



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

*Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du  
diplôme de Master II*

*En Sciences de la Nature et de la Vie*

Option : Agro-Environnement et Bio-indicateurs

*Thème*

*Étude bioécologique des nématodes à galles du genre  
Meloidogyne et leurs antagonistes*

*Réalisé par : M<sup>elle</sup> EL FARROUDJI YASMINE*

*Devant le jury composé de :*

Président : M<sup>me</sup> DJENAS K. M.C.B. U.S.D.B.1

Promotrice : M<sup>me</sup> SABRI K. M.A.A. U.S.D.B.1

Examinatrice : M<sup>me</sup> OUANIGHI H. M.A.A. U.S.D.B.1

Année universitaire 2021/2022

## Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des Tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Abstract	
المخلص	

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
--------------------------	----------

### Partie I : Synthèse bibliographique

<b>Chapitre I : Généralité sur <i>Meloidogyne</i> spp.....</b>	<b>3</b>
I. 1. Généralités .....	3
I.2.position systématique .....	4
I.3. Morphologie .....	4
I .3.1. Juvénile 2ème stade.....	4
I .3.2. Le male.....	5
I.3.3. La femelle.....	5
I.4. Cycle de vie .....	6
I.5. Ecologie des <i>Meloidogyne</i> spp .....	8
I.5.1. Les facteurs écologique influençant sur le développement des <i>Meloidogyne</i> spp.....	8
I.5.1.1. Les facteurs abiotiques .....	8
a. L'eau .....	8
b. La température .....	8
c. L'humidité.....	8
d. texture et structure du sol .....	8
e. pH.....	9
f. l'air .....	9
g. Luminosité.....	9
I.5.1.2. Les facteurs biotiques.....	9
a. Matière organique.....	9

b. Exsudats racinaire .....	9
c. Organismes du sol .....	10
I.1.6. Diversité biologique et impact économique.....	10
I.7. Les symptômes et Seuil de nuisibilité .....	10
<b>a. Sur la partie souterraine .....</b>	<b>10</b>
<b>b. Sur la partie aérienne.....</b>	<b>11</b>
I.8. Méthodes de lutte contre le Meloidogyne sp.....	11
I.8.1. Méthode physiques .....	12
a. Désinfecter le sol par la vapeur .....	12
b. La solarisation du sol .....	12
I.8.2. Méthodes culturales.....	12
a. la rotation culturale .....	12
b. les labours profonds.....	12
c. la jachère .....	12
I.8.3. lutte chimique .....	12
I.9.4. La lutte génétique .....	13
I.9.5. Méthode biologique .....	13
<b>a. Les plantes nématocides .....</b>	<b>13</b>
I.9.6. La lutte intégrée.....	13
<b>Chapitre II : La plante hôte Cucurbitacées .....</b>	<b>14</b>
II .1. Généralités sur les cucurbitacées .....	14
II .2. La courgette.....	14
II .2.1. Histoire et l'origine.....	14
II. 2.2. Systématique .....	14
II.2.3. Les exigences édaphique et climatique de courgette.....	15
a. Sol.....	15
b. Température.....	15
c. pH optimal.....	15

d. Besoins nutritionnelle.....	15
e. Eau et humidité.....	15
f. Luminosité .....	16
II.2.4. Principales maladies et ravageurs de la courgette.....	16
II.2.4.1. Maladies cryptogamiques .....	16
II.2.4.2. Maladies bactériennes.....	18
II.2.4.3. Maladies virales .....	18
II.2.4.4. Ravageurs .....	20
II.2.5. Production de la courgette en Algérie .....	22
<b>Chapitre III : Les champignons Nématophages .....</b>	<b>23</b>
III.1. Généralités sur les champignons nématophage .....	23
III.1.1. Les champignons piègeurs ou prédateurs .....	23
III.1.2. Les champignons endoparasites.....	23
III.1.3. Les parasites des kystes et des nématodes à galles.....	24
III.1.4. Les champignons producteurs de toxines.....	24
<b>Partie II : Travail Expérimental</b>	
<b>Chapitre I : Matériel et méthodes .....</b>	<b>25</b>
<b>I.1. But de travail .....</b>	<b>25</b>
I.2. Présentation de la station d'étude (Staoueli) .....	25
I.3. Méthodologie adoptée.....	27
I.3.1. Matériel utilisés pour l'étude de l'infestation des serres par les nématodes à galles du genre <i>Meloidogyne</i> spp et prélèvement du sol.....	27
a. sur terrain.....	27
b. Au laboratoire.....	27
I.4. Méthodes de travail .....	28
I.4.1. Questionnaire .....	28

I.4.2. Méthode d'échantillonnage .....	28
I.4.2.a. Prélèvement du sol et estimation de l'indice de galles.....	28
I.4.3. Estimation de l'indice de galles .....	30
I.4.4. Etude morphométrique des populations de <i>Meloidogyne</i> .....	30
a. Identification des espèces de <i>Meloidogyne</i> sur la base de la figure périnéale (Pattern).....	30
b. Montage des figures périnéales des femelles de <i>Meloidogyne</i> .....	30
I.4.5. Préparation de milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar).....	31
I.4.6. Isolement de différentes espèces de champignons à partir du sol.....	32
I.4.7. Conditions d'incubation .....	34
I.4.8. Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites .....	34
I.4.9. L'étude analytique du sol .....	34
	35
<b>Chapitre II : Résultats et discussion.....</b>	
II. 1. Importance du questionnaire .....	35
II.2. Etude d'état d'infestation de la culture de courgette par les nématodes à galles dans la zone d'étude .....	35
II.2.1. Moyenne de l'indice de galles pour la région (Staouali) .....	35
II.3. Détermination des espèces de <i>Meloidogyne</i> .....	37
II.4. Les analyses pédologiques du sol .....	38
a. matière organique .....	38
b. texture .....	39
c. l'humidité .....	39
d. pH .....	40
e. Conductivité électrique .....	40
f. Le calcaire total .....	41
II.5. Les champignons nématophages prédateurs et parasites déterminés dans la région d'étude (Staouali) .....	42

II.5.1. Description des différents genres de champignons nématophages .....	43
II.5.2. Etude de la fréquence des champignons nématophages sur la culture de courgette..	43
II.6. Discussions .....	46
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>50</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>51</b>
<b>Annexe</b> .....	

# Remerciements

*Je tiens à remercier avant tout Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.*

*Mes profonds remerciements s'adressent tout d'abord :*

*À Mme **SABRI K.** pour avoir accepté de m'encadrer et de diriger ce travail.*

*À Mme **Djenas K.** pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury de ce mémoire.*

*À Mme **OUANIGHI H.**, qui a bien voulu examiner mon travail.*

*Ma profonde gratitude va également à **Mme lemiti enseignante à UB1,***

***Mme Nadja**, ingénieure du laboratoire de Zoologie, à **Mme Ihcen***

*ingénieure du laboratoire de PFE, **Mr Saïd** et **Mr Abderahmene***

*ingénieurs du laboratoire de pédologie, , pour leurs disponibilités et pour le temps consacré.*

*J'exprime également mes remerciements à tous les enseignants du département de l'Agronomie, et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*A tous mes camarades de la promotion.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*À mes très chers parents, que Dieu les garde pour moi,  
Vous avez éclairé le chemin de ma vie par votre grand soutien, votre  
encouragement et les énormes sacrifices que vous m'avez apporté  
durant mes études et que vous avez toujours aimé me voire réussir.*

*À ma chère grand-mère qui m'a soutenu durant le chemin de la vie et  
a travers ses prières pour le succès.*

*À mes cousines, À chaque membre de la famille petit et grand, À  
toutes les personnes que j'aime.*

*À tous mes amis*

*Yasmine*



## Liste des figures :

<b>Figure n° 01</b>	Morphologie des différents stades de <i>Meloidogyne</i> spp	<b>5</b>
<b>Figure n° 02</b>	Cycle biologique des nématodes à galles ( <i>Meloidogyne</i> spp.)	<b>7</b>
<b>Figure n° 03</b>	Exemples de dégâts engendrés par les nématodes à galles	<b>11</b>
<b>Figure n° 04</b>	Symptômes de la pourriture grise	<b>16</b>
<b>Figure n° 05</b>	Taches poudreuses circulaires et blanches sur les feuilles de la courgette	<b>16</b>
<b>Figure n° 06</b>	Symptômes de mildiou sur les feuilles de la courgette	<b>17</b>
<b>Figure n° 07</b>	Symptômes de Pourritures molles sur les feuilles de la courgette	<b>18</b>
<b>Figure n° 08</b>	Symptômes de la mosaïque du concombre sur les feuilles et les fruits de la courgette	<b>19</b>
<b>Figure n° 09</b>	Symptômes de la mosaïque jaune sur les feuilles et les fruits de la courgette	<b>19</b>
<b>Figure n° 10</b>	Pucerons ( <i>Aphis gossypii</i> )	<b>20</b>
<b>Figure n° 11</b>	Nématodes à galles racinaires	<b>20</b>
<b>Figure n° 12</b>	Acarien adulte	<b>21</b>
<b>Figure n° 13</b>	Aleurodes adulte	<b>21</b>
<b>Figure n° 14</b>	Différents Types et formes de pièges	<b>24</b>
<b>Figure n° 15</b>	Situation géographique de la région étude Staoueli	<b>26</b>
<b>Figure n° 16</b>	Localisation du lieu de la station étude (Staouali)	<b>26</b>
<b>Figure n° 17</b>	Protocole expérimentale pour échantillonnage du sol sur terrain	<b>29</b>
<b>Figure n° 18</b>	Les femelles prélevées à partir des racines noueuses	<b>31</b>

<b>Figure n° 19</b>	Technique de montage des figures périnéales (pattern) pour la détermination des espèces de <i>Meloidogyne</i>	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 20</b>	Les différentes étapes de préparation de milieu de culture PDA	<b>33</b>
<b>Figure n° 21</b>	les étapes d'isolement des champignons nématophages	<b>33</b>
<b>Figure n° 22</b>	Incubation des boîtes de pétri dans l'étuve	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 23</b>	les étapes de tamisé le sol	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 24</b>	les différentes étapes de préparation de la matière organique	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 25</b>	Les étapes Test de la bouteille pour trouver les proportions approximatives	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 26</b>	Test de la bouteille, Au sommet, une couche d'argile puis deuxième couche limon et au fond une couche de sable. Et voir au flotter des fragments de matière organique	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 27</b>	les matériels utilisés pour l'évaluation de l'humidité	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 28</b>	mesure de pH et la conductivité	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 29</b>	mesure Le calcaire total	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 30</b>	Estimation de l'indice de galles	<b>36</b>
<b>Figure n° 31</b>	histogramme du moyen indice de galle de Staouali	<b>36</b>
<b>Figure n° 32</b>	les symptômes et les dégâts de <i>Meloidogyne</i> spp	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 33</b>	Figure périnéale (Pattern) d'espèce de <i>Meloidogyne</i> identifiée dans la région d'étude	<b>37</b>
<b>Figure n° 34</b>	Matière organique dans la station d'étude Staouali dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	<b>38</b>
<b>Figure n° 35</b>	Triangle de la granulométrie ( <a href="http://parlonssciences.ca/ressources/pedagogiques/">parlonssciences.ca/ressources/pedagogiques/</a> documents- d'information /science-du-sol)	<b>Annexe</b>
<b>Figure n° 36</b>	Humidité du sol dans la région d'étude Staouali dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	<b>39</b>

<b>Figure n° 37</b>	les valeurs du pH dans la station d'étude Staouali dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	<b>40</b>
<b>Figure n° 38</b>	Valeurs de la conductivité électrique dans la station d'étude (Staouali) dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	<b>41</b>
<b>Figure n° 39</b>	les valeurs du calcaire dans la station d'étude Staouali dans 10cm et 20cm de profondeur	<b>42</b>
<b>Figure n° 40</b>	Différents genres de champignons nématophages prédateur et parasite dans les deux régions d'étude	<b>43</b>
<b>Figure n° 41</b>	fréquence des champignons nématophages dans la région de Staouali dans 10cm de profondeur	<b>45</b>
<b>Figure n° 42</b>	Fréquence de champignons nématophages dans la région de Staouali dans 20 cm de profondeur	<b>45</b>

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau n°02</b>	les analyses pédologiques	<b>Annexe</b>
<b>Tableau n°03</b>	l'analyse granulométrique	<b>Annexe</b>
<b>Tableau n°04</b>	Présentation d'indice de galle et la moyenne IG dans la région de Staouali	<b>Annexe</b>
<b>Tableau n°05</b>	les résultats des analyses de texture su sol	<b>Annexe</b>
<b>Tableau n°06</b>	Classification des champignons nématophage prédateur et parasite des nématodes répertoriés	<b>Annexe</b>

## Liste des abréviations :

**%** : pourcentage

**°C** : Le degré Celsius

**Cm** : centimètre

**Fig.** : figure

**g** : gramme

**H+** : le cation hydrogène

**IG** : indice de galles

**IGM** : indice de galles moyen

**J2** : juvénile du 2<sup>ème</sup> stade

**Kg** : kilogramme

**Km** : kilomètre

**L** : litre

**Mm** : millimètre

**Min** : minute

**N.P.K.**: l'azote au symbole N, le phosphore au symbole P et le potassium au symbole K

**PDA** : Potato Dextrose Agar

**pH** : le potentiel d'hydrogène

**μ** : Micro est le préfixe du Système international d'unités (SI) qui représente un millionième d'unité soit  $10^{-6}$  fois l'unité

**μs** : Microseconde

**Solution bichromate à 8 %** (prendre 8 g de  $K_2Cr_2O_7$  et faire dissoudre dans 100ml d'eau stillée

**Diphénylamine** : (indicateur faisant passer la solution du brunt violacé ou bleu verdâtre en présence d'un excès de sel réducteur)

**SNHF** : Société Nationale d'Horticulture de France

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

**AREU**: Agricultural Research Extension Unit

## Résumé

### *Étude bioécologique des nématodes à galles du genre Meloidogyne et leurs antagonistes*

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont considérés comme les ennemis les plus redoutables des cultures maraîchères, sous serres et en plein champ.

Nous avons choisi la région de Staouali (wilaya d'Alger) qui est une région à vocation agricole, notre travail de recherche est une enquête qui vise à collecter des données sur la bio-écologie de nématodes genre *Meloidogyne*, noter les produits chimiques utilisés par les agriculteurs, l'état d'infestation des cultures, analyses pédologiques du sol et aussi un inventaire des champignons nématophages présent dans le sol.

Les résultats montrent que les produits chimiques n'ont pas vraiment d'efficacité, puisque l'indice de galles est de 3 dans cette région (culture de courgette), les coupes des femelles de *Meloidogyne* confirment la présence de l'espèce *Meloidogyne incognita*, les analyses pédologiques étudiées montrent que cette région se caractérise par un sol Sableux-limoneux, riche en matière organique, un pH qui tend vers l'alcalin qui sont favorables pour les nématodes à galles.

Nous avons noté que dans les différentes profondeurs (10cm ; 20cm) deux genre de champignons nématophages (prédateurs et parasites) : *Stylopaga* et *Aspergillus* ou ce dernier est le plus dominat avec une fréquence de 100%, on a constaté que cette microflore présente une diversité, cette présence dépend de plusieurs facteurs (Matière organique, pH, humidité...).

#### Mots clés :

**Bio-écologie, *Meloidogyne*, *M. incognita*, antagoniste, Champignons nématophages.**

**Abstract :**

**Biological study of Root-Knot nematodes of the genus *Meloidogyne* and their antagonists**

Root-Knot nematodes of the *Meloidogyne* genus are considered the most Formidable enemies of market garden Crops, in greenhouses and in the open field

We chose the region of staouali (wilaya of Algiers) which is an agricultural region, our research work is a Survey which aims to collect data on the bio-ecology of nematodes genus *Meloidogyne*, note the chemicals used by farmers, the state of infestation of Crops educational, analyzes of the soil and also an inventory of nematophagous fungi present in the soil

The results show that the chemicals are not really effective, since the gall index in 3 in this region (Zucchini culture), the sections of the females *Meloidogyne* Confirm the presence of the species *Meloidogyne incognita*, the pedagological analyzes studied show that this region is characterized by a Sandy - loamy soil, rich in organic matter, a pH which tends towards alkaline which are favorable for root-knot nematodes.

We noted in the different depths (10 cm; 20 cm) two kinds of nematophagous fungi (predators and parasites): stylopage and *Aspergillus* where the latter is the most dominant with frequency of 100 %. It was found that this microflora presents diversity, this presence depends on several factors (organic matter, pH, humidity, etc).

**Key words: bio-ecology, *Meloidogyne*, *M.incognita*, antagonist, nematophagous fungi.**



## دراسة بيولوجية بيولوجية للزيمونودا تعقد الجذور من جنس *Meloidogyne* ومضاداتها

تعتبر الديدان الخيطية ذات العقد الجذرية من جنس *Meloidogyne* أخطر أعداء محاصيل الخضار ، نبي البهوت البالسنيكية وني الحنظل المنسوحة .

اخترنا منطقة سطوالي (والية الجزائر) وهي منطقة زراعية ، عملنا البحثي عبارة عن مسح يهدف إلى جمع البيانات حول البيئة الحبيبية لجنس الديدان الخيطية *Meloidogyne* ، لاحظ المواد الكيميائية المستخدمة من قبل المزارعين ، حالة غزو المحاصيل وتحتل التربة وجرى الفطريات الزيمونونوية الموجودة في التربة .

أظهرت النتائج أن المواد الكيميائية ليست فعالة حقا ، حيث أن مؤشر الحرارة هو 3 في هذه المنطقة (تؤانة الكوسة) ، وتؤكد قطع إزات *Meloidogyne* وجود النوع *Meloidogyne incognita* ، وأظهرت تحاليل التربة التي تمت دراستها أن هذه المنطقة تتميز تربة رملية - طينية غنية بالمواد العضوية ودرجة حموضة تميل نحو الألووية التي تنضج زيمونودا تعقد الجذور .

الخطأ أنه نبي الأعماق المخزنة (10 سم ، 20 سم) نوعين من الفطريات (nematophagous) الحوانات المنبرسة والطنيليات (*Stylopage* و *Aspergillus* حيث الأخير هو الأكثر انشرا) بنكرار 100% ، وجد أن هذه البيئة الدؤوية تؤيد نوعا ، يعتمد هذا الوجود على عدة عوامل (المادة العضوية ، ودرجة الحموضة ، والرطوبة ، وما إلى ذلك) .

الكلمات المفتاحية:

علم البيئية الحبيبية ، *Meloidogyne* ، *M. incognita* ، مضاد ، نظريات Nematophagous .

# **INTRODUCTION**

### **Introduction**

Les cultures légumières ont de tout temps revêtu une importance particulière dans l'alimentation et l'économie de tous les peuples. Les plus répandues, les Solanacées et les Cucurbitacées, se cultivent dans différentes régions du monde et sont exposées à plusieurs types de climats (AISSAT, 2008).

Les besoins des ménages algériens en légumes frais sont importants et en nette évolution sur le marché national, où les cultures maraichères apparaissent comme l'un des secteurs le plus prometteurs de l'agriculture algérienne, elles occupent la seconde place après les céréales dans la consommation quotidienne des algériens (EL-KEBIRI, 1993).

La politique agricole algérienne a opté pour le développement des cultures sous abris serres à haute valeur ajoutée, associées aux cultures de plein champ pour but d'augmenté la production en quantité et qualité afin de satisfaire les besoins, à la fin, pour obtenir une production suffisante et étalée sur toute l'année.

Les cultures maraichères en Algérie ont connu un développement important au cours des dernières années La production totale est passée de 6 millions de tonnes en 2007/2008 à 9,5 millions en 2010/2011, soit une augmentation de 58 %. Puis la production nationale des cultures maraichères a atteint 130,2 millions quintaux en 2017. Parmi les wilayas les plus productrices du pays, on retrouve en tête de liste les wilayas d'El Oued, d'Aïn Defla, de Mostaganem, de Biskra, de Skikda et Boumerdès (MADR, 2015). La gamme de légumes cultivés est diversifiée, dont la courgette.

Les cultures maraichères en plein champ ou sous abri sont la cible d'un cortège de parasites du sol, parmi lesquels les nématodes du genre *Meloidogyne*, qui induisent des symptômes caractéristiques (les galles) sur les racines attaquées. Du fait de leur gamme d'hôtes très étendue, ces bio-agresseurs ont une incidence économique non négligeable, tout particulièrement dans les zones méditerranéennes de production où les conditions optimales de leur développement sont réunies : températures élevées et rotations traditionnelles faisant intervenir des espèces sensibles comme Cucurbitacées (DJIAN CAPORALINO, 2010).

Historiquement, la lutte contre ces parasites a été longtemps presque exclusivement basée sur l'emploi de nématicides chimiques, à l'aide de spécialités peu spécifiques qui conduisaient à une désinfection des couches superficielles du sol. Cependant, on assiste

## ***Introduction***

---

Aujourd'hui à une réduction drastique de l'usage des pesticides suite à l'interdiction progressive de la plupart des matières actives, en raison de contraintes réglementaires et environnementales (**DJIANCAPORALINO, 2010**).

Pour cette étude nous avons opté pour travailler sur la région Staouali (wilaya d'Alger), ce dernier est à haut risque d'infestation par les nématodes à galles. Nous nous sommes basés sur cinq volets essentiels :

- On ce qui concerne le premier volet, nous avons essayé de faire une prospection bioécologique sur cette région visitée afin de faire un constat et cela en choisissant un questionnaire approprié.

- Pour ce qui concerne le deuxième volet, nous avons évalué le degré d'infestation des serres prospectées. Elle est basée essentiellement sur la notion de l'indice de galles (I.G.).

- Pour ce qui concerne le troisième volet, nous avons identifié l'espèce de nématodes à galles qui cause les dégâts des cultures maraichères et cela par la méthode des coupes périnéales des femelles.

- Pour ce qui concerne le quatrième volet nous avons prélevé des échantillons de sol sur des profondeurs de 10 cm et 20 cm à l'intérieur des serres, pour étudier ses propriétés pédologiques par des analyses physico-chimiques.

- Pour le cinquième volet nous avons inventorié les champignons antagonistes (prédateurs et parasites) de nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.), présents dans le sol.



# *Synthèse bibliographique*

## *Chapitre I*

### *Généralité sur le nématode à galles*

#### *Meloidogyne spp*

## Chapitre I : généralité sur les *Meloidogyne* spp

### 1. Généralité :

Un intérêt particulier a été accordé aux nématodes responsables de la formation de galles, *Meloidogyne* (GOELDI, 1892).

