

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département des Sciences Agronomiques**



## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques**

**Option : Protection des végétaux**

### *Thème*

**Contribution à l'étude de l'efficacité des nématicides homologués en Algérie sur les nématodes à galle du Genre *Meloidogyne* sur la culture de la pomme de terre conduite en hors sol.**

**Présenté par : DJANI Lynda**

**LAIMECHE Thinhinane**

### **Membres du jury**

**Président : Mr ASLA Tarik**

Maître assistant A, à l'UMMTO

**Promoteur : Mr TEBIB Mustapha**

Maître assistant A, à l'UMMTO

**Examineurs : M<sup>me</sup> GHEBBI-SI SMAIL Karim**

Maître de conférences A, à l'UMMTO

**Année universitaire : 2023/2024**

# **Remerciements**

*Avant tout*

*Nous remercions **Allah**, c'est grâce à lui que nous avons arrivé à ce niveau.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur **Mr TEBIB. M** pour avoir accepté de diriger notre travail de recherche.*

*Mes vifs remerciements vont à **Mr ASLA. T** Pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

*Nous tenons à remercier Mme **GHEBBI-SI SMAIL. K** pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire en acceptant de l'examiner.*

*Nos remerciements les plus chaleureux vont à l'ensemble du personnel de la station d'essai de la société de **DEBBAE-AGRI** situé à Staoueli /Alger.*

*Nos profonds remerciements à **Mr MIZANI.S** d'avoir accepté de nous aider dans notre travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent au corps professoral et administratif de la Faculté des Sciences Agronomiques et à tous ceux qui nous ont aidés à la réalisation de ce modeste mémoire.*

*Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin par le fruit de leur connaissance pendant toute la durée de notre parcours éducatif.*

*Grand **MERCI** à tous.*

*Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à nos parents*

***Thinhinane et Lynda***

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents à qui je dois tout. Je profite de les remercier pour leurs encouragements, leurs aides, leurs soutiens qu'ils m'ont apportés et leurs sacrifices pour moi.*

*A mon adorable mère **Taous** qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences qui n'a épargnée aucun effort, que Dieu la garde pour nous.*

*A mon cher père **Chabane** décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mon parcours d'étude. Papa tu es mon héros, ma vie, ma force, mon ami, je t'aime et je te remercie pour tout ce que tu as fait pour moi, que dieu te garde dans son vaste paradis.*

*A mes chers sœurs, **Mounira, Malika, Nadia, Hora, Nouara et Mezhoura**, que dieu les gardes pour moi.*

*A mes chers frère **Rabah, Ghillas, Moumouh** que le bonheur et la réussite soient leur compagnon éternel.*

*A mes chers anges **Ammar, Amira, Islam, Rabah, Yasten et Dalia**.*

*A mon bras droit qui n'a jamais cessé de m'encourager et de me donner la motivation pendant tant d'années, merci de m'avoir toujours soutenu et merci pour tout les bons moments passé ensemble.*

*A ma chère binôme **Thinhinane** et toute sa famille.*

*A tous mes amis du long parcours scolaire et universitaire trop nombreux pour les cités mais une pensée est réservée à **Tina, Hassina, Cylia, Kami, Malika, Abdou, Axel, Boukhalifa et Tarik**,*

*A toute la promotion 2023/2024.*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.*





## *Dédicace*

*Tout d'abord je remercie Dieu de m'avoir donné la santé pour réaliser ce modeste travail que je dédie :*

*Mes chers parents Saïd et Farida à qui je dois beaucoup de respect, pour toutes les belles choses que m'ont donné : existence, amour, tendresse, confiance, les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien être, qui ont partagé et soutenu dans chaque moment de joie et même de tristesse, qui m'ont épaulé et orienté vers le bon chemin avec leurs conseils en or. Aucun langage ne peut exprimer mon amour que je porte envers vous, je ne vous remercie jamais assez et que dieu vous garde et vous protège pour moi.*

*Mon bon mari Massi, pour ton soutien inestimable, ton amour, tes conseils et ton accompagnement, merci d'être toujours à mes cotés durant mon parcours d'étude et de vie, merci pour tous les merveilleux moments passés ensemble. Tu es tout ce dont j'ai besoin dans ce monde. Je t'aime plus que tout.*

*Mes chers frères Mouhand, Cherif et leur femme safia et Lynda qui m'ont toujours poussé à continuer mes études. Puisse Dieu vous donner santé, bonheurs, courage et surtout réussite, je vous aime tellement.*

*Ma sœur Thanina et son mari amechetoh. La vie m'a appris le sens d'avoir une grande sœur sur laquelle on peut compter, je te dis merci et je te souhaite bonheur, réussite et prospérité.*

*Mes amours qui colorent ma vie Silina, Amayas, Ilyas, Youcef, Yasmine, yacine, Amnay et Yani.*

*Ma binôme Lynda et toute sa famille.*

*Mes chères amies Lysa et Sarah et sans oublier kamí, Tina, Tarik, Abdou.*

*Toute la promo des protections des végétaux 2023 /2024.*

*Toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.*





<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>I. Généralités sur la pomme de terre .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Origine et historique de la pomme de terre .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Importance économique de la pomme de terre .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Dans le monde .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. En Algérie .....</b>	<b>4</b>
<b>3.aspet botanique de la pomme de terre .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Morphologie de la pomme de terre .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. Partie aérienne .....</b>	<b>6</b>
<b>4.2. Partie souterraine .....</b>	<b>6</b>
<b>5.Position taxonomique de la pomme de terre .....</b>	<b>8</b>
<b>6.Cycle de développement de la pomme de terre .....</b>	<b>8</b>
<b>6.1. La phase de croissance .....</b>	<b>8</b>
<b>6.2. La phase de tubérisation .....</b>	<b>8</b>
<b>6.3. La phase de repos végétatif.....</b>	<b>8</b>
<b>6.4. La phase de germination.....</b>	<b>9</b>
<b>7. Date de plantation .....</b>	<b>9</b>
<b>8. Exigences de la culture de la pomme de terre.....</b>	<b>9</b>
<b>8.1. Climat .....</b>	<b>9</b>
<b>8.1.1. Température .....</b>	<b>9</b>
<b>8.1.2. Lumière.....</b>	<b>10</b>
<b>8.1.3.Photopériode .....</b>	<b>10</b>
<b>8.1.4. Humidité .....</b>	<b>10</b>
<b>8.2. Exigences édaphiques .....</b>	<b>11</b>
<b>8.2.1 Sol.....</b>	<b>11</b>
<b>8.2.2 Exigences hydrique .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3. Fertilisation .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3.1.Fumure organique .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3.2. Fumure minérale .....</b>	<b>12</b>
<b>I. Maladies cryptogamiques .....</b>	<b>14</b>
<b>I.1.Pourriture grise .....</b>	<b>14</b>
<b>I.2. Fusariose (la pourriture sèche) .....</b>	<b>15</b>
<b>I.3Mildiou .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4Alternariose .....</b>	<b>16</b>

1.5 Verticilliose .....	17
1.6 Rhizoctone Brun .....	18
<b>II. Maladies bactériennes.....</b>	<b>19</b>
II.1 Gale commune .....	19
II.2 Jambe noir.....	20
II.3. Gale argentée .....	20
II.4. Gale poudreuse .....	21
<b>III. Maladies virales .....</b>	<b>22</b>
III.1. La mosaïque plane de la pomme de Terre .....	22
III.2. Les viroses de la pomme de Terre.....	22
<b>IV. Ravageurs de la pomme de Terre. (Serail, 2003) .....</b>	<b>22</b>
IV. 1. Ravageurs .....	22
IV. 2. Ravageurs .....	23
IV.3. Ravageurs .....	23
IV.4. Ravageurs .....	23
<b>I. Les généralités sur les nématodes à galle .....</b>	<b>25</b>
1.1. Origine et historique des Meloidogyne.....	25
1.2 Position taxonomique .....	27
1.3 Symptômes .....	27
1.3.2 Symptômes sur la partie aérienne.....	28
1.4 Dégât dus aux Meloidogyne .....	29
1.5 Morphologie et cycle de vie .....	29
1.5.1. Morphologie des nématodes à galle .....	29
1.5.2. Cycle biologique .....	31
1.6. Complexe de la maladie .....	32
1.6.1. Interaction des Meloidogyne avec les champignons phytoparasites .....	32
1.6. 2. Interaction des Meloidogyne avec les bactéries phytoparasites.....	33
1.6.3. Interaction des Meloidogyne avec les Virus phytoparasites.....	33
1.6.4. Interaction plante sensible-Meloidogyne .....	33
1.6.5. Interaction plante résistante-Meloidogyne .....	34
1.7. Conditions de développement des nématodes à galle.....	35
1.7.1. La température .....	35
1.7.2. Humidité.....	35
1.7.3. pH.....	35

<b>1.7.4. Eau</b> .....	<b>36</b>
<b>1.7.5. Aération</b> .....	<b>36</b>
<b>1.7.6. Textures</b> .....	<b>36</b>
<b>1.7.7. Structure</b> .....	<b>36</b>
<b>1.7.8. Matière organique</b> .....	<b>36</b>
<b>1.7.9. Exsudats racinaires</b> .....	<b>37</b>
<b>1.7.10. Organismes du sol</b> .....	<b>37</b>
<b>1.7.11. Plante-hôte</b> .....	<b>37</b>
<b>1.7.12. Pression osmotique</b> .....	<b>37</b>
<b>I.Lutte contre les Meloidogyne</b> .....	<b>38</b>
<b>II.Installer des cultures à effet nématocides</b> .....	<b>38</b>
<b>I. Matériels</b> .....	<b>40</b>
<b>I.1.Présentation de la parcelle expérimentale</b> .....	<b>40</b>
<b>I.1.2. Matériel végétal</b> .....	<b>41</b>
<b>a. Caractéristiques des variétés expérimentées sont mentionnées comme suite</b> .....	<b>41</b>
<b>II.Méthodes</b> .....	<b>42</b>
<b>1. Protocole expérimental</b> .....	<b>42</b>
<b>1.1.2. Technique d'extraction des masses d'œufs</b> .....	<b>42</b>
<b>1.1.3. Incubation des masses d'œufs</b> .....	<b>42</b>
• <b>L'inoculation</b> .....	<b>43</b>
<b>1.1.4. Dispositif expérimental adopté et les différents traitements appliqués</b> .....	<b>43</b>
• <b>Schéma de la disposition des plants</b> .....	<b>45</b>
<b>1.1 .5 Traitement nématocides étudier Les fiches techniques</b> .....	<b>46</b>
<b>III. Après la récolte</b> .....	<b>48</b>
<b>Résultats et discussion</b> .....	<b>51</b>
<b>I. Interprétation des résultats statistiques de l'analyse de variance</b> .....	<b>56</b>
<b>II. Discussions</b> .....	<b>60</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>62</b>

## **Liste des tableaux**

**Tableau 1** : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de pomme de terre, F

**Tableau 2** : Productions et Superficies mondiales de la pomme de terre, M

**Tableau 3** : Description de variété spunta

**Tableau 4** : La moyenne de Nombre de tubercules

**Tableau 5** : La moyenne de Calibre de tubercules

**Tableau 6** : Le poids de tubercules

**Tableau 7** : Nombre de racines infecte

**Tableau 8** : Le Nombre de tubercules infecte

**Tableau 9** : analyse de variance pour le facteur Nombre de tubercules

**Tableau 10** : la moyenne de tubercules au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%

**Tableau 11** : analyse de variance pour le facteur Calibre de tubercules

**Tableau 12** : analyse de variance pour le facteur poids de tubercules (Kg)

**Tableau 13** : analyse de variance pour le facteur symptômes sur racines

**Tableau 14** : la moyenne de symptômes sur racines au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%

**Tableau 15** : analyse de variance pour le facteur Nombre de tubercules infecte

**Tableau 16** : la moyenne de tubercules infecté au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%

### **Liste des Figures**

**Figure 01 :** Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre. (BOUFARES, 2012)

**Figure 02 :** Cycle de développement de la pomme de terre. (Arvalis ,2004 modifiée)

**Figure 2 :** Les symptômes Causée par la Pourriture grise (*Botrytis cinerea*). (ANONYME1)

**Figure 3 :** Les symptômes Causée par Fusariose (la pourriture sèche) (ANONYME 2)

**Figure 4 :** Les symptômes Causée par Mildiou (*Phytophthora infestans*) (ANONYME3)

**Figure 5 :** Les symptômes Causée par Alternariose (*Alternaria solani* et *Alternaria alternata*) (ANONYME4)

**Figure 6 :** Les symptômes Causée par Verticilliose (*Verticillium dahliae* et *Verticillium alboatrum*) (ANONYME 5)

**Figure 7 :** Les symptômes Causée par Rhizoctone Brun (*Rizoctonia solani*) (ANONYME6)

**Figure 8 :** Les symptômes Causée par Gale commune (*Streptomyces sp.*) (ANONYME7)

**Figure 9 :** Les symptômes Causée par Jambe noir (*Erwinia carotovora* Sub sp *atroseptica* ; *Erwinia carotovora* Sub sp *carotovora*) (ANONYME8)

**Figure 10 :** Les symptômes Causée par Gale argentée (*Helminthosporium solani*) (ANONYME 9)

**Figure 11 :** Les symptômes Causée par Gale poudreuse (*Spongospora subterranea*) (ANONYME10)

**Figure 12 :** Dégâts provoqués par Meloidogyne sur : A des racines de tomates ; B une culture concombre ANONIME 2024

**Figure 13 :** Symptômes des nématodes sur la partie souterraine (ANONIME 2024)

**Figure 14 :** Début des symptômes sur la partie aérienne de la pomme de terre (ANONIME 2024)

**Figure 15 :** Différents stades des nématodes à galles vue en microscopie électronique des dimensions de *Meloidogyne* spp. a : mâle ; b : femelle ; c : larves juvéniles J2 (PERRY et al., 2009).

**Figure 16 :** Morphologie des *Meloidogyne* spp. (De Guiran et Netscher, 1970)

**Figure 17 :** Masses d'œufs de *Meloidogyne* spp sur racines

**Figure 18 :** cycle biologique des nématodes à galles : *Meloidogyne* spp. (AGRIOS, 2005).

**Figure 19 :** Représentation générale de site expérimental. Image satellite

**Figure 20 :** Eclosoir utilisé pour l'incubation des masses d'œufs des *Meloidogyne* (A : Récipient, B : Tamis).

**Figure 21 :** Dispositif expérimental adopté pour l'expérimentation avant l'implantation (Originale,2024).

**Figure22 :** Dispositif expérimental adopté pour l'expérimentation avant l'implantation (Originale,2024).

**Figure 23 :** dénombrement de tubercule au niveau de laboratoire (Originale,2024).

**Figure 24 :** la mesure de calibre de tubercule (Originale,2024).

**Figure 25 :** Prendre le poids des tubercules avec une balance (Originale,2024).

**Figure 26 :** Observation des galles sur les racines de la pomme de terre (Originale,2024).

**Figure 27 :** Observation de l'infestation des tubercule (tubercule A sine tubercule B moins infecté tubercule C très infecté) (Originale,2024).

### **Liste des histogrammes**

**Histogramme 1** : montre la moyenne de nombre de tubercule pare traitement

**Histogramme 2** : représentatif de la moyenne de calibre de tubercules par traitement

**Histogramme 3** : représentatif de la moyenne de poids de tubercules par traitement

**Histogramme 4** : représentatif de la moyenne de nombre de racines infecte par traitement

**Histogramme 5** : représentatif de la moyenne de nombre de tubercules infecte par traitement



## **Introduction**

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante herbacée vivace cultivée en culture annuelle (Rousselle et al., 1996). Elle appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa, 1963), comprenant plus de 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Doré et al., 2006 ; Hawkes, 1990). Contrairement à la croyance initiale en une origine unique de la pomme de terre, des recherches ont montré une origine complexe avec diverses plantes sauvages parmi les ancêtres des espèces cultivées (Rousselle et al., 1992 ; Doré et al., 2006). Selon Soltner (2005), la pomme de terre possède un système racinaire fin et fasciculé, capable de pénétrer profondément dans un sol meuble, et produit des tubercules, l'organe principal conférant sa valeur alimentaire à la plante (Lê et al., 2002).

En Algérie, la filière pomme de terre occupe une place stratégique dans les nouvelles politiques du renouveau agricole et rural, notamment en raison de son importance dans l'alimentation. La pomme de terre est recommandée pour la sécurité alimentaire et peut aider à protéger les pays à faible revenu des fluctuations des prix des produits alimentaires mondiaux. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a déclaré que la pomme de terre est en première ligne dans la lutte contre la faim et la pauvreté dans le monde

La production de la pomme de terre de consommation et de semences qui connue une augmentation remarquable ces dernières années (LAHOUEL, 2015), Sa culture constitue 30 % de la production agricole nationale, (BENOUIS ET DERRADJI, 2015) sa production a frôlé les 49 Millions de quintaux pour la saison 2012 /2013 (Ministère du commerce Agence nationale de promotion du commerce extérieur, 2013) et se destinée à l'arrière-saison et une partie de la tranche primeur d'où les importations qui couvrent la moitié des besoins nationaux (LAHOUEL, 2015), les besoins en semences sont évalués à 220 000 tonnes en 2008 et la production national n'en couvre que 50 %.

La pomme de terre, est une culture souvent attaqué par des nématodes, qui pouvant causer des baisses de rendement allant jusqu'à 50% dans les parcelles infestées

Les nématodes phytoparasites ont des conséquences significatives sur les cultures, entraînant des pertes économiques et sociales importantes (Nicol et al., 2011).

Les problèmes phytoparasites causés par les *Meloidogyne* sont parmi les plus préoccupants et peuvent avoir des conséquences dramatiques, variant d'une année à l'autre (Djian Caporalino et al., 2009).

L'objectif de notre étude est de contribuer dans la recherche des solutions pour les redoutables nématodes du genre *Meloidogyne*. Pour cela nous avons procédé à l'essai de 4 nématicides homologué en en Algérien dont une d'origine biologique.

## **I. Généralités sur la pomme de terre**

### **1 Origine et historique de la pomme de terre**

L'histoire de la culture de la pomme de terre en Algérie est un récit fascinant qui se mêle à diverses cultures et événements historiques. La pomme de terre, originaire des Andes en Amérique du Sud, a trouvé son chemin vers l'Europe il y a plus de quatre siècles via l'Espagne vers (1570) et les îles britanniques (1588-1593) (Rousselle et al.,1996).

En Afrique, la pomme de terre a été introduite à la fin du XIXème siècle par les colonisateurs européens.

En Algérie plus précisément, on pense que les Maures d'Andalousie ont introduit pour la première fois la pomme de terre au XVIe siècle, aux côtés d'autres cultures comme les tomates, les poivrons, le maïs et le tabac (Rousselle et al., 1996).

Les Français ont joué un rôle important dans la culture de la pomme de terre en Algérie vers 1856, les premiers efforts de culture ayant conduit l'Algérie à devenir un exportateur de pomme de terre en 1898 avec un premier chiffre d'exportation atteignant 3000 tonnes par an. Malgré ses racines historiques et son importance dans l'agriculture algérienne, la production de pomme de terre a récemment connu des défis. Des facteurs tels que les sécheresses et les politiques gouvernementales ont entraîné des fluctuations des prix des pommes de terre, ce qui a eu un impact sur l'accessibilité financière de cet aliment de base pour les Algériens.

### **2 Importance économique de la pomme de terre**

La pomme de terre joue un rôle vital dans de nombreux pays, fournissant une source essentielle de nourriture, d'emplois et de revenus où la production a plus que doublé au cours des 15 dernières années (FAO STAT,2013).

Selon Rajnchapal (1987), la pomme de terre peut présenter une solution aux problèmes de déficit alimentaire mondial.

#### **2.1. Dans le monde**

Selon Ben Lamoudi en 2009, les variétés de pommes de terre cultivées à travers le monde sont extrêmement diversifiées, totalisant plusieurs milliers et adaptées à une multitude d'usages, que ce soit pour l'alimentation humaine ou pour des transformations industrielles.

La pomme de terre, riche en valeur énergétique, est cultivée dans 170 pays, englobant plus de trois quarts de la population mondiale, et se classe au quatrième rang mondial après le blé, le maïs et le riz.

