

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
جامعة محمد بوقرة- بومرداس
Université M'HAMED BOUGARA –Boumerdes



Faculté des Sciences
Département d'Agronomie

Mémoire de Fin d'Etude en vue de l'obtention du Diplôme de
MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Phytopathologie

Thème

Identification des nématodes à kystes Globodera sp. et Heterodera sp. sur des parcelles des céréales et pomme de terre en régions d'Alger, de Boumerdes, de Tizi ousou, de Bouira et de Mostaganem.

Présenté par :

Soutenu le : /07/2021

M^{lle} TALAOUKIL Djamila & KEFIF Nourelhouda

Devant le jury :

M. KHEDAM H.

MCB (UMBB)

Présidente

M^{me} BENDIFALLAH L.

Professeur (UMBB)

Promotrice

M. MORSLI A.

MCB (UMBB)

Examineur

REMERCIEMENTS

Nous remercions notre Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la santé, les moyens, la volonté, le courage et l'opportunité de mener et de terminer cette étude et de nous avoir guidé tout au long de notre vie vers le chemin de la réussite.

Notre grande gratitude va à notre promotrice,

Mme Bendifallah Leïla, Professeure-Docteur au Département des sciences agronomiques de l'Université des de Boumerdes, pour avoir accepté notre encadrement et son assistance, ses orientations, sa disponibilité et son sens de responsabilité.

Nous remercions toute l'équipe de l'INPV d'Alger El Harrach et plus particulièrement Mr Smaïha Djamel, Chef de département de nématologie et Mme Amina pour leurs conseils et orientations grâce auxquels nous avons pu obtenir les informations de base pour réaliser ce travail.

Nous remercions sincèrement Docteurs Khedam Hocine et Morsli Amirouche, d'avoir accepté d'examiner et de faire partie du jury.

Sans oublier mes camarades de la promo Phytopathologie. Nos sincères remerciements vont à toutes nos familles et amis qui nous ont soutenues jusqu'à la dernière minute.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont été directement ou indirectement impliquées dans la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Nous remercions Dieu Tout-Puissant qui a tracé le chemin de nos vies pour nous accueillir. Cela nous a donné des connaissances scientifiques et nous a aidé à faire ce travail. Je dédie cordialement ce travail:

Nos chers parents en signe de profonde gratitude et de tendresse, à tous les sacrifices. Qu'il trouvent l'expression d'un amour profond, notre respect et notre appréciation.

Ma chère mère, la source d'amour et d'affection qui nous soutient dans toutes les conditions.

Mes frères et sœurs.

Nos oncles, tantes, filles et fils.

Pour toute notre famille.

À nos amis.

À tous les collègues. A mes camarades de la promotion 2020-2021.

Nous vous dédions notre travail comme preuve de d'affection.

Résumé

Ce travail s'intéresse aux nématodes à kyste *Globodera* sp. et *Heterodera* sp. inféodés aux cultures de pomme de terre et de céréales. Leur intensité, leur présence, leur aspect et leur distribution au sein des régions d'Alger, de Boumerdes, de Tizi ousou, de Bouira et de Mostaganem sont étudiés. La présente étude est basée principalement sur l'analyse nématologique qui indique la densité de ces parasites dans les parcelles prospectées. Elle est réalisée sur 20 échantillons du sol. Les résultats montrent la présence de ces nématodes dans tous les échantillons sélectionnés. Les principales causes contribuant à la pullulation de nématode sont entre autres, le faible niveau de formation des agriculteurs, le manque de conseils et de campagnes de sensibilisation agricoles, les pratiques agricoles aléatoires et à l'absence de cycles agricoles appropriés, à l'acquisition de semences de sources peu fiables. Les résultats obtenus au cours de la présente étude montrent que ces nématodes restent des parasites obligatoires de la pomme de terre et des céréales. Ces parasites sont classés organismes de quarantaines pouvant causer des dommages importants sur ces cultures, c'est pour cette raison qu'il faut proposer des stratégies de lutte efficaces, économique et raisonnées pour limiter leur pullulation et leur multiplication dans le temps.

ملخص

يهتم هذا العمل بالنيماتودا الكيسية (غلوبوديرا , وايتيغوديرا) المعتمدة على ثقافة البطاطس والحبوب وكثافتها ووجودها وظهورها وتوزيعها داخل كوميونات مناطق الجزائر العاصمة وبومرداس وتيزي وزو والبويرة ومستغانم استندت الدراسة إلى التحليل النيماتولوجي الذي يشير إلى كثافة هذه الطفيليات في القطع التنقيب ، وأجريت على 20 عينة تربة. أكدت نتائج الدراسة وجود هذه الديدان الخيطية في جميع العينات المختارة. الأسباب الرئيسية التي تساهم في تفشي الديدان الخيطية هي ، من بين أمور أخرى ، انخفاض مستوى تدريب المزارعين ، ونقص المشورة الزراعية وحملات التوعية ، والممارسات الزراعية التي لا يمكن التنبؤ بها ، والافتقار إلى الدورات الزراعية المناسبة ، والبذور من مصادر غير موثوقة. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها خلال هذه الدراسة أن هذه الديدان الخيطية تظل ملزمة بطفيليات البطاطس والحبوب. يتم تصنيف هذه الطفيليات على أنها حجر صحي ويمكن أن تسبب أضرارًا كبيرة لهذه المحاصيل ، ولهذا السبب يجب علينا اقتراح استراتيجيات تحكم فعالة واقتصادية ومنطقية للحد من انتشارها وتكاثرها بمرور الوقت.

Summary

This work is interested in the cyst nematodes *Globodera* sp. and *Heterodera* sp. subservient to the culture of potatoes and cereals, Its intensity, its presence, its appearance and its distribution within the municipalities of the regions of Algiers, Boumerdes, Tizi ousou, Bouira and Mostaganem. The study is based on the nematological analysis which indicates the density of these parasites in the plots prospected; it is carried out on 20 soil samples. The results of the study confirmed the presence of these nematodes in all the samples selected. The main causes contributing to the nematode outbreak are, among others, the low level of training of farmers, the lack of agricultural advice and awareness campaigns, unpredictable agricultural practices and the lack of appropriate agricultural cycles, seeds from unreliable sources. The results obtained during the present study show that these nematodes remain obligate parasites of potatoes and cereals. These parasites are classified as quarantines and can cause significant damage to these crops, which is why we must propose effective, economical and reasoned control strategies to limit its proliferation and multiplication over time.

Liste des figures

<i>Figure 1 :Évolution de la production de pomme de terre (MADRP, 2018)</i>	<i>7</i>
<i>Figure2 : Caractéristique d'un plant de la pomme de terre (FAO, 2008).....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 3 : Cycle de développement e la pomme de terre (FAO, 2008)</i>	<i>11</i>
<i>Figure 4 : Principaux producteurs de céréales au monde en 2017 (données en millions de tonnes). (WorldAtlas , 2017)</i>	<i>14</i>
<i>Figure5 : L'évolution de la production de la céréale en Algérie dans les périodes (2000-2009) et 2010-2017) ((MADRP, 2018)).....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 6 : la zone de céréales en Algérie (production des céréales, 2017).....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 7 : représente le cycle de développement de céréale (Vertucci, 1989).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 8:Morphologie et anatomie comparée de l'appareil végétatif des céréales (soltner , 1998).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 9 :Morphologie et anatomie comparées de l'appareil reproducteur des céréales (soltner , 1998).....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 10: Kystes de Globodera rostochiensis sur racines.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 11 : kystes de Globodera pallida sur racines.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 12 :Styilet de larves de 2ème stade de Globodera rostochiensis (B) et Globodera pallida(A) (ANSES-LSV, Rennes, France ;2006).....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 13 : Modèles de crête vulvaire-anale pour G. pallida et G. rostochiensis (Stone [52], 2006).....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 14 : symptômes de nématodes Globodera spp :(A) : sur la plante de pomme de terre et (B)sur les racines de la plante ((Axt5h6,2006))</i>	<i>30</i>
<i>Figure 15 : kyste d'Hetrodera sur les racines (AXT5H1 DG, 2006).....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 16 : Morphologie d'Heterodera spp (Golden, 1986).....</i>	<i>32</i>
<i>Figure17 : (A) symptome d'Heterodera spp sur la plante de blé dur et (B)Symptômes Sur les racines de blé dur (Smiley et Yan, 2010).....</i>	<i>33</i>

<i>Figure 18 : cycle de vie d'un nématode à kyste (Mitchinson, 2009)</i>	34
<i>Figure 19 : Prélèvement de sous échantillons.</i>	49
<i>Figure 20 :Conditionnement des échantillons</i>	49
<i>Figure 21 : Séchage d'échantillons ;</i>	50
<i>Figure22 :Méthode d'extraction des nématodes à kyste appareil Fenwick (Fenwick, 1940)</i>	50
<i>Figure 23 : les kystes pleins</i>	57
<i>Figure 24 : les kystes vides</i>	57
<i>Figure 25 :Globodera spp sous la loupe</i>	58
<i>Figure 26 :Heterodera spp sous la loupe</i>	58

Liste des tableaux

<i>Tableau 01 : Principaux pays producteurs de pomme de terre (FAO ,2014).....</i>	<i>5</i>
<i>Tableau 02: Evolution de la production mondiale de pomme de terre entre 2003 et 2014.....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 3 : Nombre de kystes dans l'ensemble des wilayas prospectées.....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau n°4 : résultat de la densité d'infestation de Globodera spp de wilaya de Boumerdes.....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau n°5 : résultat de la densité d'infestation de Heterodera spp de wilaya de Boumerdes</i> <i>.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau n°6 : résultat de la densité d'infestation de Globodera spp de wilaya de Tizi ousou</i>	<i>63</i>
<i>Tableau n°7: résultat de la densité d'infestation de Heterodera spp de wilaya de Tizi ousou.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau n°8 : résultat de la densité d'infestation de Globodera spp de wilaya de Mostaganem.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau n°9 : résultat de la densité d'infestation de Heterodera spp de wilaya de Mostaganem.....</i>	<i>64</i>
<i>Tableau n°10 : résultat de la densité d'infestation de Globodera spp de wilaya d'Alger</i> <i>.....</i>	<i>64</i>
<i>Tableau n°11 : résultat de la densité d'infestation de Heterodera spp de wilaya d'Alger</i> <i>.....</i>	<i>64</i>
<i>Tableau n°12 : résultat de la densité d'infestation de Globodera spp de wilaya de Bouira</i> <i>.....</i>	<i>64</i>
<i>Tableau n°13 : résultat de la densité d'infestation de Heterodera spp de wilaya de Bouira.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau n°14 : résultat du degré d'infestation de Globodera spp de wilaya de Boumerdes</i> <i>.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau n°15: résultat du degré d'infestation de Heterodera spp de wilaya de Boumerdes</i> <i>.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau n°16 : résultat du degré d'infestation de Globodera spp de wilaya de Tizi ousou</i> <i>.....</i>	<i>66</i>

<i>Tableau n°17 : résultat du degré d'infestation de Heterodera spp de wilaya de Tizi ousou</i>	66
<i>Tableau n°18: résultat du degré d'infestation de Globodera spp de wilaya de Mostaganem</i>	67
<i>Tableau n°19 : résultat du degré d'infestation de Heterodera spp de wilaya de Mostaganem</i>	67
<i>Tableau n°20 : résultat du degré d'infestation de Globodera spp de wilaya d'Alger</i>	68
<i>Tableau n°21 : résultat du degré d'infestation de Heterodera spp de wilaya d'Alger</i>	68
<i>Tableau n°22: résultat du degré d'infestation de Globodera spp de wilaya de Bouira</i>	68
<i>Tableau n°23 : résultat du degré d'infestation de Heterodera spp de wilaya Bouira</i>	68

Liste des abréviations

INPV :Institut national de protection des végétaux

INRAA : Institut national de la recherche agronomique d'Algérie

ONFAA: Observatoire national des filières agricoles et agroalimentaires

FAO: Food and agricultural organisation

PNDA :Plan national de développement agricole

ITCMI : Institut technique des cultures maraichères et industrielles

Sommaire

Résumés

Liste de figures

Liste des tableaux

List des abréviations

Introduction.....1

Chapitre 1 : partie bibliographiques

I.Généralité sur la pomme de terre et céréales

<i>A- La pomme de terre :.....</i>	<i>5</i>
<i>1- Origine:.....</i>	<i>5</i>
<i>2- l'importance de la pomme de terre :.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1. Dans le monde :.....</i>	<i>5</i>
<i>2.2.En Algérie :.....</i>	<i>6</i>
<i>2.3. Les variétés cultivées en Algérie :.....</i>	<i>7</i>
<i>3 -Biologie de la pomme de terre :.....</i>	<i>7</i>
<i>3-1.Classification :.....</i>	<i>7</i>
<i>3-2.Morphologie de la plante :.....</i>	<i>8</i>
<i>3-3 .Cycle de développement :.....</i>	<i>10</i>
<i>3-4 Exigences de la pomme de terre :.....</i>	<i>11</i>
<i>4- Les maladies la pomme de terre :.....</i>	<i>12</i>
<i>4-1 les maladies fongique :.....</i>	<i>12</i>
<i>4-2 Virus :.....</i>	<i>12</i>
<i>4-3 Bactéries pathogènes :.....</i>	<i>12</i>
<i>4-4 Ravageurs :.....</i>	<i>12</i>
<i>B -Les céréales :.....</i>	<i>13</i>
<i>1- Origine :.....</i>	<i>13</i>
<i>2- Importance de céréale :.....</i>	<i>13</i>

2.1. Dans le monde :	13
2.2. En Algérie :	14
2-3 : Les variétés cultivées en Algérie :	16
3. Biologie de la céréale :	16
3-1. Classification :	16
3-2 Cycle de développement :	17
4- La morphologie de céréale :	18
4.1. Appareil végétatif :	19
4.2. Appareil reproducteur :	20
5-Exigences des différentes céréales (blé, orge, avoine) :	21
5-1.Exigences du blé:	21
5-2Exigences de l'orge:	23
5-3.Exigences de l'avoine:	24
6- Les parasites qui attaquent la céréale :	24
6.1. Les maladies cryptogamique :	25
6.2. Les ravageurs :	25
6.3. Les nématodes :	25
II. Généralité sur les nématodes à kystes <i>Globodera spp.</i> et <i>Heterodera spp.</i> :	
A-Définition de nématode :	27
B - Némathodes à kyste <i>Globodera spp</i> :	27
1-Définition :	27
2- Classification :	28
3- Morphologie:	28
4- Symptômes et dégâts et gamme d'hôtes :	30
C-Némathodes à kystes <i>Heterodera spp</i> :	31
1- Définition :	31
2-Classification :	31
3-Morphologie :	32
4-Symptomes et dégats :	32
5-Cycle de vie d' un nématode à kyste :	33
6-La lutte contre nématode à kyste :	35

chapitre II: matériels et méthodes

A-Analyse nématologique :	38
1-Choix du site :	38
2- L'échantillonnage du sol:	48
3-L'extraction des nématodes à kystes :	50
3-1-Principed'extraction	50
3-4 -Mode opératoire :	51
4- Prélèvement et comptage des kystes.	56

chapitre III :Résultats et discussion :

A-Résultat des analyses de nématodes:	61
1-Dénombrement des kystes dans les cinq régions (wilayas) :	61
2-Densité d'infestation :	62
3- Degré d'infestation :	65
B- Discussion :	69
Conclusion et perspectives	71
Références bibliographiques	73

Introduction

Introduction

La pomme de terre est le quatrième aliment basique dans le monde après le riz, le blé et le maïs, cultivée dans la plupart des pays du monde (Anonyme, 2008). Elle occupe une très importante place dans l'alimentation humaine. En Algérie et dans le monde, la demande de ce produit augmente avec l'accroissement des populations.

