <i>Ectomyelois ceratoniae</i>      | Ver de la datte               |
| <i>Phleotribus scarabeoides</i>    | Neiroun                       |
| <i>Phoracantha semipunctata</i>    | Cérambycide de l'eucalyptus   |
| <i>Phthorimaea operculella</i>     | Teigne de la pomme de terre   |
| <i>Phyllocnistis citrella</i>      | Mineuse des agrumes           |
| <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> | Pou de San José               |
| <i>Saissetta oleae</i>             | Cochenille noire de l'olivier |
| <i>Scolytus multistriatus</i>      | Scolyte                       |
| <i>Scolytus scolytus</i>           | Scolyte                       |
| <i>Trogoderma granarium</i>        | Dermeste des grains           |
| <i>Zeuzera pirina</i>              | Zeuzère                       |

### NEMATODES

|                                |                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Ditylenchus dipsaci</i>     | Nématode des tiges et des bulbes    |
| <i>Globodera pallida</i>       | Nématode blanc de la pomme de terre |
| <i>Globodera rostochiensis</i> | Nématode doré de la pomme de terre  |

### CRYPTOGAMES

|  |        |
|--|--------|
| <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i> | Bayoud |
|--|--------|

### PLANTES PARASITES

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <i>Cuscuta</i> spp.    | Cuscute   |
| <i>Orobanceae</i> spp. | Orobanche |

## Liste B : Fléaux agricoles

### INSECTES

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| <i>Aelia germari</i>             | Punaises des céréales |
| <i>Eurygaster maura</i>          | "                     |
| <i>Dolycorus numidicus</i>       | "                     |
| <i>Eurygaster hottentota</i>     | "                     |
| <i>Carpocoris pudicus</i>        | "                     |
| <i>Schistocerca gregaria</i>     | Criquet pèlerin       |
| <i>Dociostaurus maroccanus</i>   | Criquet marocain      |
| <i>Callyptamus barbarus</i>      | Sauteriaux            |
| <i>Callyptamus wattenwylanus</i> | "                     |
| <i>Oedaleus decorus</i>          | "                     |
| <i>Ocneridia volxemi</i>         | "                     |

### OISEAUX

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| <i>Passer domesticus</i>     | Moineau domestique  |
| <i>Passer hispaniolensis</i> | Moineau espagnol    |
| <i>Moineau hybride</i>       | Moineau hybride     |
| <i>Sturnus vulgaris</i>      | Etourneau sansonnet |

### MAMMIFERES

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| <i>Meriones shawi</i>   | Mérione de Shaw       |
| <i>Meriones libycus</i> | Mérione à queue rouge |
| <i>Meriones crassus</i> | Mérione du désert     |
| <i>Sus scrofa</i>       | Sanglier              |

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE**  
**ARRETE MINISTERIEL N° 10 / SPM DU 11 JANVIER 1998**  
**RELATIF AUX CONDITIONS D'IMPORTATION**  
**DES TUBERCULES DE POMME DE TERRE**

Le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche,

*Sur le rapport du Directeur Général de l'Institut National de la Protection des Végétaux.*

Vu la loi 87-17 du 1er Août 1987 relative à la protection phytosanitaire ;

Vu le décret présidentiel 97-231 du 25 Juin 1997, portant nomination des membres du gouvernement ;

Vu le décret exécutif 90-12 du 1er Janvier 1990 fixant les attributions du Ministre de l'Agriculture ;

Vu le décret exécutif n° 93-284 du 23 Novembre 1993, fixant la réglementation relative aux semences et plants ;

Vu le décret exécutif n° 93-286 du 23 Novembre 1993 réglementant le contrôle phytosanitaire aux frontières ;

Vu l'arrêté ministériel n° 117 du 21 Mai 1995 fixant les normes phytotechniques et phytosanitaires à l'importation des semences et plants des espèces maraîchères, arboricoles, viticoles et grandes cultures ;

Vu l'arrêté ministériel n° 306 / SPM du 18 Novembre 1995, soumettant les tubercules de pomme de terre à l'autorisation technique préalable à l'importation, et fixant les prescriptions phytosanitaires spécifiques.