La production mondiale évite les 300 millions de tonnes par an, avec une consommation moyenne de 75 kg par habitant et par an. Ces chiffres soulignent l'ampleur de la culture de la pomme de terre et son importance en tant que culture alimentaire majeure à l'échelle mondiale (Rousselle et al.,1996).

**Tableau I** : Productions et Superficies mondiales de la pomme de terre.

<b>Tableau 1</b>							
<b>Estimation de la production belge de pomme de terre de consommation (hâtives comprises) :</b>							
	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>Moyenne 2016-2020</b>
Surfaces (ha) (1)	91.367	95.346	94.428	97.868	96.730	89.650	95.148
Rendement (t/ha) (2)	44,0	53,3	36,8	45,0	44,8	47,3	44,8
Production (million de t)	4,02	5,08	3,48	4,40	4,33	4,24	4,26

(1) Sources surfaces : déclarations régionales PAC ;

(2) Source rendement : enquête stocks Fiwap / Carah / PCA (sauf hâtives : parcelles de référence PCA).

(FAOSTAT, 2014)

## 2.2. En Algérie

La pomme de terre occupe une place majeure dans l'alimentation du pays, après les céréales. Avec une superficie cultivée estimée à environ 85 000 hectares, la production atteint 1 800 000 tonnes en 2004. L'importation de pommes de terre de semence varie entre 90 000 et 160 000 tonnes par an, soulignant son importance pour la sécurité alimentaire nationale (Allaya et al., 2005).

Ces informations mettent en lumière l'importance cruciale de la pomme de terre à la fois en Algérie et à l'échelle mondiale, en tant que culture essentielle pour l'alimentation, l'économie et la sécurité alimentaire.

**Tableau II** : Productions et Superficies cultivées de pommes de terre en Algérie.

Années	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Production (Tonnes)</b>	2 180 961	1 506 859	2 171 058	2 636 057	3 300 312	3 862 194	4 219 476	4 400 000
<b>Superficies cultivées/ ha</b>	98 825	79 339	91 841	105 121	121 996	131 903	138 666	140 000

(MADR, 2014).

### 3.aspet botanique de la pomme de terre

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante herbacée vivace cultivée en culture annuelle (Rousselle et al., 1996). Elle appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa,1963), comprenant plus de 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Doré et al.,2006 ; Hawkes ,1990). Contrairement à la croyance initiale en une origine unique de la pomme de terre, des recherches ont montré une origine complexe avec diverses plantes sauvages parmi les ancêtres des espèces cultivées (Rousselle et al., 1992 ; Doré et al.,2006). Selon Soltner (2005), la pomme de terre possède un système racinaire fin et fasciculé, capable de pénétrer profondément dans un sol meuble, et produit des tubercules, l'organe principal conférant sa valeur alimentaire à la plante (Lê et al., 2002).

Selon Rousselle et al. (1996), la pomme de terre se présente sous l'aspect d'une touffe comprenant un nombre variable de tiges principales, avec un port plus ou moins dressé. Cette plante arbore des feuilles pointues, des fleurs allant du blanc au violet, et des fruits sous forme de baies de la taille d'une cerise, renfermant de nombreuses graines principalement utilisées dans les programmes de sélection variétale.

Les fleurs de pomme de terre sont principalement autogames et souvent stériles en raison de la stérilité mâle touchant environ 70% des cultivars. Cette stérilité peut résulter en un avortement partiel ou total des étamines ou en une stérilité du pollen due aux températures élevées. Cependant, certaines variétés ne fleurissent pas du tout (Rousselle et al., 1996). De plus, l'absence de nectar dans les fleurs limite la fécondation croisée, la rendant presque inexistante dans la nature selon Darpoux et Debelly (1967).

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) est composée en deux parties. Elle comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (Darpoux et Delelly, 1967)

#### **4. Morphologie de la pomme de terre**

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) fait partie de la famille des Solanacées, qui regroupe des plantes à fleurs gamopétales et dicotylédones, dont plusieurs sont cultivées pour l'alimentation humaine (Darpoux, 1967).

##### **4.1. Partie aérienne**

###### **a) Tiges**

La pomme de terre présente une tige principale plus ou moins dressée ou étalée, avec des tiges secondaires caractérisées par un diamètre plus petit et une section plus arrondie (Tirrily et Bourgeois, 1999). Les tiges peuvent être entièrement vertes, mais souvent elles possèdent des pigments rouges violacés (KHALDI et SEGHIRI, 2006).

###### **b) Feuilles**

Les feuilles de la pomme de terre sont composées, mesurant entre 10 et 15 cm de longueur, et comprennent 3 à 5 paires de folioles avec une foliole terminale (CHERFI, 1989).

###### **a. Fleurs**

Les fleurs de la pomme de terre sont disposées en cyme binaire, avec des corolles blanches, roses ou violettes (PERON, 2006). D'après KEBAILI et al. (2009), ces fleurs sont hermaphrodites de type cinq, comprenant un calice (5 sépales soudés), une corolle (5 pétales soudés), un androcée (5 étamines alternipétales), et un ovaire biloculaire pluriovulé. De plus, les fleurs sont autogames (ROUSSELLE et al., 1996).

###### **b. Fruits et graines**

Les fruits de la pomme de terre sont des baies sphériques vertes, renfermant de nombreuses graines plates de forme ovale (CHELHA, 2000), Ces baies peuvent contenir jusqu'à 200 graines (ROUSSELLE et al., 1992).

##### **4.2. Partie souterraine**

La partie souterraine de la pomme de terre est la plus importante car elle abrite les tubercules qui sont à l'origine de sa valeur alimentaire. Elle comprend :

###### **a. Racines**

Selon Huaman (1987), les plantes de pomme de terre issues de graines développent une racine pivotante mince avec des racines latérales, tandis que celles multipliées à partir de tubercules produisent des racines adventices à la base de chaque germe.

- Tiges souterraines ou stolons :

Les tiges latérales de la pomme de terre prennent naissance à partir des bourgeons latéraux du tubercule mère, ces stolons donnent ensuite naissance à la formation des tubercules fils (KEBAILI et al,2009).

- Tubercules :

Le tubercule de pomme de terre est une tige souterraine caractérisée par des entre-nœuds courts et épais. Les yeux sont disposés en spirale, et leur nombre dépend de la surface (ou calibre) du tubercule. Chaque œil contient plusieurs bourgeons qui donnent naissance à des germes. Après la plantation, ces germes produisent des tiges, des stolons et des racines (BERNHARDS, 1998).

**S : sépale**

**p : pétale**

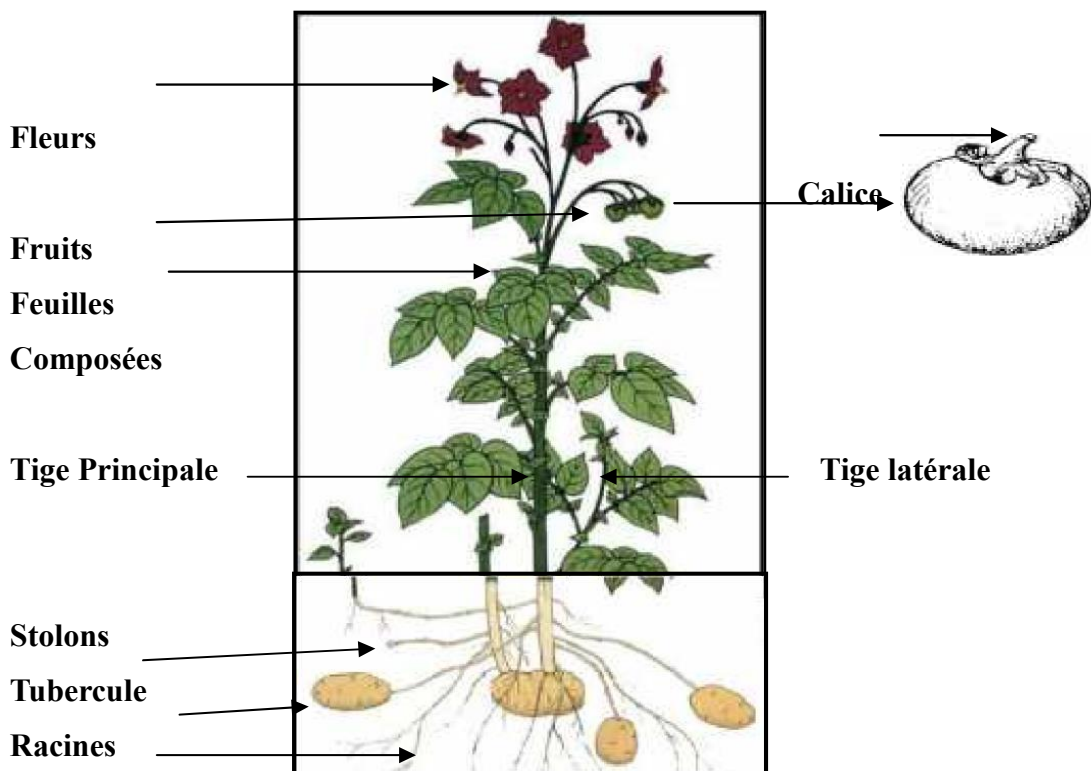
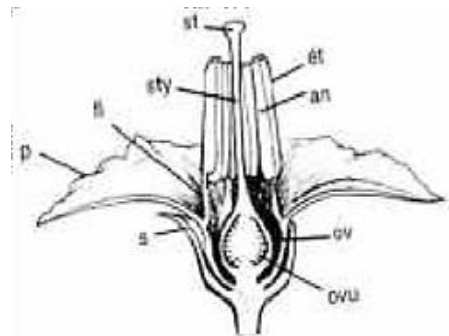
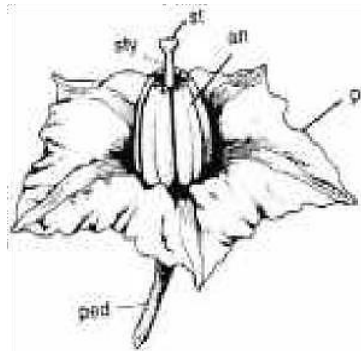
**St : stigmat**

**Sty : style**

**Ét : étamine**

**Ov : ovule**

**An : anthère**



**Figure 1** : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre (BOUFARES, 2012).

**5. Classification taxonomique :**

La classification taxonomique de la pomme de terre est représentée par APG III (2009) comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotyledones

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Solanales

Famille : Solanaceae

Sous-famille : Solanoideae

Genre : Solanum

Espèce : spunta (Ghomari, 2014)

**6. Cycle de développement de la pomme de terre**

Selon Soltner (1988), le cycle de développement de la pomme de terre est très variable. Elle peut se reproduire par graines et aussi par tubercules. Mais la multiplication de la plante reste toujours végétative (Darpoux et Debelley, 1967). Le cycle de vie de la pomme de terre est rapide et divisé en plusieurs étapes conditionnées par des facteurs génétiques et environnementaux (Rousselle et al., 1996). Et qui résume comme suit :

**6.1. La phase de croissance**

Une fois que le tubercule est planté et que les germes se transforment en tiges herbacées pourvues de feuilles sous terre, la plante devient autotrophe lorsque sa surface foliaire atteint 300 à 400 cm<sup>2</sup> (Rousselle et al., 1996). Les bourgeons axillaires donnent, au-dessus du sol des rameaux, et en dessous, des stolons. (0 jour à 40 jours) (Soltner, 2005).

**6.2. La phase de tubérisation**

Selon Soltner (2005), au bout d'un certain temps, variable selon la variété et les conditions de culture, les extrémités des stolons arrêtent de croître et se renflent pour former les ébauches des tubercules en une à deux semaines, ce processus prenant généralement entre 50 et 80 jours.

**6.3. La phase de repos végétatif**

Selon Soltner (2005), la tubérisation de la pomme de terre se poursuit jusqu'à la mort de la plante, que ce soit de manière naturelle ou dans des conditions optimales de température et

d'humidité. Ce processus peut durer entre 70 et 130 jours, variant en fonction des conditions environnementales et de la variété de pomme de terre cultivée

#### **6.4. La phase de germination**

D'après (Ellisseche, 2008), lorsqu'un tubercule est placé dans des conditions environnementales favorables (16-20°C, 60-80% d'humidité relative) juste après la fin de son repos végétatif, il commence à germer. Après une évolution physiologique interne, les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons. Une évolution interne du tubercule conduit d'abord à un seul germe qui se développe lentement, et dans ce cas, c'est toujours le germe issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons, phénomène connu sous le nom de dominance apicale (Soltner, 2005). Ensuite, un petit nombre de germes à croissance rapide se développent, suivi par un nombre croissant de germes démarrant, indiquant une perte progressive de la dominance apicale. Ces germes s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes, et finalement tubérisent, (Bernhards, 1998).

#### **7. Date de plantation**

La date de plantation de la pomme de terre en Algérie varie en fonction de la zone de production, des conditions climatiques, de la variété cultivée et de la nature du sol (Lahouel, 2015). En Algérie, la pomme de terre est cultivée selon trois types : la primeur, la saison, et l'arrière-saison

Les trois calendriers de culture de la pomme de terre :

- Primeurs : plantation 15 novembre - 15 janvier ;
- Saison : plantation 15 janvier -15 mars ;
- Arrière-saison : 15 août -15 septembre.

#### **8. Exigences de la culture de la pomme de terre**

##### **8.1. Climat**

Selon Burton en 1989, les variétés sauvages de pommes de terre sont présentes dans les régions montagneuses du Pérou, du Chili et de la Bolivie, même à des altitudes élevées de 4000 mètres. La culture de la pomme de terre réussit également à des altitudes de 1000 mètres dans les régions montagneuses d'Europe, démontrant une adaptabilité allant des climats subtropicaux aux climats plus froids. Cette plante prospère particulièrement dans des conditions tempérées, humides et brumeuses, mettant en avant sa capacité à s'épanouir dans une diversité d'environnements (Laumonier en 1979 et l'OCDE en 1997).

##### **8.1.1. Température**

La température joue un rôle essentiel dans le développement et la croissance de la pomme de terre.

En dessous de 10°C, la croissance est limitée et la partie aérienne de la plante peut geler à 1°C. L'optimum de température pour la végétation se situe généralement entre 15,5°C et 21°C, comme indiqué par (Laumonier en 1979 et l'OCDE en 1997).

Selon les recherches de (Bamouh en 1999 citées par Djaafour), les températures idéales pour la croissance des tubercules se situent autour de 18°C le jour et 12°C la nuit. Des températures du sol dépassant 25°C peuvent être préjudiciables à la formation des tubercules. Pour le stockage des récoltes, il est recommandé de maintenir une température inférieure à 6°C, comme le suggère (Moule en 1972).

### **8.1.2. Lumière**

Une bonne luminosité est essentielle pour la pomme de terre. En cas de faible éclairage, la plante ne peut pas pleinement utiliser ses capacités de photosynthèse, ce qui affecte la croissance des tubercules (Laumonier, 1979)

Selon Bodlaender (1963) en conditions de faible luminosité, l'intensité photosynthétique diminue, entraînant la formation de petites quantités de sucres qui sont principalement utilisées par le feuillage au détriment des racines, ce qui diminue significativement leur croissance.

### **8.1.3. Photopériode**

Les nuits longues favorisent le début précoce de la formation des tubercules chez la pomme de terre. La réponse de la plante à la durée des jours pour ce processus varie selon les variétés, chacune ayant une durée critique de jour ou une photopériode spécifique. En deçà de cette durée critique, la formation des tubercules se déroule normalement, mais au-delà, elle est ralentie ou complètement stoppée. La plupart des variétés adaptées aux climats tempérés ont des photopériodes critiques situées entre 13 et 16 heures (Bodlaender, 1963 ; Ellissèche et al., 1992 ; Rousselle et al., 1996).

### **8.1.4. Humidité**

Selon les informations fournies par Vanderzaag (1980) et Nedjar (2000), la culture de la pomme de terre nécessite une humidité abondante et constante. La plante dépend fortement de l'eau, avec environ 95% de l'eau absorbée par les racines étant transpirée par les feuilles.

Crosnier (1987) précise qu'entre la plantation et la germination de la pomme de terre, le sol autour de la plante doit être maintenu humide sans être saturé d'eau.

Pendant la période allant du démarrage de la tubérisation jusqu'au grossissement des tubercules (entre le 50ème et le 90ème jour de croissance), les besoins en eau de la pomme de terre sont particulièrement élevés, comme indiqué par (Laumonier, 1979 l'OCDE 1997).

## **8.2. Exigences édaphiques**

### **8.2.1 Sol**

Les caractéristiques physico-chimiques du sol jouent un rôle essentiel dans la production des tubercules de pomme de terre, notamment sa texture, son niveau d'aération, sa capacité de rétention d'eau et son aptitude au réchauffement.

Selon les recherches de Clark (1921 citées par Laumonier, 1979), l'état physique du sol lors de la formation des boutons floraux impacte directement la production des tubercules.

Un sol trop léger peut manquer d'humidité nécessaire, tandis qu'un sol lourd et humide favorise les maladies comme le mildiou et peut entraîner des problèmes d'asphyxie pour la plante.

Pour favoriser une croissance optimale, la pomme de terre prospère dans un sol moins lourd bien drainé (Rousselle et al., 1996).

Selon Henri-Zuang (1922 cité par Laumonier, 1979), la qualité des tubercules de la pomme de terre est améliorée lorsqu'ils sont cultivés sur des sols légers, même légèrement calcaires.

Laumonier (1979) ajoute que les sols profonds, frais, meubles et sans excès d'humidité sont particulièrement adaptés à la culture de la pomme de terre.

### **8.2.2 Exigences hydrique**

Selon Crosnier (1987) précise qu'entre la plantation et la germination de la pomme de terre, le sol autour de la plante doit être maintenu humide sans être saturé d'eau.

Pendant la période allant du démarrage de la tubérisation jusqu'au grossissement des tubercules (entre le 50ème et le 90ème jour de croissance), les besoins en eau de la pomme de terre sont particulièrement élevés, comme indiqué par (Laumonier, 1979 l'OCDE 1997).

Les besoins en eau de la pomme de terre varient en fonction de la profondeur du système racinaire et évoluent selon la période de croissance. Avant la tubérisation, les besoins en eau se situent autour de 3-4 mm par jour, tandis qu'ils augmentent à environ 5-6 mm par jour dès la formation des tubercules, atteignant un total d'environ 455 mm (Rachdame, 2010). Pendant la germination, la quantité d'eau requise est faible, mais le tubercule mère doit être entouré de sol humide sans être mouillé. Les besoins en eau sont significativement élevés pendant la croissance foliaire et la tubérisation (Bellabaci et Cherfouh, 2004).

## **4.3. Fertilisation**

Selon les sources fournies, la fertilisation des sols vise à améliorer leur fertilité en modifiant leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques pour garantir des conditions

optimales de croissance des cultures à long terme (Larousse agricole,1981), cette fertilisation est apportée par :

#### **4.3.1. Fumure organique**

La plante, en tant qu'organisme fixé au sol, dépend de son environnement pour obtenir les éléments nutritifs essentiels à sa croissance et à sa production. Cependant, les sols naturels ne peuvent souvent pas fournir tous les nutriments nécessaires aux plantes cultivées, surtout lorsque des rendements élevés sont attendus. Ainsi, la fertilisation des sols est cruciale pour améliorer leur fertilité et assurer que les plantes reçoivent les éléments nutritifs nécessaires à leur développement optimal, répondant ainsi aux demandes croissantes de rendement.

Par la fertilisation, l'homme a la possibilité de compenser ces carences en utilisant des fumures organiques et minérales. La fumure organique contribue à améliorer la structure du sol, à augmenter sa capacité de rétention d'eau, à réguler la nutrition des plantes et à faciliter l'absorption des éléments fertilisants (O.E.C.D, 1997).

La fertilisation permet à l'homme de compenser les carences en utilisant des fumures organiques et minérales. En Algérie, le fumier des bovins et des ovins est largement utilisé comme fumure organique, avec une dose recommandée de 30 à 40 tonnes par hectare (ITCMI., 1994).