En Algérie, du fait de la demande sur le marché national de légumes et grâce au lancement du PNDA, le secteur de la pomme de terre a connu une augmentation de la superficie occupée par cette culture qui a atteint 140 000 ha en 2013 représentant 28% de la superficie des cultures maraichères. La pomme de terre constitue un aliment de base pour le consommateur Algérien. Ainsi la consommation de cette culture est passée de 35 kg en 1990 à 56 kg en 2005 pour atteindre 102 kg habitant/an en 2012 (FAO, 2014).

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (Karakas, 2011). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique.

L'Algérie est classée le 8ème dans l'importation des céréales dans le monde et le premier en blé dur. En effet, 80% de nos besoins sont importés et 50% du marché mondiale de blé dur est accaparé par l'Algérie, ce déficit ne cesse de s'aggraver, compte tenu de la croissance démographique et de la faiblesse des rendements. Ainsi, l'Algérie est classée parmi les plus faibles pays producteurs au monde d'après les statistiques de la (FAO, 2001). Les rendements restent très bas, puisqu'ils ne tournent qu'autour de 8 à 10 qx/ha (Ait Kaki, 2001).

Notre pays voit ses potentiels en production de pomme de terre et céréale diminuer d'année en année, ceci est dû à la mauvaise qualité des semences d'une part et à la prolifération des parasites d'autre part qui ont un impact direct sur la production. Les plus redoutables de ces parasites sont les anguillules des racines. Parmi ces nématodes, le nématode doré de la pomme de terre du genre *Globodera* comporte deux espèces spécifiques à la culture de pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. Parmi les agents biotiques qui limitent la production des céréales, les nématodes à kystes du genre *Heterodera*. Ces derniers représentent l'une des contraintes phytosanitaires majeures des cultures (Nicol et al., 2007).

Les deux genres de nématodes (*Heterodera* sp. et *Globodera* sp.) sont justiciables de quarantaine à l'échelle internationale car ils peuvent nuire considérablement au rendement de la culture de pomme de terre et de céréales. Compte tenu de leur importance agronomique et économique, et l'absence d'informations, nous avons jugé utile d'entreprendre une étude sur ces parasites dans les régions de Boumerdes, de Tizi ousou, de Bouira, de Mostaganem et d'Alger.

Pour ce faire, l'analyse nématologique des échantillons du sol appartenant aux parcelles étudiées est nécessaire pour révéler la présence du nématode et évaluer le degré d'infestation dans les communes de les wilayas afin de délimiter ou régionaliser à la plus petite échelle possible la zone infestée et établir un protocole visant la contention du nématode à l'intérieure de ces régions.

Ce présent travail consiste dans sa première partie à faire une synthèse bibliographique répartie sur 2 volets, le premier présente l'importance de la céréaliculture et la culture de la pomme de terre, et leurs besoins et les différentes contraintes abiotiques et biotiques qui limitent leur développement. Le 2ème point détaille les parasites en question, leur répartition, leur biologie et les moyens de lutte. La deuxième partie concerne la partie expérimentale où sont présentées les 5 régions prospectées, la méthodologie adoptée et les analyses pédologiques effectuées. Elle est suivie par les résultats de l'état d'infestation obtenus et leur discussion. Enfin, une conclusion avec les perspectives achèveront ce modeste travail.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

*IGénéralitéssur la
Pomme de terre et les
céréales*

A- La pomme de terre :

1- Origine:

La pomme de terre est originaire d'Amérique du sud. Elle est cultivée essentiellement pour ses tubercules très riches en amidon. Elle est utilisée pour l'alimentation humaine et pour l'industrie de l'amidonnerie. Le genre Solanum est très vaste, il y a environ 1000 espèces. Il est largement distribué dans le monde (Rousselle et al., 1996).

2- l'importance de la pomme de terre :

2.1. Dans le monde :

Dans les pays développés, la consommation de pommes de terre augmente considérablement et représente plus de la moitié de la récolte mondiale. Comme elle est facile à cultiver et que sa teneur énergétique est élevée, c'est une culture commerciale précieuse pour des millions d'agriculteurs (TRIA, 2011). Certain l'appelle l'aliment du futur, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) au cours des vingt prochaines années, la population mondiale devrait croître de plus de 100 millions d'habitants par an, dont plus de 95% dans les pays en développement, où la pression sur la terre et l'eau est déjà très forte. Le défi principal que doit relever la communauté internationale consiste, par conséquent, à garantir la sécurité alimentaire des générations présentes et futures, tout en protégeant la base des ressources naturelles dont nous dépendons (BOUFARES, 2012).

Les grands pays producteurs de pomme de terre sont la Chine, l'Inde et la Fédération de Russie. L'Algérie occupe la quinzième classe mondiale (FAO, 2018) (Tableaux 1, 2).

Tableau 01 : Principaux pays producteurs de pomme de terre (FAO, 2014)

Classement	Pays	Production
1	Chine	96 136 320
2	Inde	46 395 000
3	Russie	31 501 354
4	Ukraine	23 693 350
5	Etats-Unis	20 056 500
6	Allemagne	11 607 300
7	Bangladesh	94 351 50
8	France	80 54 500

Tableau 02: Evolution de la production mondiale de pomme de terre entre 2003 et 2014(FAOSTAT, 2015).

Années	Surface cultivée (M ha)	Production (Mt)	Rendement (t/ha)	Semences (Mt)
2003	19.1	314.8	16.4	34.8
2004	19.2	336.2	17.5	34.6
2005	19.3	326.7	16.8	32.6
2006	18.4	307.3	16.7	32.9
2007	18.6	323.9	17.3	30.8
2008	18.1	329.9	18.1	31.5
2009	18.7	334.7	17.9	32.3
2010	18.7	333.4	17.8	32.7
2011	19.2	374.2	19.4	32.9
2012	19.2	364.8	19.0	28.1
2013	19.4	368.1	18.9	32.2
2014	20	385,074	19.2	/

2.2. En Algérie :

La production a augmenté entre les années 2000 et 2017 passant approximativement de 10 millions de quintaux à plus de 40 millions de quintaux. Selon le rapport de la FAO en 2014, la production de la pomme de terre a une dynamique décroissance intéressante et aussi très significative, la production a évolué entre 2,2 millions de tonnes en 2008 à 3 millions de tonnes en 2010, et de 4,22 millions de tonnes en 2012 à 4,9 millions de tonne en 2013.

Selon ONFAA (2014), la production de la pomme de terre d'arrière-saison est assurée à mesure de 64,5% par les wilayas d'El oued, Ain Defla, Bouira et Mascara. Pour l'année 2017, la production annuelle totale est de 41 Millions de quintaux pour une superficie de près de 130 000 ha. Selon figure 1, la multiplication de la production entre 2000 et 2017 est le résultat de deux facteurs :

Le doublement de la superficie consacrée à la pomme de terre qui passe de 64 694 ha à 129821 ha.

Le doublement du rendement passant d'approximativement 160 quintaux/ha à plus de 320quintaux/ha.

En Algérie, la pomme de terre est cultivée dans le littoral, le sublittoral, l'atlas tellien et les hautes plaines. On retrouve les primeurs à : Mostaganem, Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger et Tlemcen. La pomme de terre de saison est cultivée à : Mostaganem, Ain-defla, Mascara, Mila, Souk Ahras, Boumerdes, Sétif, Tizi-Ouzou, Tiaret, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira et ElOued.

Et celle de l'arrière-saison est cultivée à Mostaganem, Ain-Defla, Mascara, Guelma, Chlef, El Oued, Tlemcen, Djelfa (ITCMI, 2012).

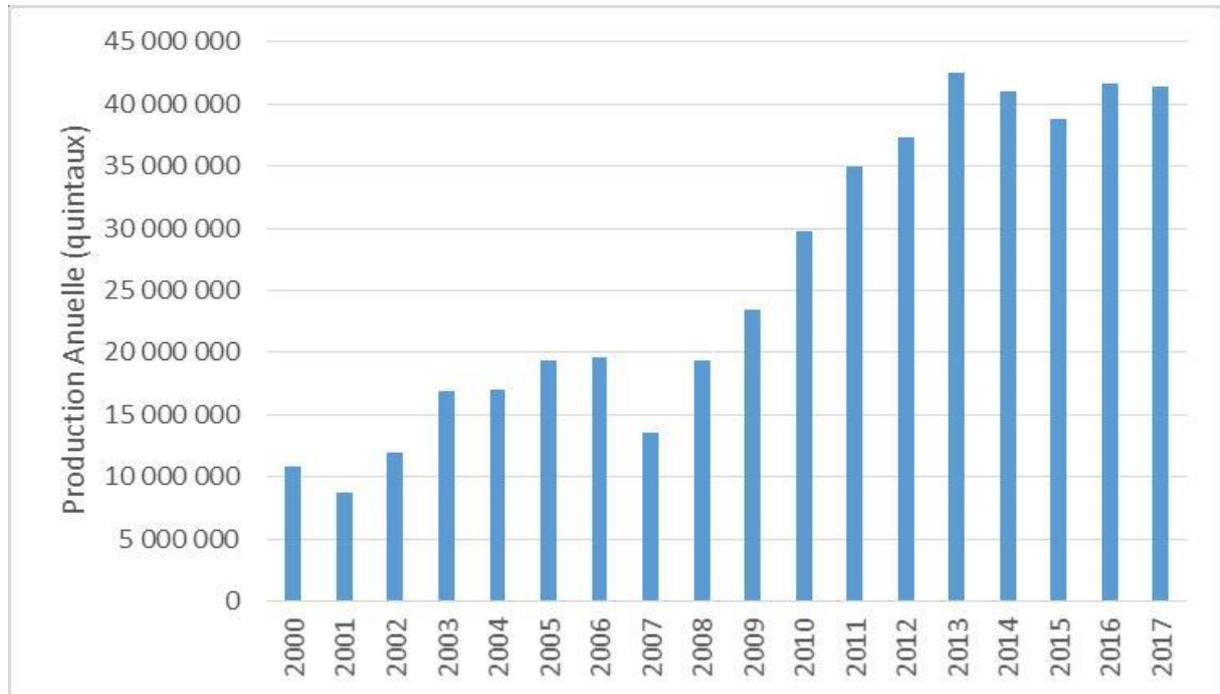


Figure 1 : Évolution de la production de pomme de terre (MADRP, 2018).

2.3. Les variétés cultivées en Algérie :

Les variétés inscrites au catalogue sont de l'ordre de 131 variétés dont les plus cultivées sont Spunta, Fabula, Nicola, Diamant, Timate, Atlas (qui sont à peau blanche) et Bartina, Désirée et Kondor à peau rouge (ITCMI, 2012).

3 -Biologie de la pomme de terre :

3-1.Classification :

Selon Boumlik (1995), la classification de la pomme de terre est la suivante :

Embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous classe : Gamopétales.

Ordre : Polmoniales.

Famille : Solanacées.

Genre : Solanum.

Espèce : *Solanum tuberosum* L

3-2.Morphologie de la plante :

La pomme de terre est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle (Rousselle et al. 1992). Elle comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (Figure 2). C'est une plante à fleurs gamopétales, dicotylédones, son port est plus ou moins dressé suivant les variétés (Darpoux et Dubelley,

3-2-1.Partie aérienne :

• Tiges :

Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé, le nombre de tiges est influencé par le calibre du plant, son âge physiologique, les conditions de conservation et de germination (Grison, 1983).

• Feuille :

Elles sont alternées de types composés constituées d'importants nombres de folioles, emportés sur un pétiole terminé par une foliole unique (Neggaz, 1991). Les folioles présentent de nombreux caractères distinctifs, mais assez fluctuants, notamment, leur nombre, forme, couleur, pilosité et longueur des pétioles et pétiolules. Les jeunes feuilles sont densément recouvertes de poils soit longs et droits, soit courts et de type glandulaire (trichomes) (Cutter, 1978). La nervation des feuilles est de type réticulé avec une plus grande densité de nervures vers le bord du limbe (Rousselle et al. 1996).

• Fleurs :

Les fleurs de la pomme de terre sont disposées sur une inflorescence en cyme bipare, portée par un pédoncule plus ou moins long, fixé généralement au sommet de la tige. Elle est construite par 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines, les fleurs ont des couleurs différentes blanches, bleutées, violacées et rouge-violacées. La coloration des fleurs est en fonction des variétés (Grison, 1983).

• Fruits :

Les fruits ou baies qu'elles produisent contiennent des graines dont l'intérêt est nul en culture (Figure 1) (Soltner, 1979).

3-2-2 - Partie Souterraine :

Le système souterrain porte :

- Les racines, nombreuses et fines, fasciculées et peuvent pénétrer profondément le sol, s'ils sont suffisamment meubles.
- Les tiges souterraines ou rhizomes, ou stolons, sont courtes et leurs extrémités se renflent en tubercules.
- Les tubercules sont les organes de conservation qui permettent de classer la pomme de terre parmi les plantes vivaces à multiplication végétative (Soltner, 1979).

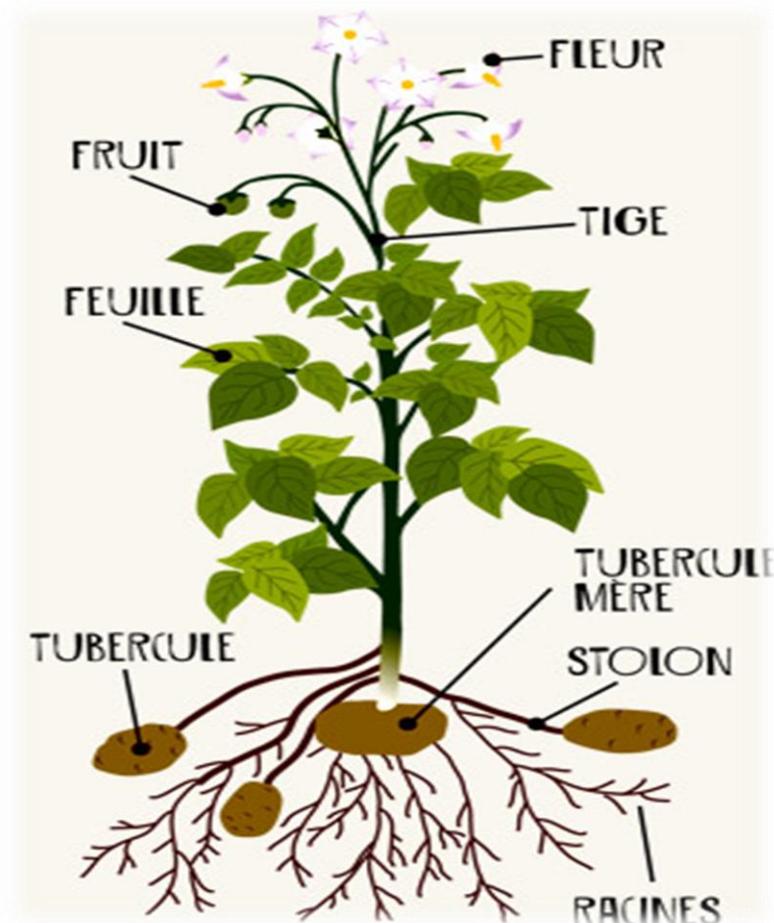


Figure2 : Caractéristique d'un plant de la pomme de terre(FAO, 2008)

3-3 .Cycle de développement :

La durée du cycle végétatif de la pomme de terre est très variable. A titre indicatif, elle est de 0 à 130 jours (Figure 3). Elle dépend de l'état physiologique des tubercules qui sont plantés, de l'ensemble des facteurs agro climatiques et des variétés utilisées.

. La germination : lorsqu'un tubercule est placé dans des conditions favorables (16 - 20°C), (60 - 80% d'humidité relative), il commence à se développer en utilisant ses réserves glucidiques (principalement l'amidon). Le germe s'allonge jusqu'à atteindre le niveau du sol (Deumier et al. 2004).