## ARRETE

### ARTICLE 1

En application de l'article 6 du décret exécutif N° 93-286 du 23 Novembre 1993 sus visé, le présent arrêté a pour objet de fixer les conditions d'importation des tubercules de pomme de terre qu'ils soient destinés à la semence, à la consommation ou à la transformation.

### ARTICLE 2

L'importation des tubercules de pomme de terre est soumise à l'Autorisation Technique Préable d'Importation, qui est délivrée par le Ministre de l'Agriculture sur demande de l'importateur, déposée trente (30) jours avant la date prévue de l'importation selon le modèle joint en annexe 1 du présent arrêté.

### ARTICLE 3

L'Autorisation Technique Préable d'Importation, dont le modèle est joint en annexe 2, est valable pour une cargaison. Elle constitue un document obligatoire exigé à l'arrivée par les services de contrôle phytosanitaire du poste frontalier.

### ARTICLE 4

Les importations de tubercules de pomme de terre doivent être accompagnées de l'original du Certificat Phytosanitaire du modèle international, établi par le Service Officiel du pays où ils ont été produits, ainsi que de l'Autorisation Technique Préable d'Importation. L'absence de l'un de ces deux documents expose la marchandise considérée au refoulement.

### ARTICLE 5

Les tubercules de pomme de terre importés doivent être indemnes de:

**flétrissement bactérien** (*Clavibacter michiganense sepedonicus*) et provenir de cultures ayant subi une inspection officielle pendant la période de végétation ou pendant les deux dernières périodes de végétation en cas de cultures successives de pomme de terre;

**Pourriture brune** (*Ralstonia solanacearum* précédemment nommée *Pseudomonas solanacearum*) et provenir de cultures ayant subi une inspection officielle pendant la période de végétation ou pendant les deux dernières périodes de végétation en cas de cultures successives de pomme de terre;

**Galle verruqueuse** (*Synchytrium endobioticum*);

**Phoma** (*Phoma exigua* var. *foveata*);

**Kystes viables de nématodes** (*Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis*) et provenir de champs reconnus indemnes de ces parasites;

**Maladie de la filiosité des tubercules** (Potato spindle tuber viroid) et provenir de pays indemnes de cette affection ou pratiquant un système de production garantissant son absence.

#### **ARTICLE 6**

Outre les prescriptions phytosanitaires portées à l'article 5 ci-dessus, les importations de semences de pomme de terre restent soumises aux normes phytosanitaires de l'arrêté ministériel n° 117 du 21 Mai 1995 sus-visé. Pour la pomme de terre de consommation, il est admis une tolérance maximum de 2% en poids de tubercules affectés par les pourritures sèche et/ou humide. Les importations en conteneurs non réfrigérés sont interdites.

#### **ARTICLE 7**

Les importations de pomme de terre destinée à la semence doivent être présentées par lots portant chacun le numéro spécifique du producteur du pays d'origine. Les tubercules destinés à la consommation doivent être présentés en lots identifiables.

#### **ARTICLE 8**

Les tubercules de pomme de terre doivent provenir de pays où le système de certification et de quarantaine est mis en oeuvre selon les normes admises par la FAO et l'OEPP.

Toute autre provenance n'est pas admise à l'exception du matériel génétique destiné à la recherche qui reste soumis aux dispositions du décret exécutif n° 93-286 sus-visé

Toutefois, la délivrance de l'Autorisation Technique Préalable d'Importation à partir de ces pays peut être suspendue à tout moment s'il apparaît ou il est soupçonné l'apparition d'un parasite prohibé dans une ou plusieurs régions de l'un de ces pays. Dans ce cas, il n'est toléré que les tubercules exclusivement destinés à la transformation.

#### **ARTICLE 9**

L'Arrêté Ministériel n° 306 / SPM du 18 Novembre 1995 sus-visé est abrogé.

#### **ARTICLE 10**

Le présent arrêté sera publié au Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

**Fait à Alger le 11 janvier 1998**