Les nématodes à galles *Meloidogyne* spp, sont des nématodes phytoparasites communs, ils vivent dans le sol et les tissus des plantes, ce sont des organismes microscopiques (invisible à l'œil nu) ; mais ils se reconnaissent aux types de dégâts qu'ils causent aux plantes (DE JAMES et GOERGEN, 2010).

Les nématodes phytoparasites, estimés à 4500 espèces environ, sont répartis en deux ordres : l'ordre des Dorylaimida (vecteurs de virus) et l'ordre des Thylenchida, le plus important en termes d'espèces (BARBARY, 2014). Ce dernier comprend la famille des Heteroderidae dont font partie les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (HYPPZ, 1998).

Les nématodes du genre *Meloidogyne* spp. Appelés communément nématodes à galles ou nématodes des racines noueuses sont les ravageurs les plus nuisibles sur cultures maraichères (CASTAGNONE-SERENO, 2002). Les *Meloidogyne* sont considérés comme les bio-agresseurs les plus redoutables sur les cultures maraichères, principalement dans les pays à climat chaud ; ils constituent une des principales contraintes sur cultures protégées dans les pays méditerranéens ou les conditions climatiques leurs sont favorables pour leurs développement (GIANNAKOU et al., 2007).

Ces sont des endoparasites, très polyphages ayant une gamme d'hôte très large groupant de nombreuses familles botaniques cultivées ou spontanées, Ainsi (BLOK et al., 2008) en recensé 5500 espèces végétales infestés par ces nématodes. Le nématode à galles *Meloidogyne*, c'est le nématode le plus redoutable sous serre des dégâts causés sont entre 12 à 60 % selon les cultures. (AYADI-FEKI, 2015).

Les nématodes à galles entraînent sur les racines des plantes attaquées, la formation de renflements qui diffèrent de taille selon l'espèce végétale concernée, mais qu'on peut facilement distinguer par rapport aux nodosités (LORRAIN, 1998).

## 2. position systématique :

La systématique des Meloidogyne que nous avons adoptés est celle décrite par **REDDY (1983)**.

Règne	Animal
Embranchement	Nematoda
Classe	Secernentea
Ordre	Tylenchida
Sous-ordre	Tylenchina
Super famille	Heteroderoidae
Famille	Meloidogynidae
Sous famille	Meloidogyninae
Genre	<i>Meloidogyne</i>

Plusieurs espèces de *Meloidogyne* ont été identifiées et décrites, dont quatre présentent une importance particulière dans le bassin Méditerranéen :

- *Meloidogyne hapla* (**CHITWOOD, 1949**).
- *Meloidogyne javanica* (**CHITWOOD, 1949**).
- *Meloidogyne arenaria* (**CHITWOOD, 1949**).
- *Meloidogyne incognita* (**CHITWOOD, 1949**).

## 3. Morphologie

Les détails morphologiques des nématodes à galles sont importants pour l'identification des espèces (**CHITWOOD, 1949 ; ESSER et al., 1981**). (**Figure 01**).

Les *Meloidogyne* sont des phytoparasites vivants à l'intérieur des racines de la plante hôte ; ils sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très prononcé. Ce sont des vers microscopiques de forme cylindrique et allongée à symétrie bilatérale dont le corps est enfermé d'une cuticule assez résistante (**RAYNAL et al., 1989**). Le plus souvent ont l'aspect filiforme (**BACHELIER, 1978**).

Ils doivent leur nom aux boursouflures typiques (galles) qu'ils induisent aux racines ou aux tubercules des plantes. Ils s'attaquent à la plupart des légumes avec une certaine prédilection pour les cucurbitacées (**AYADI-FEKI, 2015**).

### I.3.1. Le juvénile du deuxième stade (J2)

Il est mince et vermiforme et représente le stade infestant. Il mesure environ 400 µm de long et 15 µm de large. Il a un stylet et un squelette céphalique faiblement scléreux. La queue est conique, d'une longueur comprise entre 45 et 59 µm selon l'espèce (**JEPSON, 1987**).



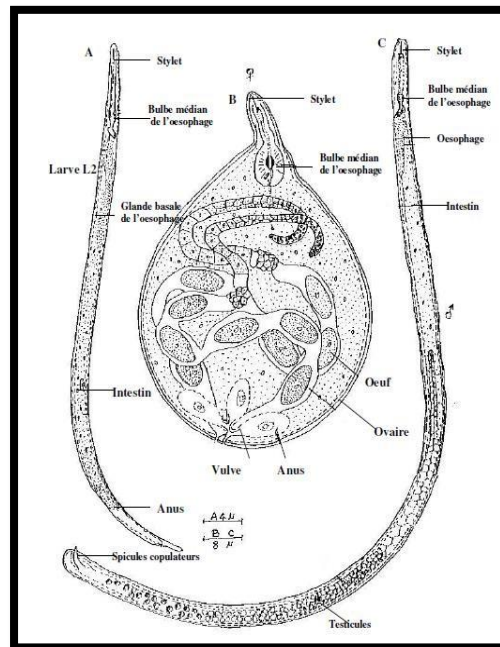
Les œufs en forme d'haricot mesurent 90 µm de longueur et 40 µm de largeur (ORTON, 1973).

### **I.3.2. Le male :**

Les mâles sont mobiles et généralement rares, ils sont filiformes de longueur allant de 1 à 3µm, la tête est arrondie munie d'un stylet court et puissant avec des renflements basaux très marqués. Leur action est secondaire sur l'hôte (TAYLOR, 1968; HOOPER et EVANS, 1993). Les mâles deviennent vermiformes après la troisième mue et restent vermiformes pendant la quatrième mue vers le stade adulte, le nématode étant enfermé dans les cuticules des stades précédents.

### **I.3.3. La femelle :**

La femelle avec un cou distinct possède un corps mou de couleur blanchâtre et (RITTER, 1971), et sont piriformes et globuleuses immobiles, d'une teinte blanchâtre, et peuvent atteindre un diamètre de 1 à 1,5 mm (NETSCHER, 1965). Elles présentent un stylet qui permet de perforer les cellules des vaisseaux conducteurs de sève, (BERTRAND, 2001). Les larves sont vermiformes, pointues à l'extrémité postérieure, d'une longueur variant de 0,3 à 0,5 mm et d'environ 10 µ de diamètre. (De GUIRAN et NETSCHER, 1970).



**Fig. 1 : Morphologie des différents stades de *Meloidogyne* spp**

**(DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).**

**A : larve de deuxième stade (stade libre). B : femelle adulte, C : male adulte.**

#### 4. Cycle de vie :

Le cycle de développement des *Meloidogyne* (**Figure 02**) s'effectue dans le système racinaire de la plante hôte (**DE GUIRAN, 1983**). Les nématodes *M. incognita*, ainsi que *M. arenaria* et *M. javanica*, sont des endoparasites obligatoires qui se reproduisent par parthénogénèse mitotique – autrement dit, sans reproduction sexuée (**EISENBACK et TRIANAPHYLLOU, 1991**). La durée du cycle des *Meloidogyne* varie de 3 à 10 semaines en fonction des conditions environnementales (**BARBARY, 2014**).

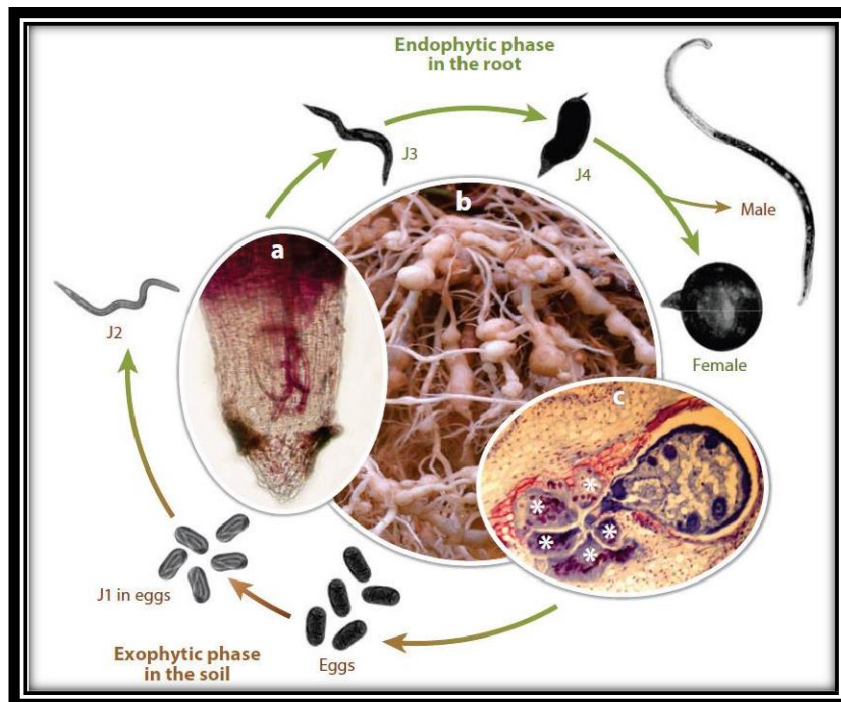
Au cours de leur cycle, les nématodes vont passer par plusieurs stades successifs : quatre stades juvéniles et un stade adulte. Le cycle se compose de deux phases distinctes (**BAEBARY, 2014**). (**Figure 02**).

a- Une phase exophyte, qui va de la ponte à la pénétration dans la racine ; durant laquelle les individus sont soumis aux conditions régies par le sol,

b- Une phase endophyte, qui va du développement à la reproduction ; où les individus sont ici sous l'influence du milieu interne de la plante-hôte.

La phase exophyte, au niveau du sol, débute par l'éclosion des œufs et la libération des larves pré-parasitaires (J2). L'éclosion est spontanée, et n'est pas stimulée obligatoirement par la présence d'exsudats racinaires, contrairement aux larves issues de kystes comme les nématodes du genre *Heterodera*, bien que la présence d'exsudats racinaires favorise l'éclosion des œufs de *Meloidogyne*. Ces larves correspondent au seul stade libre et infestant du cycle de vie. Toutefois, les œufs peuvent se conserver dans le sol et résister au froid et à la sécheresse. Le sol conserve alors un potentiel infectieux au cours de l'hiver ou pendant sa mise en repos. La phase endophyte commence par la pénétration des larves juvénile (J2) au niveau de la zone d'élongation de la racine. Celles-ci remontent jusqu'au niveau du cylindre central où ces dernières vont sédentariser et former un site nourricier. Ce site nourricier est à l'origine de la formation de la galle au niveau de la racine et correspond à une modification des quelques cellules qui entourent la tête de la larve juvénile (J2) formant un syncytium, plus communément appelé « cellule géante ». (**BARBARY, 2014**). Elles commencent à se renfler et subissent deux mues successives. Les cellules du cortex subissent une multiplication intense entraînant la formation des galles de 1mm à 1 cm de diamètre caractérisant le parasitisme de *Meloidogyne* (**AGRIOS, 2005**). Les larves juvéniles vont subir successivement trois mues pour devenir adultes et se transformer en femelles pyriformes, ou plus rarement en mâles. (**BARBARY, 2014**). Les

mâles quittent les racines et retournent dans le sol alors que les femelles restent fixées et prennent un aspect globuleux (RADWALD, 1978). La femelle pond les œufs à l'extérieur de la racine au sein d'une gangue mucilagineuse. La quantité d'œufs au sein d'une même masse varie entre 300 et 3000 œufs (BARBARY, 2014). S'étalant sur des profondeurs pouvant être supérieures à 30 cm (DE GUIRAN, 1983). Comme précisé précédemment, les œufs peuvent éclore de manière étalée dans le temps, et les larves libérées auront la capacité d'infecter une nouvelle plante – et rentreront dans un nouveau cycle (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970 ; BARBARY, 2014). La sévérité des attaques des Meloidogyne varie avec le type de sol, généralement ce genre se trouve dans plusieurs types de sol et les dégâts sont plus accentués en sols sableux (FERRIS et VAN-GANDY, 1979).



**Fig. 2 Cycle biologique des nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*).**

(a : Nématode dans la racine, remontant le cylindre central. b : galles racinaires. c : femelle et Site nourricier constitué de plusieurs cellules géantes symbolisées par des astérisques. J1 à J4 : différents stades juvéniles) (BARBARY, 2014).

## **I.5. Ecologie des *Meloidogyne* spp :**

### **I.5.1. Les facteurs écologiques influençant sur le développement des *Meloidogyne* :**

#### **I.5.1.1. Les facteurs abiotiques :**

##### **a. L'eau :**

Les variations de la teneur en eau d'un sol ont une répercussion considérable sur la nématofaune (CAYROL, 1971), ainsi un excès d'eau peut gêner les mouvements des nematodes. L'eau est l'un des facteurs de propagation des *Meloidogyne* (PROT et MATIAS, 1995).

##### **b. La température :**

La température a un effet considérable sur l'activité des *Meloidogyne*, sur l'éclosion, la reproduction, le mouvement et sur le cycle de développement (CAYROL, 1971 DE GUIRAN 1983 ; TALAVERA et al., 1999). Le cycle complet des *Meloidogyne* dure 87 jours à une température de 16,5°C et 25 jours à 27°C (DE GUIRAN, 1979). Les températures favorables sont entre 25°C et 28°C, celles qui empêchent le développement de ce dernier sont inférieures à 16°C et supérieures à 40°C (CAYROL, 1991).

##### **c. Humidité :**

L'humidité est un facteur indispensable pour le développement des *Meloidogyne* et leur survie (SCOTTO LA MASSESE, 1986 ; GOODELL et FERRIS, 1989). Donc L'activité des espèces de *Meloidogyne* est très forte dans un sol ayant un taux d'humidité compris entre 40 et 60 % de la capacité du champ, (REDDY, 1983).

##### **d. texture et structure du sol**

Quel que soit le groupe et leur parasitisme, les nématodes vivent en contact étroit avec le sol (VALLOTON, 1983). La texture du sol influe directement sur les déplacements et les mouvements des *Meloidogyne* qui fréquentent les couches arables surtout les horizons superficiels (RITTER 1985). La texture argileuse du sol a un effet inhibiteur sur le développement de *Meloidogyne incognita* (DE GUIRAN, 1979), et selon REDDY (1983) signale que les *Meloidogyne* se trouvent dans toutes les latitudes et longitudes.

**e. pH :**

Le pH a une action sur la survie, l'éclosion des œufs ainsi que la reproduction des *Meloidogyne*, un pH compris entre 4 et 8 permet un bon développement des espèces de *Meloidogyne*. Selon **WALLACE (1966)**. En effet, les larves de *M. incognita* et *M. javanica* présentent une éclosion maximale à un pH de 6,5 (**RITTER, 1976 cité par KELLILI, 1999**).

D'après **JONES (1982)**, l'infestation des *Meloidogyne* est toujours moins sévère en sol acide qu'en sol neutre ou alcalin.

**f. L'air**

La teneur du sol en gaz carbonique et en oxygène a une influence considérable sur les nématodes (**CAYROL, 1971**) et **FLEDMESSER et FEDER (1954)**, étudiant l'influence de la concentration en oxygène sur divers nématodes, constatent qu'elle varie selon les espèces, certains ont besoin d'une forte oxygénation, alors que d'autres supportent des conditions d'anaérobiose (**VAN GUNDY et al., 1967**), Où La privation d'oxygène, bloque en premier lieu les larves du premier stade, si elle se prolonge, elle augmentera le nombre d'œufs considéré comme une diapause (**DEGUIRAN, 1979**).

**g. Luminosité :**

D'après **BAKER et al. (1975)**, l'étude faite en serre montre que l'accroissement de la période de lumière à augmenter les populations de *Meloidogyne incognita* ce qui implique que l'utilisation de la lumière artificielle peut aggraver le problème des nématodes.

**I.5.1.2. Les facteurs biotiques :**

**a. Matière organique :**

La matière organique dans le sol permet la réduction des nématodes lors de sa décomposition. Elle libère certains produits toxiques tels que l'acide butyrique, (**JONES, 1982**).

**b. Exsudats racinaires :**

Selon **DOMMERGUES et MANGENOT (1970)**, de nombreuses plantes, par l'intermédiaire de leurs exsudats exercent sur le nématode une attraction très nette.

### c. Organismes du sol :

Les nématodes du sol peuvent être victimes de virus, de bactéries, champignons, de protozoaires (sporozoaires), de tardigrades, d'autres nématodes, d'enchytreides et de divers arthropodes, chilopodes, acariens et insectes, dont plusieurs collemboles, (CAYROL, 1971 in BACHELIER 1978). Les nématodes sont aussi la proie directe de nombreux champignons, dont une cinquantaine d'espèces sont bien connues à ce jour (CAYROL, 1971 in BACHELIER, 1978).

## 1.6. Diversité biologique et impact économique

Le genre *Meloidogyne* est extrêmement polyphage. Les familles les plus sensibles sont les Solanacées, les Cucurbitacées et les Légumineuses – des familles végétales économiquement importantes en maraichage. Des plantes d'autres familles sont également considérées comme hôtes des *Meloidogyne*, comme par exemple la carotte, l'artichaut (HYPPZ, 1998). *M. incognita*, est l'espèce la plus répandue des nématodes phytoparasites et donc à l'origine de lourdes pertes économiques.

## 1.7. Les symptômes et Seuil de nuisibilité

Les nématodes parasites de plantes les plus destructeurs, Le genre *Meloidogyne* se situe en tête du classement des genres de nématodes parasites de plantes les plus destructeurs (JONES et al., 2013). Le genre *Meloidogyne* compte plus de 100 espèces de nématodes endoparasites obligatoires qui sont répartis partout dans le monde avec un très large spectre d'hôtes (BERNARD et al., 2017).

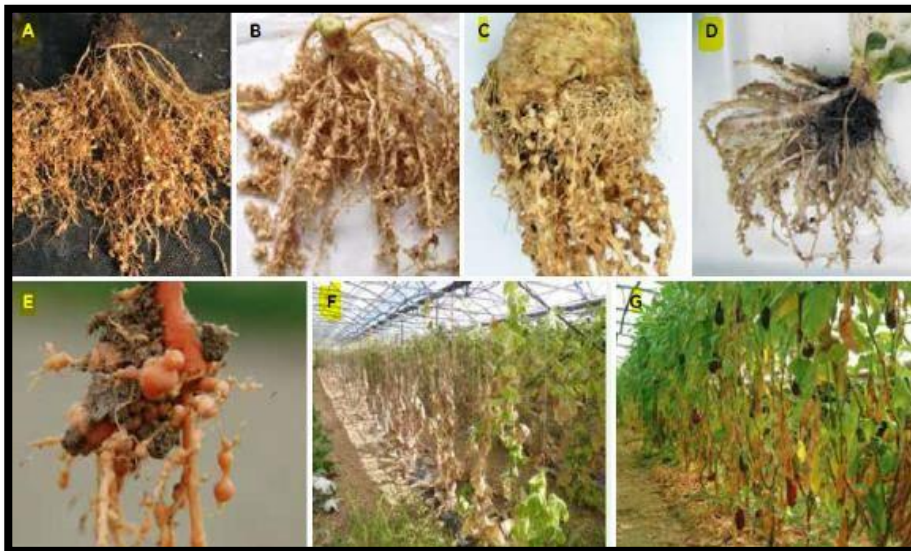
### a. Sur la partie souterraine

Le symptôme direct d'une attaque de nématodes *Meloidogyne* est caractérisé par la formation de galles (DE GUIRAN & NETSCHER, 1970). Leur nombre, leur forme et leur taille varient en fonction de l'espèce végétale hôte, de son âge physiologique, de l'espèce de nématode elle-même et de la densité de sa population. Une échelle de notation au champ est permise de mesurer l'intensité des symptômes. Et identifie le seuil de nuisibilité ou limite de tolérance de la plante qui s'exprime par l'indice de galle est varié entre 0 à 5 (B'CHIR, 1983) (Figure n°03).



**b. Sur la partie aérienne**

un ralentissement de la croissance et une diminution de vigueur du végétal, une déficience généralisée due à l'action du pathogène, un flétrissement et un jaunissement des feuilles, une floraison et une fructification réduite et une chute de production (**STOLL, 2002; CASTILLO et al., 2006**)



**Figure n°3** : Exemples de dégâts engendrés par les nématodes à galles  
(**CAROLINE DJIAN-CAPORALINO, 2018**).

**I.8. Méthodes de lutte contre le *Meloidogyne sp* :**

Bien que les *Meloidogyne* représentent un facteur limitant pour de nombreuses cultures des pays chauds et en particulier pour les cultures maraîchères de la zone intertropicale, aucune méthode de lutte est entièrement efficace (**WRATHER et ALBERS, 1992**).

Les *Meloidogyne* ont la faculté de se reproduire rapidement, en très grand nombre, et d'attaquer une gamme d'hôtes extrêmement étendue, comprenant la plupart des plantes maraîchères (**WRATHER et ALBERS, 1992**). Donc, la lutte consiste à maintenir la population à un seuil tolérable pour que la culture ne subisse pas de dommages sérieux (**De GUIRAN, 1983**).

### **I.8.1. Méthode physiques**

Divers procédés physiques sont employés pour lutter contre les *Meloidogyne*, parmi les plus utilisés nous avons :

#### **a. Désinfecter le sol par la vapeur :**

Elle consiste à introduire de la vapeur d'eau dans le sol sous les bâches en plastique pour augmenter la température à un niveau létal (**BRAGA et al., 2001**).

#### **b. La solarisation du sol**

C'est un processus hydrothermal qui consiste à couvrir pendant un mois et demi le sol, saturé d'eau en été, par un plastique fin transparent, afin d'élever la température du sol, qui peut atteindre 50-55 °C à 5 cm de profondeur, et 40-42 °C à 20- 25 cm de profondeur Ce processus désinfecte le sol des nématodes (**GUET, 1999**).

### **I.8.2. Méthodes culturales**

#### **a. La rotation culturale**

C'est l'une des méthodes les plus anciennes et les plus importantes. La rotation avec des cultures résistantes ou non-hôtes pour deux à trois ans permet généralement un excellent contrôle des nématodes à galles pour les maintenir sous le seuil de dommage (**JOHNSON, 1982**).

#### **b. les labours profonds**

Pendant les périodes sèches, ils permettent la diminution des populations de nématode par dessiccation (**HARRANGER, 1971**).

#### **c. la jachère**

Elle empêche le développement des nématodes sans entraîner leur disparition complète du sol (**EVERTS et al., 2006**).

### **I.8.3. Lutte chimique**

Plusieurs produits chimiques sont employés pour lutter contre les nématodes en général et les *Meloidogyne* en particulier. Ils ont été classés en nematicides fumigants et non fumigants (**LAMBERTI, 1979**).