. La levée :

Elle est caractérisée par la formation des premières tiges aériennes avec séparation des premières feuilles. Dans le même temps, les racines commencent leur élévation et leur ramification (Grisson, 1983). Pendant ces deux périodes, la plante est dépendante des réserves du tubercule mère.

. La tubérisation :

Durant cette période, les bourgeons aériens des tiges donnent des rameaux et les bourgeons souterrains généralement des stolons. La croissance aérienne de la plante est ralentie. Les phénomènes de tubérisation se déroulent selon 3 étapes successives: l'induction, l'initiation et la croissance radiale des tubercules (Rousselle, 1996).

. Le grossissement des tubercules:

Durant cette période, il y a juste une croissance axiale et une floraison. Les cellules augmentent leur volume par accumulation d'eau et d'amidon. Au bout d'un certain temps on assiste à un arrêt de la croissance qui se traduit par le jaunissement progressif des feuilles de la base vers le sommet de la plante et conduit à un dessèchement total du système aérien et la suite du grossissement des tubercules (Rousselle, 1996).

. La sénescence: Il y a arrêt du grossissement du plant. Les tubercules se trouvent dans un état de repos végétatif.

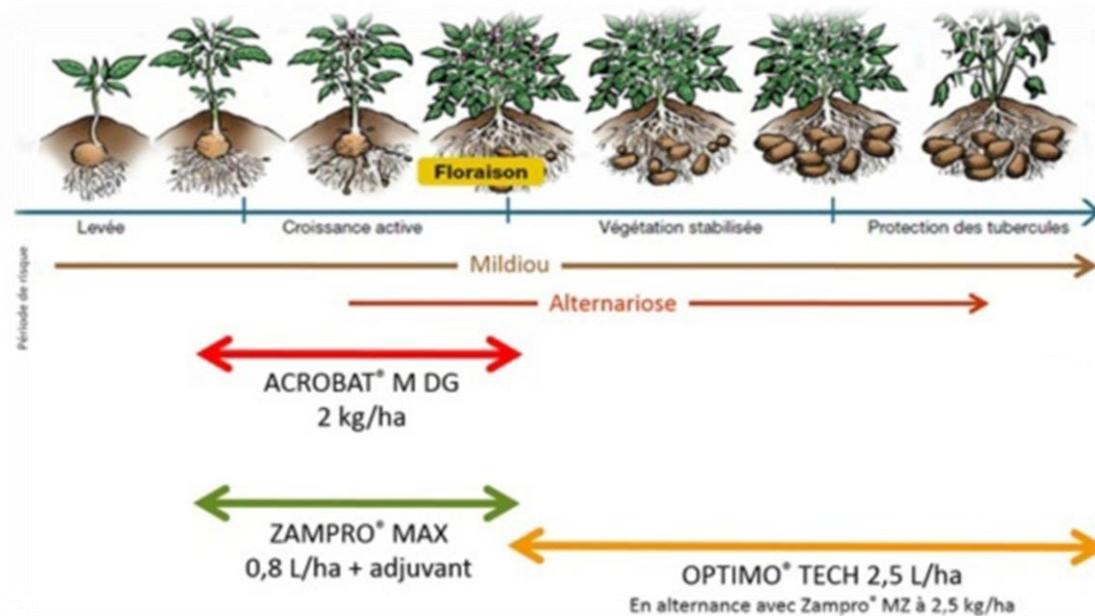


Figure 3 : Cycle de développement e la pomme de terre (FAO, 2008)

3-4 Exigences de la pomme de terre :

3-4-1 Exigences climatiques :

Température:

La partie aérienne gèle à -01°C . La température optimale semble se situer entre 15 et 21°C . La tubérisation s'arrête h 29°C (Laummonier, 1979).

Lumière:

Un éclairage suffisant favorise le développement de germes vigoureux et trapus, bien colorés alors qu'à l'obscurité ces germes deviennent longs, minces et décolorés (Darpoux, 1967).

Humidité:

La pomme de terre est une culture de la zone tempérée. Elle exige par ailleurs une humidité assez abondante, mais surtout régulière.

Eau:

Les besoins en eau sont de l'ordre de 3000 à 4000 m³ par hectare. Ils varient au cours du cycle végétatif et aussi en fonction de la date de maturité du cultivar, de la densité des plants, de la capacité de rétention d'eau du sol, des conditions climatiques, des pratiques culturales et du

système racinaire. Selon Darpoux (1967), les besoins en eau de la pomme de terre sont plus importants aux phases d'émergence et de croissance des tubercules.

3-4-2 .Exigences édaphiques:

La pomme de terre préfère des terres meubles, aérées et bien fraîches. Elle se développe très bien dans les terres semi légères, silice argileuses ou humifères. Elle se satisfait même des sols sableux, légers, à la condition que le climat soit assez humide (Darpoux, 1967). Bien que la culture de la pomme de terre puisse être effectuée sur toutes sortes de sols, la production optimale est obtenue sur des sols de texture moyenne à argileuse, légèrement acides (pH 6.0 à 6.5) (Rousselle, 1996)

4- Les maladies la pomme de terre :

La pomme de terre est sujette aux attaques de plusieurs maladies et bioagresseurs, à savoir :

4.1. Maladies fongiques

- Alternariose (*Alternaria* spp) .
- Fusariose (pourriture sèche) (*Fusarium* spp) .
- Gale argentée (*Helminthosporium solani*) .
- Mildiou (feuillage) (*Phytophthora infestans*) .
- Chancre de la tige (*Rhizoctonia solani*) .
- Sclérotiniose (*Sclerotinia sclerotiorum*) .
- Gale poudreuse (*Spongospora subterranea*) .
- Verticilliose (*Verticillium* spp) .

4-2 Virus :

Virus de l'enroulement (PLRV) .

Virus du Rattle (TRV) .

Jambe noire Dickeya (*Pectobacterium* spp).

4-3 Bactéries pathogènes :

Jambe noire Dickeya (*Pectobacterium* spp).

Gale commune et gale plate (*Streptomyces* spp) .

4-4 Ravageurs :

Teigne de la pomme de terre (*Phthorimaea operculella*) .
Nématode à kystes de la pomme de terre (*Globodera* spp) .

B-Les céréales :

1- Origine :

Une céréale est une plante cultivée principalement pour ses graines, utilisée en alimentation humaine et animale, souvent moulus sous forme de farine raffinée ou plus ou moins complète, mais aussi en grains entiers (ces plantes sont aussi parfois consommées par les animaux herbivores sous forme de fourrage). Le terme « céréale » désigne aussi spécifiquement les grains de ces plantes. Les principales céréales sont le maïs, le blé, le riz, les mils (y compris le sorgo), l'orge, et l'avoine (par ordre de tonnage produit mondialement).

2- Importance de céréale :

2.1. Dans le monde :

Les céréales comptent parmi les plantes les plus cultivées au monde : leur capacité d'adaptation aux conditions environnementales, leur facilité de stockage et leur polyvalence en matière de préparation culinaire leur confèrent une grande popularité auprès des consommateurs et des agriculteurs sous toutes les latitudes.

Malgré certaines incertitudes dues à la pandémie mondiale, les prévisions de la FAO concernant la production céréalière tablent sur une situation essentiellement positive pour 2020/2021. Les premières données disponibles s'avèrent prometteuses : la production devrait atteindre le chiffre record de 2 780 millions de tonnes, soit 2,6 % de plus que l'année 2019. En particulier, il faut s'attendre à une augmentation de la production de maïs, qui devrait s'élever à un niveau record de 1 207 millions de tonnes, et de riz, avec 508 millions de tonnes prévues. D'autre part, la production mondiale de blé devrait légèrement diminuer : 758 millions de tonnes contre 762 millions de tonnes en 2019/2020 (Figure 4).

Les pays affichant la plus forte production de céréales au monde sont les suivants : Chine, États-Unis, Inde, Russie, Brésil, Égypte, Argentine, Pakistan, Iran, Turquie, Union européenne.

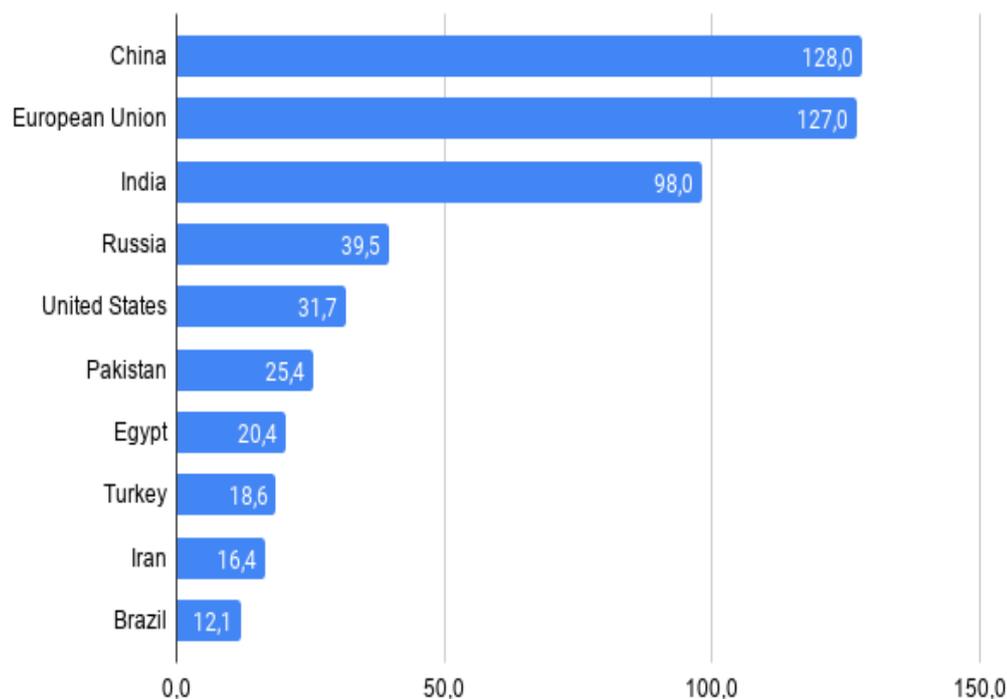


Figure 4 : Principaux producteurs de céréales au monde en 2017 (données en millions de tonnes).(WorldAtlas, 2017).

La Chine confirme sa première place pour la production de riz et de blé, tandis qu'elle occupe la deuxième position pour ce qui est du maïs, devancée par les États-Unis, qui s'affirment comme le premier producteur mondial

2.2. En Algérie :

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale.

Durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle **40%** de la Superficie Agricole Utile (SAU).

La superficie ensemencée en céréales durant la décennie 2000-2009 est évaluée à **3 200 930** ha, desquelles, le blé dur et l'orge occupent la majeure partie de cette superficie avec **74%** de la sole céréalière totale.

Durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne **3 385 560** ha, en évolution de **6%** par rapport à la période précédente (2000-2009).

La production réalisée des céréales au cours de la période 2010-2017 est estimée à **41.2** Millions de quintaux en moyenne, soit un accroissement de **26%** par rapport à la décennie 2000-2009 où la production est estimée en moyenne à **32.6** Millions de quintaux.

La production est constituée essentiellement du blé dur et de l'orge, qui représentent respectivement **51%** et **29%** de l'ensemble des productions de céréales en moyenne 2010-2017 (Figures 5, 6).

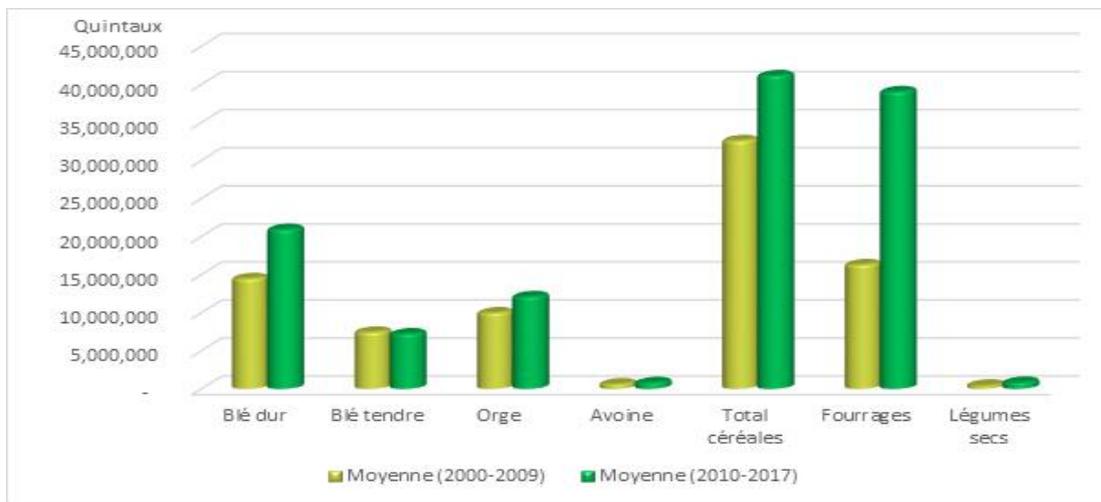


Figure 5 : L'évolution de la production de la céréale en Algérie dans les périodes (2000-2009) et 2010-2017)((MADRP, 2018)).

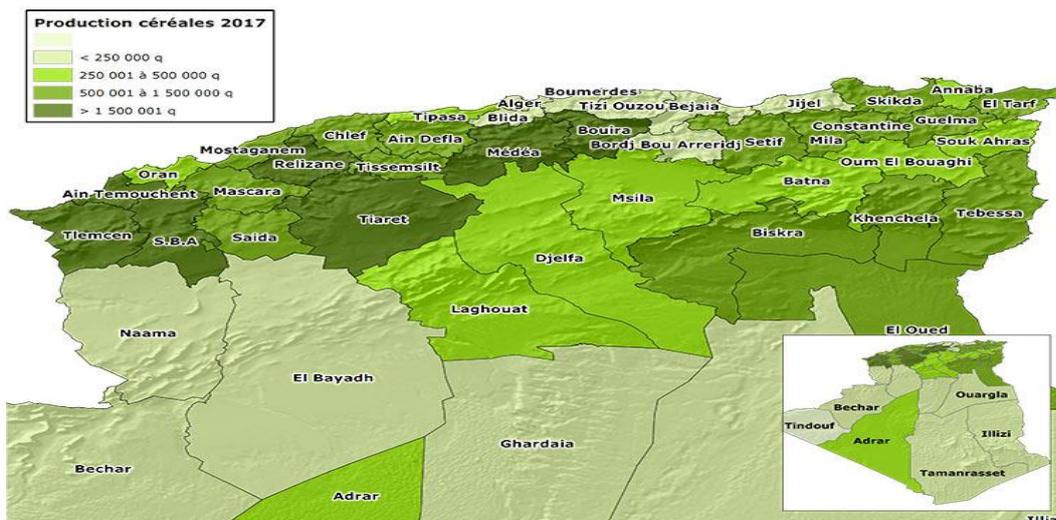


Figure 6 : la zone de céréales en Algérie (production des céréales, 2017).

2-3 : Les variétés cultivées en Algérie :

Selon l'INRAA 2006, le nombre de variétés autorisées à la production et à la commercialisation a atteint 103 variétés, réparties comme suit : Blé dur : 32 variétés , Blé tendre : 26 variétés , Orge : 23 variétés , Avoine : 11 variétés et les Triticales avec 11 variétés. La répartition du matériel végétal produit et commercialisé à travers l'ensemble des zones de production montre que pour :

Le blé dur : sur l'ensemble de ce matériel végétal en production, les variétés Vitron et Waha sont les plus demandées sur le marché.

Blé tendre : seule la variété Hiddab , confirme sa suprématie depuis 12 ans (1994 /2005) avec un taux d'occupation pratiquement de 80 % du programme de semences .