Les besoins en fumure organique sont de 25 à 30 tonnes par hectare pour le fumier de bovins ou d'ovins, et de 15 à 20 tonnes par hectare pour la fiente de volailles. L'ITCMI (2018)

#### **4.3.2. Fumure minérale**

Chacun des principaux éléments minéraux agit différemment sur le développement des organes de la plante, ce qui signifie que les besoins en éléments minéraux varient en fonction des effets spécifiques de chaque élément sur les différents organes de la plante (Web).

D'après Bedin et Malet (1989), l'azote favorise le développement foliaire, ainsi que la formation et le grossissement des tubercules, tandis que la potasse est essentielle pour la formation de tubercules de gros calibres.

L'acide phosphorique favorise la formation de petits calibres de pomme de terre et agit comme un facteur de précocité. Il stimule le développement racinaire, accélère la croissance en augmentant le nombre total de tubercules et leur teneur en matière sèche. La fumure phosphorique est habituellement appliquée en une seule fois avant l'hiver pour les formes peu solubles, et avant la plantation pour les engrais directement assimilables.

La fumure azotée peut être fractionnée, avec une partie appliquée avant la plantation et l'autre pendant la croissance des plantes. En ce qui concerne l'élément potassium (K), la forme d'apport est importante. Il est recommandé d'utiliser le sulfate de potasse pour la pomme de

terre de consommation, selon (Chagnon et al., 2000 ; Eleanor et al., 2002 ; Desaulniers et Dubost ,2003).

D'une manière générale, la recommandation en matière de fumure est un engrais de type 11-15-15 à raison de 12 quintaux par hectare. En complément, il est suggéré d'ajouter 200 à 250 kg d'ammoniacale (engrais azoté) au début de la végétation, ou de réaliser deux épandages, le premier (150 kg) en début de végétation et le second (150 kg) pendant la phase de croissance active (ITCMI, 1994).

**I. Maladies cryptogamiques**

La pomme de terre est en effet sujette à l'attaque de divers ravageurs et maladies fongiques ou bactériennes qui peuvent affecter différentes parties de la plante (racines, tiges, feuilles, tubercules) à la fois pendant la croissance et la conservation des tubercules. Ces attaques peuvent causer des dommages significatifs, nécessitant une surveillance attentive pour prévenir les pertes (Maladie et ravageurs pris en compte dans le cadre du contrôle officiel des plants de pomme de terre, 2006 ; Serail ,2003).

**I.1.Pourriture grise**

- **Agent causal**

Causée par un champignon du genre *Botrytis cinerea*

- **Les symptômes**

- pétales fanés très brunis ;
- taches grisâtres sur les vieilles feuilles ;
- taches spectrales sur les fruits verts (cas de la tomate) surtout ;
- chancre brun clair sur les tiges qui peuvent se couvrir de spores grises (Acta, 1999 ; Lambert, 2004).

La moisissure grise, causée par le *Botrytis cinerea*, est Indeed influencée par l'humidité relative élevée et l'eau libre. Ainsi, réduire l'eau libre sur les plantes, dans le terreau ou l'humidité de l'air, contribue à diminuer les risques d'infection.

- **La lutte**

En tant que méthode de lutte biologique, l'utilisation d'acariens prédateurs peut aider à réduire l'inoculum de la maladie (Villeneuve, 1999 ; Lambert, 2004).

En plus des approches biologiques et culturales, les traitements chimiques sont largement employés pour contrôler les maladies fongiques comme la pourriture grise. Cependant, pour des raisons environnementales, l'utilisation de biofongicides est préconisée (Villeneuve, 1999 ; Hopkins et al., 2003 ; Lambert, 2004).



**Figure 2 :** Les symptômes Causée par la Pourriture grise (*Botrytis cinerea*). (ANONYME1)

### I.2. Fusariose (la pourriture sèche)

- **Agent causal**

Provoquée par des champignons du genre *Fusarium* *Fusariumroseum*, *Fusariumsolani*

- **Les symptômes :**

Des taches de pourriture brun pâle, aux limites mal définies, apparaissent au niveau des blessures. Les taches se développent et mènent à des cavités

- **La lutte :**

Éviter les blessures des tubercules lors de manipulations, bien sécher les tubercules à la récolte et favoriser la cicatrisation des blessures ; traiter peu de temps après la récolte par un fongicide à base (Thiabendazole + Imazalil) pour contrôler toutes les souches. (Bamouh A., 1999) .



**Figure 3 :** Les symptômes Causée par Fusariose (la pourriture sèche)(ANONYME 2)

**I.3Mildiou**

- **Agent causal**

Causée par *Phytophthora infestans* (Mont.) de Barry

- **Les symptômes**

-Des taches foliaires avec des bordures jaunes et feutrage blanc à la face des feuilles ; Des nécroses des feuilles et des tiges ; Des pourritures sur tubercules (Snowden, 2010)..

- **La lutte**

La lutte doit être préventive : utilisation des plants sains, bonne buttage et protection fongicide. Les produits efficaces contre le Mildiou sont les produits à base de cuivre.



**Figure 4 :** Les symptômes Causée par Mildiou (*Phytophthora infestans*) (ANONYME3)

**1.4Alternariose**

- **Agent causal**

Provoqué par les champignons *Alternaria solani* et *Alternaria alternata*, se transmet par le vent et la pluie. (Fr.)Keissel

- **Les symptômes**

Sur les feuilles ; des taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variable, situées sur les feuilles du bas. Sur les tubercules : pourritures brunes à noires, très sèches avec une dépression. (Torres, 2002 ; Wale et al., 2008).

- **La lutte**

Pour la lutte éviter les stress accélérant l'affaiblissement des plantes, utiliser les fongicides anti mildiou (Chlorothalonil, fluazinam,).

Afin de minimiser les risques, il nécessaire de :

- choisir des variétés résistantes ;
- utiliser des semences ou des jeunes plants sains ;
- faire la rotation des cultures ;
- maintenir le sol meuble et bien aéré ;
- éviter d'asperger les plants lors des arrosages ;
- éliminer les débris végétaux (Messiaen et al., 1991 ; Foury, 1995) ;
- d'appliquer du sulfate de cuivre et la Bouille bordelaise ou autre produit anti-mildiou toutes les semaines dès le début du mois de juillet (Devis, 2002).



**Figure 5 :** Les symptômes Causée par Alternariose (*Alternaria solani* et *Alternaria alternata*) (ANONYME4)

### 1.5 Verticilliose

- **Agent causal**

Causée par *Verticillium dahliae* et *Verticillium alboatrum* ; se provient du sol, de l'eau d'irrigation ou de ruissellement.

- **Les symptômes**

Sur les feuilles les plus basses : d'abord de petites taches jaunes entre les nervures sur une partie du limbe qui vont peu à peu s'étendre et se transformer en larges nécroses brunes. Sur les tiges, des bandes sombres longitudinales peuvent apparaître et le bois des plantes se teinte généralement de brun-rougeâtre.

- **La lutte**

La rotation minimale de trois ans entre les cultures solanacées, l'utilisation des plants certifiés et traiter par les fongicides avant la plantation. Bamouh H, 1999



**Figure 6 :** Les symptômes causés par Verticilliose (*Verticillium dahliae* et *Verticillium albo-atrum*) (ANONYME 5)

### 1.6 Rhizoctone Brun

- **Agent causal**

Provoqué par un champignon *Rhizoctonia solani* ; Smith 1896 se développe à partir des sclérotés noirs fixés sur le tubercule mère ou présents dans le sol.

- **Les symptômes**

Des levées irrégulières ou tardives des plants, les stolons et les radicelles présentent des taches brunes profondes. Le rhizoctone se traduit par un enroulement et un jaunissement de feuillages ; Le tubercule contaminé porte à la surface de petits amas noirs très durs (Sclérotés).

Les tubercules issus de plantes atteints sont difformes, angleux et parfois avec des desquamations rappelant la galle commune (Gupta et al., 2017).

- **La lutte**

Elle se fait par l'utilisation de plant sain, rotations longues, plantation en sol réchauffé et bien préparé et l'utilisation de fongicides en traitement des plans comme (Monceren, Dithane, Lota, Oscar,).

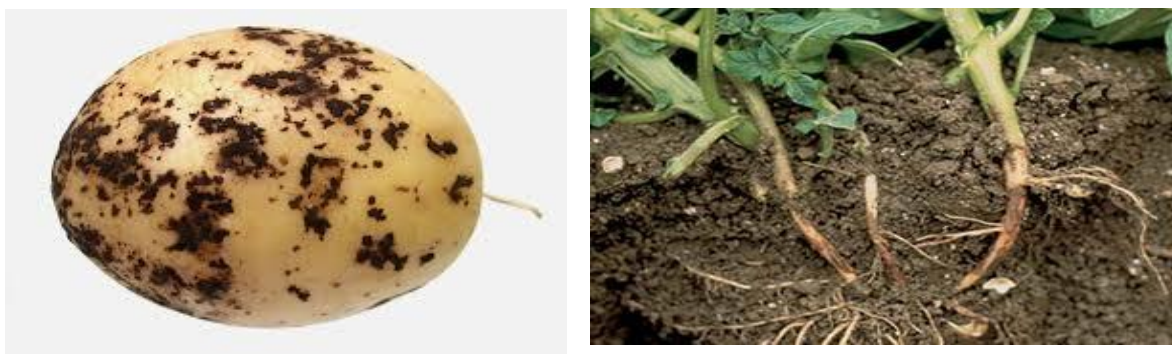


Figure 7 : Les symptômes Causée par Rhizoctone Brun (*Rizoctonia solani*)  
(ANONYME6)

## II. Maladies bactériennes

### II.1 Gale commune

- Agent causal

Causée par *Streptomyces sp* Thaxter ;1992 ; Tubercules infectés et sols contaminés.

- Les symptômes

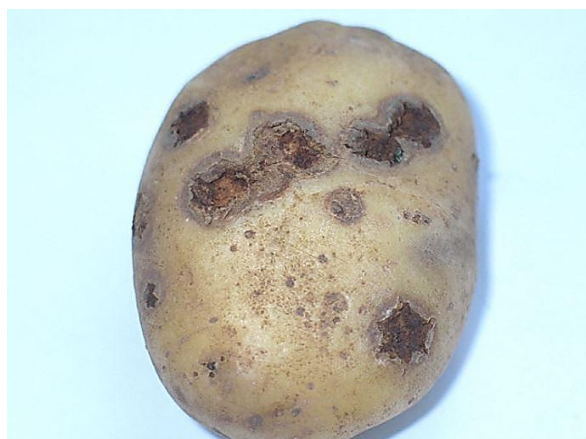
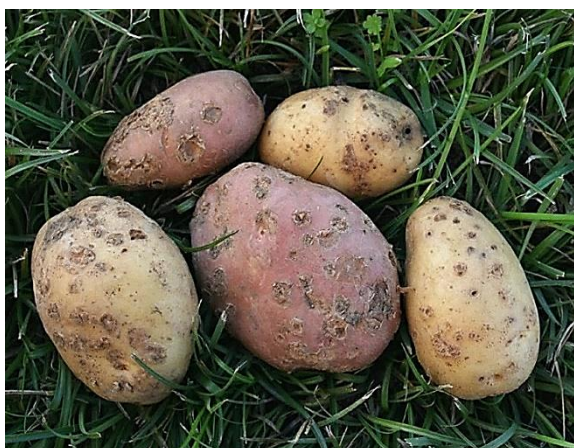
Tubercules : lésions rond, irréguliers de couleur marron clair à brune. Les lésions sont apparentes au moment de la récolte et ne se développent pas pendant l'entreposage.

Gale en pustules ou en relief dans les tubercules (Messiaen et al., 1991).

- La lutte

-Évite l'utilisation de fumier frais, non décomposé comme fertilisant ; éviter d'augmenter rapidement le pH du sol (elle se développe plus rarement dans un sol acide).

-utilisation de variétés peu sensibles, allonger les rotations, éviter les sols légers,



**Figure 8 :** Les symptômes Causée par Gale commune (*Streptomyces sp.*) (ANONYME7)

### II.2 Jambe noir

- **Agent causal**

Provoqué par *Erwinia carotovora Sub sp atroseptica* (Van Hall)

*Erwinia carotovora Sub sp carotovora* Johns 1901.

- **Les symptômes**

Apparition d' une pourriture noire plus ou moins humide de la base des tiges (et parfois des racines), due au développement bactérien. Les tissus se ramollissent et la mauvaise alimentation en eau de la plante peut entraîner un flétrissement du feuillage, ainsi qu'un jaunissement et un enroulement des feuilles. (Montesdeoca et al., 2013).

- **La lutte**

Il faut éviter les fumures azotées excessives, limité les blessures de tubercules lors de la manipulation.



**Figure 9 :** Les symptômes Causée par Jambe noir (*Erwinia carotovora Sub sp atroseptica* ; *Erwinia carotovora Sub sp carotovora*) (ANONYME8)

### II.3. Gale argentée

- **Agent causal**

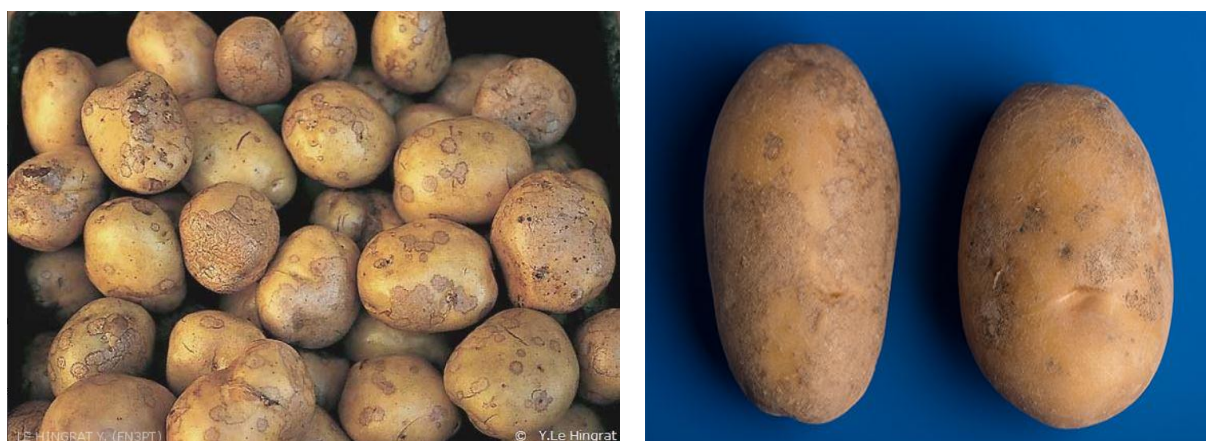
Causée par *Helminthosporium solani*

- **Les symptômes**

La gale argentée ne provoque pas de symptômes en végétation : elle affecte uniquement les tubercules et s'exprime après la récolte.

- **La lutte**

Désinfecter correctement les locaux avant le stockage des tubercules. Séparer les lots sains et les lots contaminés. Bien sécher les tubercules à la récolte. Conserver dans de bonnes conditions de stockage (basse température et humidité de l'air limitée).



**Figure 10: Les symptômes causés par Gale argentée (*Helminthosporium solani*)**  
(ANONYME 9)

#### **II.4. Gale poudreuse**

- **Agent causal** Provoqué par *Spongoporasubterranea*
- **Les symptômes**

Il n'y a aucune manifestation sur la partie aérienne de la plante. Les symptômes initiaux sur les tubercules sont de petites pustules brunes-violâtres qui grossissent lentement. Elles éclatent par la suite, déchirant la peau de la PdT et libérant une masse brunâtre poudreuse. Des entailles subéreuses superficielles connues sous le nom de "croûtes" apparaissent.

- **La lutte**

Il faut utiliser des semences certifiées exemptes de maladie, des cultivars tolérants ('Russet Burbank', 'Snowden', 'Atlantic', 'Superior', etc.) et ceux à la peau rugueuse et faire une rotation des cultures (> 6 ans) avec des plantes non hôtes.



Figure 11: Les symptômes Causée par Gale poudreuse (*Spongospora subterranea*) (ANONYME10)

### III. Maladies virales

#### III.1. La mosaïque plane de la pomme de Terre

- **Agent causal**

Virus X de la pomme de Terre

- **Les symptômes**

-Des mosaïques bénignes. Planes ou bénignes.

#### III.2. Les viroses de la pomme de Terre

- **Agent causal**

Virus A de la pomme de Terre (PVA).

Virus S de la pomme de Terre (PVS).

Virus M de la pomme de Terre (PVM)

- **Les symptômes**

Déformation, enroulement et rigidité des feuilles ou encore un nanisme de la plante.

Sur le tubercule nécrose superficielle par PVY.

### IV. Ravageurs de la pomme de Terre. (Serail, 2003)

#### IV. 1. Ravageurs

Taupin (*Agriotes* spp).

- **Symptômes et Dégâts**

-Seules les larves sont nuisibles

-Perforation des tubercules.

-Les dégâts sont accentués dans les sols humides qui font remonter les larves vers la surface.

- **Moyens de lutte**

-Eviter la mise en culture d'anciennes prairies.

-Bonnes rotations.

-Retourner et travailler superficiellement les sols pour destruction mécanique et dessèchement des larves.

#### **IV. 2. Ravageurs**

Nématodes à kyste, à galle.

- **Symptômes et Dégâts**

-Végétation chétive, différents symptômes sur racines, petits tubercules.

-une réduction du système racinaire.

-un feuillage jaunâtre, flétri ou desséché.

-une floraison et une fructification réduite.

-un retard dans la croissance des plants.

- **Moyens de lutte**

-Rotation longue (5 ans minimum).

#### **IV.3. Ravageurs**

Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*)

- **Symptômes et Dégâts**

-Larves et adultes rongent les folioles ; transmission de virus et phytoplasmes.

-Défoliation

- **Moyens de lutte**

-Faire un traitement chimique généralisé, les larves sont facilement tuées par la plupart des insecticides mais les adultes sont très résistants.

-De nombreux insecticides homologués vis à vis des pucerons présentent également une efficacité contre le doryphore.

#### **IV.4. Ravageurs**

-Pas de dégât direct sur le rendement ; transmission de virus et phytoplasmes.

-Déformation, décoloration.

-Dessèchement des pousses.

-Formation de fumagine sur les feuilles.

-Les extrémités des pousses et les fleurs sont colonisées.

-Les piqûres entraînent un ralentissement de la croissance des plantes et une diminution du rendement

- **Moyens de lutte**

Produits homologués à base de pyrèthrine et huile de colza

-Favoriser les Auxiliaires naturels.

-Les méthodes de lutte passent alors par une surveillance des populations de pucerons par piégeage (pièges jaunes disposés en parcelle ou pièges à succion à portée régionale comme le réseau EXAMINE).

- Les traitements insecticides.