#### **I.8.4. La lutte génétique**

Finalement, l'un des moyens le plus important de lutte contre les nématodes phytoparasites est l'utilisation de plantes cultivées résistantes. La résistance peut s'appuyer sur un seul gène majeur ou sur plusieurs ou multiple gènes à caractère quantitatif (MESSIAEN *et al.*, 1991). Des études récentes montrent que le gène de résistance le plus caractérisé est le gène Mi est responsable de la résistance contre les nématodes à galles (ROSSI *et al.*, 1998) qui confère la résistance à plusieurs espèces de *Meloidogyne*.

#### **I.8.5. Méthode biologique**

La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites emploie des organismes Vivants antagonistes aux nématodes comme des champignons ou des bactéries (Stirling, 1991 ; DAVIES & SPIEGEL, 2011), soit des plantes dites « nématocides » ou « plantes pièges ».

##### **a. Les plantes nématocides**

D'autre part, il existe un grand nombre de plantes dites « nématocides », ayant une action répulsive, inhibitrice, toxique ou encore de piégeage. Plus de 200 espèces ont été identifiées par Dijan-Caporalino (BARBARY, 2014). L'oeillet d'inde (*Tagetes minuta*), par exemple, est un bon précédent cultural pour lutter contre les nématodes à galles (GRAB, 2001).

#### **I.8.6. La lutte intégrée**

La protection intégrée des cultures (Integrated Pest Management-IPM) est une vision qui s'inscrit délibérément dans une perspective d'agriculture durable.

La lutte intégrée veut combiner de manière rationnelle les différentes stratégies de protection des cultures (lutte chimique, lutte génétique, lutte culturale, lutte physique et lutte biologique) dans le but d'optimiser la relation entre la production (tant en terme quantitatifs que qualitatifs) et les coûts directs et indirects qu'elle entraîne (ODUOR-OWINO *et al.*, 1996 ; HOPKINS *et al.*, 2003).

## *Chapitre II*

### *La plante hôte cucurbitacées*

## Chapitre II : la plante hôte cucurbitacées

### II .1. Généralités sur les cucurbitacées :

La famille de Cucurbitacées est la plus diverse parmi les plantes alimentaires. Elle comportant les courges, les citrouilles, les melons, les concombres, et les pastèques... Les plantes de cette famille sont généralement tolérantes à la sécheresse, mais sensibles au gel et sont reconnues comme la source principale des cucurbitacines (**SARI-HASSOUN, 2015**). Les genres les plus importants de cette famille sont : *Cucurbita*, *Cucumis*, *Ecballium*, *Citrullus*, *Luffa*, *Bryonia*, *Momordica* et *Trichosanthes* distribués à travers le monde entier. Plusieurs de ces genres sont comestibles tandis que d'autres sont des plantes médicinales ou ornementales (**JEFFERY, 2001**).

### II .2. La courgette :

#### II .2.1. Histoire et Origine :

La courgette, vieille de 1.200 ans avant notre ère, est un légume annuel qui appartient à la famille des Cucurbitacées, originaire de l'Afrique tropicale. *Cucurbita pepo* est indigène des régions chaudes et tempérées de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Nord et y est cultivé. L'ancêtre commun de toutes les variétés actuelles de *Cucurbita pepo* provient probablement du Mexique, comme le confirment les résultats archéologiques (**ANDRES, 2003**). En fait, ce sont les Arabes qui ont répandu sa culture dans les régions méditerranéennes où il est devenu un aliment de consommation habituelle au Moyen Âge (**CASADO, 2016**).

#### II .2.2. Systématique :

La courgette est une dicotylédone légumière de la famille des cucurbitacées. Sa position systématique selon **FELLER et al. (1995)** est représentée dans le (**tableau n°01**).

**Position systématique de courgette (FELLER et al., 1995).**

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Embranchement</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Ordre</b>	Violales
<b>Famille</b>	Cucurbitaceae
<b>Genre</b>	<i>Cucurbita</i> L. (1753)
<b>Espèce</b>	<i>Cucurbita pepo</i> L. (1753)

**II.2.3. Les exigences édaphique et climatique de courgette****a. Sol :**

La culture de la courgette est peu exigeante en sol. C'est une plante qui s'adapte à une gamme très large des sols. Elle préfère toutefois des sols profonds, bien aérés, souples et riches en matières organique avec une texture franche (ANONYME 1, 2020).

**b. Température :**

La courgette au même titre que d'autres Cucurbitacées, exige des conditions de chaleur pour se développer. Cependant elle exige des températures moins élevées que les autres cucurbitacées et légumes de saison chaude (ABATZIAN et al., 2003).

**c. pH optimal**

Les valeurs de pH optimales se situent entre 5,6 et 6,8 (sols légèrement acides). Néanmoins, la culture de la courgette peut s'adapter à des pH compris entre 5 et 7.

**d. Besoins nutritionnelle**

La culture de la courgette a notamment besoin d'une fumure abondante et anticipée ou compost avant la mise en place des semilles (ANONYME 1, 2020).

**e. Eau et humidité**



Le fruit de la courgette contient une grande quantité d'eau (environ 95%), ce qui signifie que la plante doit avoir suffisamment d'eau disponible en tout moment. Néanmoins, une humidité très élevée peut poser des problèmes phytosanitaires (MARMOL, 2004).

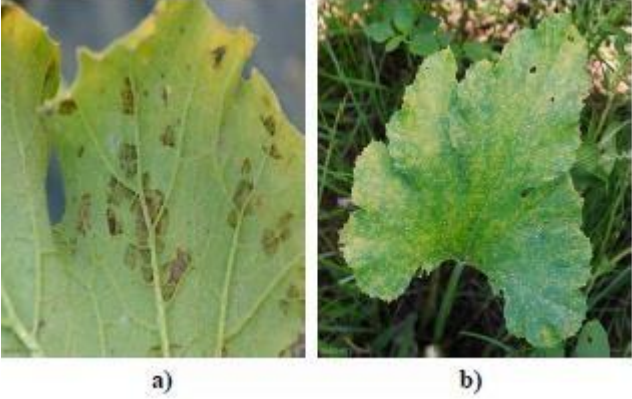
### f. Luminosité

La courgette est une plante très exigeante en termes de luminosité, donc une plus grande insolation aura un effet direct sur une augmentation de la récolte (HERNANDEZ-MORALES, 2006).

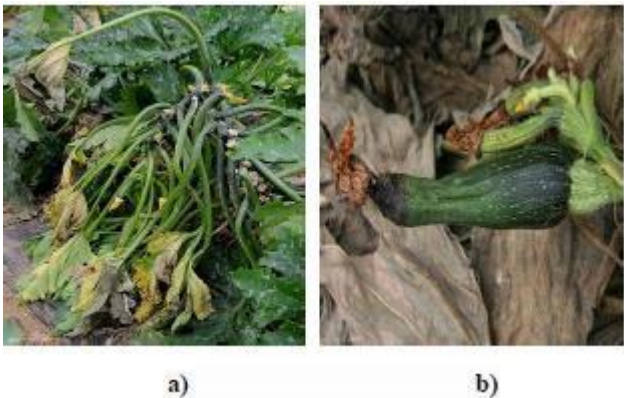
## II.2.4. Principales maladies et ravageurs de la courgette :

### II.2.4.1. Maladies cryptogamiques :

Maladies	Symptômes et dégâts	Figures
<b>Maladies cryptogamiques</b>		
<p><b>Pourriture ou moisissure grise (BOTRYTIS)</b></p>	<p>*<b>Feuilles</b> : taches circulaires parfois un halo chlorotique</p> <p>*<b>Tiges</b> : chancres humides ceinturant la tige</p> <p>*<b>Fruits</b> : pourriture humide et sombre à l'extrémité</p>	 <p><b>Figure 4.</b> Symptômes de la pourriture grise <b>a)</b> sur les feuilles et <b>b)</b> sur les fruits de la courgette (INRA, 2013)</p>
<p><b>Oïdium</b></p>	<p>*Taches circulaires</p> <p>*A terme les taches se rejoignent et entraînent la nécrose des feuilles</p> <p>*Aspect poudreux des taches</p> <p>*Ces taches peuvent affecter tous</p>	 <p><b>Figure 5.</b> Taches poudreuses circulaires et blanches sur les feuilles de la courgette (INRA, 2014).</p>

	les organes aériens de la plante (feuilles, fruits, tiges).	
<p><b>Mildiou des cucurbitacées</b></p> <p>Cette maladie est causée par <i>Pseudoperonospora cubensis</i> qui se développe essentiellement sur les feuilles des cucurbitacées (SNHF, 2018).</p>	<p><b>*Face extérieure :</b> taches surtout angulaires délimitées par les nervures, mosaïques de taches jaunes puis brunes. A terme un liseré chlorotique les entoure</p> <p><b>*Face inférieure :</b> apparition d'un feutrage allant du gris clair au mauve foncé puis les limbes se dessèchent (SNHF, 2018 ; INRA, 2013)</p>	 <p><b>Figure 6.</b> Symptômes de mildiou sur les feuilles de la courgette : <b>a)</b> taches humides. <b>b)</b> aspect mosaïque (INRA, 2014 ; SNHF, 2018).</p>


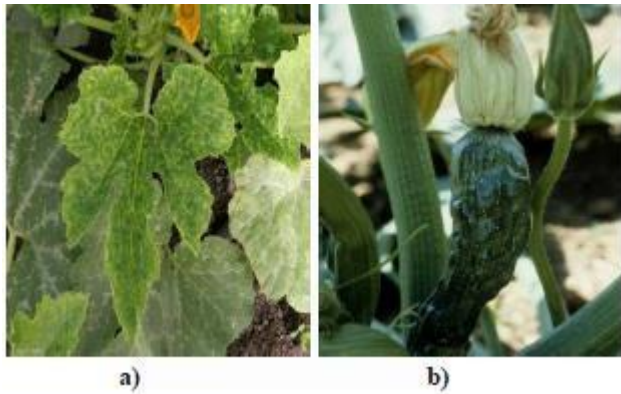
## II.2.4.2. Maladies bactériennes

maladies	Symptômes et dégâts	Figure
<b>Maladies bactériennes</b>		
<p>Pourritures molles</p> <p><i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>Carotovorum</i> est distribuée sur une aire géographique plus vaste et est la cause de la pourriture molle d'une diversité de fruits et de légumes (Hadas et al., 2001).</p>	<p>*Il s'attaque surtout à la tige de la courgette.</p> <p>*Jaunissements et flétrissements des feuilles</p> <p>*Des lésions humides noirâtres se forment sur le limbe</p> <p>pourriture humide des fruits</p>	 <p style="text-align: center;">a)                      b)</p> <p><b>Figure 7.</b> Symptômes de Pourritures molles sur les feuilles de la courgette : a) flétrissements foliaires. b) pourriture humide (INRA, 2013).</p>

## II.2.4.3. Maladies virales



maladies	Symptômes et dégâts	Figure
<b>Maladies virales</b>		
<p><b>Virus de la mosaïque du concombre (CMV)</b></p>	<p>La plante est caractérisée par un raccourcissement marqué des entre-nœuds, des pousses apicales qui lui confère un aspect compact</p>	





	<p>et buissonnant. Leurs folioles sont petites et roulée vers le haut. Les vieilles feuilles sont de taille normale et présentent une mosaïque légère et leur fruits sont piquetés et/ou mosaïqués (figure 13). Les rendements sont considérablement réduits et les fruits sont peu nombreux, petits et maturité inégal (GALLITELLI, 2000).</p>	 <p><b>Figure 8.</b> Symptômes de la mosaïque du concombre sur les feuilles et les fruits de la courgette : <b>a)</b> déformation des feuilles <b>b)</b> fruits piquetés et/ou mosaïqués (INRA, 2013)</p>
<p><b>Mosaïque jaune de la courgette</b></p>	<p>Le feuillage montre des symptômes de mosaïque (alternance de couleur jaune, vert clair et vert sombre). ou de jaunissement, souvent associé à des déformations foliaires importantes (feuille filiforme ou enroulement des jeunes feuilles). Une réduction de la taille des plantes est aussi souvent observée. Les fruits sont souvent mosaïqués (avec des stries vertes), flétris et bosselés, ce qui réduit leur valeur commerciale (AREU., 2005).</p>	 <p><b>Figure 9.</b> Symptômes de la mosaïque jaune sur les feuilles et les fruits de la courgette : <b>a)</b> mosaïque <b>b)</b> boursoufflures (INRA, 2013)</p>



## II.2.4.4. Ravageurs

maladies	Symptômes et dégâts	Figure
<b>Ravageurs</b>		
<p><b>Pucerons</b> (<i>Aphis gossypii</i>).</p>	<p>Les pucerons sont de petits insectes qui se nourrissent de la sève élaborée des plantes et provoquent des dégâts directs. En prélevant la sève, ils affaiblissent la plante (<b>ELODIE, 2016</b>). Leur salive toxique provoque la décoloration, la déformation ou la destruction des tissus végétaux qui réduisant ainsi les ressources disponibles pour la croissance et le développement de la plante (<b>DIB, 2010</b>).</p>	 <p><b>Figure 10.</b> Pucerons (<i>Aphis gossypii</i>) (<b>INRA, 2014</b>)</p>
<p><b>Nématodes à galles</b> (<i>Meloïdogines spp</i>)</p>	<p><b>*Racines</b> : galles blanches, régulières plus ou moins grosses brunissant</p> <p><b>*Feuilles</b> : le feuillage devient chlorotique et les plantes flétrissent</p>	 <p><b>Figure 11.</b> Nématodes à galles racinaires (<b>SNHF, 2018</b>)</p>

	<p>aux heures chaudes de la journée</p> <p><b>*Fruits :</b> taille des fruits réduite</p>	
<p><b>Acariens</b> (<i>Tetranychus urticae</i>)</p>	<p><b>*Feuilles :</b> apparition de minuscules taches nécrotiques plus ou moins dispersées sur les limbes qui jaunit et devient terne. En cas d'attaque sévère les feuilles jaunissent, flétrissent et se dessèchent</p> <p><b>*Couvert végétal (feuilles, tiges) :</b> apparition de toiles soyeuses.</p>	 <p><b>Figure 12.</b> Acarien adulte (INRAAd, 2013)</p>
<p><b>Aleurodes</b> (<i>Bemisia tabaci</i>)</p>	<p><b>*Nombreuses piqûres</b> sur les feuilles</p> <p><b>*Production de miellat</b> provoquant une moisissure : la fumagine</p>	 <p><b>Figure 13.</b> Aleurodes adulte (INRAc, 2013)</p>

### **II.2.5. Production de la courgette en Algérie**

En Algérie, les conditions climatiques et les types de sol sont très favorables pour la culture de toutes les espèces de courges (**GRUBBEN, 2004**). Leurs cultures couvrent une superficie de 8.010 ha avec une production totale de 875410 t. Les principales wilayas productrices de ce légume sont : Mostaganem, Alger, Boumerdes, M'Sila, Tipaza, ... Les cultures sous tunnel à Tipaza, Biskra, Alger et Mostaganem... représentent une production de 33 000 tonnes (**AGROLIGNE, 2014**).

## *Chapitre III*

# *Les champignons Nématophages*

### **Chapitre III : Les champignons Nématophages**

#### **III.1. Généralités sur les champignons nématophages :**

Les champignons occupent une place importante dans la régulation des populations de nématodes dans le sol Certains ont montré un grand potentiel comme agents de lutte biologique (DACKMAN et NORDBRIN-HERTZ, 1985 ; KERRY, 1988 ; SIDDIQUI et IRSHAD, 1996). Ces organismes microscopiques peuvent capturer, tuer et digérer les nématodes (JONSSON et LOPEZ LLORCA, 2001). Donc sont les ennemis des nématodes les plus étudiés et qui ont même fourni la base de préparations mises en vente dans le commerce (AHREN et TUNLID, 2003).

Les champignons nématophages est un moyen plus économique et écologique pour lutter contre les nématodes c'est à dire ils constituent une alternative qui permet de réduire l'emploi d'intrants chimiques (LI et al., 2015).

Les champignons nématophages sont des parasites spécifiques de ces nématodes. Il y a plusieurs modes d'action de ces champignons selon le type de champignons et leur interaction avec les nématodes (figure 14).

Selon (NORDBRING-HERTZ et al., 2006 ; HYDE et al., 2014), ces champignons nématophages sont généralement divisés en quatre groupes généraux :

##### **III.1.1. Les champignons piégeurs ou prédateurs :**

Qui tuent les nématodes en produisant des dispositifs de piégeage adhésifs ou non. Ils possèdent une capacité saprophyte relativement bonne. Les dispositifs adhésifs tels que les hyphes, les branches, les boutons et les filets sont enduits d'un adhésif qui retient fermement le nématode conduisant à la pénétration et à la colonisation par les champignons. Les dispositifs de piégeage non adhésifs sont des anneaux resserrés et non resserrés.

##### **III.1.2. Les champignons endoparasites :**

Utilisent des conidies adhésives ou au goût agréable pour pénétrer dans le corps du nématode. Ce sont des parasites obligatoires, se développent au détriment du contenu corporel et tuent finalement le nématode. Les membres de Chytridiomycota et Oomycota produisent des zoospores uni- et biflagellées respectivement, pour parasiter les nématodes.

### III.1.3. Les parasites des kystes et des nématodes à galles :

Utilisent les femelles ou les œufs comme source de nourriture, colonisant par la croissance d'hyphes somatiques et provoquant la dissolution enzymatique de la coquille des œufs et de la cuticule larvaire. Ces champignons sont impliqués dans la dégradation des kystes du sol au fil du temps. Ils ont clairement la capacité de réguler sa population hôte dans le sol.

### III.1.4. Les champignons producteurs de toxines

Immobilisent les nématodes en sécrétant des toxines. Ainsi que, une mise au point est faite pour ce qui concerne les champignons prédateurs et parasites de nématodes surtout des nématodes à galles (*Meloidogyne sp.*).

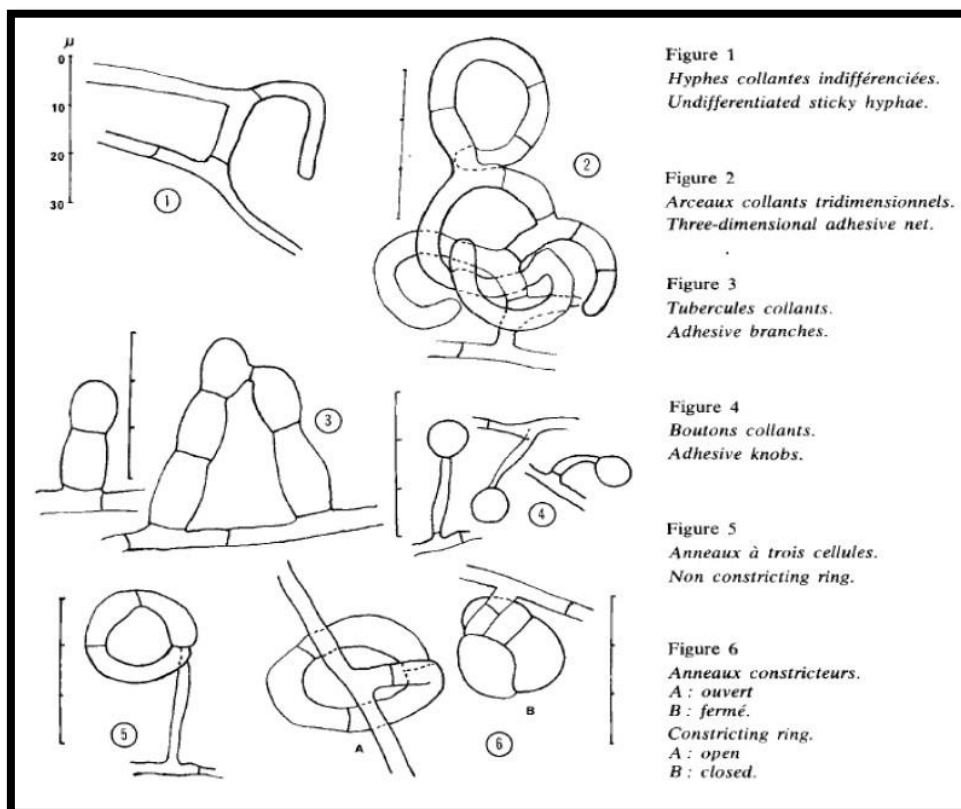


Figure n°14 : Différents Types et formes de pièges (Peloille, 1981).

*Partie II*  
*Travail Expérimental*

*Chapitre I*  
*Matériel et méthodes*

## Chapitre I : Matériel et méthodes

### I.1. But de travail :

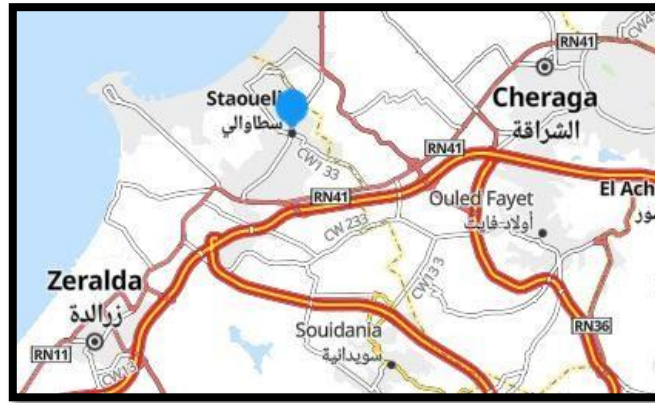
Pour cette étude, sur la base de l'importance des cultures maraichères et plus précisément la culture des cucurbitacées (courgette), nous avons opté à travailler sur la région de l'Alger (Staouali), cette dernière est à haut risque d'infestation par les nématodes à galles. Nous nous sommes basés sur cinq aspects essentiels :

- On ce qui concerne le premier aspect, nous avons essayé de faire une prospection bioécologique sur cette région visitée afin de faire un constat sur l'état des serres (les cultures précédentes, les variétés utilisées et les produits chimiques appliqués...), en présentant un questionnaire approprié (Annexe).
- Le deuxième et le troisième aspect concerne le prélèvement des échantillons de racines dans la serre courgette sur région Staouali qui sont infestées par *Meloidogyne* spp, ce permet d'évaluer le degré d'infestation de la culture de la courgette sous-serre par les nématodes à galles. Et elle est basée essentiellement sur la notion de l'indice de galles (I.G.) pouvant nous donner une idée sur les limites de nos interventions avec ce que nous appelons : seuil de nuisibilité. Ainsi que j'ai fait des analyses pédologiques des sols de cette serre (courgette) prospectées (pH, matière organique, l'humidité, calcaire, calcium).
- Pour ce qui concerne le quatrième et cinquième aspect, nous avons prélevé des échantillons de sol sur deux profondeurs différentes (0-10cm et 10-20cm) à l'intérieur de la serre pour des analyses pédologiques et aussi nous permettra d'estimer la présence, la fréquence et le comportement des champignons nématophages (parasites et prédateurs) des nématodes dans le sol.