Orge : deux variétés locales (Saida 183 et Tichedrett) très appréciées par les agriculteurs , occupent respectivement 72 % et 17 % de la sole semencière.

Avoine : la demande des agriculteurs se limite uniquement à quelques variétés locales pour la production de paille destinée à l'alimentation du bétail.

3. Biologie de la céréale :

3-1.Classification :

Dans le règne végétal, les céréales appartiennent au groupe spermaphytes au sous-groupe d'Angiospermes à la classe des Monocotylédones à l'ordre des Glumoflorales à la famille des Graminées. Dans la famille des Graminées, il existe un grand nombre de genres:

Genre: *Triticum*



Espace: *Triticum durum* (blé dur)

Espèce : *Triticum vulgare* (blé tendre)

Genre : *Hordeum*



Espèces: *Hordeum hexastichum* (orge à six rangs)

Espèce: *Hordeum disticum* (orge à deux rangs)

Genre: Avena



Espèce: *Hordeum bizantina* (avoine)

Cette classification en genre, espèce et variété correspond à des caractères spécifiques bien définis (Girignac, 1996)

3-2 Cycle de développement :

Au cours de son développement, les céréales subissent des modifications morphologiques correspondant aux différents stades de leur croissance (Boulal et al, 2007). Le cycle de développement des céréales comprend trois grandes périodes (Figure 7) :

3-2-1-Période végétative : C'est la sortie du grain de son état de vie ralentie, elle comprend les phases suivantes:

A- Phase de germination : C'est la naissance d'une jeune plantule au dépend de la graine. Elle commence par l'imbibition de la graine qui permet la libération des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par la graine suivie par la croissance caractérisée par l'allongement de la racicule (Vertucci, 1989).

B- Phase semi-levée : C'est la phase de germination et le début de la croissance.

C- Phase levée - début du tallage : Elle est caractérisée par les apparitions successives à l'extrémité de la coléoptile et les premières feuilles fonctionnelles imbriquées les

unes dans les autres, partant toutes d'une même zone dite plateau du tallage. C'est la phase critique en cas d'attaque par les parasites et les ravageurs (Vertucci, 1989).

3-2-2- Période reproductrice : Cette période comprend deux phases

a- Phase Tallage herbacé – Gonflement : Elle comprend l'initiation florale, la différenciation de l'ébauche de l'épi, la différenciation des ébauches des glumes, la montaison, la méiose et le gonflement.

b- Phase Epiaison – Floraison : Cette phase correspond à l'apparition des épis à l'extérieur, à la fécondation. La floraison consiste en l'éclatement des anthères qui libèrent le pollen ; les filets qui les portent s'allongent, ce qui entraîne à travers les glumelles entrouvertes, les sacs polliniques desséchés à l'extérieur et flottent alors tout autour de l'épi comme de petites fleurs blanches dont l'ensemble fait dire que « l'épi est fleuri » (Vertucci, 1989).

3-2-3 Période de maturation : Elle s'étend de la fécondation jusqu'à la maturité du grain et comprend deux phases:

a- Phase pâteuse : La graine accumule fortement l'amidon dans son albumen. Tout déficit en eau entraînera un excès d'évaporation et un ralentissement de la synthèse des réserves nécessaires à la formation du grain, ce qui se traduit par la formation de grains ridés de poids inférieur à la normale (phénomène d'échaudage).

b- Phase de dessiccation : Elle correspond à la perte progressive de l'humidité du grain qui ne doit pas dépasser 15% au champ (Vertucci, 1989).

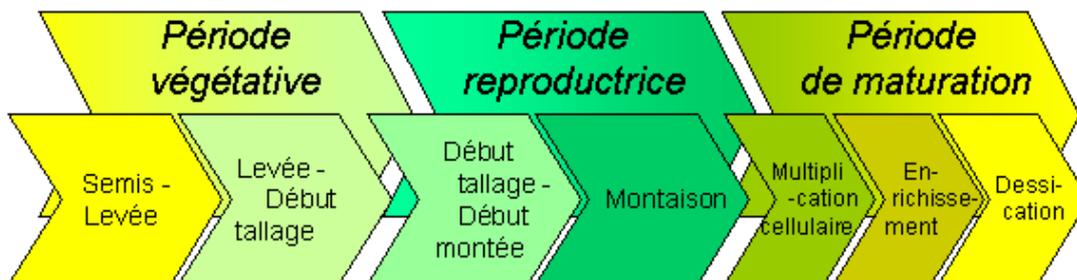


Figure 7 : représente le cycle de développement de céréale(Vertucci, 1989)..

4- La morphologie de céréale :

4.1. Appareil végétatif :

4.1.1. Système aérien :

Il est formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou talles partant d'une zone située à la base de la plante : le plateau de tallage. Chaque talle après complet développement de la plante est formée d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence

- a- **La tige** : est formée d'articles ou entre-nœuds séparés par des nœuds, zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds et se différencient les feuilles. Chaque nœud est donc le point d'attache d'une feuille (Figure8). Diagramme d'un chaume.

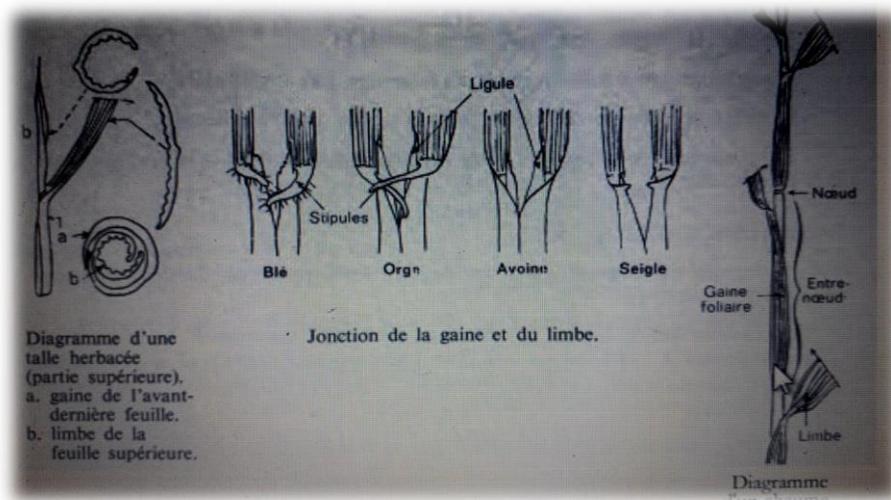


Figure 8: Morphologie et anatomie comparée de l'appareil végétatif des céréales (soltner, 1998).

Les entre-nœuds peuvent chez certaines espèces ou variétés résorber leur moelle à maturité.

On a alors, selon le cas :

- des pailles creuses : orge, avoine;
- des pailles plus ou moins creuses : blé d'hiver (caractère variétal);
- des pailles pleines, lorsque la moelle est persistante : blé dur, maïs, sorgho.

- b- **Les feuilles** : sont alternes ou distiques (disposées sur deux rangs le long de la tige).

Chaque feuille comprend deux parties :

- une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant, la gaine;
- une portion supérieure, le limbe. Les gaines attachées au niveau des nœuds sont emboîtées les unes dans les autres pendant leur jeunesse et forment un tube cylindrique

entourant la tige qui se déboîte au fur et à mesure de la croissance des entre-nœuds. Le limbe, à nervures parallèles est nettement plus long que large, ses dimensions variant notablement d'une espèce à l'autre (blé, 15-20 cm X 1,5-2 cm; maïs, 35-50 cm X 15-20 cm). A la jonction du limbe et de la gaine, on peut trouver une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule, et de chaque côté de celle-ci, à la base du limbe, deux stipules plus ou moins embrassées glabres ou velues, les oreillettes ou stipules. Ainsi : le blé possède une ligule et des oreillettes velues; l'orge, une ligule et des oreillettes glabres, très embrassées; l'avoine, le sorgho, une ligule sans oreillettes; le seigle une ligule très courte et pratiquement pas d'oreillettes; le millet, une ligule réduite à l'état d'écaille, sans oreillettes. La gaine peut en outre, être velue (avoine, seigle, millet), et le bord du limbe être cilié (avoine).

4.1.2 Système racinaire :

Toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes racinaires successifs.

A- Le système de racines primaires ou séminales, fonctionnel de la levée au début du tallage. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit 5 racines; éventuellement se développe une sixième racine à partir de l'épi blaste.

B- Le système de racines secondaires ou de tallage (ou coronales) apparaissant au moment où la plante émet ses talles (voir plus loin). Ce système se substitue alors progressivement au précédent. Il est de type fasciculé, son importance et sa profondeur variant avec l'espèce :

- chez l'orge il est, relativement au blé, plus superficiel et moins important;
- l'avoine a, relativement au blé et à l'orge, un système racinaire plus puissant et plus profond.

4.2. Appareil reproducteur :

a- L'inflorescence. Celle-ci est de deux types principaux :

- un épi : blé, orge, seigle;
- une panicule : avoine, riz, sorgho. Dans les deux cas l'unité morphologique de base est l'épillet (Figure 9).

b- L'épillet : Celui-ci est une petite grappe de 1 à 5 fleurs enveloppées de leurs deux glumelles (inférieure et supérieure) et incluses dans deux bractées ou glumes (inférieure et supérieure). Ces fleurs sont attachées sur le rachillet, rameau partant de l'axe principal (rachis) de l'inflorescence. Chacune comprend typiquement

- trois étamines à anthères en forme d'X;
- un ovaire formé d'un seul carpelle, glabre ou velu, enfermant un ovule;
- à la base de l'ovaire deux petites écailles, les glumellules ou lodicules qui, en se gonflant, font entrouvrir les glumelles à la floraison.

Le nombre de fleurs fertiles par épillet varie selon l'espèce. Chez le blé, 2 à 4; chez l'avoine, 1 à 3; chez l'orge, 1 seule. Chez le maïs, les fleurs sont unisexuées : la plante est monoïque.

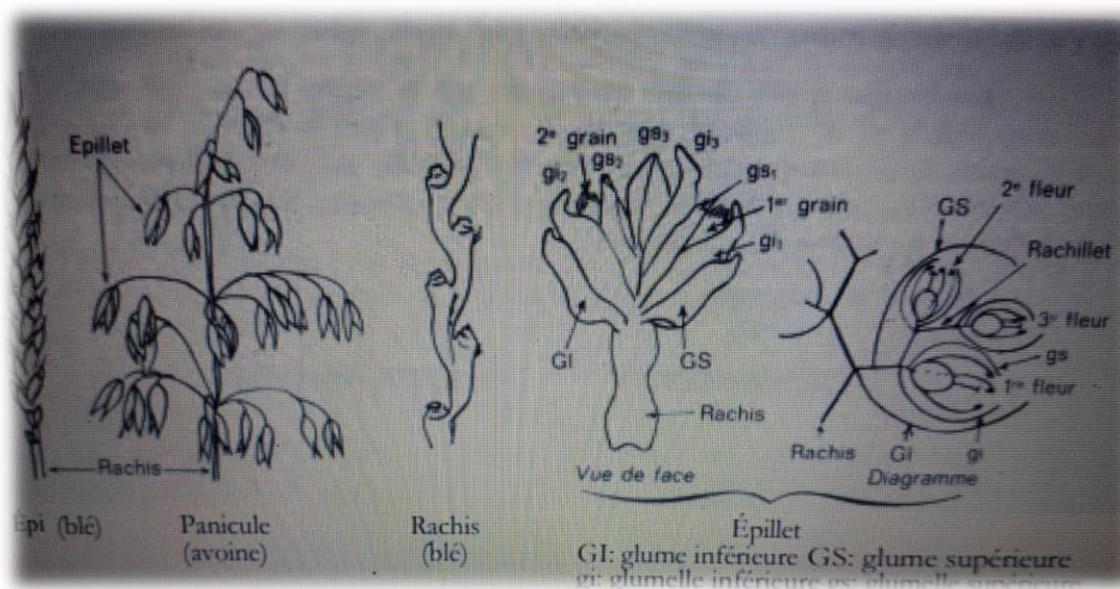


Figure 9 : Morphologie et anatomie comparées de l'appareil reproducteur des céréales (soltner , 1998).

5-Exigences des différentes céréales (blé, orge, avoine) :

5-1.Exigences du blé:

• Température:

En hiver, le blé résiste jusqu'à -10 °C tandis que les gelées de printemps de -2 à -3 °C peuvent détruire toute ou une partie des épis, au cours de l'organogénèse quand elles se poursuivent plusieurs jours (Grignac , 1966). En tenant compte des exigences en température pour le blé, Cuvilier (1930), estime qu'un climat tempéré est celui qui est le plus favorable pour la culture du blé.

• **Eau:** Le blé peut être considéré comme une plante ayant de faibles exigences en eau, pour qu'il puisse germer; les semences doivent assimiler une quantité d'eau égale au moins à 50% de leurs poids en matière sèche; c'est-à-dire pour élaborer 1 g de matière sèche, il faut environ 500g d'eau. Pour assurer un développement normal du blé l'humidité du sol ne doit pas être inférieure à 30% de l'humidité de saturation. Les besoins maximaux en eau du blé se situent pendant la montaison et pendant les quatre semaines qui suivent l'épiaison (Halet, 1980). En Algérie, l'humidité nécessaire pour le développement du blé est en principe à partir d'octobre jusqu'à la fin du mois de mars. Vu son système racinaire très bien développé (plus de 2m de profondeur), le blé peut être s'approvisionner en eau dans les couches profondes. Cependant l'humidité des couches superficielles est d'une importance primordiale pour la réussite de la culture car dans ces couches que se trouvent les matières minérales nécessaires. La quantité d'eau évaporée par la plante pour l'élaboration d'un gramme de matière sèche est appelé coefficient de transpiration, pour une même plante le coefficient varie dans de très grande proportion, il est d'autant plus élevé que l'évaporation est intense, donc le climat est chaud et sec. Le coefficient de transpiration du blé varie selon la variété, le milieu et la technique culturale (Anonyme, 1971).

Fertilisation: Elle est en fonction essentiellement des conditions pédoclimatiques, du précédent et des besoins de la culture. C'est durant la phase tallage et la floraison que l'absorption des principaux éléments est la plus importante. L'azote élément nutritif indispensable pour le blé doit être fourni au fur et à mesure de ses besoins. Généralement son apport est fractionné et réalisé aux stades semis, tallage et épiaison. Concernant la potasse et la chaux, c'est durant la période végétative que les besoins sont élevés. Le phosphore et le potassium se trouvent en réserve dans le sol, et il convient de restituer au sol ce que les plantes y puisent assurer leur croissance (Moule, 1980). Les exportations d'une récolte de blé en éléments fertilisants sont fortes en azote, moyenne en acide phosphorique et assez faible en potasse.

Lumière: Comme pour les autres facteurs, le blé a des exigences déterminées en lumière. L'insuffisance de lumière entraîne l'étiollement des feuilles, l'affaiblissement des tiges et enfin la verse. C'est surtout la densité du semis qui est dans un rapport direct avec l'intensité de lumière nécessaire et la possibilité de verse. Un peuplement très dense diminue l'éclairage et provoque la verse. Pour augmenter l'éclairage du blé on baisse la dose de semis et on oriente les rangs vers le soleil (Anonyme, 1971).

Sol: Pour bien réussir, le blé exige du sol certaines conditions bien précises. Il réussit très bien dans les sols fertiles, de bonne constitution et d'une réaction (pH) neutre. Afin que les racines

puissent se développer convenablement et utiliser la fertilité du sol, celui-ci doit être bien ameubli et profond. D'après Clément-Grand court et Prat (1971) ; les textures idéales sont: Limoneuses, argilo siliceuse et argilo calcaire, riche en éléments fertilisants et sable, à pH approchant de la neutralité. Selon Soltner trois caractéristiques font la bonne «terre à blé» :• Une texture fine: limono argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, et permettant une bonne nutrition.