## I. Généralités sur les nématodes à galle

Les nématodes, également connus sous le nom d'anguillules, sont des vers ronds, non segmentés, filiformes et translucides appartenant à l'embranchement des Nématodes. Ils sont métazoaires et comptent plus de 25 000 espèces réparties dans 20 ordres et 200 familles identifiées jusqu'à présent. Contrairement aux insectes, qui représentent 80 % de la biodiversité animale, les nématodes sont adaptés à divers environnements et se trouvent partout dans le monde. Ils ont su s'adapter à des milieux variés tels que l'eau, le sol, les animaux, les champignons, les insectes et les plantes. Certains nématodes jouent un rôle crucial dans les écosystèmes en participant à la décomposition des déchets organiques, y compris la biodégradation de composés toxiques. Leur présence dans le sol peut même servir d'indicateur de la qualité du sol

### 1.1. Origine et historique des Meloidogyne

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont des endoparasites obligatoires des racines. Du fait de leur taille microscopique et de leur présence au sein même des racines, ils sont longtemps passés inaperçus. Ils créent des galles au niveau des racines, entraînant une déformation importante du système vasculaire de la plante, mais aussi un dépérissement des parties aériennes et parfois la mort de plante. Ils sont particulièrement nuisibles économiquement aux cultures agricoles du monde entier en raison de leur large gamme d'hôtes, comprenant plus de 5500 espèces de plantes (Blok et al., 2008), et de leur large répartition géographique (Jones et al., 2013). En cas d'infestation forte, les galles peuvent envahir tout le système racinaire, ce qui provoque une diminution des rendements de la plante et peut conduire dans certains cas à la perte totale d'une récolte. En effet, les racines attaquées par les nématodes ne sont plus capables d'extraire correctement des nutriments du sol et donc de se développer. Les dommages de certaines espèces de *Meloidogyne* ont été répertoriés par Greco & Di Vito (2010) et Wesemael et al. (2011). Par exemple, des pertes de rendement de 62 à 100 % ont été signalées en culture de tomates sensibles (Seid et al., 2015 ; Giné & Sorribas, 2017), 30 à 60 % en cultures d'aubergine, 50 % pour le melon, 37 % à 50 % pour la pastèque (Sikora & Fernández, 2005) et 88 % pour les concombres (Giné & Sorribas, 2017). En Europe, ils sont responsables de dégâts atteignant 10% de la production céréalière et ils entraînent des diminutions de récoltes de 20 à 30% dans les vergers d'agrumes méditerranéens (Feldmesser et al., 1971). Dans le sud-est de la France, plus de 40% des exploitations maraîchères sont touchées (Djian-Caporalino, 2010, 2012). Le changement climatique est susceptible d'influencer nettement la distribution de ces parasites et par conséquent d'accentuer les pertes

de rendement des cultures (Bebber et al., 2014). Plus de de 90 espèces ont été décrites (Jones et al., 2013 ; Blok et al., 2008), dont 23 en Europe (Wesemael et al., 2011), mais seulement quatre d'entre elles sont considérées comme particulièrement nuisibles : *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* et *M. hapla*. En France, on retrouve principalement les trois premières de ces quatre espèces. Ces trois espèces sont à reproduction parthénogénétique mitotique (c'est à dire à reproduction clonale) (Triantaphyllou, 1985). Elles sont responsables de la majorité des pertes de rendement des cultures maraîchères causées par les nématodes (Sikora & Fernández, 2005). Elles sont également largement répandues dans les régions tropicales, où elles s'attaquent aux cultures de bananier, de café, de coton de canne à sucre ou encore d'ananas (Sikora et al., 2018). Elles prospèrent dans les sols des contrées à climat chaud et hivers courts. L'espèce *Meloidogyne incognita* est l'une des espèces les plus largement répandues à travers le monde et celle qui cause le plus de dégâts. *M. incognita* se distingue par son caractère extrêmement polyphage. Elle attaque plus de 200 espèces végétales, dont les tomates, aubergines, poivrons, pommes de terre, melons, concombres, laitues, chicorées, haricots, carottes, etc. Dans ce contexte, certains auteurs indiquent que *M. incognita* serait l'un des parasites de plantes parmi les plus préoccupants au monde (Bebber et al., 2014).



**Figure 12 :** Dégâts provoqués par *Meloidogyne* sur : A des racines de tomates ; B une culture concombre ANONIME 2024

## 1.2. Position taxonomique

Les Meloidogyne sont classés dans la famille des Heteroderidae par Ritter (1971), tandis que les Wouts sont classés dans la famille des Meloidogynidae par Lamberti (1971). La sous-famille des Meloidogynae est la plus importante en fonction du nombre d'espèces qu'elle renferme.

Classement taxonomique	Nom latin
Règne	Animal
Embranchement	Nemathelminthes
Classe	Nematoda
Sous classe	Secernenta
Ordre	Tylenchida
Super-famille	Tylenchoidea
Famille	Meloidogynidae
Sous famille	Meloidogynae
Genre	<i>Meloidogyne</i>
Espèce	<i>Meloidogyne sp.</i>

## 1.3 Symptômes

Les symptômes causés par les attaques de Meloidogyne. Les galles se développent souvent lentement, ce qui les rend plus faciles à reconnaître et à remarquer (Villain et al., 2002)

### 1.3.1 Symptômes sur la partie souterraine

Les attaques de Meloidogyne sont caractérisées par la forme, le nombre et la taille des galles varient selon les espèces de Meloidogyne et la sensibilité des plantes hôtes (De Guiran, 1983 ; Karajeh et al., 2005).

Les galles de Meloidogyne hapla sont beaucoup plus petites que celles des autres espèces de Meloidogyne.

Les galles endommagent les tissus vasculaires des racines, empêchant le passage normal de l'eau et des nutriments vers la plante.

Elles rendent également le système racinaire plus vulnérable aux attaques de champignons et de bactéries pathogènes (Rahman, 2003).

Bien que les galles soient faciles à identifier, elles sont trop petites pour permettre de déterminer l'espèce de nématode à galles (Olsen, 2000). Des mesures sont nécessaires pour identifier l'espèce.

Donc en résumé, les galles sont un symptôme caractéristique des attaques de Meloidogyne, mais leur forme et leur taille varient selon l'espèce en cause et la sensibilité de la plante hôte. Elles entraînent des dommages aux racines et fragilisent la plante face à d'autres pathogènes.



**Figure 13 :** Symptômes des nématodes sur la partie souterraine (ANONIME 2024)

### 1.3.2 Symptômes sur la partie aérienne

Les symptômes associés aux attaques de nématodes à galles ne sont pas spécifiques à la partie aérienne de la plante et se manifestent par un ralentissement de la croissance, une diminution de la vigueur de la plante, ainsi qu'une déficience généralisée due à l'action du pathogène. Ces symptômes incluent le flétrissement et le jaunissement des feuilles, suivis d'une réduction de la floraison et de la fructification, entraînant une chute de la production (Stoll, 2002 ; Castillo et al., 2006). De plus, les plantes malades peuvent présenter des symptômes de carences en azote, en potassium ou en phosphore, même si les niveaux adéquats de ces minéraux sont présents dans le sol. En période de chaleur diurne, les plantes infectées flétrissent et se rétablissent la nuit (Tisserat, 2006)



**Figure 14 :** Début des symptômes sur la partie aérienne de la pomme de terre (ANONIME 2024)

## 1.4 Dégât dus aux *Meloidogyne*

Les nématodes phytoparasites ont des conséquences significatives sur les cultures, entraînant des pertes économiques et sociales importantes (Nicol et al., 2011). En plus des lésions directes qu'ils provoquent, ces nématodes peuvent également causer des infestations secondaires d'autres pathogènes fongiques ou bactériens tels que *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Pseudomonas*, et *Agrobacterium*. Les problèmes phytoparasites causés par les *Meloidogyne* sont parmi les plus préoccupants et peuvent avoir des conséquences dramatiques, variant d'une année à l'autre (Djian Caporalino et al., 2009). De plus, selon Wesemael et al. (2006), des dégâts importants causés par les *Meloidogyne* peuvent être observés avec une teneur initiale de 5 à 10 larves par gramme de sol. Une étude menée par Crible Damme et al. (2005) indique qu'une densité de 25 larves par cm<sup>3</sup> de sol peut entraîner des pertes considérables. En Algérie, plusieurs travaux ont souligné l'importance des infestations par les *Meloidogyne* dans les cultures maraîchères, notamment dans les zones côtières, avec des pourcentages d'infestation allant jusqu'à 49 à 100% (Mokabli, 1988 ; Sellami et al., 1999 ; Nebih Hadj Sadok, 2000), mais moins fréquentes dans les zones sahariennes (Ighilli, 1986 ; Nadji, 1988)

## 1.5 Morphologie et cycle de vie

### 1.5.1. Morphologie des nématodes à galle

Ce sont de minuscules vers équipés de stylets oraux qui jouent un rôle important dans leur nutrition (Perri et Moens, 2006 ; Dabaj et al., 2010).

Ils possèdent un système musculaire composé de quatre régions musculaires et un système nerveux avec des anneaux nerveux, des cordes nerveuses, des organes sensoriels tactiles et des chimiorécepteurs (De Guiran et Netscher, 1970).

Leur cycle de développement comprend trois stades (œufs, larves et adultes) et quatre morphologies différentes (œufs, larves, mâles adultes et femelles adultes).

Les œufs en forme de haricot mesurent environ 90 µm de long sur 40 µm de large, entourés d'une substance gélatineuse (Orton, 1973 ; De Guiran, 1970).

Les larves de stade 2 (J2) mesurent environ 0,45 mm de long, avec un stylet creux et extensible à la bouche (De Guiran & Netscher, 1970 ; Hunt et al., 2005).

Les mâles sont filiformes, longs de 0,8 à 2 mm, avec un stylet deux fois plus large que les lèvres (Jacob et al., 1988).

Les femelles sédentaires sont en forme de poire, blanches, mesurant 0,40 à 1,30 mm de long sur 0,27 à 0,75 mm de large, avec un appareil reproducteur constitué de deux gonades (Agrios, 2005 ; Sasser et Carter, 1985).

Certains critères morphologiques comme la forme de la tête, la structure des stylets permettent de distinguer les différentes espèces de nématodes à galle (Perry et al., 2009 ; Eisenback et Triantaphyllou, 1991).

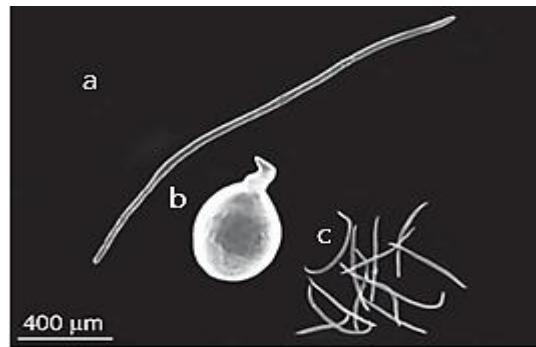


Figure 15 : Différents stades des nématodes à galle vue en microscopie électronique des dimensions de *Meloidogyne* spp. a : mâle ; b : femelle ; c : larves juvéniles J2 (PERRY et al., 2009).

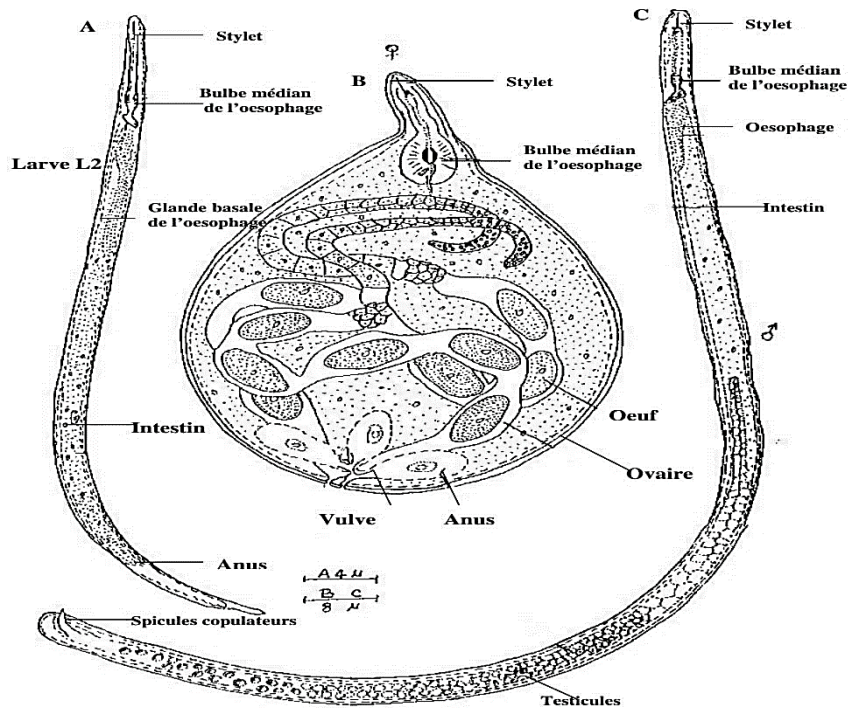


Figure 16 : Morphologie des *Meloidogyne* spp. (De Guiran et Netscher, 1970)

### 1.5.2. Cycle biologique

Les nématodes à galles sont des endoparasites calmes dont le cycle de vie est divisé en deux étapes : un stade envahissant les racines ou stade larvaire et un stade de développement où le site d'alimentation horizontal cylindrique central dans la racine permet l'établissement du parasite (Djian-Caporalino et al., 2009). La durée de ce cycle varie en fonction des conditions extérieures, allant de trois à huit semaines à 25°C (Bertrand, 2001). Dans des conditions favorables, le cycle complet peut durer trois semaines selon De Guiran (1971). Les femelles adultes du genre *Meloidogyne* pondent en moyenne de 80 à 120 œufs, regroupés en touffes par une substance gélatineuse (Bertrand, 2001). Après l'éclosion des œufs, les larves de stade J2 migrent vers la racine, traversent le parenchyme cortical et atteignent la zone de différenciation des tissus vasculaires. Les larves produisent un site d'alimentation appelé mégaloblaste où elles restent pour le reste du cycle, se nourrissant des cellules géantes multi-nucléées contenant un cytoplasme dense (Trudgil, 1997). Trois mues successives se produisent jusqu'au stade adulte. Les femelles restent sur le site d'alimentation, gonflent et commencent à pondre, tandis que les mâles restent filiformes et laissent les racines au-dessus du sol (Bridge et Starr, 2007). Après la première mue dans l'œuf, les larves sont libérées pour acquérir de nouvelles racines et recommencer le cycle (Radwald, 1978). En cas de forte infestation, les jeunes peuvent se transformer en mâles. Plusieurs cycles peuvent se produire dans une année, avec une infestation pouvant atteindre entre 100 et 200 000 larves par kilogramme de sol, s'étendant sur des profondeurs dépassant parfois les 30 cm (De Guiran, 1983)



**Figure 17 : Masses d'œufs de *Meloidogyne* spp sur racines**

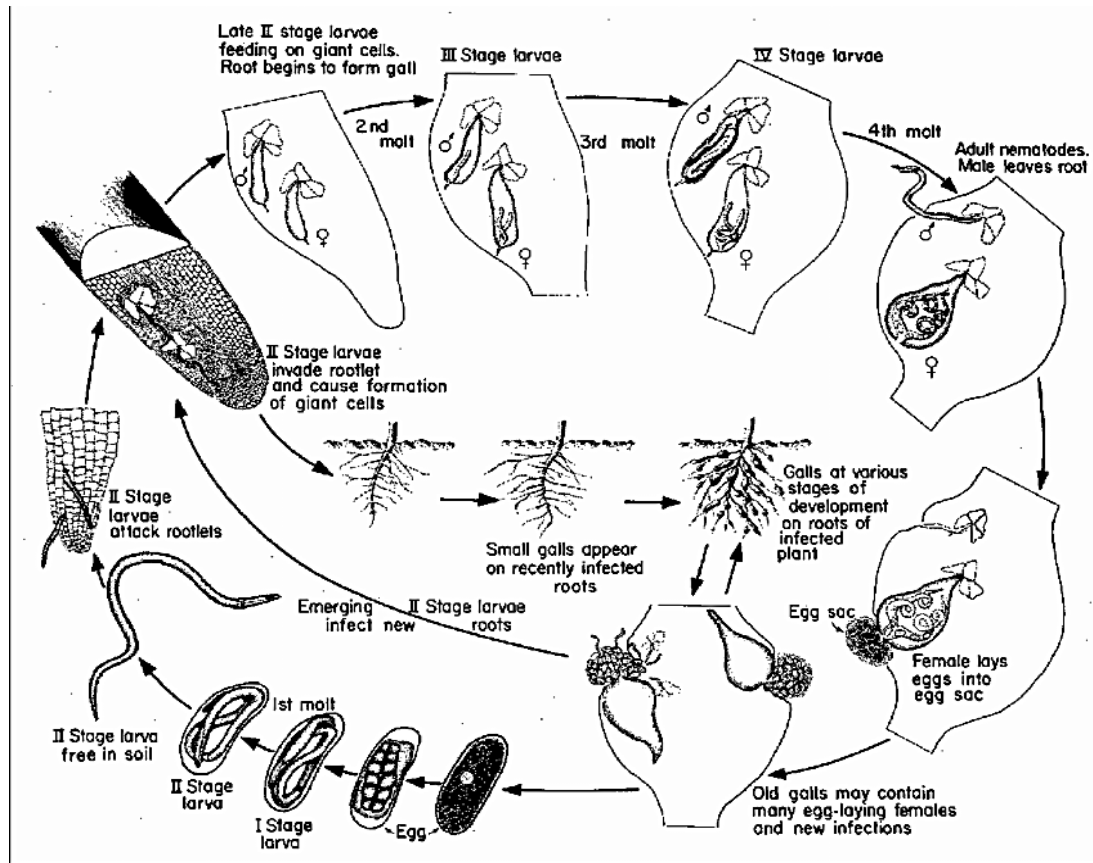


Figure 18 : cycle biologique des nématodes à galles : Meloidogyne spp. (AGRIOS, 2005).

### 1.6. Complication de la maladie

Les nématodes phytoparasites, et plus particulièrement les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, peuvent effectivement créer un environnement propice à l'apparition d'autres parasites, rendant les plantes plus vulnérables aux maladies fongiques, bactériennes et virales. Les dommages causés par les nématodes à galles, notamment les lésions qu'ils provoquent au niveau des racines, servent de point d'accès pour d'autres parasites comme les champignons et les bactéries (Dalmasso et al., 1985).

#### 1.6.1. Interaction des *Meloidogyne* avec les champignons phytoparasites

La combinaison de l'infestation des plantes par les nématodes du genre *Meloidogyne* et des champignons tels que *Fusarium*, *Verticillium* et *Phytophthora* peut aggraver et accélérer l'invasion des champignons, entraînant une augmentation des dommages causés par les maladies fongiques. Une étude menée par (Minton en 1963 et citée par Leddy en 1983) a

observé que ces champignons se développent en s'éloignant de l'épiderme des cellules racinaires infectées par *Meloidogyne*. Cette interaction entre les nématodes et les champignons peut constituer des facteurs limitants pour une culture spécifique, comme le soulignent (Dalmaso et al. En 1985).

### **1.6. 2. Interaction des *Meloidogyne* avec les bactéries phytoparasites**

La présence de nématodes à galles du genre *Meloidogyne* peut favoriser la propagation de certaines bactéries pathogènes pour les plantes :

La propagation des bactéries *Pseudomonas solanacearum* et *P. caryophylli*, responsables de maladies sur les tomates et les œillets, est encouragée par la présence de *Meloidogyne acrita* (Steward et Schindler, 1956 cité par Dallil, 1999).

De même, Griffin (1968) a observé que la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* n'affecte certaines variétés de framboisiers que lorsqu'elle est en présence de *Meloidogyne*.

La présence des nématodes à galles crée donc un environnement favorable à l'installation et au développement d'autres agents pathogènes, aggravant ainsi les problèmes phytosanitaires pour les plantes hôtes.

### **1.6.3. Interaction des *Meloidogyne* avec les Virus phytoparasites**

Il existe en effet une interaction synergique entre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* et certains virus affectant les plantes ; Ryder et Grittendem (1969) ont observé que lorsque des plants de soja sont attaqués à la fois par *Meloidogyne incognita* et le virus des tâches annulaires du tabac, les dommages infligés aux plants augmentent.

Ces interactions semblent découler des modifications biochimiques induites par les *Meloidogyne* chez la plante hôte, par la formation de galles renfermant des substances nutritives favorables au développement d'autres agents pathogènes, comme certains virus (Lamberti et Taylor, 1979 ; Bird et Warner, 1990).

Ainsi, les dommages causés par les nématodes à galles, notamment la formation de ces galles riches en nutriments, créent un environnement propice à l'installation et à la propagation d'autres pathogènes comme les virus, entraînant des dégâts encore plus importants sur les plantes infestées.

Cette synergie entre les nématodes et les virus illustre bien la capacité des *Meloidogyne* à fragiliser les plantes hôtes et à faciliter l'invasion d'autres agents pathogènes.