### I.2. Présentation de la station d'étude (Staoueli) :

La ville du Staoueli est située à 22km à l'Ouest d'Alger et à 46 km de Tipasa. D'une latitude de 36°54N, longitude de 2°53 E et l'altitude de 30m. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par l'agglomération de Souidania, à l'est par la ville de Chéraga et à l'ouest par celle de Zéralda. (Fig. 15).





**Figure n° 15 : Situation géographique de la région étude Staoueli  
(Google, 2022)**

La région de Staoueli s'arrête au Sud au pied du Sahel algérois. Les caractéristiques pédologiques permettent de distinguer deux ceintures, l'une septentrionale côtière représentant le littoral proprement dit constituée de terres sablonneuses légères et friables avec une faible rétention de l'eau et l'autre correspondant aux versants à texture sablo-argileuse et limoneuse à dominance argileuse au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer.

ITCMI (Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles) est situé dans l'étage bioclimatique, sub-humide caractérisée par un hiver doux, pluvieux et par un été chaud et sec. Les précipitations annuelles varient de 600 à 700 mm. Durant la période humide, les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest, alors que la période sèche est dominée par les vents d'Est et parfois les vents du sud. (Fig. 16).



**Figure n° 16 : Localisation du lieu de la station étude (Staoueli)  
(Google, 2022).**

### **I.3. Méthodologie adoptée**

#### **I.3.1. Matériels utilisés pour l'étude de l'infestation des serres par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* spp et prélèvement du sol :**

##### **a) Sur terrain :**

- Une binette
- Des sachets en plastique
- Des étiquettes
- Marqueur
- Règle graduée
- Appareil photo

##### **b) Au laboratoire :**

- Glucose
- Agar-agar
- Bouillie de pomme de terre
- L'eau distillée
- béciers
- Balance
- Cristalliseur
- Erlenmeyer
- Agitateur
- Flacons en verre
- Cellule de comptage
- Autoclave

- Hotte à bec bunsen
- alcool et coton
- Boîtes de Pétri
- Le sol
- Para film
- Marqueur indélébile
- incubateur
- Microscope
- Etiquettes
- Etuve
- Clés de détermination
- Appareil photo

#### **I.4. Méthodes de travail**

##### **I.4.1. Questionnaire**

C'est un outil adapté pour recueillir des informations précises sur les régions visitées et étudiées, nombre et l'état des serres, les cultures sur place, les précédentes cultures, les variétés, la nature du sol et les produits chimiques utilisés. (Annexe).

##### **I.4.2. Méthode d'échantillonnage**

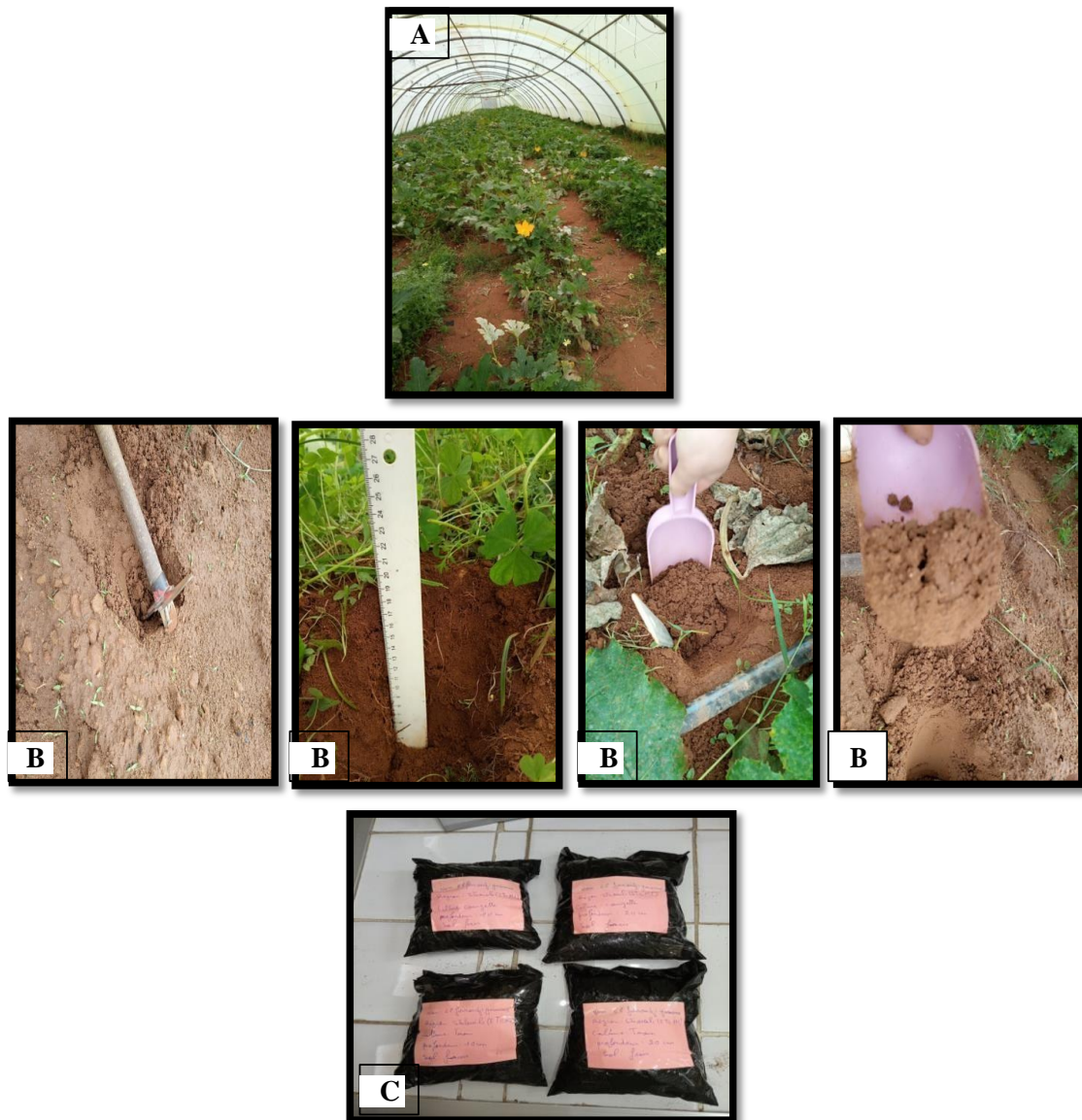
###### **I.4.2.a. Prélèvement du sol et estimation de l'indice de galles**

Les échantillons ont été prélevés au début du mois de mai (05/05/2021). Pour l'indice de galles 24 plantes ont été prélevés. Concernant le sol, consiste :

Le prélèvement se fait aléatoirement à l'aide d'une tarière environ 1 kg à deux profondeurs (10cm-20cm)

La prise du sol s'effectue dans trois points différents à l'intérieur de chaque serre (l'entrée de la serre, le milieu, et la fin de la serre) "méthode diagonal.

Les échantillons de sols sont ensuite mis dans des sacs en plastiques munis d'une étiquette indiquant le domaine, le lieu, la date, la profondeur et le type de sol et toutes les mentions utiles. Les échantillons sont ensuite apportés au laboratoire (**Fig. n° 17**).



**Fig. n° 17 : Protocole expérimentale pour échantillonnage du sol sur terrain (Original, 2022).**

**A : état des serres prospectées. B : Prélèvement de sol. C : Sol et étiqueté collecté a fin mis en sac.**

### I.4.3. Estimation de l'indice de galles

Afin d'estimer le degré d'infestation des cultures sous serre, nous avons utilisé les seuils de nuisibilité établis par (B'CHIR, 1983).

### I.4.4. Etude morphométrique des populations de *Meloidogyne* :

L'étude de la morphologie externe des *Meloidogyne* est considérée comme l'un des éléments permettant la différenciation entre les espèces. Les caractères liés à la taille de la femelle, à celle des juvéniles et des œufs (CHITWOOD, 1949 in HAMMACHE, 2012).

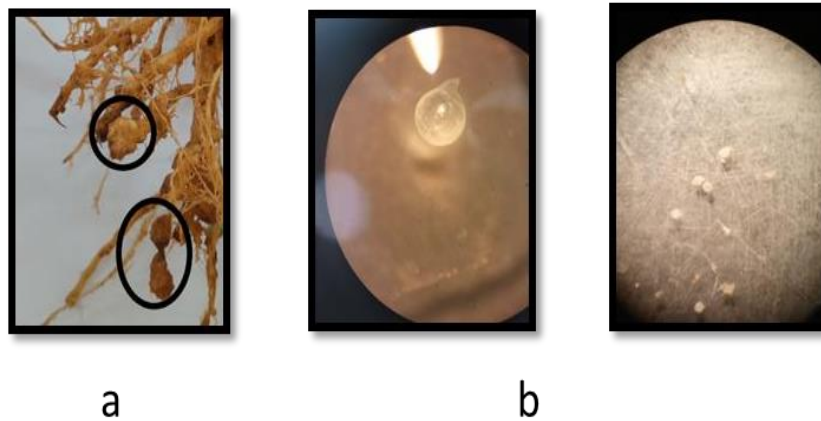
#### a. Identification des espèces de *Meloidogyne* sur la base de la figure périnéale (Pattern) :

Le matériel biologique provient des parcelles du Littoral, d'alentour de Staouali. Cette région est infestée par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. L'identification des espèces présentes dans ces sols a eu lieu en premier par des observations des figures périnéales (Pattern) en se basant sur la morphologie de la partie postérieure des femelles constituée de l'anus, de la vulve, des stries et de l'arche (CHITWOOD, 1949 in HAMMACHE M, 2012).

#### b. Montage des figures périnéales des femelles de *Meloidogyne*

Les femelles sont prélevées à partir des racines noueuses (figure18). Celles-ci sont dilacérées dans de l'eau. Les femelles sont prises à l'aide d'une aiguille et placées dans une coupelle. Ces dernières sont coupées transversalement au 1/3 de la partie postérieure. Après les premières coupes, les parties postérieures sont bien nettoyées du contenu interne (intestin ovaire et les œufs), puis coupées sur les extrémités latérales de façon à ce qu'elles soient de forme rectangulaire. (Fig.19) (Annexe). La coupe ainsi obtenue est placée dans une goutte d'acide lactique pendant quelques minutes, puis déposée dans une goutte de glycérine sur une lame porte-objet qu'on couvre avec une lamelle couvre-objet. Ce montage est latté avec du vernis à ongle donnant un montage prêt à l'observation. Toutes les mentions sont portées sur la lame telle que la date, le nom de l'espèce et de la variété cultivée et la région d'échantillonnage (CHITWOOD, 1949 in HAMMACHE M, 2012).

Les observations sont faites sur un nombre de femelles avec un microscope optique à grossissement x 10, x 20, x 40.



**Figure 18 : Femelles prélevées à partir des racines noueuses**

**(Gros. : 10 X 40). (Original, 2022)**

**(a : racines noueuses ; b : femelles prélevées).**

#### **I.4.5. Préparation de milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar)**

C'est un milieu de culture microbiologique non sélectif qui favorise le développement des champignons, il est composé de bouillie de pomme de terre qui est récupéré de la procédure suivante :

Faire bouillir 200g de pomme de terre dans 1L d'eau (Faire bouillir entre 15 à 20 minutes, jusqu'à ce qu'elles soient tendres). Récupérer le bouillon, le mettre dans un cristalliseur, ensuite, ajouter 20g de glucose, 20g d'Agar-agar et l'eau distillé jusqu'à obtention 1L.

Verser le milieu PDA dans un Erlenmeyer et le mettre sur l'agitateur magnétique pendant 20 minutes pour qu'il soit homogène, le couler dans des flacons en verre, et les faire passer à l'autoclave pendant 20 min à une température de 120°C pour la stérilisation, laisser refroidir, une fois le milieu refroidit, on ajoute l'antibiotique (pénicilline)(0,1ml/1L), pour que le milieu ne soit pas contaminé par les bactéries (**Fig. n°20**).

#### **I.4.6. Isolement de différentes espèces de champignons à partir du sol**

Dans un endroit stérile (la hotte), devant un bec bunsen ; faire couler le milieu PDA (d'une épaisseur de 02 à 03mm) dans seize boites de Pétri stériles (faire 04 répétitions pour culture courgette à deux profondeur 10 cm et 20 cm et culture Témoin 10cm et 20 cm) Chaque boite et datée, numérotée et nommée.

- Après solidification du milieu, ensemercer le sol à la surface du milieu (1g pour chaque boite) ; puis fermer les boites et les sceller avec un para-film. Inverser les boites de Pétri pour éviter le risque de contamination par les gouttelettes d'eau accumulées sur le couvercle (**Fig. n°21**).





Photo n°01



Photo n°02



Photo n°03



Photo n°04



Photo n°05

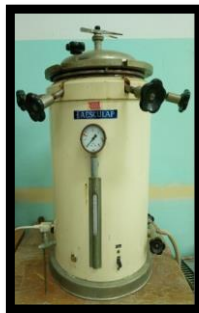


Photo n°06



Photo n°07

**Figure n°20 : Les différentes étapes de préparation de milieu culture PDA  
(Originale, 2022).**

(Photo n°1: Glucose ; Photo n°2: Agar-agar; Photo n°3 : Milieu PDA ; Photo n°4: Solution préparé ;  
Photo n°5: Agitation ; Photo n°6: Autoclave ; Photo n°7: Milieu PDA préparé).



Photo n°08



Photo n°09



Photo n°10



Photo n°11

**Figure n°21 : Les étapes d'isolement des champignons nématophages  
(Originale, 2022).**

(Photo n°8 : Stérilisation des boîtes de Pétri ; Photo n°9 : Coulage ; Photo n°10 : Ensemencement du sol ; Photo  
n° 11 : Scellage des boîtes de pétri avec le para-film).



#### **I.4.7. Conditions d'incubation**

Une fois les boîtes de Pétri sont prêtes, ses dernières seront mises dans l'étuve à 25°C, qui est une température favorable au développement des champignons nématophages (**Fig. n°22**) (Annexe). Après environ une semaine nous pouvons observer sous loupe binoculaire et au microscope optique les champignons nématophages développés.

#### **I.4.8. Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites :**

Pour la Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites nous nous sommes référés aux clefs de détermination (**COOKE et GODFREY, 1964 ; BARRON, 1968 ; BUYCK, 1986 et PHILIP, 2001**) qui est basée sur :

- Les spores
- Les réseaux mycéliens
- Les anneaux constricteurs et non constricteurs
- Les conidiospores
- Les boutons adhésifs
- Les conidies
- Les mycéliums perforants
- Les chlamydospores

#### **I.4.9. L'étude analytique du sol**

Les analyses pédologiques du sol sont effectuées : certaines au niveau des laboratoires de pédologie et PFE à l'université **SAAD DAHLEB 1** (Matière organique, granulométrie) et l'autre dans **école supérieure nationale "Lina"** à el Harrach (humidité, pH, calcaire totale, Conductivité électrique et granulométrie pour confirmer) **tableau n°02 et tableau n° 03** (Annexe), les analyses étudiées sont :

Matière organique, analyse granulométrique, l'humidité du sol, analyse de pH d'eau, conductivité électrique et le calcaire total.

***Chapitre II :***  
***Résultats et discussion***

## Chapitre II : Résultats et discussion

### II. 1. Importance du questionnaire :

Le questionnaire que nous avons préparé a permis d'avoir une idée générale sur la région prospectée. Nous avons noté que les serres dans la région été anciennes, elles ont toutes plus de 40 ans (Depuis 1982), et l'utilisation des produits chimiques se fait chaque année, dont les produits couramment utilisés sont (NPK : potasol 50%, 15.15.15, Urée 46%) au moment de labour et le système d'irrigation est le goutte à goutte.

### II.2. Etude d'état d'infestation de la culture de courgette par les nématodes à galles dans la zone d'étude :

Afin d'estimer le degré d'infestation des cultures sous serre, on utilise l'indice de galles qui est une notation visuelle de l'état des racines (qui permet d'identifier le seuil de nuisibilité) et d'après le tableau N° 04 (Annexe) les 24 plants arrachés de la courgette sont tous infestés avec un indice de galles qui varie entre 1 et 5 (**figure n°30**).

#### II.2.1. Moyenne de l'indice de galles pour la région (staouali)

Pour estimer de la moyenne de l'indice de galles des plantes pour la région (Staouali) nous avons utilisé cette formule :

$$IGM = \sum_{i=0-5} x_i = \frac{x_0 + x_1 + \dots + x_n}{n}$$

$x_i$  = indice de galle par plant.

$n$  = nombre de plantes échantillonnées par serre.

Ce qui nous a permis d'évaluer cette région : Staouali : **IGM= 3** Courgette, **Tableau n°04** et (**figure n°31**)

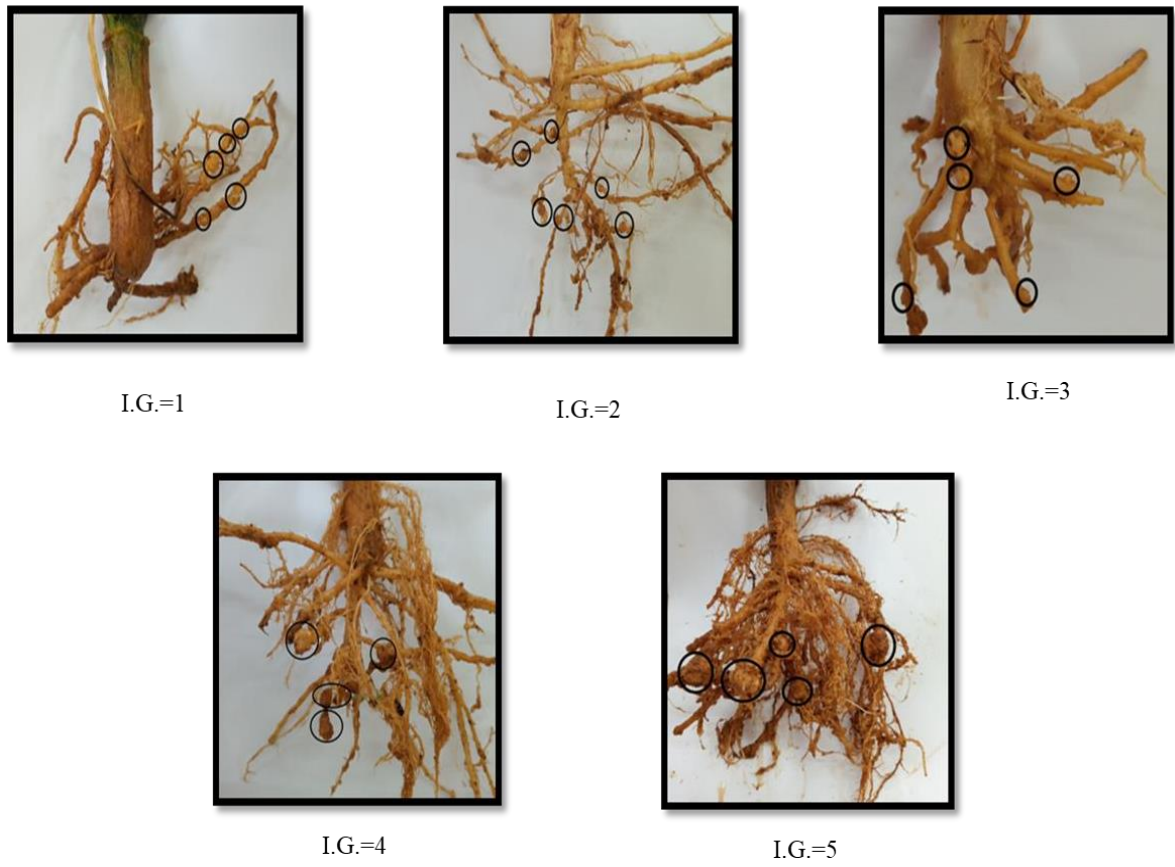


Figure n° 30 : Estimation de l'indice de galles (original, 2022).

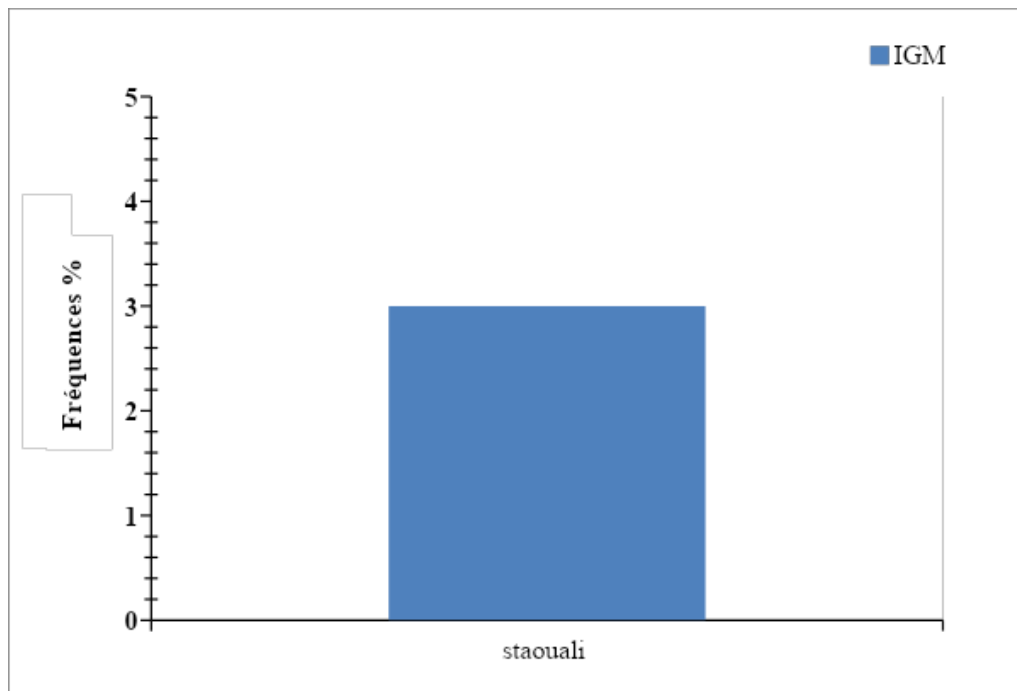


Figure n° 31 : histogramme du moyen indice de galle de Staouali (Original, 2022)

### II.3. Détermination des espèces de *Meloidogyne* :

Selon (HAMMACHE, 2012), L'observation des régions postérieures des femelles de *Meloidogyne* est un des moyens fiables pour l'identification des espèces. A ce niveau, les caractères spécifiques de toute l'empreinte de la partie postérieure c'est-à-dire l'anus, la vulve, la forme des stries et l'arche sont présents. Sur les 40 coupes réalisées, nous avons pu identifier une espèce. Il s'agit de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919 ; Chitwood, 1949), sur la base des caractères morphologiques, nous avons remarqué que *M. incognita* domine dans cette région (100 %). (fig.33).