- Une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver.
- Une bonne profondeur, et une richesse suffisante en colloïdes afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux grands rendements.- Les sols sableux, acides et inondables ne conviennent pas au blé. Cependant la technique actuelle permet de cultiver le blé là ou autrefois ce n'était pas possible. Les doses- levées d'engrais, le drainage et l'irrigation ainsi que les méthodes d'amélioration de la structure permettant d'élargir sensiblement l'aire de culture et de faire pousser le blé dans des conditions défavorables (Soltner , 2000).

5-2Exigences de l'orge:

• Température:

L'orge n'est pas très résistante au froid. La température de -8 à -12 °C autour du plateau de tallage peut complètement détruire les plantes. L'orge craint les températures basses surtout pendant un hiver à vents froid et sans neige. Pendant la période végétative l'orge se développe très bien sous une température de +18 à+20 °C. Les températures supérieures à +25 °C freinent son développement. La réduction du rendement peut avoir lieu surtout lorsque la température élevée est accompagnée d'une sécheresse tant dans le sol que dans l'atmosphère (Anonyme, 1971).

• L'eau:

- L'orge est une culture résistante à la sécheresse. Les semences commencent à germer après avoir assimilé une quantité d'eau égale à 5 ou 10 de leur poids sec. Dans un sol sec une humidité de 20 mm est nécessaire pour que la germination et la levée soient normales. Si l'humidité est inférieure à la limite citée, la germination ne peut pas avoir lieu et les semences restent longtemps dans le sol en attendant les pluies d'automne. On estime que l'humidité optimale correspond à une humidité égale de +50 à 100 mm d'eau. Par rapport au blé, l'orge est plus

résistante à la sécheresse et peut réussir dans les zones les plus difficiles pour les céréales en Algérie (Anonyme, 1971).

• **Le sol:**

L'orge préfère les sols profonds, ameublis, riches en matière nutritive et d'une acidité neutre ou légèrement acide. Elle se développe mal sur des sols défrichés. Afin de souligner ses grandes exigences en ce qui concerne le sol, certains ont donné le nom de sols à orge aux meilleurs sols à céréales (Anonyme, 1971).

5-3.Exigences de l'avoine:

Température :

L'avoine est une culture de climat tempéré, ses semences commencent à germer à partir de +1 à +2 °C, en hiver l'avoine craint le froid, mais il support bien les froids tardifs du printemps, pour le tallage et les phases suivantes l'avoine exige des températures faibles. Les températures levées accompagnées de sécheresse freinent le développement et réduisent sérieusement le rendement (Anonyme, 1971).

• **Eau:**

Avena sativa est une plante exigeante en eau. Afin que les grains commencent à germer ils doivent assimiler une quantité d'eau égale à 650/o du poids de leur propre matière sèche. Le coefficient de transpiration de l'avoine est plus grand que celui des autres céréales. Pour cela elle est considérée comme une plante qui n'utilise pas économiquement l'eau du sol. C'est une des raisons qui font qu'elle préfère les régions plus humides et plus fraîches.

• **Sol:**

L'avoine n'est pas exigeante en ce qui concerne le sol. En cela, elle est bien moins exigeante que toutes les autres céréales hivernales et printanières. L'avoine réussit assez bien dans tous les sols y compris autour des marécages. Les sols très humides et mal drains ne conviennent cependant pas à l'avoine. Sur des sols acides, l'avoine réussit bien et donne des résultats satisfaisants (Anonyme, 1971).

6- Les parasites qui attaquent la céréale :

La fluctuation des rendements en céréales et la faible production sont attribués principalement à la contrainte hydrique puisque, comme nous l'avons signalé précédemment. La plus part des terres emblavées en céréales se situent dans les étages bioclimatiques semi-aride et aride. Le type de sol, l'itinéraire technique, les variétés cultivées sont autant de facteurs abiotiques qui concourent à cette faible récolte. En outre, les maladies et les ravageurs constituent la contrainte biotique majeure pour la céréaliculture. Les principales maladies rencontrées en Algérie sont :

6.1. Les maladies cryptogamique : les rouilles, les septorioses, les pourritures racinaires, l'oïdium et la carie qui touchent notamment le blé et la jaunisse nanisant virale sur l'orge (Bendif, 1994).

6.2. Les ravageurs : de nombreux insectes tels que les cécidomyies, les pucerons, les punaises, etc. s'attaquent aux cultures céréalières (Boulal et al, 2007).

6.3. Les nématodes : parasites des plantes sont d'une importance économique mondiale. Ces ravageurs représentent l'un des problèmes phytosanitaires les plus difficiles à démontrer, à identifier et à contrôler ils vivent dans le sol (Stirling et al,1998). Leurs dégâts sont généralement sous-estimés par les agriculteurs, mais il a été estimé que près de 10 % de la production agricole mondiale est perdue à cause des dégâts des nématodes (Whitehead, 1998). De nombreux nématodes sont associés aux céréales, mais seuls quelques groupes sont économiquement importants tels que les nématodes à kyste de céréales *Heterodera* spp. ; les nématodes des lésions racinaires, *Pratylenchus* spp. ; les nématodes à galles des racines, *Meloidogyne* spp. ; Le nématode des inflorescences *Anguina tritici* et le nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci*. Le premier groupe sera détaillé dans le deuxième chapitre de cette thèse.

*II. Généralités sur les
nématodes à kystes
Globodera spp. et
Heterodera spp.*



Figure 10: Kystes de *Globodera rostochiensis* sur racines (Hodda, 2009)



Figure 11 : kystes de *Globodera pallida* sur racines(Hodda, 2009)

2- Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Nématoda

Sous classe : Secernenta

Ordre : Tylenchidea

Famille : Heteroderidae

Genre : *Globodera*

Espèces : *Globodera rostochiensis*/ *Globodera pallida* (Rousselle et al., 1996)

3- Morphologie:

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

- Les mâles sont filiformes, mobiles et atteignent 1 mm de long.

Les femelles se transforment après fécondation en sacs sphériques, résistants, de couleur brune rouge, remplis d'œufs, appelés kyste de diamètre de 0.3 à 0.9mm.

Oeufs : le kyste contient 200 à 1 000 oeufs.

La présence d'un caractère morphologique commun chez les deux, sexes qui sont le stylet buccal qui leur permet de perforer la paroi des cellules végétales et de sucer le contenu de CES cellules afin de s'alimenter (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2009)

En outre les caractères morphologiques permettant de différencier ces deux espèces sont la couleur des kystes ; pour *Globodera rostochiensis* : ils sont de couleur jaune dorée et pour *Globodera pallida* ils sont de couleur blanche (Figures 12, 13). Concernant les larves, le stylet qui est plus long chez *Globodera rostochiensis* que chez *Globodera pallida*. Les boutons basaux sont ronds et étroits chez *Globodera rostochiensis* et larges et orientés vers l'avant chez *Globodera pallida*.

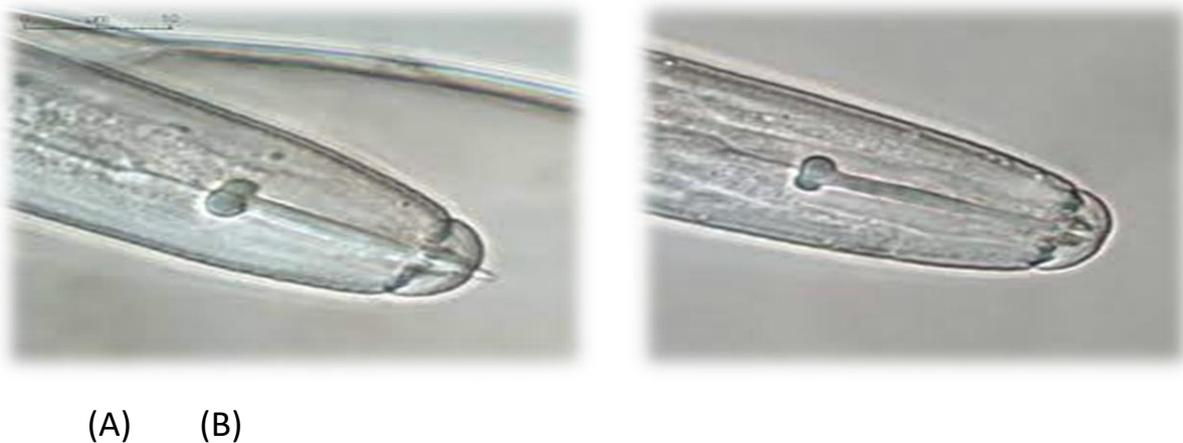


Figure 12 : Stylet de larves de 2ème stade de *Globodera rostochiensis* (B) et *Globodera pallida* (A) (ANSES-LSV, Rennes, France ;2006)

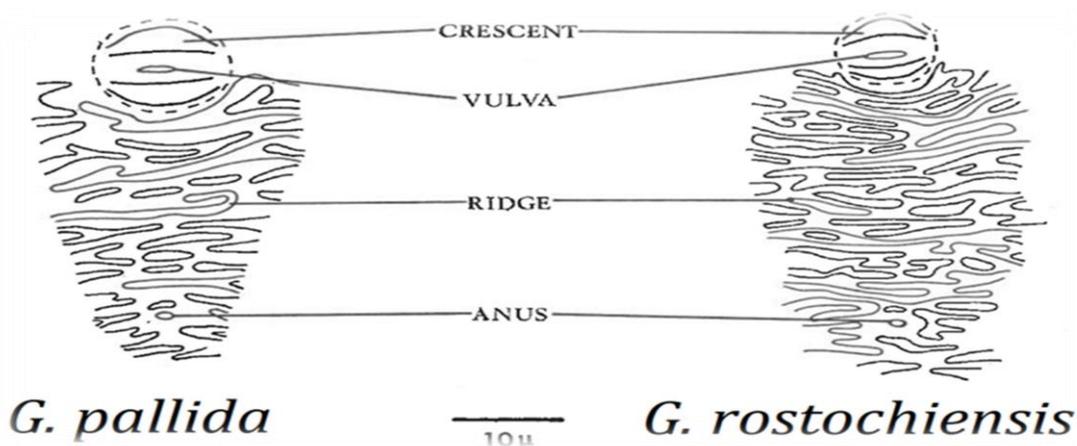


Figure 13 : Modèles de crête vulvaire-anales pour *G. pallida* et *G. rostochiensis* (Stone ,2006).

4- Symptômes et dégâts et gamme d'hôtes :

Selon, Mugniery et al (1989), Franco (1989) et Ferraz et Brown(2002), les symptômes causés par ces bioagresseurs sont décrits comme suit :

Au champ :

Les symptômes au champ se traduisent par de grandes taches de forme ovale dans le sens du travail du sol.

Sur la partie souterraine (Figure 14):

- une réduction du système racinaire,
- la présence de femelle de couleur blanchâtre ou jaunâtre ainsi que des kystes de couleur brunâtre sur racines des plants infestés.

Sur la partie aérienne :

Les symptômes qui apparaissent sur les plantes infestées par les Globodera se traduisent par :

- un aspect chétif de la plante
- un feuillage jaunâtre, flétris ou desséché.
- une floraison et une fructification réduite
- une diminution de la taille des tubercules
- un retard dans la croissance des plants
- une baisse de rendement



(A)



(B)

Figure 14 : symptômes de nématodes Globodera spp :(A) : sur la plante de pomme de terre et (B) sur les racines de la plante (Axt5h6, 2006)

Ces bioagresseurs sont des endoparasites présentant une très grande spécificité d'hôtes et sont principalement inféodés aux Solanacées cultivées (pomme de terre, aubergine et tomate) et les

solanées adventices (le datura, la jusquiame, la morelle douce-amère, la morelle noire et la morelle poilue).

C-Nématodes à kystes *Heterodera* spp :

1- Définition :

Heterodera avenae, le nématode de l'avoine, nématode des racines de céréales, nématode à kystes des céréales, est une espèce de vers ronds appartenant à la famille des Heteroderidae.

Cette espèce parasite les racines de plantes de la famille des Poaceae (graminées), provoquant des dégâts aux cultures de céréales, principalement le blé et l'orge (Figure 15).

Elle appartient au complexe de nématodes à kystes des céréales, complexe d'espèces proches et difficiles à différencier, comprenant notamment parmi les plus importantes sur le plan économique *Heterodera latipons* (bassin méditerranéen), *Heterodera hordecalis* (Allemagne, Scandinavie, Royaume-Uni), *Heterodera zea* (Inde, Pakistan), *Heterodera filipjevi* (Russie, Turquie) (Hooda et Cook, 2006).



Figure 15 : kyste d'*Heterodera* sur les racines (AXT5H1 DG, 2006)

2-Classification :

Règne :Animalia

Embranchement :Nemata

Classe :Secernentea
Ordre :Tylenchida
Famille :Heteroderidae
Genre :*Heterodera*

3-Morphologie :

Ce nématode microscopique est un nématode à kystes, qui présente un dimorphisme sexuel marqué. La femelle, renflée et pyriforme, de couleur blanche, mesure 680 x 930 micromètres. Le mâle, vermiforme et filiforme, transparent, mesure 40 x 1 300 micromètres. Il possède une paire de spicules incurvés (Figure 15).

Les œufs sont de forme ovale. Les larves, vermiformes, muent quatre fois.

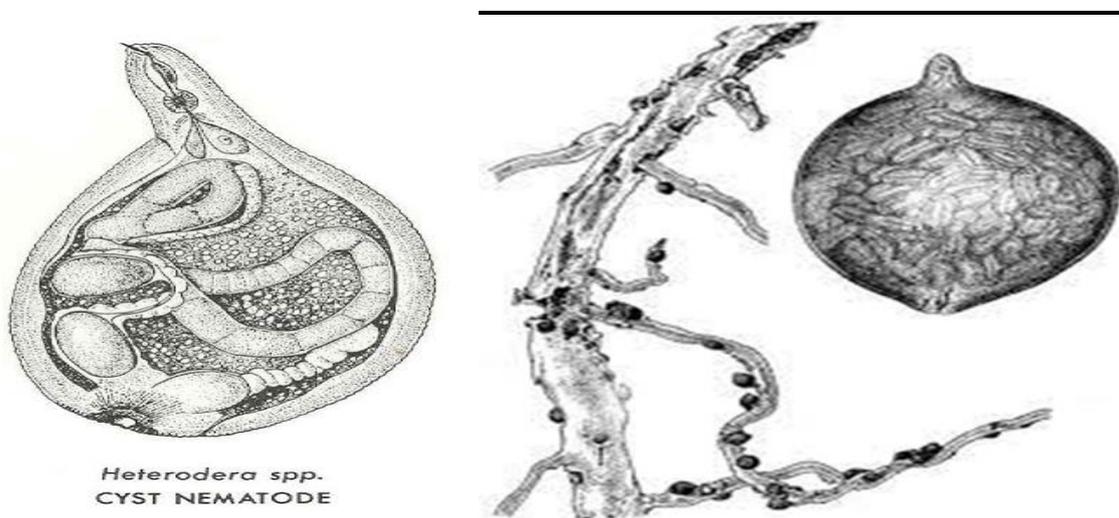


Figure 16 : Morphologie d'*Heterodera* spp (Golden, 1986)

4-Symptômes et dégâts :

En plein champ

Les symptômes induits par *H. avenae* se traduisent généralement par de larges plages circulaires à végétation très faible (Fig.17 A), constituée de plants chétifs (Rivoal et Cook, 1993 et Nicol et Rivoal, 2009). Les plants attaqués présentent un tallage réduit et deviennent rabougris et nains (Rivoal et Cook, 1993) et les épis formés sont ainsi maigres (Mor et al., 1992).