### **1.6.4. Interaction plante sensible-Meloidogyne**

La première réaction visible à l'œil nu lorsqu'une infestation de jeunes *Meloidogyne* se produit est l'apparition de galles. Ces dernières résultent de changements anatomiques induits pendant que le jeune J2 se nourrit avant sa mue. Ces altérations, causées par la salive sécrétée

par le nématode, se caractérisent par une déformation des cellules vasculaires du cylindre central, qui servent de source nutritive aux jeunes, en "cellules géantes" (syncytia). Pendant le parasitisme, les nématodes consomment des produits photosynthétiques de la plante (Bird et Loveys, 1975). L'infestation entraînerait la production de substances chimiques telles que l'éthylène (Mukhopadhyaya et Krishnamoorthy, 1971), qui favoriseraient la multiplication des tissus racinaires et donc le nombre de sites de pénétration pour les nématodes. De plus, la kinétine et l'acide anaphylactique (ANA) ont un effet synergique stimulant sur le développement de *Meloidogyne* (Kochba et Samish, 1971). Une plante sensible semble attirer les jeunes *M. javanica* à migrer vers elle (Prot, 1976), leur déplacement pouvant être influencé par un gradient de substances émises dans les exsudats racinaires (Prot, 1975).

#### 1.6.5. Interaction plante résistante aux *Meloidogyne*

La résistance des plantes aux nématodes du genre *Meloidogyne* repose sur divers mécanismes qui limitent le développement de ces parasites. Une plante est considérée comme résistante lorsqu'elle ne favorise pas le développement des nématodes. Cette résistance peut résulter de divers facteurs agissant seuls ou en combinaison, tels que la production d'exsudats racinaires répulsifs qui empêchent ou découragent les juvéniles de venir en contact avec les racines (Jatala et Russel, 1972).

Gapasin et al. (1988) ont démontré que des composés phénoliques s'accumulent dans les extraits racinaires d'une variété de patate douce résistante à *Meloidogyne incognita* et à *M. javanica*.

Une sensibilité accrue de la plante se manifeste par la formation de nécroses aux sites de pénétration des juvéniles. La résistance des plantes à *Meloidogyne sp.* repose principalement sur la présence de gènes de résistance, tels que les gènes *Mi* chez la tomate (Sidhu et Webster, 1973) et *Mcl* chez le haricot (Omwega et al., 1990).

Cependant, cette résistance peut être compromise par des variations de température ou contournée par l'émergence de souches virulentes connues sous le nom de souches B selon Netscher (1976) ou souches VS selon Berthou et al. (1990).

Ces mécanismes de résistance des plantes aux nématodes à galles illustrent l'importance des interactions entre les plantes et ces parasites, ainsi que les stratégies mises en place par les plantes pour se défendre contre ces attaques.

## 1.7. Conditions de développement des nématodes à galle

### 1.7.1. La température

La température est l'un des principaux facteurs agissant sur le développement des espèces du genre *Meloidogyne* ; Éclosion : L'optimum d'éclosion chez *M. javanica* est de 30°C, tandis que la mortalité est plus élevée à 25°C (Bird et Wallace, 1966 cités par Ritter, 1973).

Invasion : L'optimum de température pour l'invasion de *M. javanica* se situe entre 15 et 25°C (Bird et Wallace, 1966 cités par Ritter, 1973).

Embryogénèse : L'optimum de température pour l'embryogénèse de *M. javanica* se situe entre 25 et 30°C (Bird, 1972).

Développement général : Un bon développement des *Meloidogyne* est observé à 25°C, tandis que les basses (5°C) et les hautes températures (40°C) inhibent leur activité (Cayrol, 1971 ; De Guiran, 1983 ; Talavera et al., 1999).

Donc la température a un effet considérable sur l'ensemble du cycle de développement des nématodes à galles, avec des optima spécifiques pour les différentes étapes de leur cycle biologique. Les températures extrêmes, tant élevées que basses, ont un impact négatif sur leur activité et leur développement.

### 1.7.2. Humidité

Selon Bonnemaïson (1961), les larves de *Meloidogyne* peuvent survivre plusieurs mois dans les sols humides, alors que leur durée de vie est de quelques semaines dans les sols secs. Ainsi, l'humidité est un facteur essentiel pour le développement et la survie des *Meloidogyne* (Scotto La Massese, 1986 ; Goodell et Ferris, 1989). L'activité des *Meloidogyne* est optimale à une humidité variant entre 40 et 60 %, mais un sol saturé d'eau ou desséché limite la longévité des stades libres (De Guiran, 1971).

### 1.7.3. pH

Selon Wallace (1966), le développement de *Meloidogyne* peut avoir lieu dans un intervalle de pH compris entre 4 et 8. D'après Loewenberg et al. (1960) cités par Cayrol (1971), les larves de *M. incognita* présentent une éclosion maximale à un pH de 6,5. Cependant, selon Bird (1959) cité par Cayrol (1971), le pH n'a pas d'influence sur l'attraction des larves de *M. javanica* vers les racines. Steiner (1952) cité par Cayrol (1971) semble indiquer que le pH du sol est un facteur écologique sans importance majeure pour les nématodes. De plus, les sources indiquent que les nématodes se trouvent en abondance dans la plupart des sols arables, surtout dans les horizons superficiels, mais que certaines espèces peuvent se rencontrer jusqu'à une profondeur de 2 mètres (Ritter, 1985).

Donc dans l'ensemble, les études montrent que les *Meloidogyne* peuvent se développer dans une assez large gamme de pH, sans qu'un pH optimal ne soit clairement identifié. Le pH ne semble pas être un facteur limitant majeur pour ces nématodes.

#### **1.7.4. Eau**

Les variations de la teneur en eau du sol ont une répercussion considérable sur la nématofaune, selon Cayrol (1970). Un excès d'eau dans le sol peut gêner les mouvements des nématodes. Cependant, l'eau est l'un des facteurs de propagation des *Meloidogyne*, comme le soulignent Prot et Matias (1995). Donc d'un côté, un excès d'humidité peut limiter l'activité des nématodes, mais d'un autre côté, l'eau joue un rôle essentiel dans la dissémination et la propagation des *Meloidogyne* dans les sols.

#### **1.7.5. Aération**

La teneur d'un sol en gaz carbonique et en oxygène a une influence considérable sur la nématofaune (Cayrol, 1971). Un manque d'oxygène bloque les larves du premier stade et augmente le nombre d'œufs en diapause (De Guiran, 1979a).

#### **1.7.6. Textures**

REDDY (1983), mentionner que les *Meloidogyne* se trouvent dans toutes les latitudes et longitudes, les sols sableux seulement les plus favorables à la croissance des Nématodes.

#### **1.7.7. Structure**

Brown et Swain (1974) in Bachelier (1978), ont montré que l'installation des agrégats du sol peut devenir un facteur limitant dans la diffusion des nématodes en raison d'une très forte compacité des sols et un manque d'aération.

#### **1.7.8. Matière organique**

Lors de la décomposition de la matière organique dans le sol. La matière organique est décomposée en humus, qui est composé d'éléments ayant chacun un cycle plus ou moins complexe, et qui ne sont pas tous des sels minéraux. Pendant cette décomposition, la matière organique libère des produits toxiques tels que l'acide butyrique, entraînant une diminution de la population de nématodes (De Guiran, 1971). Selon Jones (1982), la matière organique dans le sol permet la réduction des nématodes lors de sa décomposition, en libérant des produits toxiques comme l'acide butyrique.

Donc la décomposition de la matière organique dans le sol semble avoir un effet néfaste sur les populations de nématodes, en raison de la libération de composés toxiques comme l'acide butyrique. Cela contribue à réduire l'infestation par ces parasites des plantes.

**1.7.9. Exsudats racinaires**

D'après Dommergues et Mongenot, (1970), d'abondant plantes, par l'intermédiaire de leurs exsudats exercent sur le nématode une attraction très nette.

**1.7.10. Organismes du sol**

Les nématodes du sol peuvent être victimes de virus, de bactéries, de champignons, de protozoaires (Sporozoaires), de tardigrades, d'autres nématodes, d'enchytreides et de divers Arthropodes, chilopodes, acariens et insectes, dont plusieurs collemboles (Cayrol, 1971 in Bachelier, 1978). De plus, les nématodes sont la proie directe de nombreux champignons, parmi lesquels une cinquantaine d'espèces sont bien connues à ce jour (Cayrol, 1971 in Bachelier, 1978).

**1.7.11. Plante-hôte**

L'état physiologique de la plante-hôte a un effet sur la durée du cycle de développement des *Meloidogyne* (Bonnemaison, 1961). De nombreuses plantes par l'intermédiaire de leurs exsudats exercent sur les nématodes une attraction très nette ; ainsi l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita* est inhibée par les exsudats racinaires (Dommergues et al., 1970). Cependant, le jus des racines résistantes (*Cornus florida*) diminue l'infection par *M. incognita* sur tomate (Sayre, 1971).

**1.7.12. Pression osmotique**

La pression osmotique du milieu affecte différemment les diverses espèces de nématodes du sol. Alors que certaines espèces sont stimulées par la pression osmotique, d'autres sont au contraire freinées dans leur développement (Cayrol, 1971).

### **Lutte contre les *Meloidogyne***

La lutte contre les *Meloidogyne* commence une année avant la plantation de cultures sensibles comme le maraichage. La réduction des populations de *Meloidogyne* permis aux matériel végétal s'établir avant que les populations de nématodes atteignent à nouveau des niveaux nuisibles. Les jeunes plants tolèrent beaucoup moins les attaques des nématodes que les plants établis. Utiliser une combinaison des méthodes suivantes pour lutter contre les nématodes :

- mettre en place les nouvelles cultures en utilisant uniquement des plants exempts de nématodes et provenant de pépinières certifiées ;
- intégrer dans les rotations, pendant plusieurs années, des cultures qui ne sont pas des hôtes des nématodes ;
- pratiquer des cultures de couverture ayant une action nématocide durant les années qui précèdent l'installation de cultures cibles ;
- détruire les racines des cultures précédentes ;
- planter si possible des cultivars fruitiers résistant aux *Meloidogyne* ;
- combattre les mauvaises herbes, car celles-ci sont très hospitalières pour les *Meloidogyne* ;
- faire une fumigation du sol avant les plantations quand les populations de nématodes dans le sol atteignent ou dépassent les seuils de nuisibilité. Pour consulter la liste des fumigants de présemis homologués (cette pratique est actuellement interdite en Algérie vu son effet néfaste sur la faune du sol).

### **Installer des cultures à effet nématocides**

Les cultures de couverture peuvent réduire les populations de nématodes phytoparasites pour peu qu'elles soient gérées adéquatement durant l'année qui précède la plantation. En Algérie, les cultures de couverture à action nématocide suivantes ont donnés des résultats non négligeables :

- Plantes oléagineuses ;
- Certains hybrides de sorgho ;
- Des cultivars africains de Tagètes (œillets d'Inde).

Ce ne sont pas tous les cultivars des cultures de couverture énumérées ci-dessus qui peuvent réduire les populations de nématodes, d'où l'importance de choisir le bon. Il faut souvent pratiquer ces cultures de couverture nématocides pendant une ou plusieurs années pour abaisser les populations de nématodes dans le sol sous les seuils de nuisibilité économique.

Les plantes couvre-sol agissent contre les populations de nématodes de différentes façons :

- Les cultivars de Tagètes produisent un exsudat racinaire qui est toxique pour les nématodes dans le sol.
- Les cultivars nématicides de cultures de couverture de brassicacées (comme le radis oléagineux et certaines moutardes blanches et orientales) produisent des glucosinolates et une enzyme dans leurs feuilles, tiges et pétioles. Cette enzyme convertit les glucosinolates en isothiocyanates, des substances toxiques pour les nématodes lorsque la culture est fauchée tandis qu'elle est encore verte et qu'elle est incorporée au sol immédiatement.

Les cultures de couverture telles que le trèfle et le sarrasin doivent être exclues des rotations dans les vergers, car ce sont d'excellents hôtes des nématodes des racines. Parmi les cultures céréalières à utiliser comme cultures de couverture avant les plantations, privilégier celles du blé ou de l'orge.

## I. Matériels et méthodes

### I.1. Présentation de la parcelle expérimentale

L'expérimentation à débuter le mois de mars 2024, le site de l'expérimentation est une station d'essais de la société de DEBBAE-AGRI située dans la commune de Staoueli à Alger (Figure 19).

Le sol de la station suscitée est caractérisé par une texture sableuse (sol léger) favorable au développement des nématodes du genre *Meloidogyne*.

- 📍 À proximité de Staoueli
- 📏 Mesurer une distance
- 📍 36,7387839, 2,8662562
- 📍 PVQ8+GG6 Staoueli



Figure 19 : Représentation générale de site expérimental. Image satellite

### I.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la pomme de terre, variété Spunta qui est cultivée grâce à son excellent rendement ; ses tubercules de grande taille ; sa forme allongée et à peau jaune. Elle est demi-précoce se conserve bien pendant 3 à 4 mois.

#### a. Caractéristiques des variétés expérimentées sont mentionnées comme suite

Tableau : Description de variété Spunta

<b>Origine génétique</b> : Béa X U.S.D.A. 96-56
<b>Obtenteur(s)</b> : J. OLDENBURGER - (PAYS BAS)
<b>Inscription au</b> : Catalogue français (1967)
<b>Type</b> : Liste A
<b>Catégorie</b> : Consommation
<b>Maturité</b> : Demi-précoce
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Caractères descriptifs</b></li> <li>✓ <b>Tubercule</b> : Oblong allongé, régulier, yeux très superficiels, peau jaune, chair jaune.</li> <li>✓ <b>Germe</b> : Violet, conique, pilosité moyenne.</li> <li>✓ <b>Plante</b> : Taille haute, port dressé, type rameux.</li> <li>✓ <b>Tige</b> : Entrenœuds faiblement pigmentés, nœuds non pigmentés, aux ailes développées, rectilignes et ondulées.</li> <li>✓ <b>Feuille</b> : Vert franc, peu divisée, mi-ouverte ; foliole moyenne, ovale arrondi (I = 1,61) ; limbe cloqué.</li> <li>✓ <b>Floraison</b> : Assez abondante.</li> <li>✓ <b>Fleur</b> : Blanche, bouton floral partiellement pigmenté.</li> <li>✓ <b>Fructification</b> : Très rare.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Caractères cultureux et d'utilisation</b></li> <li>✓ <b>Rendement</b> : 111 % de Bintje.</li> <li>✓ <b>Calibrage</b> : Proportion de gros tubercules : très forte.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Sensibilité aux maladies</b> :</li> <li>✓ Mildiou du feuillage : moyennement sensible.</li> <li>✓ Mildiou du tubercule : moyennement sensible.</li> <li>✓ Galle verruqueuse : non attaquée.</li> <li>✓ Gale commune : assez sensible.</li> <li>✓ Virus X : R.A.S.</li> <li>✓ Virus A : résistante.</li> <li>✓ Virus Y : assez peu sensible.</li> <li>✓ Enroulement : sensible.</li> <li>✓ Nématode RO 1-4 : R.A.S.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Défauts internes du tubercule</b> : Assez peu sensible aux taches de rouille, moyennement sensible au cœur creux, taches cendrées : R.A.S.</li> <li>✓ <b>Sensibilité à l'égermage</b> : Assez sensible.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Repos végétatif</b> : Moyen.</li> <li>- <b>Qualité culinaire</b> : Bonne tenue à la cuisson, groupe culinaire B, très léger noircissement après cuisson, coloration à la friture : moyenne à très foncée.</li> <li>- <b>Teneur en matière sèche</b> : Très faible.</li> <li>- <b>Aptitude à la conservation</b> : Assez faible.</li> <li>- <b>Caractères généraux</b></li> </ul> <p>Variété vigoureuse, très productive, à tubérisation relativement précoce, donnant de gros tubercules réguliers, de forme allongée, mais à faible teneur en matière sèche</p>

## **II. Méthodes**

### **1. Protocole expérimental**

#### **1.1.1. Récolte des échantillons**

Les échantillons utilisés dans notre étude sont prélevés de manière aléatoire pour couvrir le maximum de la superficie de l'expérimentation, ce qui permet de recueillir des données représentatives de la situation réelle. Les échantillons sont composés de racines portant des galles de différents diamètres, ce qui indique une infestation variée par les nématodes.

Les échantillons sont mis en sacs en papier, munis d'une étiquette portant les informations suivantes :

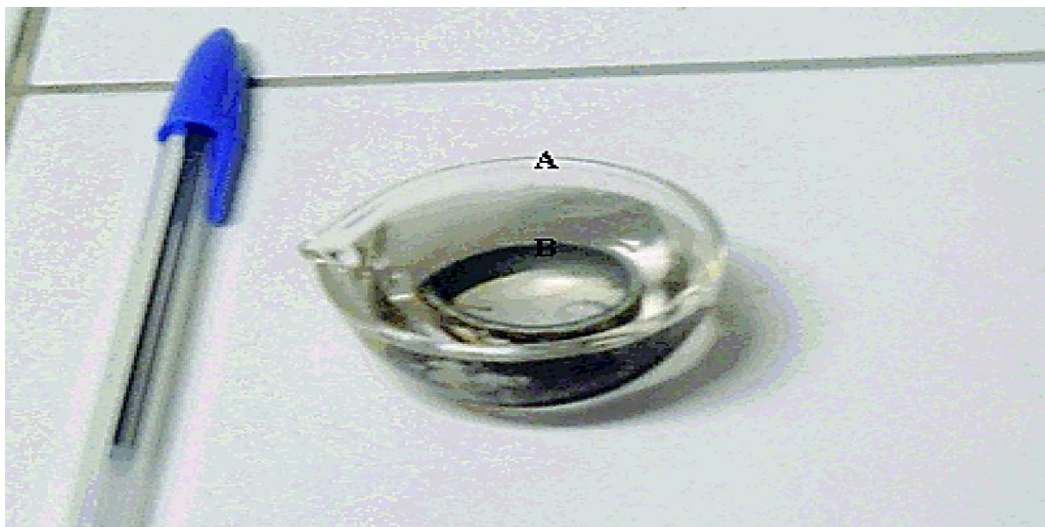
- **le nom de l'agriculture** : Djenade Amare ;
- **Lieux** : Staoueli localité Brija commune de Staoueli ;
- **Nom des matières actives utilisées** : Fluopyrame, Azaderachtine, Oxamyle et Abamectine et Nom traité.

#### **1.1.2. Technique d'extraction des masses d'œufs**

Les racines précédemment conservées sont découpées en fragments et rincées délicatement à l'eau courante pour éliminer les résidus du sol. Cette opération facilite l'observation des masses d'œufs sous la loupe binoculaire et leur isolement. Les fragments sont placés dans des boîtes de Pétri en verre contenant une petite quantité d'eau pour empêcher le dessèchement des masses d'œufs. Les masses d'œufs sont ensuite récoltées à partir des galles à l'aide d'une épingle entomologique, sous loupe binoculaire.

#### **1.1.3. Incubation des masses d'œufs**

Les masses d'œufs récoltées sont mises à éclore dans des éclosiers spécifiques composés de tamis de 2 cm de diamètre et 1 cm de hauteur. Ces tamis sont placés dans des petits récipients contenant de l'eau pour humecter les masses d'œufs. L'incubation des masses d'œufs est réalisée dans une étuve à une température de 25°C. Les larves obtenues sont ensuite transférées dans de petites fioles contenant de l'eau et conservées à une température de 25°C, afin d'être utilisées lors des inoculations des plantules.



**Figure 20** : Eclosoir utilisé pour l'incubation des masses d'œufs des *Meloidogyne* (A : Récipient, B : Tamis).

- **L'inoculation**

L'inoculation des plants de pomme de terre avec les larves infestantes de *Meloidogyne* est effectuée en transférant une solution contenant 10 000 larves par plant. Cette méthode consiste à extraire délicatement les plants du substrat, puis à inoculer les larves directement sur les racines. Le comptage précis des larves est réalisé en transférant des gouttelettes de la solution eau-nématodes sur une lame de comptage.

#### **1.1.4. Dispositif expérimental adopté et les différents traitements appliqués**

- Afin d'étudier l'impact des nématicide sur le rendement de la pomme de terre nous avons procédé au remplissage des sacs de pépinière de 5Kg avec du sol ou nous avons détecté des nématodes de genre *Meloidogyne*
- Les sacs précédemment remplis avec des sols infestés par les nématodes à galle en plante par des tubercule pomme de terre de la
- La pomme de terre traité a subi les quatre traitements nématicide a ressent de 3 répétions et 17 par répétions ,qui sont déposé d'une manière complètement aléatoire
- Afin d'assure que tous les plante sont infecte par les nématodes nous avons produit à l'inoculation de sol de chaque plante par une solution larvaire par 5ml d'eau dans 1000mile larve.