*M. incognita* (original, 2022) (Gross: 10 X 40)

*M. incognita* (<http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/taxadata>)

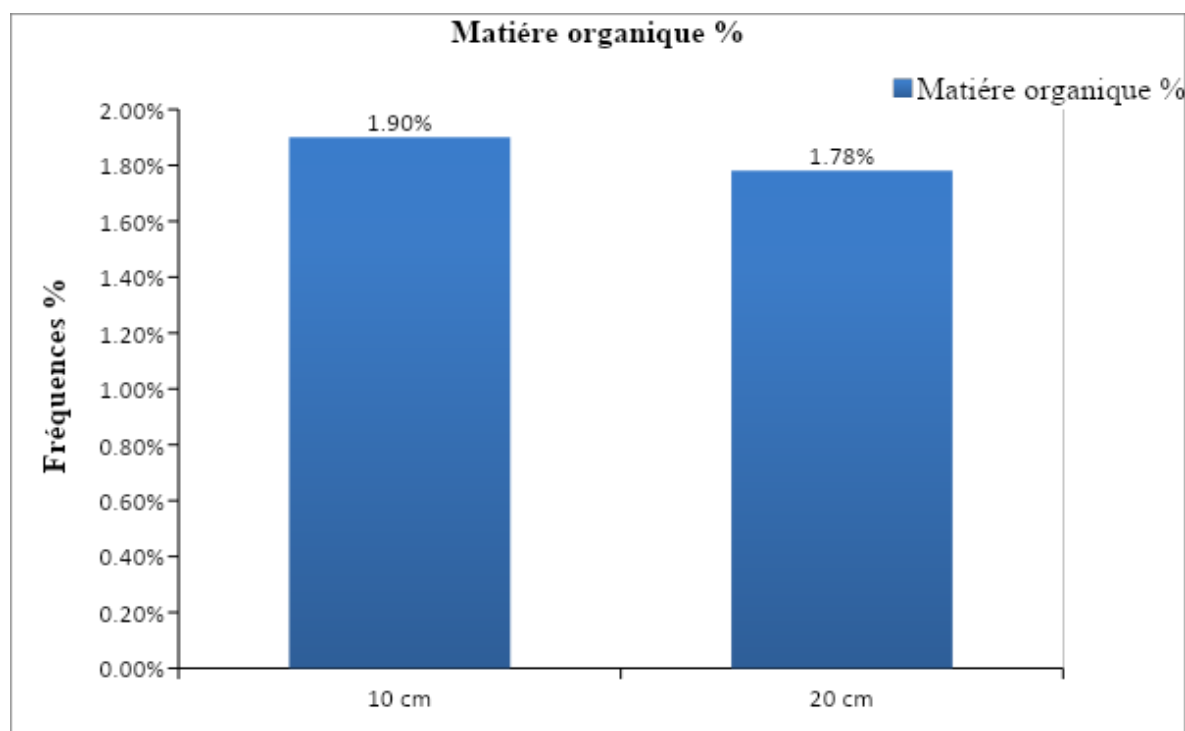
**Fig. 33 : Figure périnéale (Pattern) d'espèce de *Meloidogyne* identifiée dans la région d'étude (Originale, 2022).**

#### II.4. Les analyses pédologiques du sol

Les analyses pédologiques du sol sont effectuées : certaine au niveau des laboratoires de pédologie et PFE à l'université SAAD DAHLEB 1 (Matière organique, granulométrie) et d'autres au niveau de l'Ecole Supérieure Nationale d'Agronomie ENSA à El-Harrach (humidité, pH, calcaire totale, Conductivité électrique et granulométrie pour confirmer) tableau n°08 et tableau n° 09 (Annexe), les analyses étudiées sont :

##### a. Matière organique

D'après les résultats de la **figure n°34**, nous constatons que la région d'étude présente un taux de matière organique qui varie entre 1.90% et 1.78% dans les deux profondeurs 10 cm et 20 cm respectivement, et cela peut s'expliquer par le fait que le sol sur cette région est moyennement pourvu en matière organique.



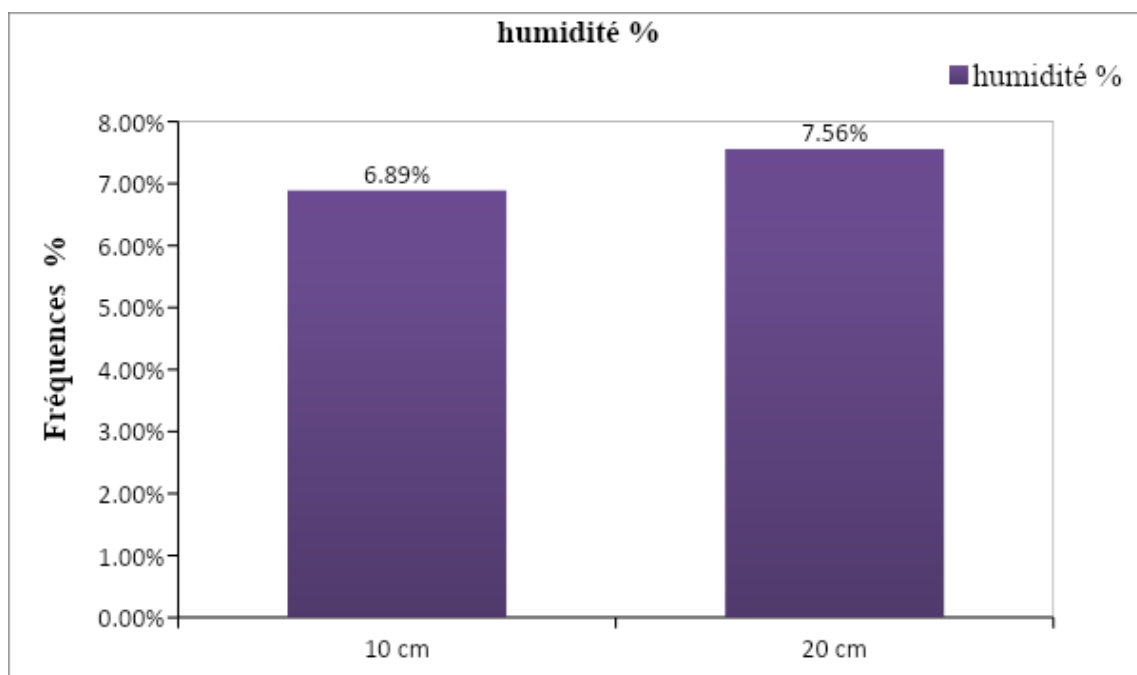
**Figure n°34 : Matière organique dans la station d'étude Staouali dans 10 cm et 20 cm de profondeurs**

### b. La texture

D'après les résultats des analyses granulométriques **Tableau n°03** (Annexe) et la lecture sur le triangle de la granulométrie **figure n°35** (Annexe), on constate que le sol de la région de Staouali est sableux-limoneux dans les deux profondeurs (10 cm et 20 cm) **Tableau n°05** (Annexe).

### c. L'humidité

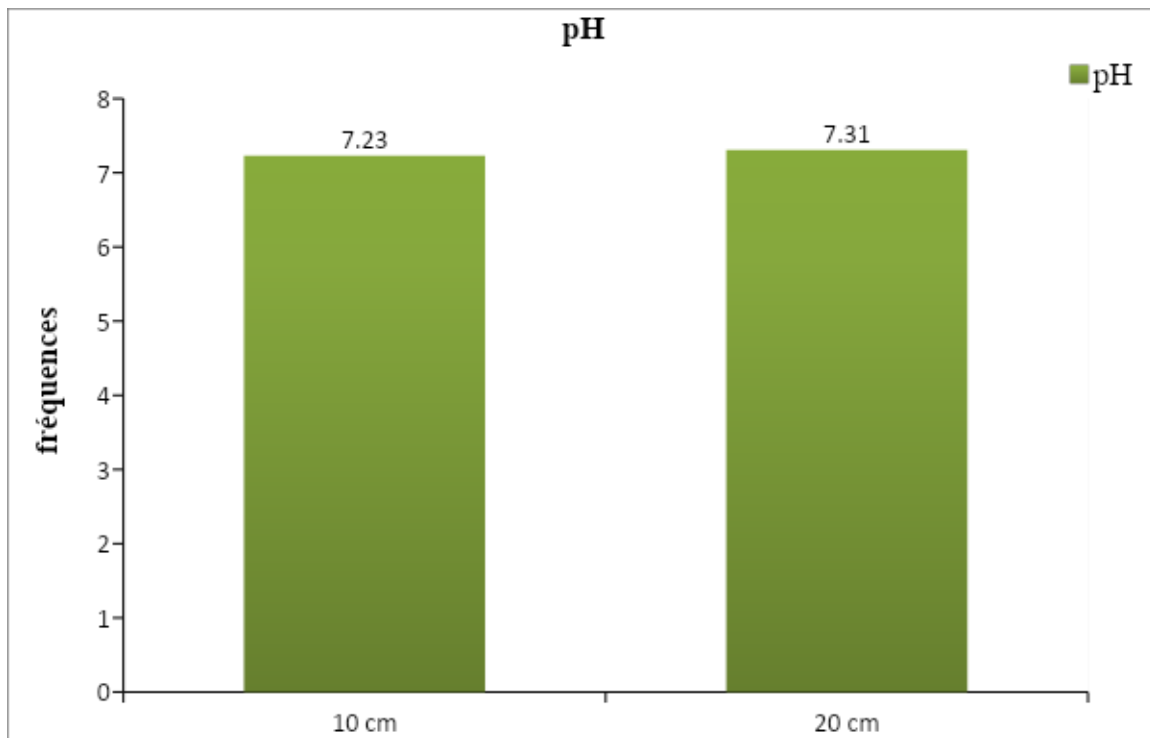
D'après les résultats de la **figure n°36**, cette dernière nous montre que cette région a un sol humide qui varie entre 6,89% et 7,56% respectivement dans les deux profondeurs.



**Figure n°36 : Humidité du sol dans la région d'étude staouali dans 10 cm et 20 cm de profondeurs**

**d. pH**

Dans **la figure n°37** nous avons constaté que dans la station d'étude (Staouali) le pH tend vers l'alcalin, il varie entre 7.23 et 7.31 pour les profondeurs 10cm et 20 cm respectivement.

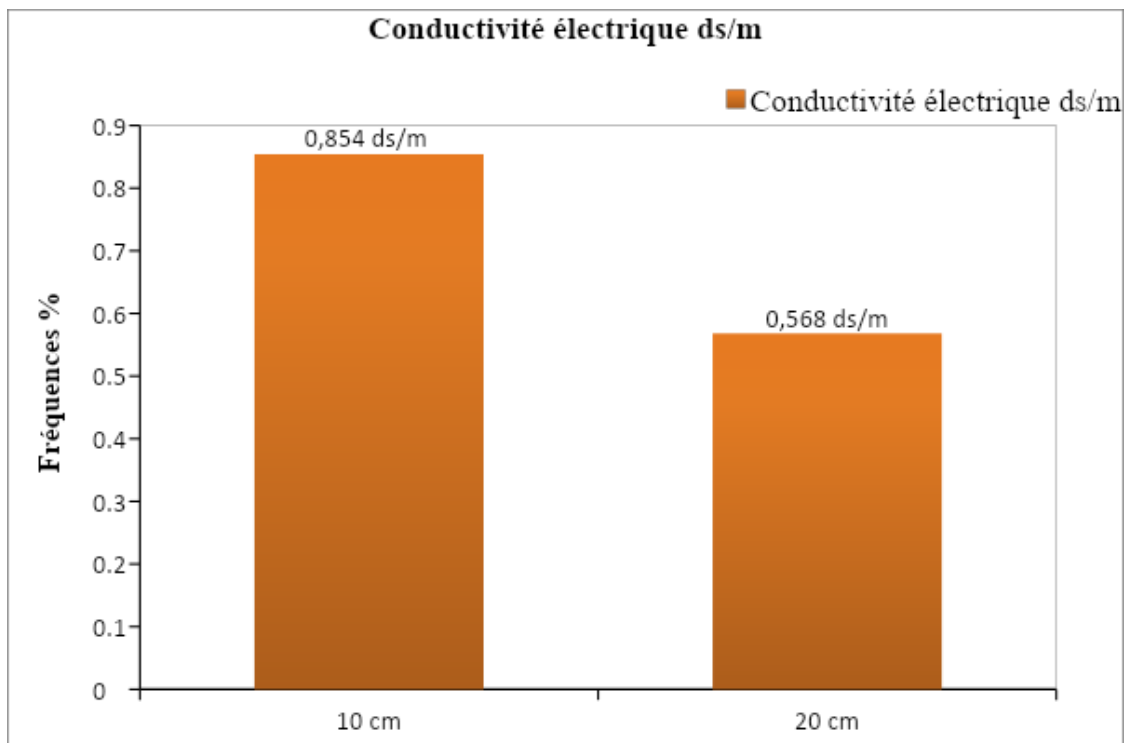


**Figure n°37 : les valeurs du pH dans la station d'étude Staouali dans 10 cm et 20 cm de profondeurs**

**e. Conductivité électrique**

D'après les résultats de la **figure n°38** nous avons remarqué que la conductivité varie en profondeur dans la région, présente une conductivité plus forte dans 10cm (0,854ds/m) que 20 cm (0,568ds/m).

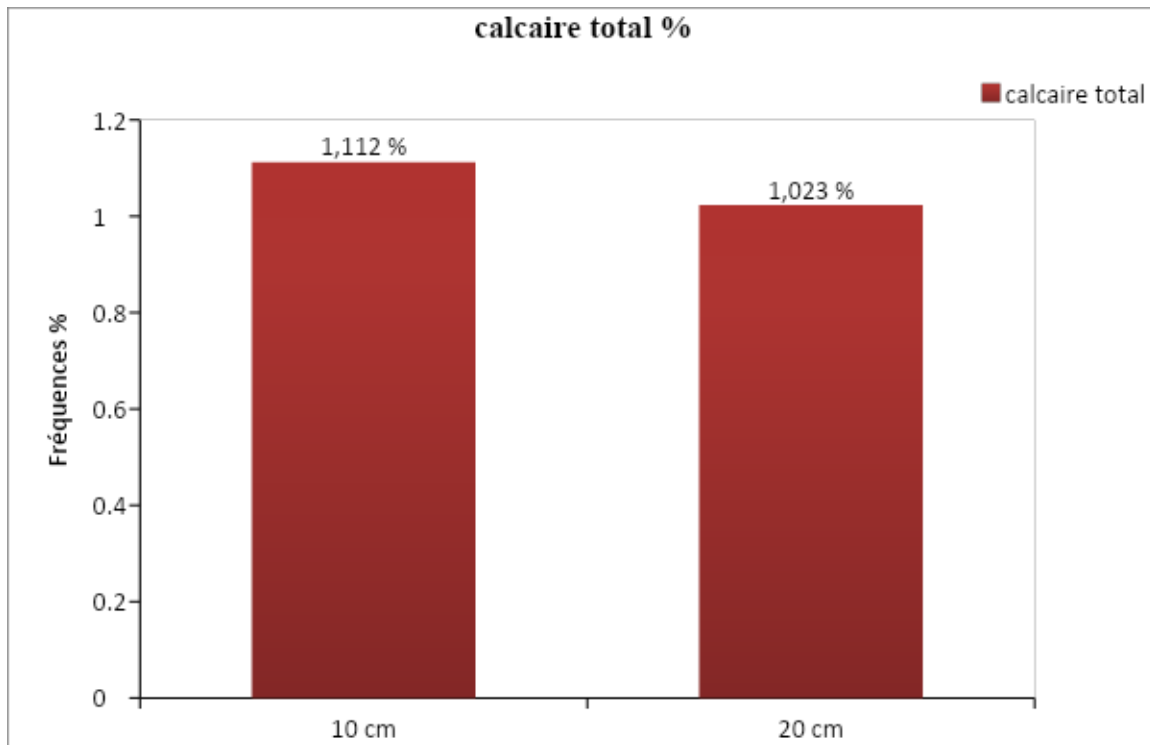




**Figure n°38 : Valeurs de la conductivité électrique dans la station d'étude (Staouali) dans 10 cm et 20 cm de profondeurs**

#### **f. Le calcaire total**

D'après les résultats de la **figure n°39** nous n'avons enregistré que la région de staouali présente un sol calcaire, avec un taux de 1.112% pour les 10 cm et de 1.023 % pour les 20 cm de profondeur.

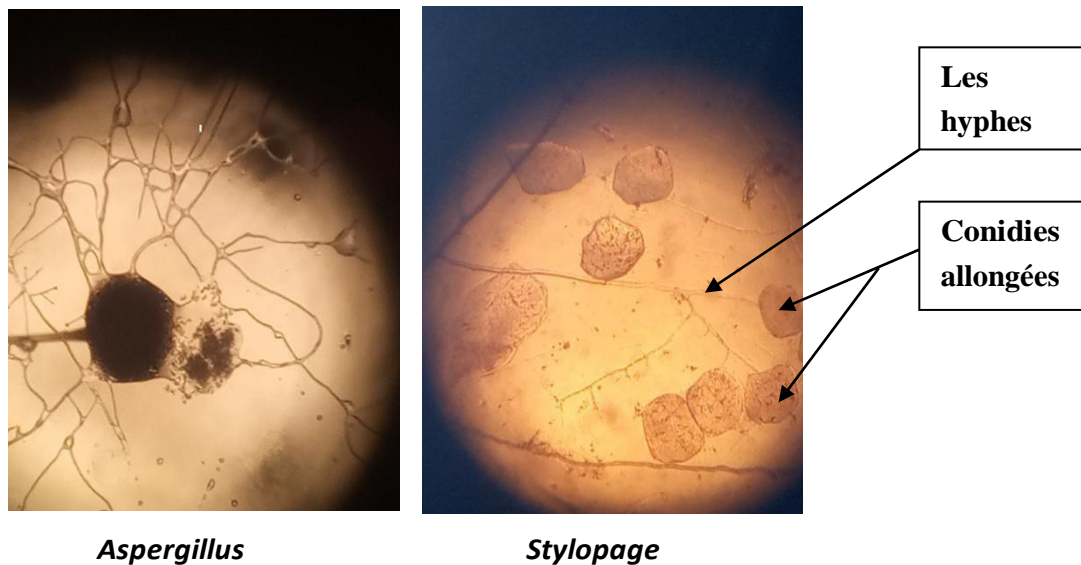


**Figure n°39 : les valeurs du calcaire dans la station d'étude Staouali dans 10cm et 20cm de profondeur**

### **II.5. Les champignons nématophages prédateurs et parasites déterminés dans la région d'étude (Staouali) :**

D'après les différentes clés de détermination, et après une observation sous microscope à l'état frais nous avons pu répertorier 02 genres de champignons nématophages (prédatrices et parasites) :

Dans la région de staouali : à 10cm de profondeur : 02 genres, *Aspergillus*, et *Stylopage* ; à 20cm de profondeur : 02 genres, *Aspergillus* et *Stylopage* (**Fig. n°40**).



**Figure n°40 : Différents genres de champignons nématophages prédateur et parasite dans les deux profondeurs (10 cm et 20cm) (Originale, 2022).**

### II.5.1. Description des différents genres de champignons Nématophages

- **Aspergillus** : Ce sont des champignons saprophytes, c'est-à-dire qui tirent leur nourriture de substances organiques en décomposition. Ce sont des moisissures à filaments hyalins, cloisonnés, et ils sont haploïdes (Quatresous, 2011).
- **Stylopaga** : C'est un genre de champignons prédateurs, qui caractérise par des conidies unicellulaires allongées. Il peut présenter des hyphes et des boutons adhésifs (BARNETT et HUNTEN, 1998).

### II.5.2. Etude de la fréquence des champignons nématophages sur la culture de courgette

La fréquence des espèces présentées dans le sol étudié a été estimée par rapport à leurs présences dans les répétitions :

- Espèce présente dans une seule répétition = 25%
- Espèce présente dans deux répétitions = 50%
- Espèce présente dans trois répétitions = 75%
- Espèce présente dans quatre répétitions = 100%

L'étude de la fréquence de distribution des différentes espèces nématophages.

**A. Sol à 10cm de profondeur : (Figure n°41)**

• **Région de Staouali :**

Deux genres de champignons ont été répertoriées : *Aspergillus* à 100% suivi de *Stylopaga* à 75 %.

**B. Sol à 20cm de profondeur : (Figure n°42)**

• **Région de Staouali :**

sur cette profondeur, cette région présente deux genres de champignons nématophages, *Aspergillus* et *Stylopaga* avec des fréquences de 100% et 25% respectivement.

On peut dire que la région d'étude et les différentes profondeurs présentent une diversité des champignons nématophages bien visible, nous remarquons que le genre *Aspergillus* est le plus fréquent car ce genre présente un comportement prédateur envers les œufs des nématodes.