Sur les feuilles :

Les symptômes des plants attaqués rappellent ceux d'une grave déficience en azote et en

d'autres minéraux (Renčo, 2005). Les feuilles se décolorent puis deviennent jaunes sur l'orge, rouges sur l'avoine et jaunes-rougeâtres sur le blé (Griffin, 1988 ; Rivoal et Cook,1993).

Sur les racines :

Le système racinaire montre un aspect anormal. Chez le blé et l'orge les racines0 branchent excessivement aux endroits où les femelles ont établi un site d'alimentation dit syncytium, donnant un aspect buissonnant ou noué des racines . Les racines envahies ne prolifèrent pas en profondeur et les plants attaqués se fanent facilement (Renčo, 2005).



(A) (B)

Figure17 : (A) symptôme d'*Heterodera* spp sur la plante de blé dur et (B) Symptômes Sur les racines de blé dur (Smiley et Yan, 2010)

5-Cycle de vie d' un nématode à kyste :

Les nématodes à kyste survivent dans le sol à l'intérieur de kystes – des petites boules de la taille d'une tête d'épingle - sous forme de larve ou d'œuf.

Dès l'éclosion des œufs, principalement déclenchée par des exsudats radiculaires des pommes de terre, les juvéniles (jeunes larves) migrent en direction de la racine de la plante, et y pénètrent pour s'y nourrir. Cette nourriture les fait enfler, de sorte que la partie postérieure des femelles adultes fait éclater la paroi de la racine, ce qui les rend visibles à l'œil nu. Après fécondation par le mâle, la femelle produit entre 100 et 1000 œufs. Ces œufs se développent à l'intérieur du

corps de la femelle, qui meurt quand les œufs sont arrivés à leur complet développement (Figure 18).

La femelle, morte, tombe alors de la racine dans le sol. Sa cuticule se durcit, devient résistante, et constitue le kyste, paroi continuant à protéger les œufs. Ils peuvent y subsister sans nourriture pendant des années; certaines sources avançant même le chiffre de vingt ans.

Si l'humidité du sol est suffisante, les premiers œufs éclosent dès fin mars, ou début avril sous l'effet des exsudats racinaires des hôtes. Si le printemps est suffisamment chaud, les premiers kystes, fixés aux racines, peuvent être observés dès début juin. Ils peuvent y rester – et donc être visibles - jusqu'au 15 juillet. Les œufs nouvellement formés n'éclosent pas immédiatement : grâce à une diapause qui n'est rompue que par des températures suffisamment basses, le nématode à kystes produit une seule génération par an, ce qui ne l'empêche pas de se multiplier rapidement.

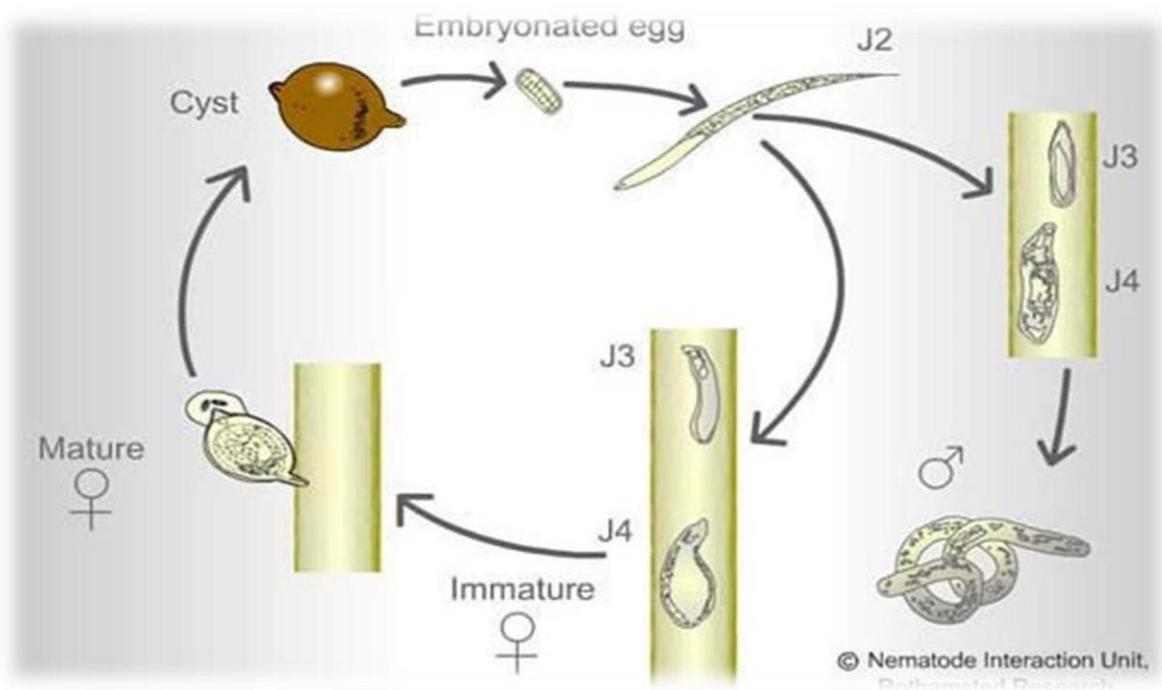


Figure18 : cycle de vie d'un nématode a kyste (Mitchinson, 2009)

6-La lutte contre nématode à kyste :

Lutte culturale :

Il existe trois types de lutte culturale :

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

Lutte physique :

- ✓ La solarisation du sol
- ✓ La lutte par inondation des terres)

Lutte chimique :

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

Lutte biologique :

La lutte biologique est basée sur l'emploi des micro-organismes comme les champignons prédateurs telle que *Botryotrichum piluliferum*, *Scolecobasidium constrictum*, *Gliocladium roseum* et *Phoma fineti* qui parasitent les œufs (Trifonova et Karadjova, 2003 in Djebroune , 2013) ou *Pochonia chlamydosporia* et *Pochonia foshiazate* qui affectent le taux de multiplication des nématodes (Tobin et al., 2008 in Djebroune ,2013),et les bactéries telles que *Penicillium anotolicum*, réduisent fortement les populations de *Globodera rostochiensis* (Bélaïr, 2005 in Djebroune ,2013).

Lutte génétique :

Les plantes sont constamment confrontées aux attaques de pathogènes de toutes natures (virus, bactéries, champignons, insectes, nématodes). Pour se défendre, elles ont développé au cours de leur évolution un système de défense constitué par un large spectre de gènes de résistance.

Partie expérimentale

C *hapitre II*

Matériel et méthodes

A- Analyse nématologique :

Pour confirmer que les symptômes observés sur terrain , lors de notre enquête sont causés par les nématodes à kystes, il est nécessaire d'accomplir une analyse nématologique. L'analyse constitue le seul diagnostic fiable et permet d'avoir une estimation quantitative des populations de nématodes présentes dans le sol, ainsi que leur identification. Cette analyse comprend 4 étapes (Georges et Michel,1969) : choix du site, échantillonnage du sol, extraction des nématodes à kystes, prélèvement et comptage des kystes.

1-Choix du site :

Après l'enquête et recueil d'informations, nous avons choisi 20 parcelles possédant des symptômes de contamination par les nématodes à kystes *Globodera* spp et *Heterodera* spp dans 05 régions (wilayas) .

Num. d'échantillon	Informations et coordonnées	gps
Echantillon 1	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pastèque</p> <p>Aire d'alt2rissage : 2 ha</p> <p>Position de la parcelle : Mekla (Tizi Ouzou)</p>	

<p>Echantillon 2</p>	<p>-La plante cultivée : le blé</p> <p>-La plante qui a été plantée : le blé</p> <p>Aire d'alterissage : 1 ha</p> <p>Position de la parcelle : Mekla (Tizi Ouzou)</p>	
<p>Echantillon3</p>	<p>-La plante cultivée : la pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : le blé</p> <p>Aire d'alterissage : 10 ha</p> <p>Position de parcelle : El Asnam (Bouira)</p>	

<p>Echantillon 4</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 10 ha</p> <p>Position de parcelle : El Asnam – (Bouira)</p>	
<p>Echantillon 5</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 1 ha</p> <p>Position de parcelle : Kadara – Boumerdes</p>	

<p>Echantillon 6</p>	<p>-La plante cultivée: le blé</p> <p>-La plante qui a été plantée : le blé</p> <p>Aire d'alterissage :5 ha</p> <p>Position de parcelle :El Asnam -(Bouira)</p>	
<p>Echantillon 7</p>	<p>-La plante cultivée : le blé</p> <p>-La plante qui a été plantée :le blé</p> <p>Aire d'alterissage : 100 ha</p> <p>Position de parcelle :El hachimia (Bouira)</p>	

<p>Echantillon 8</p>	<p>-La plante cultivée : pois chiches</p> <p>-La plante qui a été plantée : le blé</p> <p>Aire d'alterissage :10 ha</p> <p>Position de parcelle : El Asnam – (Bouira)</p>	
<p>Echantillon 9</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 10 ha</p> <p>Position de parcelle : Ouled ghalia – Khmis el khechna – Boumerdes</p>	

<p>Echantillon 10</p>	<p>-La plante cultivée : oignon</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 1.5 ha</p> <p>Position de parcelle : El kherrouba – Boumerdes</p>	
------------------------------	--	---

<p>Echantillon 11</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 1 ha</p> <p>Position de parcelle : Qtar-maamria – (Boumerdes)</p>	
------------------------------	--	--

<p>Echantillon 12</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 10 ha</p> <p>Position de parcelle : Maamria Boumerdes</p>	
<p>Echantillon 13</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 12 ha</p> <p>Position de parcelle : Maamria – Boumerdes</p>	

<p>Echantillon 14</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 1 ha</p> <p>Position de parcelle : El kharrouba Boumerdes</p>	
<p>Echantillon 15</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 15 ha</p> <p>Position de parcelle : Staoueli (Alger)</p>	

<p>Echantillon 16</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 20 ha</p> <p>Position de parcelle : Sidi lakhdar – (Mostaganem)</p>	
<p>Echantillon 17</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 50 ha</p> <p>Position de parcelle : Ain Tedeles (Mostaganem)</p>	

<p>Echantillon 18</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 120 ha</p> <p>Position de parcelle : Ain Tedeles (Mostaganem)</p>	
<p>Echantillon 19</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 100 ha</p> <p>Position de parcelle : Ain Tedeles (Mostaganem)</p>	

<p>Echantillon 20</p>	<p>-La plante cultivée : pomme de terre</p> <p>-La plante qui a été plantée : pomme de terre</p> <p>Aire d'alterissage : 10 HA</p> <p>Position de parcelle : Ain Tedeles (Mostaganem)</p>	
------------------------------	---	---

2- L'échantillonnage du sol:

L'échantillonnage consiste à prélever à l'aide d'une binette à partir de la parcelle étudiée des petites prises de sol dans la zone de la croissance des racines, à des profondeurs allant de 10 à 30 cm. De nombreuses prises élémentaires (50 prises) sont effectuées selon le modèle zigzag (Coyne et al., 2010), et rassemblés en un échantillon global à raison de 1 kg par parcelle (Figure19).



Figure 19 : Prélèvement de sous échantillons (originale 2020)

L'échantillon de sol est déposé dans un sac en plastique portant la date du prélèvement, le lieu, le précédent cultural, la variété cultivée et le numéro de la parcelle ainsi que toutes les informations susceptibles d'expliquer l'importance de ce genre de nématode (Figure 20).

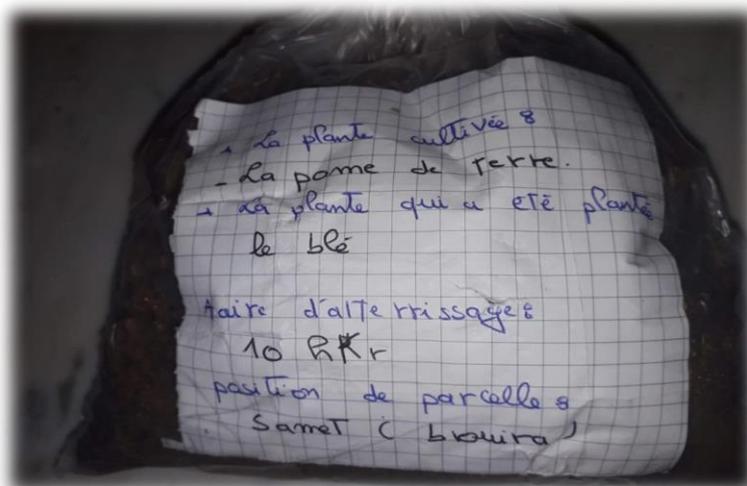


Figure 20 :Conditionnement des échantillons (originale 2020)

Le sol est étalé à l'ombre sur du basin dans un endroit bien aéré pour permettre son séchage qui dure de 2 à 3 jours (Figure 21).



Figure 21 : Séchage d'échantillons (originale 2020)

3-L'extraction des nématodes à kystes :

3-1-Principed'extraction

Afin d'extraire les kystes *Globodera* et *Heterodera* spp des autres matériaux, nous avons utilisé la méthode classique décrite par FENWICK en 1940, qui est basée essentiellement sur le principe de flottaison des kystes (basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau). Les kystes pleins de *Globodera* et *Heterodera* ont une densité qui varie avec leur contenu et leur état d'humidité, l'on retiendra que cette densité est toujours inférieure à 1,18. En revanche, les kystes secs, quel que soit leur contenu, ont une densité inférieure à 1. Ainsi, les kystes pleins et humides sédimentent très vite alors que les kystes secs flottent à la surface de l'eau, c'est pourquoi, l'opération nécessite un dessèchement préalable du sol contenant les kystes (Nakachia et Jacquemont, 1971 in Djebroune ,2013).

3-2-Description de l'appareil de FENWICK :

L'appareil de FENWICK est un récipient en forme de cône tronqué. Le fond est constitué d'un plan oblique incliné vers un orifice qui permet la vidange. La partie supérieure est aménagée d'une gouttière périphérique qui oriente l'écoulement quand le récipient déborde. L'écoulement est orienté vers un tamis de 250 µm. Selon Southey et al., (1959), l'efficacité de l'appareil de FENWICK peut être considérée en général comme satisfaisante, sauf que quelques pertes de kystes restent un des inconvénients majeurs de cette technique (Figure 22).

L'appareil de Fenwick est très utilisé dans l'extraction des kystes. Sa capacité d'extraction est de 72% pour le sable, 62% pour le sol sableux, 42% pour le sol argileux et 35% pour le sol limoneux avec un grand pourcentage de matière organique (Bellvert, 2008).

3-3-Matériel

Appareil de Fenwick.

Entonnoirs.

Passoire avec des mailles de 1 mm.

Tamis de 250 μ m de mailles.

Papier filtre.

Boîtes de Pétri.



Figure22 :Méthode d'extraction des nématodes à kyste appareil Fenwick (Fenwick, 1940).

3-4 -Mode opératoire :

-L'extraction consiste à entrainer le sol séché à travers une passoire ménagère de 1 mm de mailles dans le corps de l'appareil par un jet d'eau.



1



2

-Les particules fines et les kystes passent tandis que les grosses particules minérales et végétales sont retenues. (images 1 ;2 ;3 ;4 sont originales 2020)



1



2



3



4

- Les éléments légers qui flottent à la surface de l'eau sous l'action du trop-plein tels que les graines de mauvaises herbes, la matière organique et les kystes vont être entraînés dans la gouttière pour s'écouler sur un tamis de 250 μm . (photos originales 2020)

-Le contenu du tamis est récupéré à l'aide des jets d'eau d'une pissette sur papier filtre numérotée soutenu par un entonnoir . Et sont déposés pour se sécher naturellement à température ambiante pendant 24 heures (photos originales 2020)



1



2



3



4

-le matériel utilisé est nettoyé pour éviter la contamination entre les échantillons.