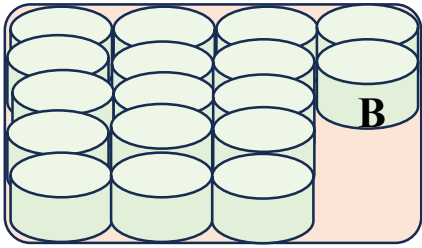
**Figure 21** : Dispositif expérimental adopté pour l'expérimentation avant l'implantation(Originale,2024) .



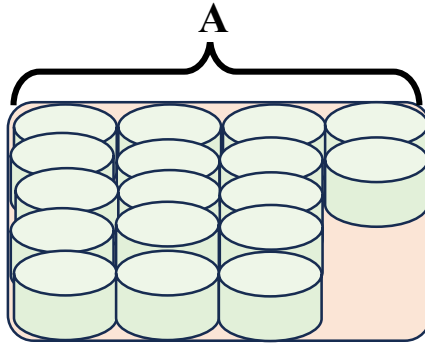
**Figure22** : Dispositif expérimental adopté pour l'expérimentation avant l'implantation(Originale,2024) .

## Schéma de la disposition des plants

A : unité expérimentale(17plant)

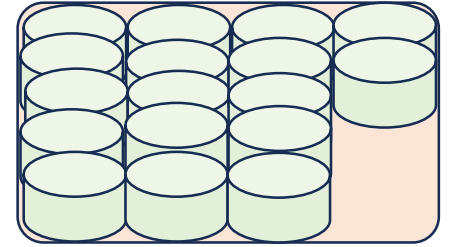


T5 : Non traités

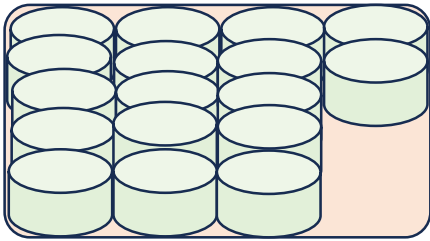


T1 : Oxamyl

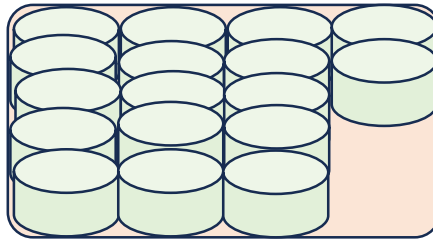
B : plant



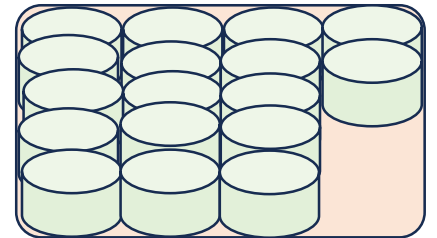
T5 : Non traités



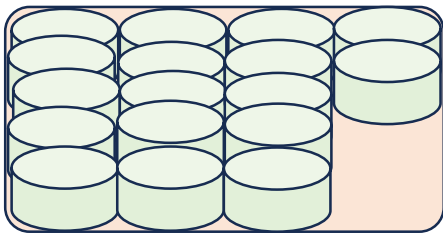
T4 : Azadirachtine



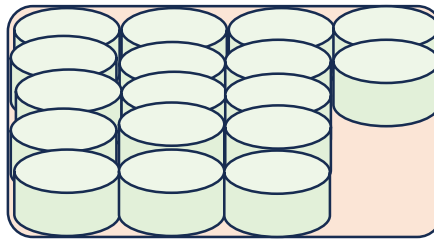
T2 : Abamectin



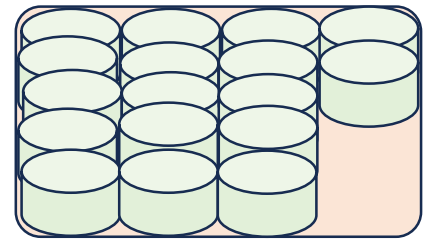
T4 : Azadirachtine



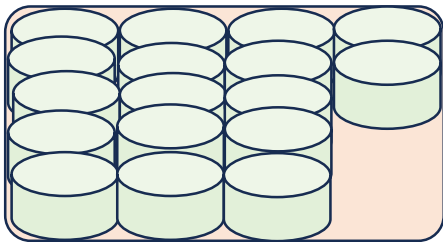
T3 : Fluapyram



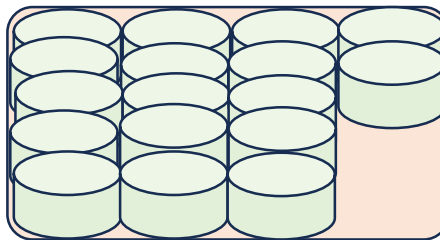
T3 : Fluapyram



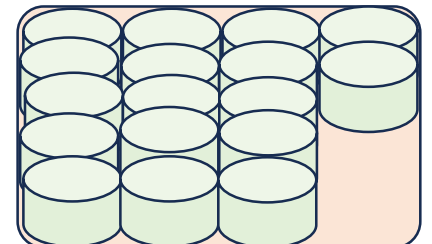
T3 : Fluapyram



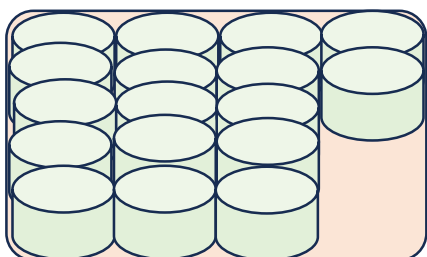
T2 : Abamectin



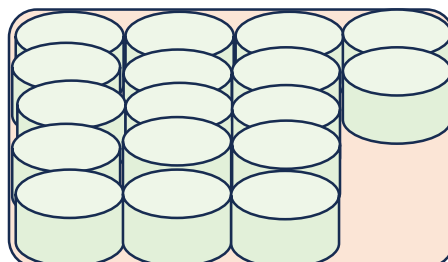
T4 : Azadirachtine



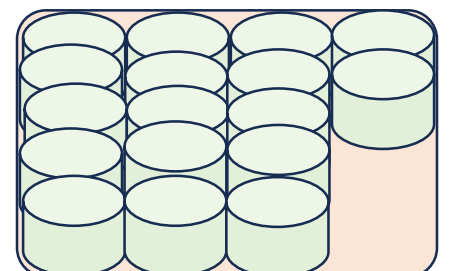
T2 : Abamectin



T1 : Oxamyl



T5 : Non traités



T1 : Oxamyl

### 1.1.6 Traitement nématocide étudié

#### Les fiches techniques

- Formulation : Suspension concentrée (SC)
- Numéro d'homologation N° : 17 56 116
- Fabriqué par : Bayer AG
- Fournisseur : Bayer Crop Science Schweiz AG
- Valable jusqu'au :06/07/25
- Catégorie : Nématicide
- Teneur en matière (S) active (S)  
Matière active Fluapyram (400g /l) 400g/l
- Dose : 1,25 l /ha :2 applications chaque une 0,625 l /ha
- D.A.R :3 jours
- Application : soit en goutte à goutte soit en pulvérisation
- Mode d'action : systémique



VELUM PRIME

- Formulation : Suspension concentrée (SC)
- Numéro d'homologation N° : 21 59 61
- Fabriqué par : Syngenta Production France S.A.S, Usine d'Aigues -Vives, route de la Gare BP1-30670 Aigues- Vives, France.
- Fournisseur : Syngenta Production des Plantes S.A, Bale, Suisse.
- Valable jusqu'au : minimum 3 ans à partir de la date de fabrication.
- Catégorie : Nématicide, insecticides
- Teneur en matière (S) active (S)  
Matière active abamectin (20g /l) 20g/l
- Dose : 6à8 l/ha
- DAR : 3 jours
- Application : en pulvérisation
- Mode d'action : agit par contact



-Formulation : concentré soluble (CS)

-Numéro d'homologation N° : 17 57 62

-produit par : Corteva Agriscience S.A.S France B2, Rue de Wittelsheim, Cernay, Alsace, Cedex F-68701, France.

-Fournisseur : SARL CONSULTING INTERNATIONAL (ACI)

-Valable jusqu'au : 3 ans à partir de la date de fabrication.

-Catégorie : Nématicide, insecticides, Acaricide

-Teneur en matière (S) active (S)

Matière active Oxamyl (240g /l) 240g/l

-Dose : 2à4 l/ha : 1à4 applications

-DAR : 1-7jours

-Application : en goutte à goutte

- Mode d'action : systémique



**Vydato**

Formulation : concentré émulsionnable (EC)

-Numéro d'homologation N° : 22 60 549

-Fabriqué par : SIPCAM OXON Spa. Via Vittorio Veneto,81 -26857

Salerno Sul Lambro-Lody, Italie

-Fournisseur : SARL DEVAGRI cité du lycée Abdelmoumen

-Valable jusqu'au : 2 ans à partir de la date de fabrication.

-Catégorie : Insecticide

-Teneur en matière (S) active (S)

Matière active Azadirachtine A (26g /l) 26g/l

-Dose : 25à150 ml/l

-DAR : 3 jours

-Application : en pulvérisation

- Mode d'action : systémique agit par contact et ingestion



**Oikos 26**

### **Après la récolte**

On a pu faire la récolte le 11 juin 2024 et en a transporté notre récolte au niveau de laboratoire pour faire :

- Dénombrement de tubercule de pomme de terre pour chaque unité expérimentale et la moyenne de chaque traitement.



**Figure 23** : dénombrement de tubercule au niveau de laboratoire (Originale,2024).

- Mesure le calibre des tubercules de pomme de terre à l'aide de Pier a coulisse et ensuite calculer la moyenne de chaque unité expérimentale et de chaque traitement



**Figure 24** :la mesure de calibre de tubercule (Originale,2024).

- Mesure de poids des tubercule récolte avec une balance électronique pour avoir le poids de chaque unité expérimentale et de chaque traitement



**Figure 25 : Prendre le poids des tubercules avec une balance** (Originale,2024).

- Observation des symptômes des nématodes a galle sur les racine au niveau de champ surplace conte en a fait la récolte



**Figure 26 : Observation des galles sur les racines de la pomme de terre** (Originale,2024).

- Observation des symptômes sur les tubercules de pomme de terre infectée par le nématode a galle du genre *Meloidogyne*



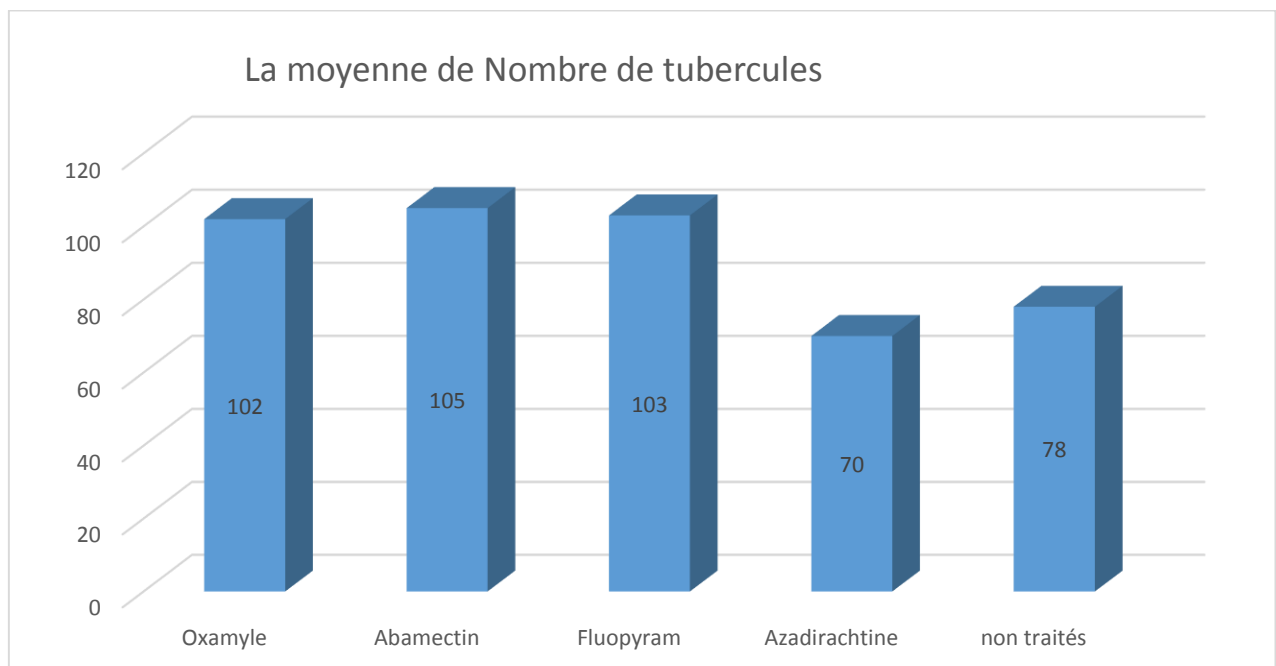
**Figure 27** : Observation de l'infestation des tubercule (tubercule A sine tubercule B moins infecté tubercule C très infecté) (Originale,2024) .

## Résultats et discussion

Récapitulatif des résultats des mesures obtenues (la moyenne de nombre de tubercules, de calibre de tubercules, de poids de tubercules, nombre de racine infecté, nombre de tubercules infecté)

	La moyenne de Nombre de tubercules
Oxamyle	102
Abamectin	105
Fluopyram	103
Azadirachtine	70
Non traités	78

**Tableau 4 :** La moyenne de Nombre de tubercules

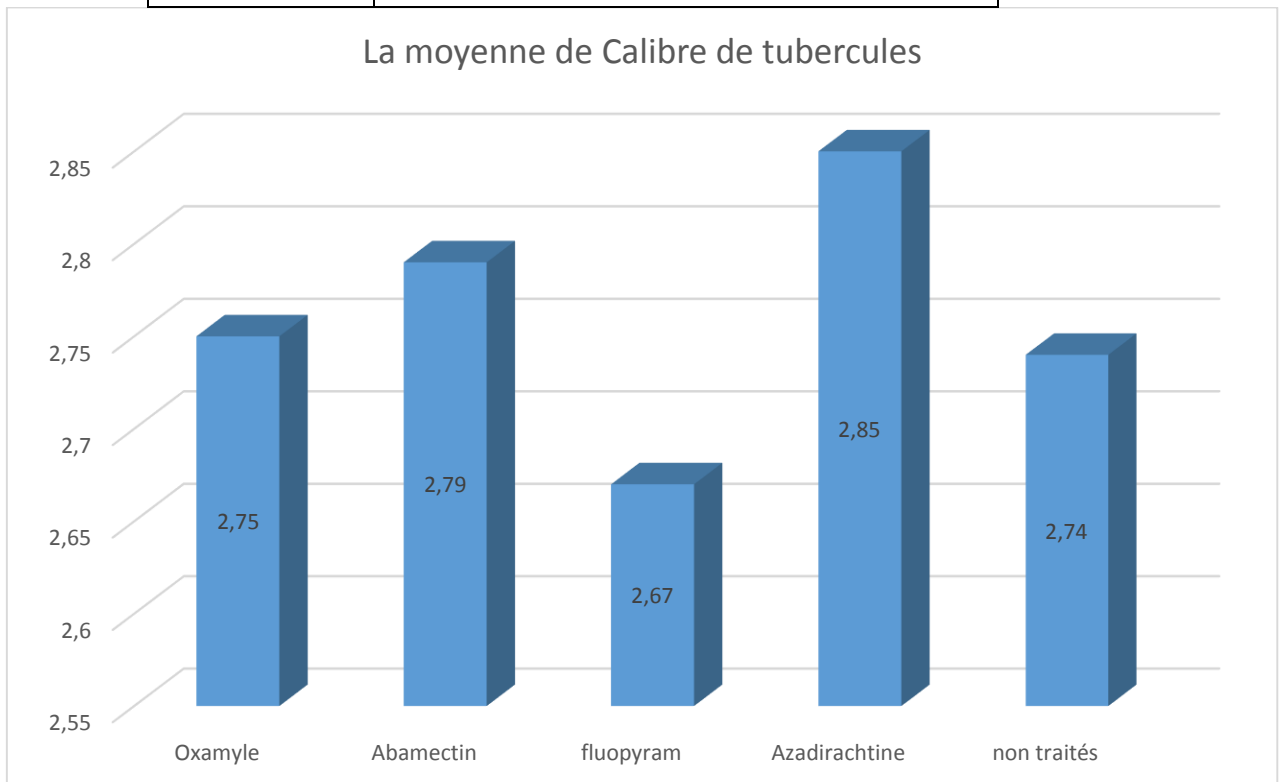


**Histogramme 1 :** montre la moyenne de nombre de tubercule pare traitement

Ce paramètre est grandement stimulé lors de l'usage d'**Oxamyle**, **Abamictine** et **Fluopyram** avec des valeurs qui avoisine les 103 tubercule par traitement. L'unité non traités affiche des rendements intermédiaire de 78 par traitements. L'usage de **Azadirachtine** a réduit le rendement a 70 tubercules par plant.

**Tableau 5 :** La moyenne de Calibre de tubercules

	La moyenne de Calibre de tubercules
Oxamyle	2,75 cm
Abamectin	2,79cm
Fluopyram	2,67cm
Azadirachtine	2,85cm
Non traités	2,74cm

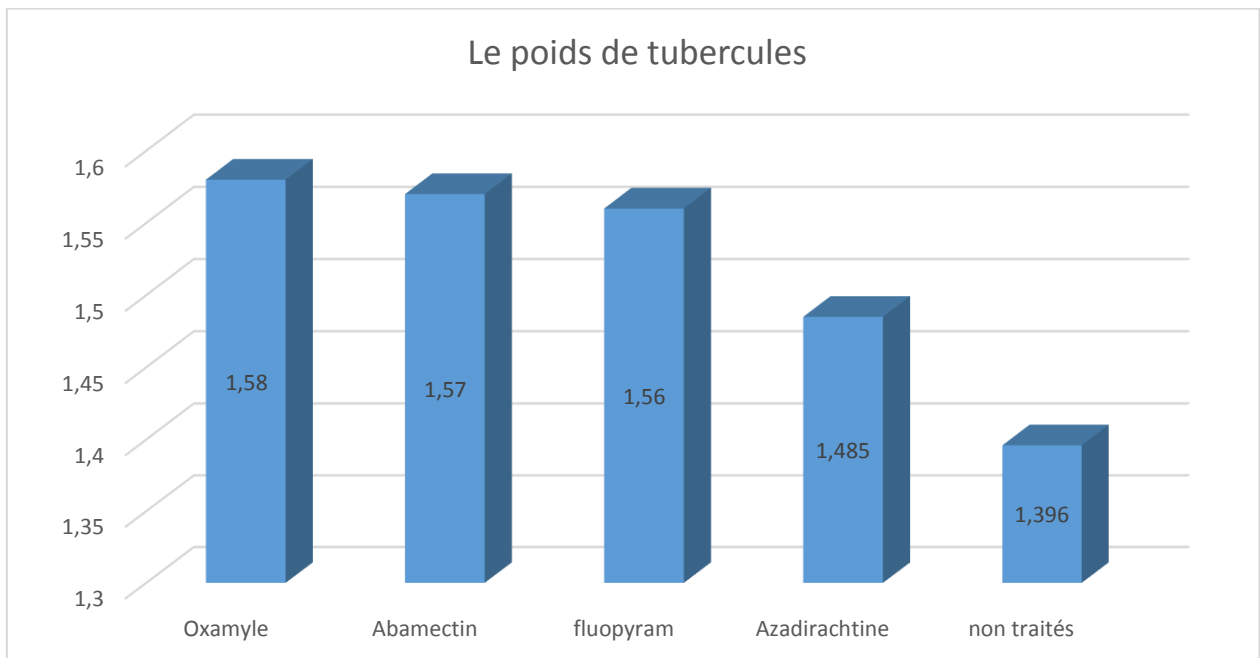


**Histogramme 2 :** représentatif de la moyenne de calibre de tubercules par traitement

Le grand calibre des tubercules est plus abondant dans les unités traitées avec **Azadirachtine**, avec une moyenne de 2,85. L'unité traitée avec le **Fluopyram** a donné des calibres réduits, d'une moyenne de 2,67.