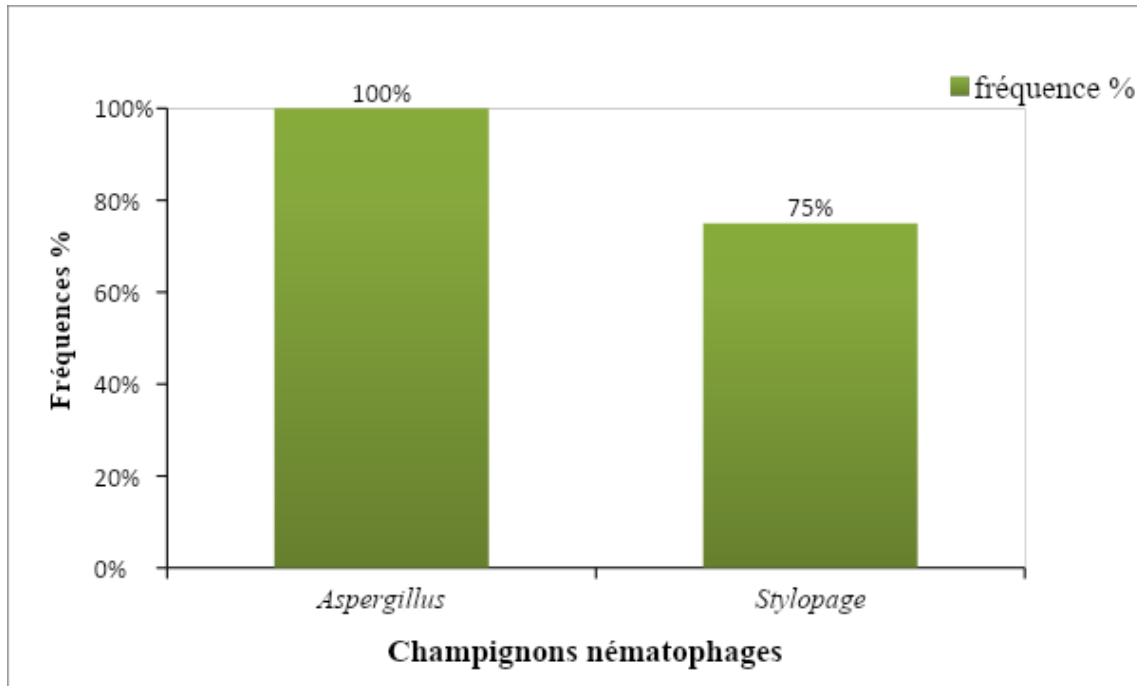


Figure n°41 : Fréquence de champignons nématophages dans la région de staouali dans 10cm de profondeur

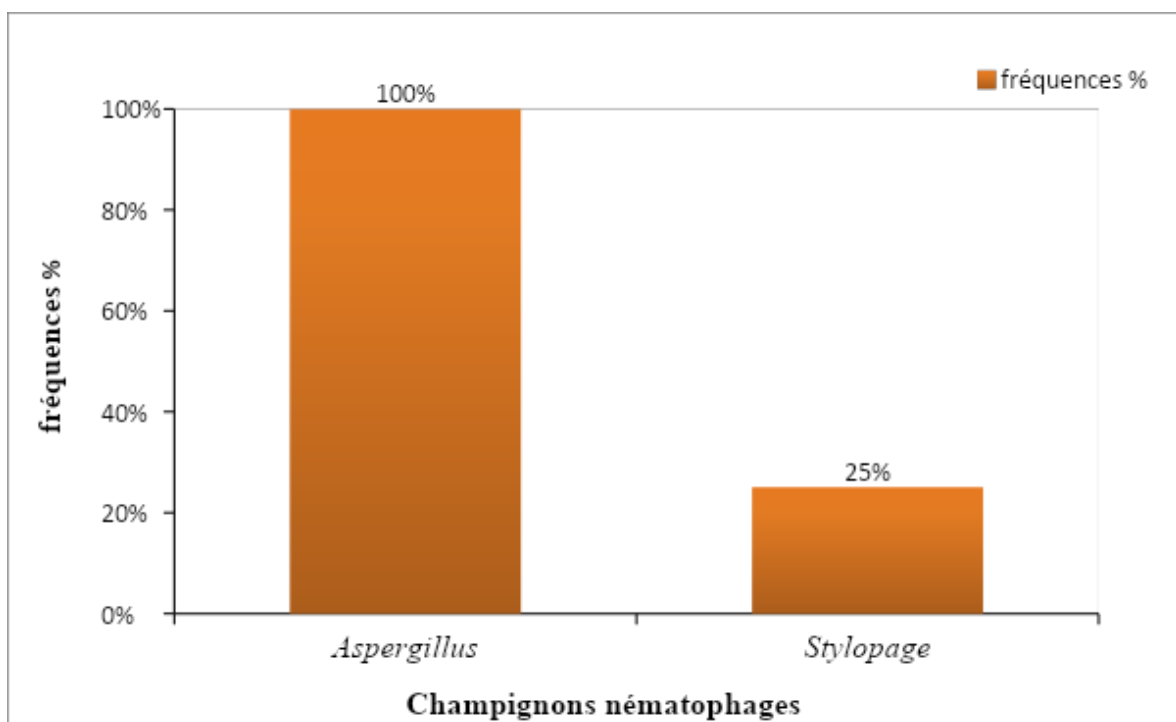


Figure n°42 : Fréquence de champignons nématophages dans la région de Staouali dans 20 cm de profondeur

## II.6. Discussions

Sur la base de l'importance des cultures maraichères et plus précisément la culture de courgette qui occupe une place très importante en Algérie. Nous avons choisi la région de Staouali (wilaya d'Alger), ce dernier est à haut risque d'infestation par les nématodes à galles (*Meloidogyne* sp).

Nous avons commencé notre travail par une enquête (questionnaire) visant à collecter des informations sur l'état de verger (la surface, le type de sol, la culture sur place, les variétés cultivées et les produits chimiques appliqués...).

D'après le questionnaire établi nous avons noté que sur l'état de la serre était très endommagé (créé en 1982), et que l'irrigation des cultures se fait par la technique goutte à goutte, l'utilisation des produits chimiques se fait chaque année.

Concernant l'attaque des *Meloidogyne*, La région présentent des résultats de I.G. égal à 3. Selon **B'CHIR, 1983** le seuil de nuisibilité chez les cucurbitacées est égal 3. Nous pouvons dire que malgré les degrés d'infestation variables, la courgette est une plante sensible à la *Meloidogyne*, cela peut être expliquées par :

- Le choix des parcelles de plantation.
- Les périodes de cultures.
- La période et la durée d'éclosion des masses d'œufs en diapause dans le sol.
- L'activité des larves infestantes dans le sol.
- Le degré d'infestation du sol par les *Meloidogyne* spp.

Nous pouvons dire aussi que les nématicides ont été utilisés sans tenir compte de l'état d'infestation du sol par les *Meloidogyne*, cela montre que l'intervention chimique dans les régions d'étude est systématique et anarchique.

La présence du nématode a été signalée pour la première fois par **Delassus en 1928** dans les zones maraichères de la Mitidja (**SCOTTO La MASSESE, 1962**). Ce nématode est toujours considéré comme le plus redoutable sur ces cultures, il est présent dans la quasi totalité des

parcelles des zones maraîchères du pays (MOKABLI, 1988 ; SELLAMI et al., 1999). En Algérie, de nombreux travaux ont signalé la présence des nématodes à galles sur diverses cultures (SCOTTO LAMASSESE, 1961 ; ALLILI, 1986). La caractérisation morpho-anatomique des espèces des *Meloidogyne* ont permis de mettre en évidence la présence des trois principales espèces à savoir : *M. incognita*, *M.javanica* et *M. arenaria*, avec une dominance de *M. javanica* dans les zones sahariennes et *M.incognita* dans les zones du littorales (SELLAMI et al., 1999 ; NEBIH HADJ-SADOK, 2008).

D'après DAVET, 1996, la fumigation détruit indistinctement les parasites et les microorganismes utiles, et que l'utilisation des traitements nématicides cause une ré-contamination du sol, après cultures (DALMASSO et MISSONNIER 1986). Par exemple l'utilisation de Mocap à la volée, n'atteint que les couches superficielles du sol ce qui diminue son efficacité sur la nématofaune des couches profondes du sol. De ce fait, les cultures à système racinaire profond tel que la courgette n'échappent pas aux attaques de *Meloidogyne*, en fait, les effets néfastes des pesticides sur l'homme, l'environnement et la résistance des bio-agresseurs ont été démontrés (ASSOGBA-KOMLAN et al., 2007).

B'CHIR (1981) a montré que les variétés résistantes diminuent les populations des *Meloidogyne* et sont productives. Enfin, nous encourageons l'utilisation des variétés résistantes comme moyen de lutte contre ces nématodes. En effet, ce procédé peut se suffire parfois à lui-même (DALMASSO et MISSONNIER, 1986) ou bien utiliser dans les serres faiblement infestées (B'CHIR et HORRIGUE, 1983).

CHAUSSOD et al. (2007) mentionnent que le sol est un milieu complexe dont les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques dépendent de plusieurs facteurs tels que le type pédologique, le système de culture et les pratiques culturales qui agissent en interaction.

D'après l'étude pédologique des sols de cette région, Les analyses concernant la texture montrent que station étude se caractérise un sol est Sableux-limoneux dans les deux profondeurs 10 cm et 20 cm.

Selon CASTILLO et al. (2003), Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* trouvent dans le sol limono-sableux pratiquement toutes les conditions favorisant pour leur développement. Les pourcentages granulométriques de ce sol le rendent plus équilibré que

les sols sableux et argilo-limoneux et d'après **BRAWN et SWAN (1974)** montrent que les sols compacts limitent le développement des nématodes par manque d'aération, plus le sol est poreux, plus il est aéré cette aération favorise l'activité physiologique des nématodes (**VAN GUNDY, 1985**).

Nous avons remarqué que la région prospectée présente des champignons nématophages prédateurs et parasites du genre : *Aspergillus*, et *Stylopage*. Les études montrent que la présence des champignons nématophages est naturelle (**CAYROL et al., 1992 ; BOUGUERRA 1993**).

D'après (**SHERBER, 1995**) « ceux sont probablement des raisons chimiques qu'ils font que le champignon n'apparaît que là où les nématodes vivent », comme les nématodes sont présents sous différents stades larvaires et restent mobiles dans tout leur cycle de vie leurs antagonistes doivent produire des pièges (**KERRY, 1992**). Cette diversité mycélienne offre plusieurs types d'avantages.

On a noté que les valeurs du pH dans la région de Staouali dans les deux profondeurs, (10cm= 7,23 ; 20cm= 7,31) sont des valeurs favorables pour le développement des *Meloidogyne*, concernant l'humidité du sol elle varie entre 6,89 % et 7,56% respectivement pour les profondeurs de 10cm et 20 cm et aussi cette région est riche en matière organique.

D'après les différents essais, il est montré que les champignons *Rhopalomyces* et *Stylopage* se développe rapidement dans un pH neutre, alors que sa croissance est stoppée en pH acide (5,7) dans ce dernier cas le champignon n'est pas arrêté, il émet une légère frange mycélienne incapable de s'étendre (**CAYROL, 1983**).

D'après **ARRUFAT et al. (2006)**, il est possible que le fort taux d'humidité ne permette pas un bon développement de la microflore du sol. Ce qui explique le manque de diversité des espèces de champignons nématophages dans cette région, où l'on voit que la dominance d'*Aspergillus* par rapport à *Stylopage*.

La vitesse de croissance du champignon augmente entre les températures de 10°C à 25°C (optimum) puis régresse ensuite à 37°C, le champignon est tué mais se montre



résistant au froid puisqu'il est capable de se développer normalement -18°C lorsqu'il est replacé dans les conditions thermiques favorables. (CAYROL, 1983).

Les champignons prédateurs et parasites de nématodes sont largement répandus à travers le monde sous toutes les latitudes et altitudes variant de zéro à 2000 mètres (PELOILLE, 1981).

**LABORDE, DELMAS et HARDEMARE, 1968** signalent qu'un sol riche en matière organique favorise le développement de la microflore. Selon **COOKE, 1968** la formation des champignons et la croissance mycélienne sont des processus qui réclament de l'énergie et cette énergie provient de la matière organique. **MANKAU, 1962** a montré que le sol peut souvent contenir une substance qui inhibe la germination des spores et l'addition de matière organique végétale en décomposition suspend temporairement cette fongistase

**COOKE, 1968** montres qu'un stimulus chimique particulier peut induire la croissance et la formation des pièges des champignons prédateurs. En outre, il sera intéressant de confirmer que la matière organique n'est pas à elle seule un moyen de survie des champignons, d'autres facteurs sont importants, **TIETZ (2001)** précise que le champignon antagoniste pousse dans le sol à condition qu'il trouve le milieu propice à son développement. la présence d'autres microorganismes et de matière organique en voie de décomposition, (CAYROL, 1983) le développement des champignons se fait beaucoup mieux dans un fumier de bovin ou ovin que dans un humus de commerce. D'autres facteurs sont importants. **CARTILE et WATKINSON (1994)** montrent que l'utilisation des pratiques culturales comme la rotation des cultures a un effet favorable sur la croissance, la distribution et la survie des champignons.

Nous pouvons dire que la région de Staouali présente un certain nombre de champignons nématophages qui pourraient être utile en lutte biologique. Car cette dernière est un moyen susceptible de remplacer la lutte chimique.

### Conclusion générale

L'étude de l'infestation menée à la station de Staouali de la culture de la courgette par les nématodes à galles *Meloidogyne* nous a permis d'évaluer le degré d'infestation des variétés et de mettre en évidence les facteurs favorisant le développement de ces nématodes qui se développent bien dans les régions du Littoral caractérisées par un climat doux avec des conditions édaphiques favorables surtout avec la disponibilité de plantes hôtes. Il apparaît à travers les présents résultats que les nématodes peuvent en effet se développer dans le sol de cette station.

Les cultures de cucurbitacées (courgette) sont considérées comme des bonnes plantes hôtes pour les *Meloidogyne*. L'étude fait ressortir une variabilité de l'indice de galle (I.G) qui est égale à 3 pour la courgette. Les indices des galles estimés en fin de culture montrent que l'infestation dépasse le seuil de nuisibilité, malgré l'utilisation des nématicides.

Concernant la détermination des espèces de *Meloidogyne* sur la base des caractères morphologiques, nous avons remarqué que *M. incognita* domine dans cette région (Staouali)

Les analyses pédologiques du sol démontrent que la région d'étude est de texture sableux-limoneux et que la matière organique varie entre 1.78% et 1.90%, un sol humide qui varie entre 6,89% et 7,56% et un pH qui tend vers l'alcalin (7.23 et 7.31) cela conclut que cette région présente toutes les conditions favorables pour le développement des nématodes et d'autres microorganismes.

Nous avons pu répertorier 02 genres de champignons nématophages (prédatrices et parasites) avec des fréquences différentes, *Aspergillus* et *Stylopage* avec une dominance d'*Aspergillus* dans les deux profondeurs (10cm et 20 cm).

On peut dire que la région de Staouali présente un certain nombre de champignons qui pourraient être utiles en lutte biologique et aussi c'est une richesse locale.

Notons enfin que cette étude nous a permis de mettre en évidence et d'attirer l'attention sur l'opportunité de l'utilisation des champignons nématophages (prédateurs et parasites) en lutte biologique car cette dernière est un moyen susceptible de remplacer la lutte chimique. Il est indispensable de développer ces moyens de lutte car les nématicides chimiques représentent un danger pour l'environnement et même provoquent la résistance du nuisible.

*Les Références  
Bibliographiques*

## Références bibliographiques

1. **ABATZIAN V., LIZOT J.F., COLLIN F. et BRUN L., 2003** - *Produire des semences de Courgette dans itinéraire AgrobioJogique*. IT AB 149, rue de Bercy 75595 Paris Cedex 12 et FNAMS 74, rue J. J. Rousseau 75001 Paris, pp 1-4.
2. **AGRIOS G., 2005** - *Plant pathology*. 5<sup>ème</sup> édition. Elsevier Academic Press, U.S.A, 922 p.
3. **AGROLIGNE , 2014**. *Marché des fruits et légumes en Algérie*, 14p.
4. **AHREN D. et TUNLID A., 2003**- Evolution of Parasitisme in Nematode-Trapping fungi. *The Journal of Nematology*, 35(2), pp. 194-197.
5. **AISSAT K., 2008** - *Etat sanitaire de la culture de la tomate sous serre et étude épidémiologique de Botrytis cinerea (Agent de la pourriture grise)*. Thèse de Doctorat en Biologie. Université Ferhat Abbas, Sétif, 94p.
6. **ALLILI C., 1986** - *Résultats préliminaires d'une enquête nématologique sur cultures maraîchères dans la région de Rouïba*. Thèse Ing. Agro. Inst. Nat.Agro, El-Harrach, Alger, 38 p.
7. **ANDRES, 2003**- in European medicines agency, 20112. Assessment report on Cucurbita pepo L., semen.44p.
8. **ANONYME 1., 2020** - <https://www.bio-enligne.com/jardin-biologique/172-courgette.html> Consulté le 14/04/2020
9. **AREU., 2005** - Le virus de la mosaïque jaune de la courgette fiche technique, 4 p
10. **ARRUFAT A., SINGER M., PANCHAUD-MIRABEL E., 2006** – *Evaluation du développement et de la suivie d'Arthrobotrys conoides en sol maraicher*. Ed. CIVAM BIO PO, 11p.
11. **ASSOGBA-KOMLAN F., YAROU B.B., MENSAH A. et SIMON S., 2007**- Pratiques culturales et teneur en éléments anti nutritionnels (nitrates et pesticides) du Solanum macrocarpum au sud du Bénin. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.*, 7(4), 1-21
12. **AYADI- FEKI F., 2015** -*Les nématodes de cultures sous serres*. Station de défense des cultures du sud sfax 94p.
13. **B'CHIR M.M., 1981**-les principaux facteurs qui déterminent le développement des *Meloidogyne* sous abris plastique (serres) en Tunisie. *6ème Jour. phtiatricie et de larrousse*, Paris, 240p.

14. **B'CHIR M.M., 1983** - Mise au point d'une méthode de lutte intégrée, associant un agent biologique et une substance chimique, pour combattre les Meloidogynes sous abris plastiques en Tunisie. *Rev. Nématol.*, Vol. 48, n° 2, pp. 421- 432.
15. **B'CHIR M.M.et HARRIGUE N. ,1983** - *Etablissement d'un modèle expérimental pour tester l'efficacité des produits nématicides homologués sur les Meloidogyne associées à la culture de melon (Cucumis melo) sous abris serre*. Ed. Ann. I.N.R.A.T., vol.55, fasc.3. Ariana, 20 p.
16. **BACHELIER G., 1978** - *La faune des sols, son écologie et son action*. Ed. O.S.T.O.M., Paris, 400 p.
17. **BARBARY A., 2014** - *Bases génétiques de la résistance vis à vis des nématodes du genre Meloidogyne chez le piment*. Thèse de biologie, mention biologie des interactions et écologie, Université de Nice Sophie-Antipolis. 507 pages.
18. **BARNETT H.L. et HUNTER B.B., 1998** - *Illustrated genre of imperfect fungi*.4<sup>th</sup> Ed.
19. **BARRON G.L., 1968** -*The genera of hyphomycetes from soil*. Ed. Williams and Williams, Baltimor, 364 p.
20. **BERNARD, G.C., EGNIN, M., and BONSI, C., 2017-** *The Impact of Plant-Parasitic Nematodes on Agriculture and Methods of Control*. In *Nematology - Concepts, Diagnosis and Control*, (InTech), p.p. 121-151.
21. **BERTRAND C., LIZOT J. et MAZOLLIER C., 2001-** Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture biologique. *GRAB AVINON*, France, pp. 25-29.
22. **BLOK V.C., Jones J.T., PLIKIPS M.S. et TRUDGILL D.L., 2008-** Parasitism genes and host range disparities in biotrophic nematodes: the conundrum of polyphagy versus specialisation. *Bio Essays: New Reviews in Molecular, Cellular and developmental Biology*, Vol. 30(3), pp. 249-59.
23. **BOUGUERRA E. H., 1993** - *Etude des transferts couplés conduction-convection-rayonnement dans les milieux semi-transparentes par la méthode des ordonnées discrètes* (Doctoral dissertation, Poitiers).
24. **BRAGA R., LABRADA R., FORNASARI L. et FRATINI N., 2001-** *Des alternatives au bromure de méthyle pour la fumigation du sol. Manuel de formation pour les vulgarisations et les paysans. Unité Energie et Action de l'ozone*. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation. Rome, pp. 59-60.

25. **BROWN S.M. et SWAIN S.C., 1974** –Increase crop yields following application of *Bacillus penetrans* to field plots infested with *Meloidogyne incognita*. *Rev. SoilBiol. Chemist.*, Vol. 17, pp. 483-486.
26. **BUYCK B., 1986** - Première contribution à un inventaire des champignons nématophages en Belgique. *Mycologia Belgica*, n°9, pp. 27-36.
27. **CARTILE N.J. and WATKINSON S.C., 1994** - *The fungi*. Academy Press, New-York, 205 p.
28. **CASADO-RAMIREZ. M.C., 2016** - *Tratamientos postcosecha para el control de los daños por frio en frutos climatéricos y no climatéricos*. *Escuela Politécnica Superior de Orihuela*. Tesis Doctoral. Pág. 122.
29. **CASTAGNONE-SERENO P., 2002**- Genetic variability in parthenogenetic root knot nematodes, *Meloidogyne* spp. And their ability to overcome plant resistance genes. *Nematology*. Vol.4, pp.605-608.
30. **CASTILLO P., JUAN A., NAVAS-CORTE, GOMAR-TONICO D., DI VITO M., RAFAEL M. and DIAZ J., 2003** - Interactions between *Meloidogyne artiellia*, the Cereal and legume Root-Knot Nematode, and *Fusarium oxysporum* f. *sp. ciceris* race 5 in Chickpea. *Rev. Phytopathology*, 93 (12) : 1513 – 1523.
31. **CASTILLO P., LANDA B.B., NAVAS-CORTES J.A., VOVLAS N., JIMENEZDIAZ R.M., 2006** - First report of *Meloidogyne arenaria* parasiting lettuce in southern Spain. *Plant disease*. V.90, p.975.
32. **CAYROL J.C., 1971** - *Rôle des nématodes dans l'équilibre biologique des sols, influence des traitements nématicides*. Ed. A.C.T.A., Paris, 273 p.
33. **CAYROL J.C., 1983**- La lutte biologique contre les nématodes au moyen d'*Arthrobotrys irregularis*. *Rev.Némato.*, Vol.6, n°2, pp.265-273. **CAYROL J.C., 1991** - Propriétés nématicides de endomycorhizes à vésicules et arbuscles. *Rev. Hort.*, n°321, pp. 33-42.
34. **CAYROL J.C., CAPOROLINO D. et MATTEI P., 1992** - La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Rev. Hort.* n°287, pp.36-37.
35. **CHAUSSOD R. et Coll. 2007** - Les sols viticoles : biologie et gestion durable. *Viticulture durable et environnement, station régio. I.t.v., Midi-Pyrénées*, : 24 - 27.
36. **CHITWOOD, B. G. 1949**- *Root-knot nematodes – Part I. A revision of the genus Meloidogyne Göeldi, 1887*. Proceed-ings Helminthological Society of Washington 16:90–104.