1



2



3



4

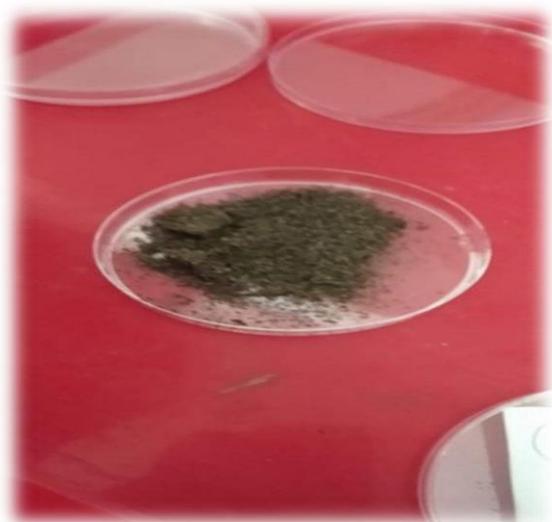
-Le filtre et son contenu sont mis dans une boîte de Pétri qui porte une étiquette numérotée indiquant : la parcelle, la variété, la date d'échantillonnage, la date d'extraction.



1



2



3

4

(Toutes les photos sont originales 2020)

4- Prélèvement et comptage des kystes.

- Après séchage de l'extrait, l'examen et le tri des kystes se font sous une loupe binoculaire (G : $\times 2$ ou G : $\times 4$). L'utilisation d'une épingle est indispensable pour séparer les kystes pleins des kystes vides, et de distinguer entre les kystes de Globodera et Heterodera .



1

2

- En effet, les kystes pleins sont reconnus grâce à leur aspect turgescent et leur couleur foncée ou parfois claire , alors que, les kystes vides sont identifiés par leur couleur claire et l'aspect ridé (Figure 24)



Figure 23 : les kystes pleins



Figure 24 : les kystes vides

(Toutes les photos sont originales 2020)

-Les nématodes à kyste de la pomme de terre (*Globodera* spp) a une forme de conservation (les kystes) arrondi les femelles adultes peuvent être visibles à l'œil nu pendant la végétation sous forme de petites boules (kystes) de très petite taille (0,5 à 1 mm) a un pédoncule droit. Selon l'espèce de nématode, la couleur de ces kystes est :

- d'abord jaune pâle puis jaune doré chez *Globodera rostochiensis*,
- blanche chez *Globodera pallida* avant de devenir brune
- les nématodes d'*Heterodera* a une forme ovale et un pédoncule cornue et la couleur marron foncé.

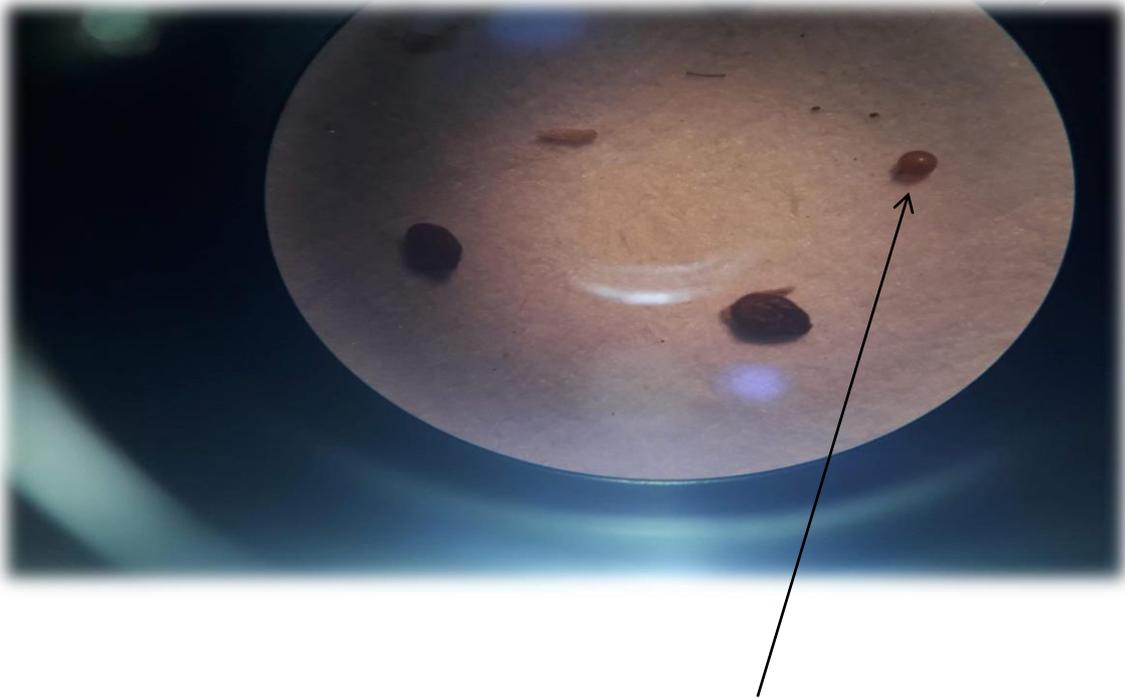


Figure 25 :*Globodera* spp sous la loupe



Figure 26 :*Heterodera* spp sous la loupe

- Après avoir complété le comptage de *Glabodera* et *Heterodera*, nous le gardons par un scotch (Figure 26).



(Toutes les photos sont originales 2020)

C *h***ap***it***r***e***I***II*

Résultats et discussion

A-Résultat des analyses de nématodes:

Suite à l'échantillonnage du sol, à l'extraction des kystes et suite à leur comptage et dénombrement, les résultats obtenus sont exposés ci-dessous.

1-Dénombrement des kystes dans les cinq régions (wilayas) : Les résultats acquis sur le comptage des kystes de *Globodera* spp et *Heterodera* spp et sont reportés dans le tableau (Tab.3).

Tableau 3 : Nombre de kystes dans l'ensemble des wilayas prospectées.

wilaya	Numéro d'échantillon	Commune	<i>Globodera</i> spp	<i>Heterodera</i> spp
Tizi ouzou	1	MEKLA	59	15
	2	MEKLA	20	5
Boumerdes	5	Kadara	210	1
	9	KHEMIS EL KHECHENA	5	1
	10	EL KHEROUBA	28	4
	11	MAAMRIA	37	1
	12	OULED MEAMAR	9	0
	13	MAAMRIA	15	7
	14	EL KHAROUBA	20	5
Bouira	3	SAMET	44	38
	4	EL ASNAM	3	10
	6	EL ASNAM	40	1
	7	EL HACHIMIA	12	21
	8	EN ASNAM	23	3
Mostaganem	16	SIDI KEKHEDER	10	3
	17	AIN TEDELES	6	6
	18	AIN TEDELES	22	6
	19	AIN TEDELES	21	3
	20	AIN TEDELES	14	8
Alger	15	STAOUELI	4	62

D'après le tableau N°3, *Globodera* spp montre une présence régulière sur tous les sites d'étude. La fréquence de l'infestation est variable d'une région à une autre. Cependant, les sols de la région de wilaya de Boumerdes commune de Kadara semblent héberger le maximum des effectifs des populations de nématodes du genre *Globodera* spp. Ils ont infesté un nombre de 210 kystes/1000g du sol. En parallèle, la région de Kadara paraît très vulnérable aux attaques des nématodes à kystes.

Quant à *Heterodera* spp , il montre une présence régulière dans tous les sites d'étude et la fréquence d'infection varie de d'une région à l'autre, et certaines régions sont inexistantes. Cependant, les sols de STAOUELI semblent abriter le plus grand nombre de nématodes du genre *Heterodera* spp. Infesté par le nombre de 62 kystes / 1000 g de sol. Dans le même temps, la région de STAOUELI semble être très vulnérable aux attaques des nématodes à kyste .

2-Densité d'infestation :

Après avoir connu le nombre de kystes de nématodes dans les cinq wilayas étudiées, nous calculerons la densité d'infestation de *Globodera* spp et *Heterodera* spp.

La densité d'infestation=(nombres de kyste *100) /1000

$$= X \text{ kyste /100g de sol}$$

Les résultats acquis sur la densité d'infestation des kystes de *Globodera* spp et *Heterodera* spp sont reportés dans les tableaux suivants :

a-Région de Boumerdes :

Tableau n°4 : résultat de la densité d'infestation de *Globodera* spp de la région de Boumerdes

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste <i>Globodera</i> spp	Densité d'infestation
5	kadara	210	21
9	KHEMIS EL KHECHENA	5	0.5
10	EL KHEROUBA	28	2.8
11	MAAMRIA	37	3.7
12	OULED MEAMAR	9	0.9
13	MAAMRIA	15	1.5
14	EL KHAROUBA	20	2

Tableau n°5 : résultat de la densité d'infestation de Heterodera spp de la région de Boumerdes

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Heterodera spp	Densité d'infestation
5	kadara	1	0.1
9	KHEMIS EL KHECHENA	1	0.1
10	EL KHEROUBA	4	0.4
11	MAAMRIA	1	0.1
12	OULED MEAMAR	0	0
13	MAAMRIA	7	0.7
14	EL KHAROUBA	5	0.5

b-Région de TIZI OUZOU :

Tableau n°6 : résultat de la densité d'infestation de Globodera spp de wilaya de Tizi ousou

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Globodera spp	Densité d'infestation
1	MEKLA	59	5.3
2	MEKLA	20	2

Tableau n°7: résultat de la densité d'infestation de Heterodera spp de la région de Tizi ousou

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Heterodera spp	Densité d'infestation
1	MEKLA	15	1.5
2	MEKLA	5	0.5

C-Région de MOSTAGANEM :

Tableau n°8 : résultat de la densité d'infestation de Globodera spp de la région de Mostaganem

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Globodera spp	Densité d'infestation
16	SIDI KEKHEDER	10	1
17	AIN TEDELES	6	0.6
18	AIN TEDELES	22	2.2
19	AIN TEDELES	21	2.1
20	AIN TEDELES	14	1.4

Tableau n°9 : résultat de la densité d'infestation de *Heterodera* spp de la région de Mostaganem

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste <i>Heterodera</i> spp	Densité d'infestation
16	SIDI KEKHEDER	3	0.3
17	AIN TEDELES	6	0.6
18	AIN TEDELES	6	0.6
19	AIN TEDELES	3	0.3
20	AIN TEDELES	8	0.8

D-Région d' ALGER :

Tableau n°10 : résultat de la densité d'infestation de *Globodera* spp de la région d'Alger

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste <i>Globodera</i> spp	Densité d'infestation
15	STAOUELI	4	0.4

Tableau n°11 : résultat de la densité d'infestation de *Heterodera* spp de la région d'Alger

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste <i>Heterodera</i> spp	Densité d'infestation
15	STAOUELI	62	6.2

E-Région de BOUIRA :

Tableau n°12 : résultat de la densité d'infestation de *Globodera* spp de la région de BOUIRA

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste <i>Globodera</i> spp	Densité d'infestation
3	El Asnam	44	4.4
4	EL ASNAM	3	0.3
6	EL ASNAM	40	4
7	EL HACHIMIA	12	1.2
8	EN ASNAM	23	2.3

Tableau n°13 : résultat de la densité d'infestation de hétérodira spp de wilaya de BUIRA

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Heterodera spp	Densité d'infestation
3	El Asnam	38	3.8
4	EL ASNAM	10	1
6	EL ASNAM	1	0.1
7	EL HACHIMIA	21	2.1
8	EN ASNAM	3	0.3

Selon les tableaux 4 à 13: Le résultat de l'infestation en intensité dans les cinq régions est inférieur à 5, il est faible et n'a pas d'impact significatif sur le rendement, à l'exception de Tizi Ouzou dans la commune de Mekla, il atteint 5,3 sacs / 100 grammes de sol de *Globodera* spp et aussi la wilaya d'Alger, représentée par Staoueli de 6,2 sacs / 100g de sol de *Heterodera* spp. Mais par précaution, la rotation doit être suivie afin que le nématode ne prolifère pas.

3- Degré d'infestation :

Pour calculer le degré d'infestation, Il faut compter le nombre de larve dans chaque kyste du nématode des *Globodera* spp et *Heterodera* spp

Nombre de larve = nombre de kyste * 360 L2 = X L2

360 L2 est le nombre moyen de larve dans un kyste de nématodes

Degré d'infestation = (nombre de larve *1) /1000 =X L2/g du sol

A-Région de Boumerdes :

Tableau n°14 :résultats du degré d'infestation de *Globodera* spp de la région de Boumerdes

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste <i>Globodera</i> spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
5	Kadara	210	75600	75.6
9	KHEMIS EL KHECHENA	5	1800	1.8
10	EL KHEROUBA	28	10080	10.08
11	MAAMRIA	37	13320	13.32
12	OULED MEAMAR	9	3240	3.24
13	MAAMRIA	15	5400	5.4
14	EL KHAROUBA	20	7200	7.2

Tableau n°15: résultats du degré d'infestation de Heterodera spp de la région de Boumerdes

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Heterodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
5	Kadara	1	360	0.36
9	KHEMIS EL KHECHENA	1	360	0.36
10	EL KHEROUBA	4	1440	1.44
11	MAAMRIA	1	360	0.36
12	OULED MEAMAR	0	0	0
13	MAAMRIA	7	2520	2.52
14	EL KHAROUBA	5	1800	1.8

Selon les tableaux N°14 et15: les résultats de degré d'Infestation de Globodera spp et Heterodera spp de la région de Boumerdes. Après avoir terminé le calcul, les résultats suivants présentés concernent le Globodera spp : , l'infection est sévère dans l'échantillon n ° 5, le degré d'infection est 75,6L2/g de sol . Pour les échantillons 10 et 11, le degré d'infestation plus que 10 , comme pour les échantillons N°13 et 14, le degré d'infestation est moyen, il est de 5 à 10 , quant aux échantillons N° 9et 12, il est faible et ne dépasse pas 5. Pour Heterodera spp, tous les échantillons de la région de Boumerdes, le degré d'infestation est faible et ne dépasse pas 5.

B-Région de Tizi ousou :

Tableau n°16 : résultats du degré d'infestation de Globodera spp de la région de Tizi ousou

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Globodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
1	MEKLA	59	21240	21.24
2	MEKLA	20	7200	7.2

Tableau n°17 : résultats du degré d'infestation de Heterodera spp de la région de Tizi ousou

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Heterodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
1	MEKLA	15	5400	5.4
2	MEKLA	5	1800	1.8

Selon les tableaux N°16-17: résultats de degré d'Infestation de Globodera spp et Heterodera spp de la région de Tizi ousou. Après avoir terminé le calcul, les résultats suivants concernent Globodera spp , l'infestation est sévère dans l'échantillon n° 1, le degré d'infestation est 21,4L2/g de sol , et pour échantillon N°2 le degré d'infestation est moyenne 7,2L2 /g de sol. Pour Heterodera spp dans l'échantillon n°1 , le degré d'infestation est moyen de 5,4L2/g de sol , quant à l'échantillon n°2 le degré d'infestation est faible 1,8L2/g de sol.

C-Région de Mostaganem :

Tableau n°18: résultats du degré d'infestation de Globodera spp de la région de Mostaganem

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Globodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
16	SIDI KEKHEDER	10	3600	3.6
17	AIN TEDELES	6	2160	2.16
18	AIN TEDELES	22	7920	7.92
19	AIN TEDELES	21	7560	7.56
20	AIN TEDELES	14	5040	5.04

Tableau n°19 : résultats du degré d'infestation de Heterodera spp de la région de Mostaganem

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Heterodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
16	SIDI KEKHEDER	3	1080	1.08
17	AIN TEDELES	6	2160	2.16
18	AIN TEDELES	6	2160	2.16
19	AIN TEDELES	3	1080	1.08
20	AIN TEDELES	8	2880	2.88

D'après les tableaux 18-19: résultats de degré d'Infestation de Globodera spp et Heterodera spp de la région de Mostaganem. Après avoir terminé le calcul, les résultats suivants concernent le Globodera spp , le degré d'infestation est moyen pour les échantillons 18, 19 et 20 est compris entre 5 et 10 , quant aux échantillons N° 16 et17, il est faible et ne dépasse pas 5.