**Tableau 6 :** Le poids de tubercules

	Le poids de tubercules
Oxamyle	1,58 kg
Abamectin	1,57kg
Fluopyram	1,56kg
Azadirachtine	1,485kg
Non traités	1,396kg

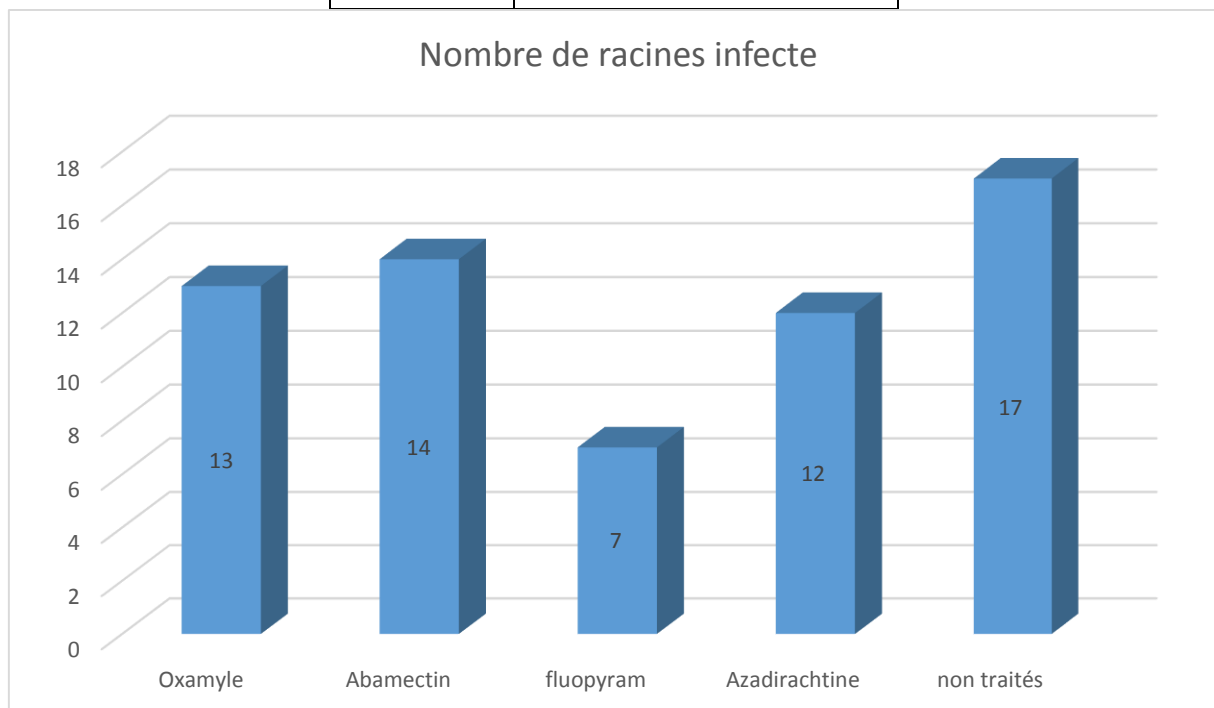


**Histogramme 3 :** représentatif de la moyenne de poids de tubercules par traitement

Ce paramètre est très affecté dans l'unité expérimentale non traité avec une moyenne de 1,39 quant au rendement le plus élevé, il a été rencontré dans l'unité avec l'Oxamyle.

**Tableau 7** : Nombre de racines infecte

	Nombre de racines infecte
Oxamyle	13
Abamectin	14
Fluopyram	7
Azadirachtine	12
Non traités	17

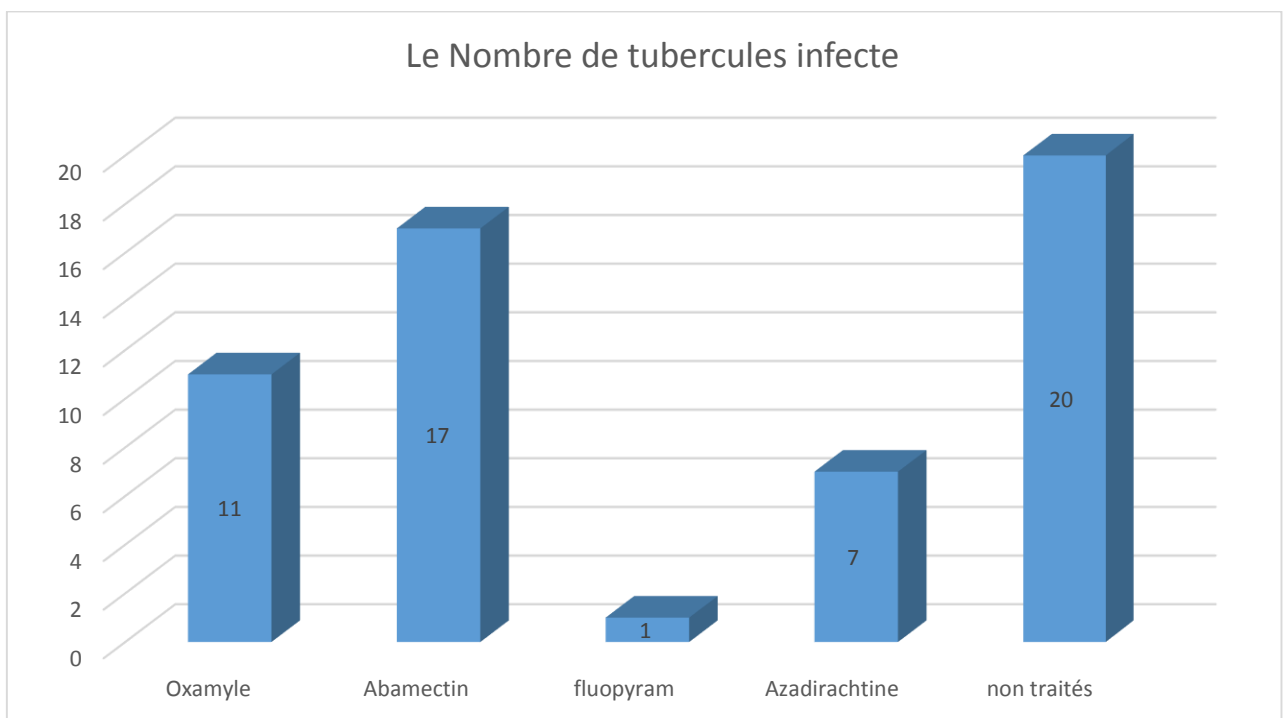


**Histogramme 4** : représentatif de la moyenne de nombre de racines infecte par traitement

Les racines des pommes de terre de la section expérimentale **non traité** sont totalement affectées par les nématodes, les racines les plus protégé par l'infection se trouvent dans la section traitée avec le **Fluopyram** avec une moyenne de 7 plants affectés.

**Tableau 8 :** Le Nombre de tubercules infecte

	Le Nombre de tubercules infecte
Oxamyle	11
Abamectin	17
fluopyram	1
Azadirachtine	7
non traités	20



**Histogramme 5 :** représentatif de la moyenne de nombre de tubercules infecte par traitement

Le traitement Flupyram à donner des très basse resulta concernant l'infection de tubercule, avec une moyenne d'infection très réduit (un seul tubercule infecté sur les tubercules récolte de ce traitement). Quant à la récolte de l'unité expérimentale non traités il est la plus affecté avec une moyenne de 20 tubercules.

## Analyse de variance

➤ 1-Analyse de la variance pour le facteur nombre de tubercules :

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4643,333	14	331,667				
VAR.FACTEUR 1	3122	4	780,5	5,13	0,0167		
VAR.RESIDUELLE 1	1521,333	10	152,133			12,334	13,46%

**Tableau 9** : analyse de variance pour le facteur Nombre de tubercules

L'analyse de la variance pour le facteur nombre de tubercules (**tableau 9**) montre une différence très hautement significative de nombre de tubercules en fonction des traitements insecticides au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%.

Notons aussi que la faible valeur du coefficient de variation « C.V » égale à 13,46% (inférieure à 15%) indique que l'expérience s'est déroulée dans des conditions environnementales homogènes ce qui signifie la fiabilité de nos résultats.

1.1 L'analyse de la plus petite différence significative (p.p.d.s)

**Tableau 10** : la moyenne de tubercules au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%  
TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	T2 (abamectine)	105,333	A	
3.0	T3(flupyram)	102,667	A	
1.0	T1(oxamyle)	101,667	A	
5.0	T5(témoin)	78,333	A	B
4.0	T4(azadirachtine)	70,333		B

La comparaison des moyennes avec le calcul de la plus petite différence significative en utilisant le test de Newman-Keuls fait ressortir 03 groupes homogènes (A,AB,B) où il est évident que la différence très hautement significative du nombre de tubercules en fonction des traitements est surtout expliquée par le traitement (T4) avec Azadirachtine. Il semble qu'à partir de cette analyse, l'azadirachtine est le meilleur insecticide qui permet de réduire les tubercules contre la prolifération des nématodes, d'où l'augmentation de rendement.

➤ **2-Analyse de la variance pour le facteur calibre de tubercules :**

**Tableau 11 :** analyse de variance pour le facteur Calibre de tubercules

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,999	14	0,071				
VAR.FACTEUR 1	0,2	4	0,05	0,628	0,65551		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>0,799</b>	<b>10</b>	<b>0,08</b>			<b>0,283</b>	<b>10,25%</b>

TEST DE NEWMAN KEULS NON SIGNIFICATIF

L'analyse de la variance (**tableau11**) de calibre de tubercules montre qu'il n'y aucune différence significative sur le calibre des tubercules le traitement insecticides au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%.

Notons aussi le faible coefficient de variance indiquant une homogénéité et une fiabilité des résultats. Ce résultat explique que les traitements n'affectent en rien la grosseur des tubercules la quelle serait plutôt liée au degré de fertilité du sol.

➤ **3-Analyse de la variance pour le facteur poids des tubercules :**

**Tableau 12 :** analyse de variance pour le facteur poids de tubercules (Kg)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,324	14	0,023				
VAR.FACTEUR 1	0,073	4	0,018	0,728	0,59477		
VAR.RESIDUELLE 1	0,251	10	0,025			0,159	10,44%

TEST DE NEWMAN KEULS NON SIGNIFICATIF

Il ressort du (**tableau 12**) qu'il n'Ya aucune différence significative du poids des tubercules en fonction des insecticides appliqués au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%.

Comme pour le calibre des tubercules leur poids ne peut eu aucun cas être expliqué par les traitements insecticides.

➤ **4-Analyse de la variance pour le facteur symptômes sur racines :**

Nous constatons que le facteur « symptômes sur racines » présente des différences très hautement significatives (**tableau 13**) au seuil de probabilité d'erreur alpha=5%.

**Tableau 13** : analyse de variance pour le facteur symptômes sur racines

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	149,6	14	10,686				
VAR.FACTEUR 1	137,6	4	34,4	28,667	0,00003		
VAR.RESIDUELLE 1	12	10	1,2			1,095	8,69%

Avec l'analyse de la plus petite différence significative il eu ressort que le teste de Newman et keuls fait ressortir 03 groupes homogènes (A, B, C).

Les traitements avec l'abamectine, l'oxamyle, le témoin (groupe A) reste le seul qui présente le plus de symptômes sur racine vu qu'il ne subit aucun traitement. Cependant le fluopyram semble les seuls insecticides qui apporte une efficacité significative sur les symptômes sur racines comparé aux autres traitements. (Tableau14).

**Tableau 14** : la moyenne de symptômes sur racines au seuil de probabilité d'erreur alpha 5% TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5.0	T5(témoin)	17	A		
2.0	T2(abamectine)	13,667		B	
1.0	T1(oxamyle)	13		B	
4.0	T4(azadirachtine)	11,667		B	
3.0	T3(flupyram)	7,667			C

➤ **5-Analyse de la variance pour le facteur « nombre de tubercules infecte » :**

Comme pour le facteur précédent « symptômes sur racines » le nombre de tubercules infectés présente une différence très hautement significative entre les différentes insecticides appliqués (tableau 15) au seuil de probabilité d'erreur alpha=5%.

**Tableau 15** : analyse de variance pour le facteur Nombre de tubercules infecte

	S.C. E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1113,733	14	79,552				
VAR.FACTEUR 1	682,4	4	170,6	3,955	0,03551		
VAR.RESIDUELLE 1	431,333	10	43,133			6,568	58,99%

Cette différence dans le nombre de tubercules infectés est surtout marquée entre le témoin n'ayant pas reçu de traitements où l'on a constaté le plus grand nombre de tubercules infectés et le traitement par le fluopyram qui montre le plus faible nombre de tubercules infectés (tableau 16).

**Tableau 16 :** la moyenne de tubercules infecté au seuil de probabilité d'erreur alpha 5%  
\*TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
5.0	T5(témoin)	19,667	A	
2.0	T2(abamectine)	16,667	A	B
1.0	T1(oxamyle)	11,333	A	B
4.0	T4(azadirachtine)	7,333	A	B
3.0	T3(flupyram)	0,667		B

Ce constat nous déduisons que le fluopyram est le meilleur insecticide qui apporte une grande efficacité dans le traitement des tubercules de pomme de terre contre les nématodes à galle.

## **Discutions**

Les nématodes du genre *Meloidogyne*, également connus sous le nom de nématodes à galles, sont des parasites qui infectent les cultures de pomme de terre ce qui réduit le rendement des exploitations agricoles.

D'après, Djeb-Roune (2013) a démontré que lorsque le nombre de larves de ces nématodes augmente, cela entraîne une diminution du rendement de la culture de la pomme de terre.

Par ailleurs, les études menées par Greco et ses collègues (2007) ont démontré que la variété Spunta est extrêmement vulnérable à l'attaque des *Globodera*, ce qui n'est pas une décision judicieuse.

La sélection de variétés précoces de pomme de terre dans des régions présentant des conditions climatiques adaptées peut avoir un impact à la fois sur le taux de tubérisation et sur le taux de développement des nématodes (Chauvin et al., 2008). En utilisant des variétés précoces, il est possible de réduire les populations de nématodes de 80 %. De plus, lorsque ces mêmes variétés sont associées à un nématoïde systémique, la réduction peut atteindre jusqu'à 90 % (Mugniery et Balandras, 1984). De même, Blanchard (2006) note que la modification des pratiques culturales par l'utilisation de variétés précoces de pomme de terre peut effectivement freiner la prolifération des nématodes.

Les pommes de terre sont cultivées dans de vastes champs souvent reliés entre eux sans limites claires, ce qui facilite la propagation des parasites d'une parcelle à l'autre. Cela s'applique non seulement au sein des champs d'une même exploitation, mais également entre différentes exploitations. La dissémination de ces parasites peut se produire naturellement par le vent, l'eau de pluie ou le mouvement des animaux, comme l'ont noté Lehman (1994) et l'EFSA. La survenue de ces événements peut être attribuée soit à des causes naturelles (Cronin et al., 1997), soit à des actions humaines (Plantard et al., 2008).

Pour cette effet une lutte visant à réduire les dégâts causés par ce parasite est d'une importance capitale. Plusieurs traitements ont été développés pour réduire la population des nématodes à gale. Parmi tous ces traitements 4 ont été choisis pour réaliser notre étude ; il s'agit des traitements oxamyle, abamectine, fluopyram et azadirachtine.

Les nématicides couramment utilisés sont des traitements par contact, utilisant des organophosphorés, appliqués lors de la plantation, ainsi que des fumigants qui libèrent des vapeurs toxiques diffusées sous forme gazeuse dans le sol nu à l'aide d'un injecteur pal (Schneider et Mugniéry, 1971). Alternativement, il existe des nématicides systémiques à base de carbamates ciblant les juvéniles infestant, principalement utilisés dans les plantations de pommes de terre (Mugniéry et al., 1996).

La chimie utilisée pour combattre les nématodes est utilisée (Nematex 24 sl ; Mocap 10 % GR ; Vydate...). Selon les recherches de Schneider et Mugniéry (1971), les traitements chimiques du sol ont démontré leur efficacité, entraînant une mortalité d'environ 80% des populations de nématodes à kystes de la pomme de terre. Néanmoins, leur usage demeure restreint ou interdit en raison du prix élevé des produits et des impacts environnementaux (Alan et Susan, 1998 ; Evans Selon Buisson et ses collègues (2011), il est souligné que la lutte culturale, telle que la rotation des cultures avec des plantes résistantes non hôtes, permet de maintenir les populations de nématodes à kyste de la pomme de terre sous le seuil du développement des dommages. En effet, cette méthode offre la possibilité Il est possible d'utiliser le déclin naturel des populations de nématodes à kyste de la pomme de terre en utilisant l'éclosion spontanée en l'absence de cultivateurs.et al., 2002).

Au terme de notre phase d'expérimentation ; nous avons pu constater l'efficacité de Fluopyram dans le traitement de Nématode a galle. Ce traitement n'augmente pas le poids et le volume de tubercule de paume de terre mais il protège les racines et les tubercules de ce parasite. Les autres traitements appliqués sont beaucoup moins efficaces ; ils ont donné des résultats médiocres ; avec certains effets indiscernables comme dans le cas d'Azadirachtine qui a réduit le nombre des tubercules récolté.

À l'échelle de la planète, les nématodes occasionnent plus de 100 milliards de dollars en perte de production annuellement. A cet effet, le contrôle des nématodes du genre *Meloidogyne* nécessite l'intégration de toutes les méthodes de lutte disponibles

Au terme de notre étude nous avons estimé l'efficacité de 4 nématicides homologués en Algérie sur les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sur la culture de pomme de terre conduite en hors sol.

Les résultats obtenus ont montré que le Fluopyram a exprimé un résultat efficace comparativement aux autres nématicides sujets de notre étude. Les plants de pomme de terre traité avec le Fluopyram le moins de symptômes.

Contrairement au Fluopyram l'Azadirachtine n'a exprimé aucune efficacité les nématodes où nous constaté que la quasi-totalité des plants traités avec cette molécule sont infectés par les nématodes à galles et où nous les symptômes sont visibles sur les racines et les tubercules de la pomme de terre. Par ailleurs l'Oxamyle et l'Abamectine ont montré une certaine efficacité 16,66 et 11,33 cette section à donner des très mauvais résultats concernant l'infection des racines et des tubercules, ce qui signifie que l'usage d'un traitement est d'une importance capitale pour obtenir les résultats.

Nous avons constaté que les traitements utilisés dans notre expérience n'ont pas apporté un effet sur le calibre et le poids des tubercules récolté.

En guise de perspective il serait important d'élargir cette étude vers les autres méthodes de lutte notamment la lutte biologique. Aussi, il faut refaire la lutte chimique contre les nématodes à galle en utilisant plus de matières actives et en plein champ.