37. **COOK R.C., 1968** - *Succession of nematophagous Fungi during decomposition of organic matter in the soil*. Ed. Nature, London, pp.197-205.
38. **COOK R.C. et GODFREY B.E.S., 1964** - Nématodes fungi. *Rev.Mycological Society*, pp. 63-72.
39. **DACKMAN C. et NORDBRING-HERTZ B., 1985** - Fungal parasites of the Cereal Cyst Nematode *Heterodera avenae* in southern Sweden. *Journal of Nematology*, 17(1):50-55.
40. **DALMASSO A. et MISSONNIER J., 1986** - La lutte intégrée contre les nématodes des cultures : Intérêt des variétés résistantes. *Rev. Phytoma*, n°378, pp.13-16.
41. **DAVET P., 1996** - *Vie microbienne et production végétale*. Ed. INRA, Paris, 383 p.
42. **DAVIES K. G et SPIEGEL Y., 2011**- *Biological control of plant-parasitic nematodes: towards understanding field variation through molecular mechanisms*. In: Jones J., Gheysen G. and Fenoll C. Eds. *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions*. Springer publishers, pp. 493-509.
43. **DE GUIRAN G. & NETSCHER C., 1970** - Les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasites des cultures tropicales. *Cahier ORSTOM, série Biologie*, 11, pp.151-185.
44. **DE GUIRAN G., 1979**- A necessary diapause in root knot nematodes. Observation on its distribution and intertance in *M. incognita*. *Rev de nématologie*, 2 (2), pp. 223-231.
45. **DEGUIRAN G., 1979**. *life cycle of Meloidogyne species and factors influencing their development in root knot nematode: systematic, biology and control*. Ed. Acad. Press, London, 191p.
46. **DE GUIRAN G., 1979** -Survie des nématodes dans les sols secs et saturés d'eau : œufs et larves de *Meloidogyne incognita*. *Rev. Nématol.*, Vol. 2, N°1 pp 65-77.
47. **DE GUIRAN G., 1983**- *Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés*. Ed. Littorale S.A., Béziers, France, p 41.
48. **De GUIRAN G., 1983**- *Nématodes, les ennemis invisibles*. Ed. La Littorale S.A., France, 41pp.

49. **DIB H., 2010** - *Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, Dysaphis plantaginea Passerini (Hemiptera aphididae) en vergers de pommiers*. Thèse de doctorat : science agronomique. France : Université d'Avignon, 237p.
50. **DJIAN CAPORALINO C., - 2010** - Nématodes à galles, des ravageurs de plus en plus préoccupants. *PHYTOMA La Défense des Végétaux* 638, 43-49.
51. **DJIAN-CAPORALINO C., ANTIPOLIS S., HOFFERLIN P., VILLENEUVE F., GOILLON C., JEANNEQUIN A.B., ROUSSILLON A., NAVARRETE M., MATEILLE T., TERRENTROY A. et SZILVASI S., 2018-** *les nématodes à galles meloidogyne spp.* Ed. Infos CTIFL., France, 24 p.
52. **DOMMERGUES Y. et MANGENOT F., 1970-** *Ecologie microbienne du sol*. Edi Masson et Cie, Paris (France), p 796.
53. **EI-KEBIRI L., 1993** - *Contribution à l'étude de l'état d'infestation des cultures maraichère sous-serres par les Meloidogyne dans quelques régions littorales Algérois*. These.Ing.Agro Blida, 53p.
54. **EISENBACK J.D. et TRIANTAPHYLLOU H.H., 1991-** *Root-Knot Nematodes: Meloidogyne species and races*. In: *Manual of Agricultural Nematology*. Ed. Nickle W.R, New York, Chap. 6, 92 p.
55. **ELODIE N., 2016** - *Rôle des cytokines MIF dans l'interaction entre le puceron et sa plante hôte*. Thèse de doctorat : Interactions moléculaires et cellulaires. Nice : Université de Sophia-Antipolis, 107p.
56. **EVERTS K.L., SARDANELLI S., KRATOCHVIL R.J, ARMENTROUT D.K., et GALLAGHER L.E., 2006-** Root knot and root lesion nematode suppression by cover crops, poultry litter and poultry litter compost. *Plant disease*, vol.90, and pp.487-494.
57. **FELLER C., BLEIHOLDER H., BUHR L., HACK H., HESS M., KLOSE R., MEIER U., STAUSS R., VAN DEN BOOM T et WEBER E., 1995** - Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: II. Fruchtgemüse und Hülsenfrüchte. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 47: 217-232.
58. **FERRIS H., VAN-GUNDY S.D., 1979.** Meloidogyne ecology and host interrelation ships. In Lambert et Taylor (root knot nematode). Ed. Acad. Press. London, pp., 205-230.



- 59. FLEDMESSER J. et FEDER W.A., 1954** - Some effects of altered oxygen tension on certain plant parasitic and soil inhabiting Nematodes in vitro. *J. Parasit.* 40, pp.1-18.
- 60. GALLITELLI D., 2000** - The ecology of cucumber mosaic virus and sustainable agriculture. Elsevier.71: 9-21.
- 61. GIANNAKOU I. O. ANASTASLADIS I.A. GOWEN S. R. et PROPHETTOU-ATHANASIADOU. D. A., 2007**- Effects of a non-chemical nematicide combined with soil solarization for the control of Root-Knot nematodes. *Corps Protection*, Vol. 26, pp. 1644-1654.
- 62. GOELDI, E.A., 1892** - *Relatorio sobre et molestia de cafeeiro na provincia do rio de Janeiro. 3 In: Jepson, S.B.* Ed. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) C.A.B. International, 265 pages.
- 63. GOODELL P.B. et FERRIS H., 1989.** Influence of Environmental Factors on the Hatch and Survival of *Meloidogyne incognita*. *Jour. of Nematol.* Vol. 21, N° 3, pp 328-334.
- 64. GRAB , 2001** - *Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture Biologique.* (Consulté le 04 mars 2016).
- 65. GRUBBEN J.H., 2004** - *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2. Légumes.* France Protas, 737p.
- 66. GUET G., 1999**- *Mémento d'agriculture biologique, guide pratique à usage professionnel.* Ed. Agridécisions, Groupe France agricole, Paris, France, pp. 189-192.
- 67. HADAS R., KRITZMAN G., GEFEN T., MANULIS S. 2001** - Detection, quantification and characterization of *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* contaminating pepper seeds. *Plant pathology* 50 : 117-123.
- 68. HAMMACHE M., 2012** - *Bio écologie des nématodes à galles du genre Meloidogyne (Tylenchida, Meloidogynidae) sous serres en Algérie. Amélioration des méthodes de lutte par la résistance culturale.* Thèse doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole nationale supérieure agronomique, el Harrach, Alger. 134 p.
- 69. HARRANGER J., 1971**- *Les nématodes des cultures maraîchères.* In « *Les nématodes des cultures* ». Ed. A.C.T.A., Paris.pp.351-376.

70. HERNÁNDEZ- MORALES. C. G., 2006 - Reguladores de crecimiento de tipo orgánico en la producción de calabacita (*Cucúrbita pepo* L) : (Variedad Zucchini Grey) bajo invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonionarro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pág.8-12.
71. HOOPER D.J et EVANS K., 1993 - *Extraction, identification and control of plant parasitic nematodes in plant parasitic nematodes in temperate agriculture*. Cab international, London, 648 p.
72. HOPKINS W.G., JUDD W.S., CAMPBELL C.S., KELLOG E.A., STEVENS P.F., NULTSCH W., RAVEN P.H., HVERT R.F., EICHHORN S.E., TREMOLIERES A., 2003 - *Phytopathologie, Bases Moléculaires et Biologiques des Phathosystèmes et Fondements des Stratégies de Lutte*. Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 427 p.
73. HYDE K.D., SWE A. et ZHANG K.Q., 2014 - *Nematode-trapping fungi*, p 1–12. In Zhang KQ, Hyde KD. Ed. *Nematode-Trapping Fungi*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-8730-7\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-8730-7_1).
74. HYPPZ. ,1998 - *Nématodes à galles des racines*. (Consulté le 04 mars 2016) <http://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3melspp.htm>
75. INRA., 2013 -Moisissure grise *Botrytis cinerea* Pers., (1794). <http://ephytia.inra.fr/fr/C/8054/Courgette-courges-Moisissure-grise-Botrytis-cinereaphytia.inra.fr/fr/C/8050/Courgette-courges-Pourriture-bacterienne-Pectobacterium-carotovorum-subsp-carotovorum>
76. INRAc., 2013 - Aleurodes. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/18669/Courgette-courges-Biologie>
77. INRA d., 2013- Acariens. *Tetranychus* spp. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/18666/Courgette-courges-Biologie>
78. INRA., 2014 - *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff *Golovinomyces cichoracearum* (DC.) V.P. Heluta, (1988) var. *cichoracearum* *Oidium* ou "blanc" <http://ephytia.inra.fr/fr/C/8058/Courgette-courges-Oidium-Podosphaera-xanthii-et-Golovinomyces-cichoracearum>
79. JAMES B., ATCHA - AHOWÉ C., GODONON I., BAIMEY H., GOERGEN G., SIKIRON R. et TOKYO M., 2010- *Gestion intégrée des nuisibles en production maraichères : guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'ouest*. Ed. (INTA), Nigeria, 43 p.

80. **JEFFREY, C. 2001-** *Cucurbitaceae (citrullus)*. In: *Hanelt P and IPGCPR*. Eds. Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops. Springer, New York, NY, USA, pp 1533-1537.
81. **JEPSON S.B., 1987-** Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Ed. CAB International, Wallingford, 265 p.
82. **JOHNSON A. W., 1982 -** *Managing nematode populations in crop production*. In: *Riggs RD*. Ed. Nematology in the southern region of the United States, University of Arkansas, pp. 193-203.
83. **JONES F.G.W., 1982 -** *The soil plant environnement in plant nematology*. Ed. Southey, London, pp. 46-52.
84. **JONES J.T., HAEGEMAN A., DANCHIN E.G.J., GAUR H.S., HELDER J., JONES M.G.K., KIKUCHI T., MANZANILLA- LOPEZ R., PALOMARES - RIUS J.E., WESEMAEL W.M.L., 2013 -** Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Mol. Plant Pathol.* 14, 946 – 961.
85. **JONSSON H.B. and LOPEZ-LIORCA L. V., 2001-***Biology of nematophagousfungi* In: *Mycology: Trichomycetes other fungal groups and mushrooms*. Ed. Misra J.K and Hom B.W., Science Publishers: 145-173.
86. **KERRY B., 1992 –** Commande biologique des nématodes : perspectives et occasion. *Rev. Nematol.*, Vol.30, n°1, pp.172.
87. **KHELLILI M., 1999 -***Etude de l'effet des doses d'inoculum de Meloidogyne sp. sur quelques plants cultivés et contribution à l'étude de l'effet nématocide de quelques plantes*. Thèse Ing. Agro., INA, Alger, p 65.
88. **KOFOID, C. A. AND WHITE, W. A. 1919 -** A new nematode infection of man. *Journal of the American Medical Association* 72 :567–569.
89. **LI J, ZOU C.G, XU J.P, JI X.L, NIU X.M, YANG J.K, 2015 -** Molecular mechanisms of nematode-nematophagous microbe interactions: Basis for biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*; 53:67-95.
90. **LABORDE J., DELMAS J. et HARDEMARE G., 1968 -** Note préliminaire sur quelques aspects de l'équilibre microbiologique des composts. *Mushroom science*, 7: 187-203.
91. **LAMBERTI F., 1979-** *Chemical and cultural methods of control Root-knot nematodes (Meloidogyne)*. *Systemutics, biology and control*. Academic Press, London: 341-357.
92. **LORRAIN R., 1998-** Sur la biologie des nématodes. *PHM. J. Nematol.* 31 : 619-623.
93. **MADR., 2015 -** Évaluation de la mise en œuvre du Renouveau agricole. *Campagne agricole 2014, Bilan final*.

- 94. MANKAU R., 1962** - Ecological relationships of precious fungi associated with Citrus nematode. *Phytopathology*, n°54, pp.14-35.
- 95. MARMOL. R. J., 2004** - *Cultivo intensivo del calabacín. Hojas divulgadoras. Num. 2105. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. Pág.2-48.*
- 96. MESSIAEN, C. -M., BLANCARD, D., & ROUXEL, F., 1991-** *Les maladies des plantes maraichères, 3e éd. Ed. Quae, 30 p.*
- 97. MOKABLI M., 1988** - *Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des Meloidogyne sous abri serre en Algérie. Thèse. Mag. Agro. I.N.A. El-Harrach, 69 p.*
- 98. NEBIH HADJ-SADOK D., BELKAHLA H et BELKACEM F., 2008** - Effet du filtrat de la culture de *Fusarium solani* sur la mortalité des œufs des *Meloidogyne incognita* et *Meloidogyne arenaria*. Séminaire National sur les interactions faune-flore et impact des changements globaux dans les espèces naturels et anthroposés. 2-3 Décembre 2008. Scientifiques et techniques phytosanitaires, El-Harrach.
- 99. NETSCHER G., 1965** - *Les nématodes du genre Meloidogyne parasite des cultures maraichères en Afrique Occidentale. Ed. P.O.R.S.T.O.M., Abidjan, Cote-d'Ivoire, 10 p.*
- 100. NORDBRING-HERTZ B., JANSSON H.B. et TUNLID A., 2006** - Nematophagous Fungi. *ENCYCLOPEDIA OF LIFE SCIENCES*, Ed. John Wiley & Sons. 12p.
- 101. ODUOR-OWINO P., SIKORA R.A., WAUDO S.W. et SCHUSTER R.P., 1996** - Effect of aldicarp and mixed cropping with *Datura stramonium*, *Ricinus communis* and *Tagetes minuta* on the biological control and integrated management of *Meloidogyne javanica*. *Rev. Nematol.*, Vol. 42, pp 127-130.
- 102. ORTON W.K., 1973** - *Meloidogyne javanica, Meloidogyne arenaria et Meloidogyne incognita. C.I.H. Description of plant parasitic nematode. Set 1, 2,3 N.18, pp. 1-15.*
- 103. PELOILLE M., 1981-** les Hyphomycetes prédateurs de Nématodes : phénomène de prédation ; écologie ; utilisation en lutte biologique. *Agronomie, EDP Sciences*, 1(4), pp.331-337.
- 104. PHILLIP J., 2001** - *Nematophagous fungi. Guide of fungus. pp. 1-2.*

- 105. PROT J. G. et MATIAS D. M., 1995** - Effects of water regime on the distribution of *Meloidogyne graminicola* and other root-parasitic nematodes in a rice field toposequence and pathogenicity of *M. graminicola* on rice cultivar UPL R15. *Rev. Nematol.* 41, pp 219-228.
- 106. RADWALD J D., 1978**- *Nematode disease of food and fiber crops of the southwestern United States*. Ed. Division of agricultural science university of California, 64 p.
- 107. RAYNAL G., GONDRAN J., BOURNOVILLE R., COURTILLOT M., 1989.** *Ennemie et maladies des prairies*, paris, 249p.
- 108. REDDY P.P., 1983** - *Plant nematology*. Ed. Agri.Publ. Acad, New Delhi, 287p.
- 109. RITTER M., 1971**- *Les nématodes et l'agriculture in les nématodes des cultures*. Ed. A.C.T.A., Paris, pp. 7-66.
- 110. RITTER M., 1985** - *Connaissances nouvelles sur la biologie des nématodes : Conséquences pratiques*. Ed. C.R.A, Cad. Agr. France, Vol. 71, pp 691-700.
- 111. ROSSI M. GOGGIN F., L., MILLINGAN S.B., KALOOSHIAN I., ULLMAN D.E. et WILLIAMSON V., 1998** -The nematodes resistance gene M 1, of tomato Confers resistance against the potato aphids. *Proc. Of the Natio. Acadi. Sci. of the USA*, Vol., 95, N° 17, pp 9750-9754.
- 112. SARI HASSOUN M., 2015** - *Impact d'Extraits de Plantes du Désert Algérien sur le Cytosquelette et la Division Cellulaire*. Thèse de doctorat de l'université paris- saclay préparée à l'université d'evry val d'essonne. 214p.
- 113. SCOTTO LAMASSESE C., 1961**- *Les nématodes des cultures : Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie*. Journée d'étude et d'information. Versailles. pp.83-109.
- 114. SCOTTO La MASSESE C., 1986** - Influence des caractéristiques du milieu sur la distribution des nématodes telluriques. *Bul. Rech. Agr. Gembloux*, 21 (2), pp 225-272.
- 115. SCOTTO LA MASSESE J C., 1962** - *Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie*. Ass. Coord.Trav.Agr. F.N.H.P.C. Versailles, pp. 83-105.

116. **SELLAMI S., LOUNICI M., EDDOUD A., et BENSEGHIR H. 1999.** Distribution et plantes hôtes associées aux Meloidogyne sous abri plastique en Algérie. *Nematol. Medit.* 27, 295-301.
117. **SHERBER C., 1995** – Champignons carnivores- Vue d'ensemble des espèces. *Rev. Das Taublatt*, n°33, 2p.
118. **SIDDIQUI Z. A .et IRCHADI M., 1996** - Biological control of plant parastic nematodes by fungi. *Bioresource Technology*, 58: 229-239.
119. **STIRLING G. R., 1991-** *Biological control of plant-parasitic nematodes.* Wallingford, UK, CAB International. 282 pp.
120. **STOLL G., 2002-** *Protection naturelle des végétaux en zone tropical.* Ed. Acta. Margaf verlag, allemagne, 386 p.
121. **TALAVERA M., MAGUNACELAYA J.C., TOBAR A., 1999** - Plant parasitic nematodes from a forest tree nursery in Southern Spain with some notes about the influence of soil storage on the quantitative recovery of *Meloidogyne arenaria*. *Rev. Nematol.*, Vol.1, N°3, p.p 261-266.
122. **TAYLOR A.L., 1968** - *Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites.* Man. F.A.O., pour l'étude des nématodes phytoparasites et les moyens de lutte. Rome, 135 p.
123. **TIETZ J., 2001** - *Des champignons têtes de pont de l'agriculture biologique.* Ed. G.V.O.M., Costa Rica, 4 p.
124. **VALLOTON R., 1983-** La lutte biologique contre les nématodes parasites. *Rev. Agri.* Vol15, N°6, pp 263-267.
125. **VAN GUNDY S.D., 1985** - *Ecology of Meloidogyne spp Emphasis on environmental factor affecting survival and pathogenicity.* in: (*an advance treatise on Meloidogyne, Vol.I: Biology and control*), Ed. Sasser J.N, and Carter C.C., Raleigh N.C. State Univ. Graphies, pp. 177-182.
126. **VAN GUNDY, S. D., BIRD, A. F. et WALLACE, H. R., 1967-** Aging and starvation in larvae of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchus semipenetrans*. *Phytopatholgy*, 57, pp559- 571.
127. **WALLACE H.R., 1966** - The influence of moisture stress on the development, hatch and survival of *Meloidogyne javanica*. *Rev. Nematol.* Vol. 14, pp 231-242.
128. **WRATHER J. A. et ALBERS D., 1992** - Cotton Disease and Nematode Management. Publication G-4261. Cooperative Extension Service, University of Missouri. 4 p.

# **ANNEXE**

## Annexe

Tableau n°01 :

### Questionnaire

Région :

Domaine :

E.A.C. ou E.A.I. :

Privé :

Nombre de serre :

Nature du sol :

Précédent cultural :

La culture en place :

La variété :

Méthodes culturales utilisées :

Principe de la désinfection des sols :

- Produits utilisés :
- Sur combien d'années :
- Période d'utilisation
- du produit :Matériel  
utilisé :
- Pal. Injecteur
- Pal. Inj. Tracté
- Seau

Ancienneté de la serre :

Irrigation utilisée :

La fertilisation :

Autres produits utilisés pour lutter contre d'autres maladies :



**Tableau n° 02 : les analyses pédologiques**

<b>La région</b>	<b>Conductivité</b>	<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>Calcaire</b>	<b>Humidité</b>
Staouali 10 cm	0,854	7,23	1,9	1,112	6,89
Staouali 20 cm	0,568	7,31	1,78	1,023	7,56

**Tableau n°03 : l'analyse granulométrique**

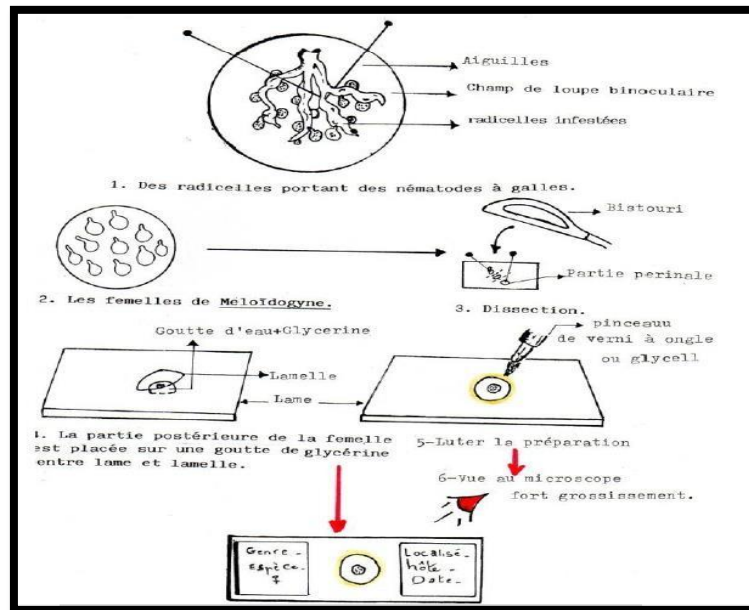
<b>Les types</b>		<b>Staouali 10 cm</b>	<b>Staouali 20 cm</b>
Sable	Sable fin %	35,26	35,32
	Sable grossier %	38,43	38,8
Argile		5,54	4,89
Limon	Limon fin %	8,12	7,33
	Limon grossier %	12,65	13,66

**Tableau n°04 : Présentation d'indice de galle et la moyenne IG dans la région de Staouali**

<b>Nombre des plantes</b>	<b>Indice de galles</b>
1	5
2	2
3	3
4	3
5	5
6	3
7	1
8	3
9	4
10	4
11	2
12	1
13	5
14	2
15	2
16	3
17	2
18	3
19	3
20	1
21	3
22	4
23	5
24	3
<b>IGM = 3</b>	

**Tableau n°05 : les résultats des analyses de texture su sol**

<b>Région</b>	<b>Staouali</b>
La classe du sol	Sable limoneux



**Fig. 19 : Technique de montage des figures périnéales (pattern) pour la détermination des espèces de *Meloidogyne*.**

**Tableau n°06 : Classification des champignons nématophage prédateur et parasite des nématodes répertoriés**

Mode de vie	Règne	Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre
Parasite	Fungi	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	Trichocomaceae	<i>Aspergillus</i>
Prédateur	Fungi	Zoopagomycota	Zoopagomycotina	Zoopagales	Zoopagaceae	<i>Stylopaga</i>



**Figure n° 22 : Incubation des boîtes de pétri dans l'étuve (original, 2022)**

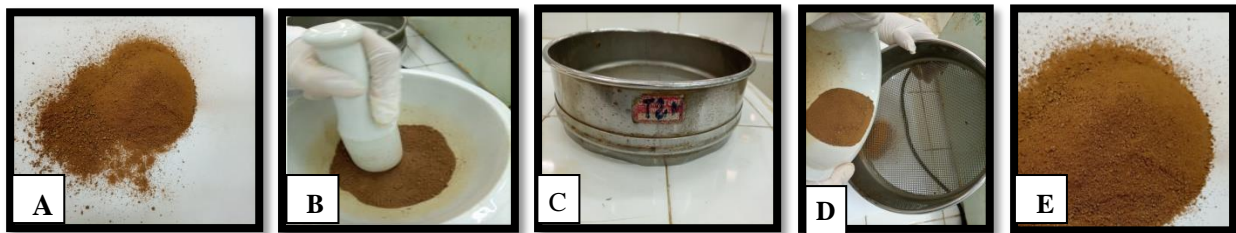
A : étuve.