Pour Heterodera spp dans tous les échantillons de la région de Mostaganem , le degré d'infestation est faible et ne dépasse pas 5.

D-Région d'Alger :

Tableau n°20 : résultats du degré d'infestation de Globodera spp de la région d'Alger

Num d'échantillon	commune	Nombre de Globodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
15	STAOUELI	4	1440	1.44

Tableau n°21 : résultat du degré d'infestation de Heterodera spp de la région d'Alger

Num d'échantillon	commune	Nombre de Heterodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
15	STAOUELI	62	22320	22.32

Selon les tableaux N°20-21: résultats de degré d'Infestation de Globodera spp et Heterodera spp de la région d'Alger. Après avoir terminé le calcul, les résultats suivants concernent le Globodera spp , le degré d'infestation est de 1,44L2/g de sol, il est faible et ne dépasse pas 5 pour l'échantillon N°15.

Pour Heterodera spp dans l'échantillon N°15 , le degré d'infestation est forte 22.32 L2/g de sol.

E-Région de Bouira :

Tableau n°22: résultats du degré d'infestation de Globodera spp de la région de Bouira

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Globodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
3	El Asnam	44	15840	15.84
4	EL ASNAM	3	1080	1.08
6	EL ASNAM	40	14400	14.4
7	EL HACHIMIA	12	4320	4.32
8	EN ASNAM	23	8280	8.28

Tableau n°23 : résultats du degré d'infestation de Heterodera spp de la région de Bouira

Num d'échantillon	Commune	Nombre de kyste Heterodera spp	Nombre de larve	Degré d'infestation
3	El Asnam	38	13680	13.68
4	EL ASNAM	10	3600	3.6
6	EL ASNAM	1	360	0.36
7	EL HACHIMIA	21	7560	7.56
8	EN ASNAM	3	1080	1.08

D'après les tableaux 22-23: résultats de degré d'infestation de *Globodera* spp et *Heterodera* spp de la région de Bouira. Après avoir terminé le calcul, les résultats suivants concernent le *Globodera* spp , l'infestation est sévère dans les échantillons n ° 3 et 6, le degré d'infestation est plus que 10 L2/g de sol , comme pour l'échantillon N°8, le degré d'infestation est moyenne 8.28 L2/g de sol , quant aux échantillons N°4 et 7 , il est faible et ne dépasse pas 5 .

Pour *Heterodera* spp, le degré l'infection est sévère dans l'échantillon n°3, le degré d'infestation est plus que 10 L2/g de sol, comme pour l'échantillon N°7, le degré d'infestation est moyenne 7.56 L2/g de sol, quant aux échantillons N°4, 6 et 8 , le degré est faible et ne dépasse pas 5.

B- Discussion :

Les résultats obtenus au cours de la présente étude montrent que 20/20 ème des parcelles prospectées sont infestées par les nématodes du genre *Globodera* spp et 19/20 les nématodes du genre *Heterodera* spp. Ce qui confirme que ces nématodes restent des parasites obligatoires de la pomme de terre et des céréales. Pour la parcelle N°12 de la commune de OULED MEAMAR l'absence totale des kystes *Heterodera* spp est à noter (et par conséquent les œufs et les larves L2). Dans cette parcelle, la rotation a joué un rôle important dans la lutte contre le nématode *Heterodera* spp , sur trois années successives. Ce résultat confirme celui des agriculteurs qui pratiquent la rotation pour limiter la pullulation des nématodes et limite son développement. Le type d'irrigation par aspersion favorise aussi le développement des nématodes (REDDY, 1983). De même, les conditions climatiques, la nature du sol, le vent, la semence et le matériel de travail du sol sont des facteurs qui contribuent à la dissémination de ces parasites (SCHNEIDER et MUGNIERY, 1971). Le type de rotation joue un rôle déterminant dans la propagation du parasite. Généralement, la culture de pomme de terre revient chaque deux à trois ans dans la même parcelle, et parfois elle est installée deux fois successives sur la même parcelle, ce qui conduit à la perte de contrôle et à la dissémination des effectifs des populations de *Globodera* spp. C'est le cas de la parcelle N°5 Kadara qui abrite le maximum de kystes dans la présente étude avec 210 kyste /100g de sol.

En effet, la monoculture permet aux nématodes de se maintenir dans le temps et dans l'espace alors que rotation des cultures qui est considérée comme une méthode de lutte efficace contre

les nématodes réduit nettement la densité de ces parasites (RITTER, 1971 ; SCHNEIDER et MUGNIERY, 1971 ; BELAIR et LAPLANTE , 2007). La rotation doit faire appel à des plantes qui n'abrient pas les nématodes tel que les céréales et les légumineuses (pois-chiche) (INPV, 2009). TIILIKKALA (1991) précise que le rendement de pomme de terre diminue de 3,5 à 4,6 tonnes/ha lorsqu'elle est cultivée en monoculture, alors qu'elle garde son rendement original lorsqu'elle est plantée une fois tous les 3 ou 5 ans sur la même parcelle en alternant avec des cultivars résistants. Le nombre maximal de kystes de *Heterodera* spp est noté dans la station N°15 à Staoueli avec 62 kystes/100g du sol. La plupart des agriculteurs enquêtés ne connaissent pas les nématodes, leurs symptômes et leurs formes, et parfois ils les confondent avec d'autres ravageurs. Ce manque d'information peut être l'une des causes de la persistance du *Globodera* spp et d'*Heterodera* spp dans les sols des parcelles agricoles.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Au cours de nos prospections, nous signalons que le nématode à kyste des genres *Globodera* et *Heterodera* est distribué dans la plupart des parcelles des communes étudiées à l'exception de quelques parcelles qui sont cultivées par d'autres cultures non hôtes de ces nématodes.

La forte infestation signalée par ces parasites est liée étroitement à l'abondance de la pomme de terre et des céréales. Le degré d'infestation varie d'une commune à une autre comme dans une parcelle à une autre au sein d'une même commune, cette variation est peut être due à plusieurs facteurs comme la résistance des variétés cultivées, la variation des conditions climatique et les paramètres édaphiques.

La monoculture ou la pratique d'une rotation non raisonnée sont des facteurs qui peuvent aussi provoquer une propagation importante des sols de ces parasites. Par conséquent, il est indispensable de varier les cultures en tenant compte de la spécificité de la région pour mieux exploiter les parcelles en polyculture et éviter la monoculture, tout en donnant plus d'importance aux cultures non hôtes de ces parasites dans la rotation.

Il serait indispensable d'approfondir les connaissances sur ces parasites car ils sont inconnus en Algérie. Les recherches donneraient plus d'informations qui permettraient de mieux appliquer une lutte intégrée bien efficace contre ces nématodes.

D'après plusieurs travaux qui ont été faits sur ce sujet, il n'y a pas mieux qu'une longue rotation pour limiter la pullulation de ces parasites, c'est une méthode plus économique non polluante et respectueuse vis-à-vis de l'environnement. Il est important aussi de suivre l'évolution des nématodes à kyste de la pomme de terre et des céréales dans les parcelles infestées pour assurer une meilleure connaissance et une meilleure lutte.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Anonyme., 1979 : La pomme de terre maladies et nématodes, Centre international de la pomme de terre, 62 P.

Anonyme., 1994 : Culture de la pomme de terre, ITCMI. PS. Anonyme. 1997 : Nématodes a kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis* et *pallida* p3.

Anonyme., 2000 : La pratique de la production de pomme de terre. ITCMI. PI1. Anonyme., 2001: La conservation et stockage de la pomme de terre, ITCMI. p10.

Anonyme. 2003 : pomme en Algérie. ITCMI. p5. op Anonyme., 2006 : Fiche descriptives des maladies et ravageurs de la pomme de terre, gnis, FNPPRT, 30P.

Anonyme. 2007: Bourached filaha, SARL bourached filaha. pl

Anonyme., 2008 : La filière pomme de terre, DSA d'Ain defla.

Anonyme., 200S: Agriculture et développement, INVA n°08. 41.

Bakker. J et al., 1982: The differentiation of the potato cyst nématodes of *Globodera rostochiensis* pathotypes by means of two dimensional electrophoresis Ed: proc, 15P.

Bakker. J et al., 1988: Species- specific and thermos table protein from second stage larvae of *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* physiopathology. p 78. 300- 305.

Behrens, E., 1975 : [*Globodera* Skarbilovich, 1959 un genre indépendant de la sous- famille des Heteroderidae Skarbilovich, 1949 (Nematoda: Heteroderidae)]. Vortragstagung zu Aktuellen Problemen der Phytonematologie No. I, pp. 12-26.

Belatra. O., 2008: Les nématodes à kyste de la pomme de terre (*Globodera pallida* et *Globodera rostochiensis*) thèse de poste de graduation.

Bélaïr. G., 2005: Nématodes phytoparasites sur racines au Canada Ed: Centre de recherche et de développement en horticulture.

Bélaïr. G et Laplante. G., 2006 : Le nématode à kyste de la pomme de terre *Globodera rostochiensis*: mise au point sur la situation au Québec ; ACIA, Québec. -e-

ABD EL MONAIM HASSEN A. (1999). Production de pomme de terre. Maison arabe de L'édition et la distribution. 446P. (en arabe).

ACHOUR A., 1995. Diagnostic de l'état du patrimoine phoenicicole Algérien et essai d'analyse du cout de production dattier .Cas de la palmeraie du Souf. Mémoire d'ingénieur. Université d'Ouargla, 65p.

AGRIDEA , 2007. Association green for the Development of Agriculture and Rural Areas.

AFRA A, 2017. Transfert des eaux à partir des forages Albiens vers la station de traitement

- des eaux d'Oued Souf. Mémoire master. Université Aboubekr Belkaid. Tlemcen. 131p
- AHMID A ,2009.**Essai comparatif de l'impact de fertilisation organique et minérale sur la culture de pomme de terre dans la région d'El-Oued .Mémoire d'ingénieur. Université d'Ouargla. 85P.
- ANDI, 2014.** Agence Nationale de Développement de L'investissement wilaya d'El oued 11P.
- ANRH, 2009.** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Direction Régionale SudOuargla. Rapports et compagne des mesures.
- ANTRAIINGUE D., 2007 :** Choix des investissements et des financements – Gestion des investissements - Rentabilité économique – IUT GEA – 832 S, 17p.
- BAMOUEH A., 1999-** Technique de production de la pomme de terre au Maroc, fiche technique, N° 52. PNTTA. 4P.
- BAMOUEH H, 1999.** Technique de production la culture de pomme de terre, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 58, PP1-15.
- BELLABACI H.et 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 du11 au 13 janvier 2004, PP. 7-8.
- BEN LAMOUDI Z ,2009.** Diagnostic sur la situation de la culture de la pomme de terre dans la région de Oued Souf. . Mémoire d'ingénieur. Université d'Ouargla. 53P
- BENOUIS H, DERRADJ K, 2015.** L'impact des prix semences de la pomme de terre sur le prix de vente : Cas de la Wilaya de Tiaret. Thèse Master 2 « Agricultures méditerranéennes »,Université Ibn Khaldoun, Tiaret.
- BERNHARDS U,1998.** La pomme de terre Solanum tuberosum L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon.
- BESSAOUD O et LEFKI K , 2018 .**Diagnostic du système de régulation de la pomme de terre en Algérie Rapport final provisoire. 46P
- ABDOULLAHI M., 2008** -Morphology and morphometrics of *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) steller, 1984 from Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province, Iran. Pak. J. Biol. Sci., 11 (14): 1864-1867.
- ABEBE E., MEKETE T. and THOMAS W. K., 2011** - A critique of current methods in nematode taxonomy. African Journal of Biotechnology, 10 (3): 312-323.
- ABIDOU H., VALETTE S., GAUTHIER J. P., RIVOAL R., EL-AHMED A. and YAHYAOUI A., 2005a** - Molecular Polymorphism and Morphometrics of Species of the

- Heterodera avenae Group in Syria and Turkey. Journal of Nematology, 37 (2):146 –154.
- ABIDOU H., EL-AHMED A., NICOL J.M., BOLAT N., RIVOAL R. and YAHYAOU I A., 2005b** - Occurrence and distribution of species of the Heterodera avenae group in Syria and Turkey. Nematologia Mediterranea, 33: 197- 203.
- AHMADI A.R. and TANHA MAAFI Z., 2014** - Incidence of Cereal Cyst Nematodes Heterodera avenae type B and H. filipjevi) in southwestern Iran. Journal of Crop Protection, 3 (1): 75-88.
- AHREN D. and TUNLID A., 2003** - Evolution of Parasitism in Nematode-Trapping Fungi. The Journal of Nematology, 35 (2): 194-197.
- AKAR T., CALISKAN M., NICOL J.M., URANBEY S., SAHIN E Y.,AZAR S., WILLIAM M. and BRAUN H.J., 2009** - Molecular characterization of Cereal Cyst Nematode diagnostic markers Cre1 and Cre3 in some winter wheat germplasm and their potential use against Heterodera filipjevi. Field Crops Research, 114: 320–323.
- Al-HAZMI A. S., COOK R. and IBRAHIM A.A.M., 2001-** Pathotype characterisation of the cereal cyst nematode Heterodera avenae in Saudi Arabia. Nematology, 3(4): 379 –382.
- AL HAZMI A.S. and DAWABAH A.A.M., 2014** - Effect of urea and certain NPK fertilizers on the cereal cyst nematode (Heterodera avenae) on wheat. Saudi journal of biological science, 21 (2) 191-196.
- AMBROGIONI L. and IRDANI T., 2001** - Identification of Heterodera schachtii group species in Italy by morphometrics and RAPD-PCR. Nematol. Medit., 29 : 159 - 168.
- ANONYME, 2005** - Les céréales en Algérie.Roi.fr/Alger/Documents algériens/économique, 66p
- ANDERSEN S. and ANDERSEN K., 1982a** - Suggestions for determination and terminology of pathotype and genes for resistance in cyst-forming nematodes especially Heterodera avenae. EPPO Bulletin, 12:379-386.
- ANDERSEN K. and ANDERSEN S., 1982b** - Classification of plants resistant to Heterodera avenae. EPPO Bulletin, 12, 435-437.
- ANDERSSON S., 1982** - Populations dynamics and control of Heterodera avenae. A review of some originals results. EPPO Bull., 463-475.
- A.P.S, 2013** - Céréales : hausse de 5% de la facture des importations les dix premiers mois de 2013.Algerie Press Service, lundi 2 décembre 2013,3 p.
- ASHRAFI S., DABABAT A., MARIA FINCKH M. and MAIER W., 2014** -

Identification and efficacy of naturally occurring fungi associated with cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* and wheat. *Nachwuchswissenschaftlerforum / Young Scientists Meeting, Berichtsband des Julius Kühn-Institut*: 24.

AVENDAÑO F., PIERCE F. J., SCHABENBERGER O. and MELAKEBERHAN H., 2004 - The spatial distribution of soybean cyst nematode in relation to soil texture and soil map unit. *Agronomy Journal*, 96 :181-194.

BADILLET G., DE BRIEVE C. et GUEHO E., 1987 - Champignons contaminants des cultures champignons opportunistes. *Atlas clinique et biologique*, vol II, Ed. Varia, Paris.

BALDWIN J. G. and MUNDO-OCAMPO M., 1991 - Heteroderinae cyst- and noncyst-forming nematodes In: *Manual of Agricultural Nematology*. Ed. NICKLE W.R. Marcel Dekker Inc., New York: 275-362