## Références Bibliographiques

- **ACTA, 1999.** Guide pratique de défense des cultures. 5ème édition, Paris, p 575.
- **AGRIOS, G.** Plant pathology. 5ème édition. Elsevier Academic Press, U.S.A, 2005, 922 p
- **-Allaya M., Scatena C., Debabi I., 2005.** MEDAGRI, Annuaire des Economies Agricoles et Alimentaires des pays Méditerranéens et Arabes. Edi. CIHEAM, Montpellier (France), pp 243-244.
- **Bamouh A., 1999-** Technique de production de la pomme de terre au maroc, fiche technique, N° 52. PNTTA. 4P
- **-Bamouh H., (1999).** Technique De Production De La Culture De Pomme De Terre, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 58, p .p.1- 5.
- **Bebber DP, Holmes T, Gurr SJ. 2014.** The global spread of crop pests and pathogens. *Global Ecology and Biogeography* 23 : 1398–1407
- **Bedin, P. et Malet M., 1989.** La fertilisation de la pomme de terre. In La pomme de terre française, N o . 451, pp 59-62.
- **-Bellabaci H., Cherfouh R., 2004 -** Développement de la culture de pomme de terre dans la région saharienne, séminaire sur la culture de pomme de terre, wilaya d'El- Oued du 11 au 13 janvier 2004, PP. 7-8.
- **Bernhards U., 1998 -** La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon.
- **Bernhards, 1998 :** Etude sur la tubérisation. *Rev.gène- botanique* : 14-58.
- **BERTRAND, C.** Lutte contre les nématodes à galle en agriculture biologique (Root-knot control in farming) thechnical, 2001, Groupe de recherche en agriculture biologique France
- **BIRD A.F. et LOVEYS, B.R., 1975-** The incorporation of photosynthetates by *Meloidogyne javanica*. *J. Nemmaol.*, 7 : 1113 113
- **BIRD A.F. et WALLACE H.R. ,1966-** The influence of temperature on *Meloidogyne hapla* and *Meloidogyne. javanica*. *Nematologica* 11 :581-589.
- **-Blok VC, Jones JT, Phillips MS, Trudgill DL. 2008.** Parasitism genes and host range Disparities in biotrophic nématodes : The conundrum of polyphagy versus specialisation. *Bioessays* 30 : 249–259.
- **Blok VC, Jones JT, Phillips MS, Trudgill DL. 2008.** Parasitism genes and host range
- **Bodlaender K.B.A., 1963.** Influence of temprerature, radiation and phtotopériode in development and yield. Edi. Butterworths, London, pp 199-210.
- **Boufares K., 2012 :** Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubak) entre deux milieux de culture substrat et

## Références Bibliographiques

- hydroponique, Thèse Magistère en Agronomie « Amélioration de la production végétale et biodiversité », Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. P3, P5-6, P8, P10, P12.
- **-Boumiik M., 1995** - Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaires. Ben Aknoun (Alger). 80p.
  - **BRID A.F.,1972-** Influence of temperature on embryogenesis in *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology.*, 4 :2063213.
  - **BRIDGE, J et STARR, J.L.** Plant nematodes of agricultural importance : à colour handbook. CRC Press. 2007.
  - **Burton W.G., 1989.** The potato, 3ème Edi., Longman Scientific et Technical, New York, p 742.
  - **-Call N.M., Quesenberry K.H., et Dunn R.A., 1997.** *Meloidogyne javanica*, development in three clover population. *Rec. Cop Sci., USA*, Vol. 37, N° 1, pp 265-269.
  - **CAYROL J. C.,1970-**Contribution à l'étude de labiologie d'un nématode mycophage *Ditylenchus myceliophagus*, (Nematoda : Tylenchidae). Thèse, Fac. Des Sci., Nice. 177 p.
  - **CAYROL J.C, 1971** - Rôle des nématodes dans l'équilibre biologique des sols, influence des traitements nématicides. Ed. A.C.T.A., Paris, 273 p.
  - **Chagnon Decelles D., Gélinas M.D., Lavalée Côté L., et coll., 2000.** Manuel de nutrition clinique, Ordre professionnel des diététistes du Québec.
  - **Chelha M. (2000)** - Développement et perspectives de la filière pomme de terre in MACI Revue, n °2. Ed. ITCMI. 7-10.
  - **Cherfi M., 1989** : Comparaison de déférentes variétés de pomme de terre pour la détermination des meilleurs. *Mém. Ing. Agro., Inst. Nati. Ens. Sup. Scie. Biol., Sétif.*, 38 p.
  - **Christine J., 2000-** Maladies, insectes nuisibles et utile de la pomme de terre. IRDA, Québec. 32P
  - Compounds against *Meloidogyne incognita*. *Rev. Nematol.*, Vol. 8, N°2, pp 161-164.
  - **Crosnier J.C, 1987** - Pomme de terre. Techniques culturales. *Revue technique agricole*, 2081(6-1987), France, p18.
  - **-Crosnier J.C., 1987.** Pomme de terre : importance économique, plante, techniques culturales. *Tech. Agri.*, N°, pp 2080-2081.
  - **DABAJ, K.H., STEPHAN, Z.A et DAOUABA, A.A.S.** Nematode control by using plants and anti-natural products and extracts and legislative methods and organic farming methods and the transfer of traditions and integrated management, 2010, p. 1183.
  - **Dalmasso A., Cardin M.C., Pochard E. et Daunay M.C., 1985.** Pouvoir pathogène des nématodes *Meloidogyne* et génétique de la résistance chez quelques Solanacées maraîchères. *C.R. Acad. Agri. De Farance*, Vol. 71, N°7, pp 771-779.

## Références Bibliographiques

- **Darpoux R. et Dubelley M., 1967-** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils France. Collection d'Enseignement Agricole. 307p.
- **Darpoux, 1967:** Les plantes sarclées Paris : maison rustiques, 399 p
- **DE GUIRAN, G. et VILLEMI M.A.,1979-** Etude de la diapause embryonnaire des œufs de *Meloidogyne incognita* en culture monoxénique : technique d'inoculation, influence de l'âge de la mère et de la nutrition en potassium. *Revue Nématol.* 3 (2) : 161-166.
- **DE GUIRAN, G.** Le problème *Meloidogyne* et autres nématodes sur cultures vivrières tabac, caféier, riz. Journées françaises d'étude et d'information. Paris, 1971, p. 447-472.
- **DE GUIRAN, G.** Le problème *Meloidogyne* sur tabac à Madagascar. *Cahiers ORSTOM. Série Biologie*, 1970, 11, p.187-208.
- **DE GUIRAN, G.** Nématodes, les ennemis invisibles. La Littorale S.A. (Ed.), France, 1983, p.41.
- **Desaulniers M., Dubost M., 2003.** Table de composition des aliments. Vol. 1, Départ. de nutrition, Univer. de Montréal, Canada.
- **Devis M., 2002.** Des méthodes de production durable pour la tomate. PAN UK, Note N°
- Disparities in biotrophic nématodes : The conundrum of polyphagy versus specialisation. *Bioessays* 30 : 249–259.
- **Djian-Caporalino C.** 2010. Nématodes à galles, des ravageurs de plus en plus préoccupants. Résultats de 3 ans d'enquête dans quinze régions françaises. *Phytoma La défense des végétaux* 638 : 43–49.
- **Djian-Caporalino C.** 2012. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), a growing problem in french vegetable crops. *EPPO Bulletin* 42 : 127–137.
- **DJIAN-CAPORANILO, C., VEDIE, H. et ARRUFAT, A.** Gestion des nématodes à galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges. *PHYTOMA*, septembre 2009, p. 3.
- **DOMMERGUE S. Y., MANGENOT F.,1970-** Écologie microbienne du sol. Ed. Masson et Cie, Paris, 796 p.
- **EISENBACK, J.D et TRIATAPHYLLOH, H.** Chapter 6 : Root-Knot Nematodes : *Meloidogyne* species and races. In : *Manual of Agricultural Nematology*. NICKLE, W.R, édition Dekker, New York, 1991, p. 191-274
- **Eleanor Noss Whitney, Corinne Balog Cataldo, Sharon Rady Rolfes, 2002.**
- **Ellissèche D., Bozec M. et Pellé R., 1992.** Utilisation de plantes monotiges pour l'étude des facteurs influençant le nombre de tubercules chez la pomme de terre. *Rev. Potato Res.*, Vol. 35, p 76.
- **Feldmesser J, Edwards DI, Epps JM, Heald CM, Jenkins WR, Johnson HJB, Lear CW, McBeth CW, L NE, Perry VG.** 1971. Estimated crop losses from plant-parasitic nematodes in the United States. Special publication No. 1. In : *Crop losses*. Hyattsville, Maryland : Society of Nematologists
- **Foury C., 1995.** Dossier désinfection. Quelques aspects de la désinfection solaire des sols. *PHM Revue Horticole*, 356, p 15-20.

## Références Bibliographiques

- **GAPASIN R.M., VALDEZ R.B. et MENDOZA E.M.T., 1988-** Phenolic involvement in sweet potato resistance to *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. *Ann. Trop. Res.*, 10 : 63-75.
- **Giné A, Sorribas FJ. 2017.** Effect of plant resistance and BioAct WG (*Purpureocillium lilacinum* strain 251) on *Meloidogyne incognita* in a tomato-cucumber rotation in a greenhouse. *Pest Management Science* 73 : 880–887.
- **Greco N, Di Vito M. 2010.** Population Dynamics and Damage Levels. In : Perry RN, Moens M, Starr JL, eds. *Root-Knot Nematodes*. Wallingford : Cabi Publishing-C à B Int, 246–249.
- **Gupta, S.K., Sharma, R.C, et Sharma, M. (2017).** *Diseases of Vegetable Ornamental et Spice Crops* (Scientific Publishers). p. 193.
- **Hawkes J G., 1990** -The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources. London. Belhaven Press. 259p.
- **Hopkins W.G., Judd W.S., Campbell C.S., Kellog E.A., Stevens P.F., Nultsch W., Raven P.H., Hvert R.F., Eichhorn S.E., Trémolières A., 2003.** *Phytopathologie, Bases Moléculaires et Biologiques des Phathosystèmes et Fondements des Stratégies de Lutte*. Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 427 p.
- **HUNT, DJ., LUC, M., MNAZANILLA-LOPEZ, RH.** Identification, morphology and biology of plant-parasitic nematodes. In : LUC, M. SIKORA, RA and BRIDGE, J (Eds.) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CABI Publishing, 2005, pp. 11-80
- **IGHILLI, H** : Inventaire des nématodes phytophages sur cultures maraîchères et sur palmier dattier dans la région de Ouargla. 52p. Thèse Ing : Agro., I.N.A. El Harrach : 1986.
- **ITCMI, 1994.** Culture de la pomme de terre, Guide pratique, Edi Int. Tech. des Cult.
- **ITCMI., 2018** - Culture de pomme de terre. Ed. ITCMI. 10p.
- **Jones JT, et al. 2013.** Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology.
- **KARAJEH, M., ABU GHARBIEH, W., et MASSAOUD, S.** First report of the root knot nematode *Meloidogyne arenaria* race 2 from several vegetable crops in Jordan. *Pant disease*, 2005, Vol.89, pp.206.
- **Kebaili et al. (2009)** : Contribution a l'étude de l'effet d'une fertilisation foliaire de type potassique sur le développement et la croissance de la culture de pomme de terre (*solanumtuberosum* L.) dans la région nord de Sétif –Cas de Beni-fouda. *Mém. Ing. Agro., Univ. M'sila. Algérie.*, 63 p.
- **Khalidi et Seghiri , 2006** : Contribution à l'étude de l'effet calibre et densité de plantation chez deux variétés de pomme de terre (*solanumtuberosum* L.) dans les conditions agro-climatiques de la région de Sétif – Mezlug. *Mém. Ing. Agro., Univ. M'sila. Algérie.*, 57 p.
- **KOCHBA J. et SAMISH R.M., 1971-** Effect of kinctinc : alpha-1-naphtylacetic acid on root-knot nematode in resistant and susceptible peach rootstock. *Journ. Am. Soc. Hort. Sci.*, 96: 458-461.

## Références Bibliographiques

- **Lambert L, 2004.** Chancre bactérien de la tomate. Cultures en serres, N° 14, pp 27-07
- **Lamberti F., 1971.** Nematode-induced abnormalities of carrot in Southern Italy. *Plant Disease Report Vol. 55*, pp 111-113
- **LAMBERTI F.,1979-** Chemical and cultural methods of control Root-knot nematodes (Meloidogyne). *Systematics, biology and control*. Academic Press, London : 341-357.
- **Laumonier R., 1979.** Cultures légumières et maraîchères. Edi. Baillière, Tome 3, pp 92-105.
- **LÊ C., Thomas D. et Nowbuth L. 2002 -** Conservation de pomme de terre in vitro et caractérisation des variétés cultivées en suisse. *Suisse Agric.*, 34(3) :133-136.
- **LOEWENBERG JR, SULLIVAN T. et SCHUSTER M.L., 1960-**The effect of pH and minerals on the hatching and survival of Meloidogyne incognita larvae. *Phytopathology*; 50:2153217.
- **-Madr.2014.** Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du développement rural.
- Mahajan R., Singh P. et Bajaj K.L., 1985. Nematicidal activity of some phenolic  
Maraî. et Indus., Alger, p 20.
- **Messiean CM, Blancard D., Rouxel F., Lafon R., 1991.** les maladies des plantes maraîchères. Edi. INRA, Paris, 552p.
- **MOKABLI, A.** Les principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des Meloidogyne sous abris serre en Algérie. 69 p. Thèse magister : Inst. Nat. Agro : El Harrach, Alger : 1988.
- *Molecular Plant Pathology* 14 : 946–961.
- **Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taïpe, A., Espinoza, S, et Andrade-Piedra, J. (2013).** Guia fotografica de las principales plagas del cultivo du papa en Ecuador (INIAP Archivo Historico). p. 68.
- **NADJI, A :** Inventaire de la nematofaune sur culture maraîchères et contribution à l'étude de quelques aspects biologique des Meloidogyne. 52p : Thèse Ingenieur :. Agro., I.N.A : EL Harrach : 1988
- **NEBIH Hadj-Sadok, D :** Etude de la biologie des Meloidogyne spp.( NematodaMeloidogynidae) dans quelques régions du littoral algérien. 176 p. Thèse Magister : Inst.Nat . Agro : El- Harrach : 2000.
- **Nedjar, H., 2000-** Contribution à l'estimation des besoins en eau de la culture de la pomme de terre dans le périmètre de haut Chélif.Mém. Ing., Centre Universtaire de Khemis Miliana. 83 p.
- **NETSCHER C., 1976-** Observation and preliminary studies on the occurence of resistance breaking biotypes of Melofdogyne spp.011 tomate. *Cah. ORSTOM Ser. Biol.*, 11 : 173- 178.

## Références Bibliographiques

- **OECD, 1997.** Consensus Document on the Biology of *Solanum tuberosum* subsp. *Tuberosum* (Potato). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, N° 8, OECD, Paris, 38 p.
- **OLSEN, MW.** Root-knot Nematode. University of Arizona, Arizona Cooperative Extension, AZ1187, November 2000, p.1–3.
- **OMWEGA C.O., THOMASON I.J. et ROBERTA, P.A., 1990-** A single dominant gene in common bean conferring resistance to the three root-knot nematode species. *Phytopathol.*, 80 : 745-748.
- **ORTON, W.K.** *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* and *Meloidogyne incognita*. C.I.H. Description of Plant Parasit Nematode, 1973, Vol. 18, p. 1-15.
- **Peron J.Y., 2006 :** Production légumière. Ed.Lavoisier. 2eme édition. France.,316 p.
- **PERRY R.N., MOENS, M., STARR J.L.** Root-Knot Nematodes. CABI publishing, Pondicherry, 2009, p. 488.
- **PROT J.C., 1975-**Recherches concernant le déplacement des juvéniles de *Meloidogyne* spp. Vers les racines. *Cah. ORSTOM Sér. Biol.*, 10 : 251.
- **PROT J.C., 1976-** Amplitude et cinétique des migrations des nématodes *M. javanica* sous l'influence d'un plant de tomate. *Cah. ORSTOM Sér. Biol.*, 11 : 157-166.
- **Quezel P., Santa S., 1963 -** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8).
- **Rachdame M.,2010 -** Essai de suivi de l'irrigation de la pomme de terre dans la région d'Oued souf. Mémoire d'ingénieur. Université de Ouargla, 52p.
- **RADWALD, J D.** Nematode disease of food and fiber crops of the south western United States. Ed. Division of agricultural science university of California, 1978, p.64.
- **REDDY P., 1983 -** Plant Nematology. Ed. Agri. Publ. Acad., India, 287 p.
- Ritter M., 1971. Les nématodes et l'agriculture. In les nématodes des cultures. Edi. ACTA, Paris, pp 533-535.
- **RITTER M., 1973-** Cycle et développement des *Meloidogyne*. OEPP/ITPO Bull. 9. PP. 53 3 59
- **-Rousselle P.,Robert Y.et Crosnier J.C.,1996.** La pomme de terre, INRA, Paris (France)., P607
- **Rousselleet al., 1992 :** Utilisation des paramètres génétiques dans l'amélioration de la pomme de t problèmes posés. 10eme Conf. trisannuelle d'EARP. Danemark : 241-242.
- **RousselleP et al, (1996) -**La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. INRA édition, ITPT-ITCF, Paris, 640p.
- **SASSER, JN et CARTER, CC.** Biology and Control Vol. I. North Carolina State University Graphics, 1985, pp. 19-23.
- **SCOTTO LA MASSESE C., 1971-** Nouveaux hôtes et nouvelle localisation d'un nematode (*Cacopaurus pestis* Thorne) *Phytoma*, 233 14

## Références Bibliographiques

- **Seid A, Fininsa C, Mekete T, Decraemer W, Wesemael WML.** 2015. Tomato (*Solanum Lycopersicum*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) – a century-old battle. *Nematology* 17 : 995–1009.
- **SELLAMI, S., LOUNICI, M., EDDOUD, A.** et BENSNGHIR, H. Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abris plastiques en Algérie. *Nematol. Medit.*, 1999, 27, p. 295-301
- **-Serail ,2003-**Sources principales : Mémento du producteur. Pomme de Terre Maladies et ravageurs des légumes de plein champ en Bretagne. Ed Chambres d’Agricultures de Bretagne.
- **SIDHU G.S. et WEBSTER J.M., 1973-** Genetic control of resistance in tomate. 1. Identification of genes for host resistance to *Meloidogyne incognita*. *Nematologica*, 19 : 546-550
- **Sikora RA, Claudius-Cole B, Sikora EJ.** 2018. Nematode parasites of food legumes. In : Sikora R, Coyne D, Hallmann J, Timper P, eds. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 3rd edn, vol. 18. Boston, Massachusetts : CABI, 290–345.
- **Sikora RA, Fernández E.** 2005. Nematodes parasites of vegetables. In : Liuc M, Sikora RA, Bridge J, eds. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, vol. 18. Wallingford, Oxfordshire : CABI, 319–392.
- **Snowden, A.L. (2010).** *Post-Harvest Diseases et Disorders of Fruits et Vegetables* : (CRC Press). p. 416.
- **Soltner D., 1988** - Les grandes productions végétales. Collection Scientifique des Technologies Agricoles. 16ème édition, 494p.
- **Soltner, D., 2005** - Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 20ème Ed, collection sciences techniques agricoles. 464p
- **STOLL G.,** Protection naturelle des végétaux en zone tropicale. Acta. Ed. Margaf verlag, Allemagne, 2002. 386 p.
- **Tirrily et Bourgeois, 1999** : Technologie des légumes. Ed. Lavoisier. Paris., 558 p.
- **TISSERAT, N.** Root knot nematode of tomato. Fact sheets tomato –Extension plant pathology Kansas State University, Manhattan, 2006.
- **Torres, H. (2002).** Manual de las enfermedades mas importantes du papa en el Peru
- **Triantaphyllou A. 1985.** Gametogenesis and the Chromosomes of *Meloidogyne Nataliei* - Not Typical. *J Nematol* 17 : 1–5.
- **TRUDGILL, D.L.** Parthenogenetic root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) ; how can these biotrophic endoparasites have such an enormous host range. *Plant Pathology* 1997, 46, p. 26–32.
- Understanding normal and clinical nutrition, 6th Edi., Etats-Unis.

## Références Bibliographiques

- **VILLAIN, L., BAUJARD, P., ANZUETO, F., HERNANDEZ, A., SARAG, J.L.** Protection intégrée des caféières d'Amérique centrale contre les nématodes, 2002, p.118-119.
- **Villeneuve F., 1999.** Légumes de plein champ. Protection phytosanitaire respectueuse de l'environnement. CTIFL, 191p.
- **Wale, S.J., Platt, H.W, et Cattlin, N.D. (2008).** Diseases, Pests et Disorders of Potatoes: A Color Handbook (Academic Press/Elsevier). p. 176.
- **WALLACE H.R., 1966-** Nématologica in plant parasitic nemtode.morphologie. Anatomic. Taxonomic. Ecology. Ed. Acad.Press .vol.1. London. p.p. 236 - 253.
  - Wesemael W, Viaene N, Moens M. 2011. Root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) in Europe. Nematology 13 : 3–16
- **WESEMAEL, W.M.L., PERRY, R.N. et MOENS, M.** The influence of root diffusate and host age hatching of the root-knot nematodes *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax*. Nematology, 2006, Vol. 8(6), p.895-902.