## Les analyses pédologiques

### a. Matière organique

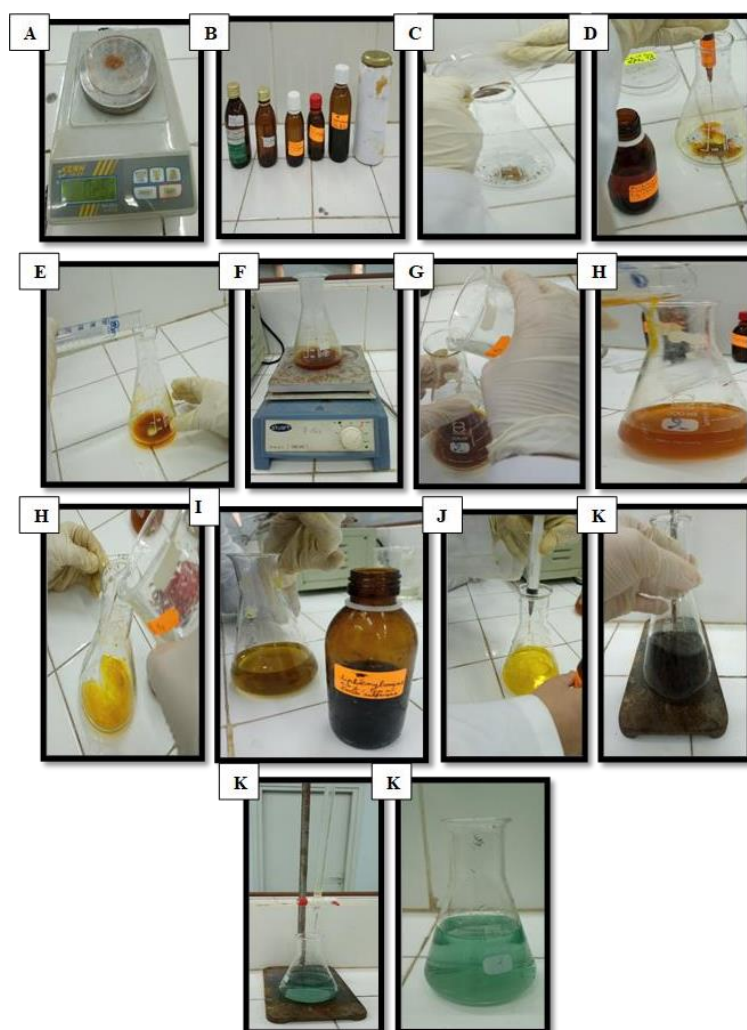
#### 1. Matériels utilisés :

- Sol (finement broyé et tamisé à 0,2 mm et séché à l'air) (**fig. 23**)
- Solution bichromate à 8 %
- Acide sulfurique concentré
- Erlenmeyer
- Verre de montre
- Bloc chauffant
- Eau distillée
- Béchers
- Ballon
- Seringue
- Diphénylamine
- Na F à 3%
- Sel de MOHR 0,2 N
- Burette



**Figure n°23 : les étapes de tamisé le sol (original, 2022).**

**A** : séchage du sol à l'air ; **B** : mortier et pilon pour le broyage le sol ; **C** : tamis à 0,2 mm ;  
**D** : Passage le sol au tamis pour tamisage ; **E** : le sol tamisé.



**Figure n° 24: les différentes étapes de préparation de la matière organique (Original, 2022).**

## 2. Méthode de travail :

**A** : Peser 0,25 g de sol ; **B** : Réactifs utilisée.

Dans un erlenmeyer, mettre successivement (**fig.24**) :

**C** : 0,25 g de sol ; **D** : Ajouter 10 ml de bichromate à 8 % ; **E** : Ajouter 15ml d'acide sulfurique concentré et couvrir l'erlenmeyer d'un verre de montre ou mieux l'adapter à un réfrigérante ascendante pour éviter les vapeurs). **F**: placer dans le bloc chauffant, porter à ébullition, la durée d'ébullition est de 5 min après formation de la première goutte de condensation; **G** : laisser refroidir et Ajouter 150 ml d'eau distillée, homogénéiser (solution 1);

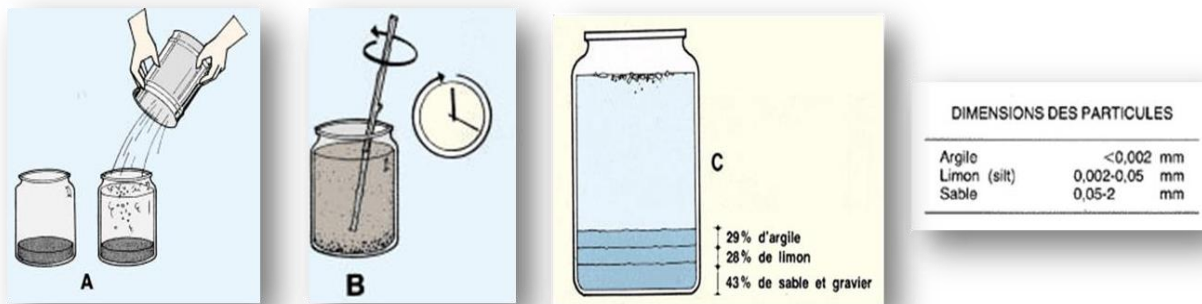
**Pour titrer :**

**H :** prélever 20ml de cette solution (solution 1) qu'on introduit dans un ballon de 250ml contenant 150ml d'eau distillée ; **I :** Ajouter 3-4 gouttes diphénylamine ; **J :** Ajouter 5ml de la solution de NaF 3% ; **K :** titrer avec la solution de sel de MOHR 0,2 N et puis mater le volume n de sel de MOHR utilisé pour obtenir le virage au bleu verdâtre.

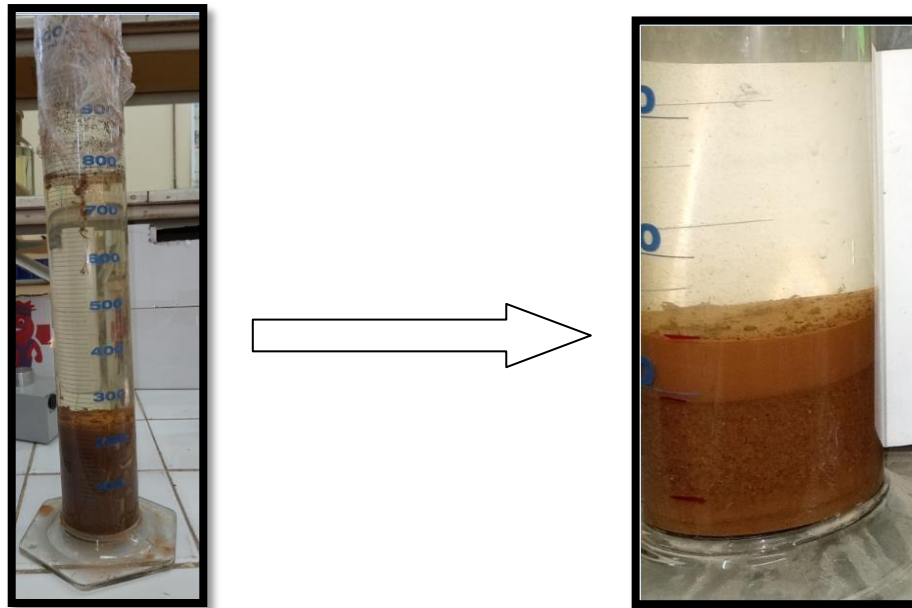
**b. Analyse granulométrique**

**1. Matériels utilisés :**

- Bouteille à 1000 ml
- Sol
- Eau



**Figure n° 25 :** Les étapes Test de la bouteille pour trouver les proportions approximatives de sable, de limon et d'argile (Google, 2022).



**Figure n° 26 :** Test de la bouteille, Au sommet, une couche d'argile puis deuxième couche limon et au fond une couche de sable. Et voir au flotter des fragments de matière organique (original, 2022).

## 2. Méthode de travail :

Pour trouver les proportions approximatives de sable, de limon et d'argile, Il existe plusieurs méthodes. Voici un test simple qui vous donnera une idée générale des proportions de sable, de limon et d'argile contenues dans le sol "Test de la bouteille" (fig.25).

### Test de la bouteille

A : Mettez 5 cm de sol (250g) dans une bouteille à 1000 ml que vous remplissez d'eau.

B : Remuez bien le mélange d'eau et de sol, puis laissez reposer pendant une heure. Au bout d'une heure, l'eau se sera clarifiée et vous verrez que les particules les plus grosses se seront déposées.

C : après 48 h (Plus le temps est long, plus le résultat est précis) : observée Au fond de la bouteille, se trouve une couche de sable et de gravier. Au milieu, une couche de limon.

Ainsi que, à la surface de l'eau, on peut voir flotter des fragments de matière organique (fig.26).

**Pour confirmer, nous avons effectué cette analyse au Lycée National "Lina" à El Harrach**

**a. Matériels utilisés :**

- Balance.
- Les échantillons du sol.
- Une cuillère.
- Plaque chauffante.
- L'eau oxygénée H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- Becher.
- Tamis (2mm, 0.2mm).
- Les flacons.
- Pissette.
- L'eau distillée.
- Acide chlorhydrique HCL.
- Ammoniaque pure.
- Solution d'hexametaphosphate de sodium Na<sub>6</sub>P<sub>6</sub>O<sub>18</sub>.
- Agitateur.
- Les capsules.
- Etuve.

**b. Méthode de travail :**

Le sol séché à l'air libre, broyé et tamisé à 2 mm puits conserver une humidité résiduelle, exclusivement hygroscopique qu'il faut déterminer après dessiccation à l'étuve à 105°C de 5-10 ou 20g selon la capacité de rétention en eau du sol.

**1. Destruction de la matière organique :**

- Peser 20g de sol tamisé à 2 mm et les mettre dans un bécher.
- Ajouter 50ml d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 20 volumes.
- Porter au bain-marie ou sur une plaque chauffante à une température de 85-90°C jusqu'à disparition de l'effervescence.



Après cessation de l'effervescence, chauffer encore pendant deux minute pour éliminer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en terminant par 10 minutes d'ébullition.

Vérifier l'absence de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> par KMnO<sub>4</sub> à la touche, laisser refroidis.

## **2. Décarbonatation :**

- Ajouter 100ml d'une solution d'HCL préparé à partir d'HCL 12N, ce volume doit renfermer (3,3% CaCO<sub>3</sub>) ml d'HCL 12N.
- Porter à l'ébullition pendant 15 minutes et laisser refroidir
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'au  $\frac{3}{4}$  du bécher, agiter et laisser décanter.
- Siphonner le liquide clair en évitant les pertes de particules.
- Effectuer environ trois lavages par décantation avec 400 à 500 ml d'eau distillée.
- Faire le test avec AgNO<sub>3</sub> dans les eaux de lavage contrôlé la complète élimination d'HCL.

Pour la décalcification de l'échantillon 100 ml de KCL 0,1N autant de fois si nécessaire, laisser déposer puis décanter sur filtre, répéter l'opération deux autres fois.

- Faire passe toute la terre sur le filtre à l'aide d'un jet de KCL 0,1N après la troisième décantation.
- Continuer le lavage avec KCL N/100 jusqu'à avoir 400 à 500 ml de filtrat.

## **3. Dispersion :**

- Transvaser la terre dans un flacon d'un litre à col large d'eau distillée sans dépasser le volume de 500ml.
- Ajouter 40 ml de la solution dispersant d'héxamétaphosphate de sodium.
- Ajouter 1 ml d'ammoniaque pure.
- Agiter mécaniquement à l'agitateur rotatif pendant 2 heures.

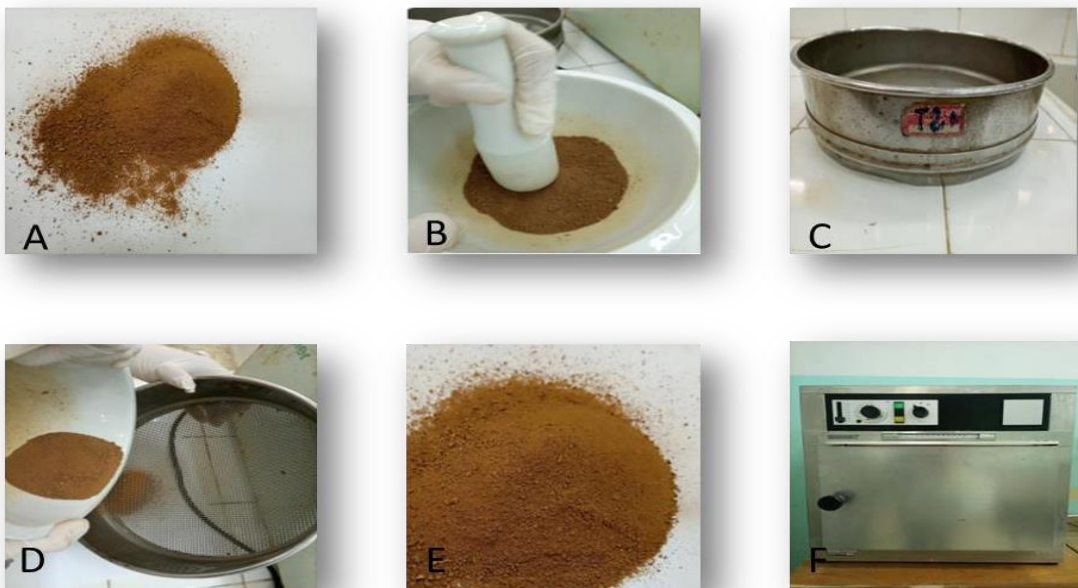
## **4. Séparation des fractions granulométriques :**

La suspension est transvasée dans une allonge d'un litre, après plusieurs rinçages du flacon d'agitation, on complète à volume avec l'eau distillée. Les différentes particules se sédimentent plus ou moins rapidement selon leur diamètre.

### c. L'humidité du sol

#### 1. Matériels utilisés :

- Les échantillons des sols.
- Balance de précision.
- Les capsules.
- Les étiquettes.
- Etuve.
- Les sacs en plastiques.
- Une cuillère.
- Papier.
- Mortier et pilon.
- Tamis.



**Figure n°27 : les matériels utilisés pour l'évaluation de l'humidité (original, 2022).**

**A** : séchage du sol à l'air ; **B** : mortier et pilon pour le broyage le sol ; **C** : tamis à 0,2 mm ; **D** : Passage le sol au tamis pour tamisage ; **E** : le sol tamisé. ; **F** : étuve.

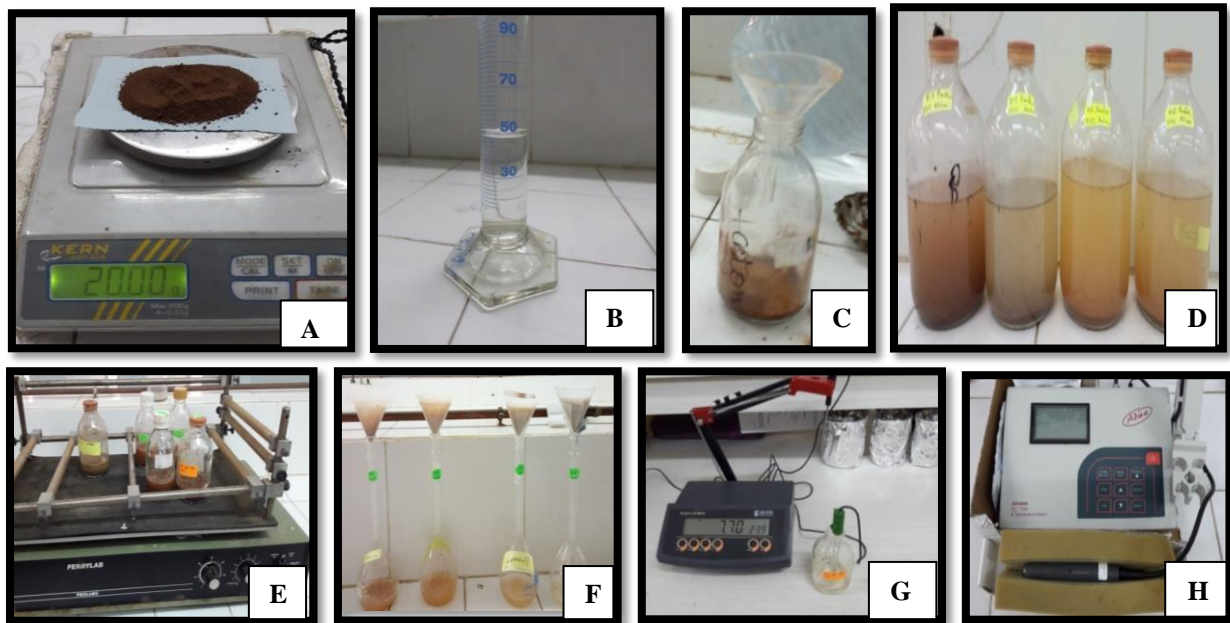
## **2. Méthode de travail :**

- le poids des capsules vide.
- Prélever 20g du sol de chaque échantillon (4 échantillons) en le pesant à l'aide d'une balance dans les capsules
- Incubation du sol dans l'étuve à 105°C pendant 24 h pour se sécher.
- Après 24h, on pèse le sol sec.
- Calculer l'humidité du sol en faisant la différence entre le poids initial et le poids.

### **d. pH/conductivité :**

#### **1. Matériels utilisées :**

- La Balance.
- Les capsules.
- Eprouvette graduée.
- Entonnoir.
- Flacons.
- Agitateur.
- Les échantillons du sol.
- L'eau distillée.
- Papier filtre.
- PH mètre.
- Conductimètre.



**Figure n°28: mesure de pH et la conductivité.**

A : Peser du sol ; B : l'eau distillée ; C : mélange (sol + l'eau distillée) ;  
 D : les solutions ; E : agitation ; F : filtration ; G : pH mètre ; H : conductimètre

## 2. Méthode de travail :

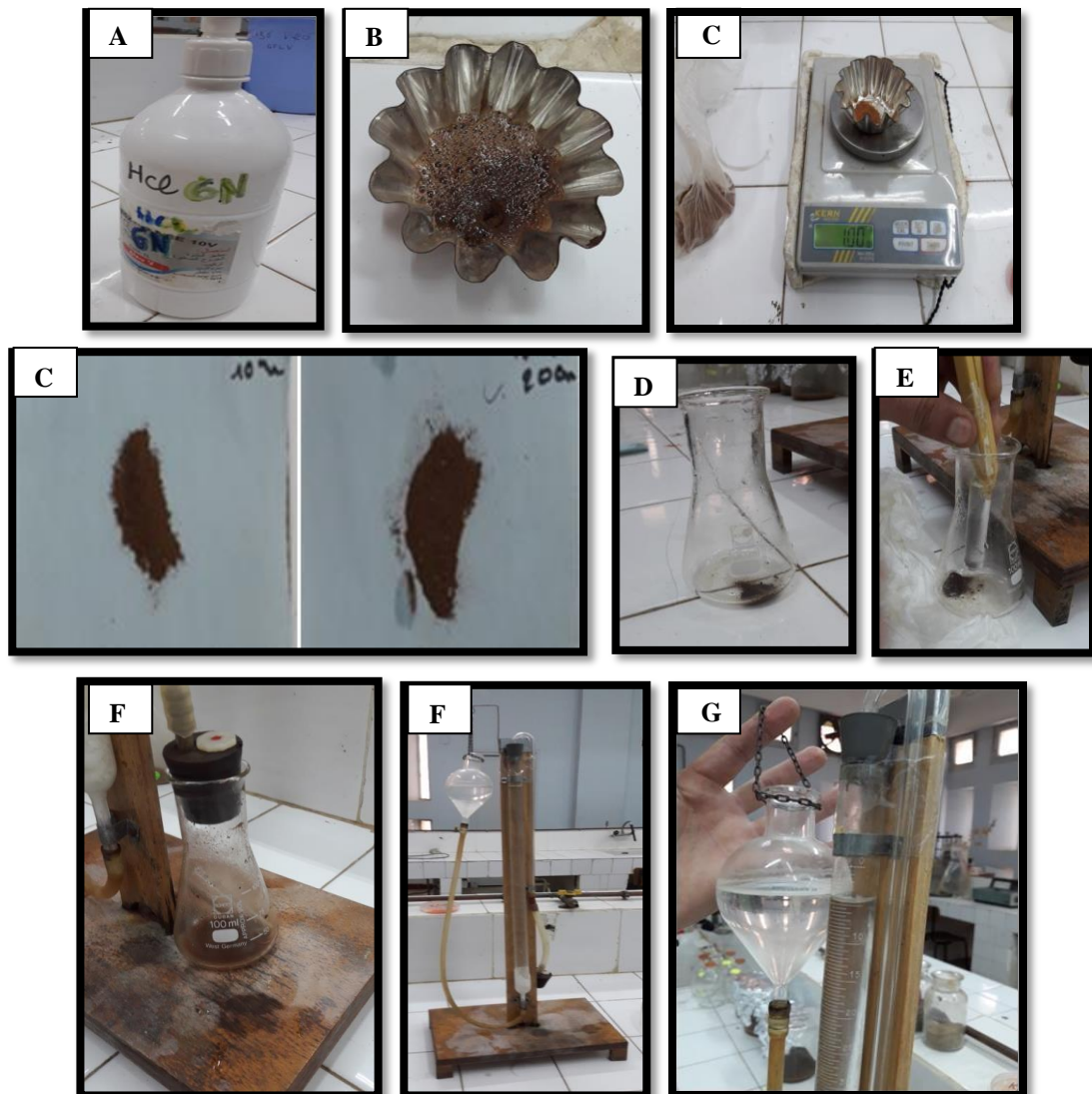
Dans les 4 fioles :

- Peser 20 g du sol de chaque échantillon par la balance.
- Ajouter 50 ml de l'eau distillée pour chacune.
- Et mettre les solutions de chaque échantillon dans leurs propres flacons qui sont étiquetés. Et puis laisse-les dans l'agitateur pendant 30 minutes
- Après 30 minutes filtrer les solutions par papier filtre installé dans l'entonnoir et ce dernier placé dans le ballon et laisse égoutter complètement jusqu'à obtenir une solution filtrer et ainsi de suite avec le reste des solutions
- Ensuite, il peut être mesuré le pH par pH mètre et la conductivité par conductimètre

## f. Le calcaire total

### 1. Matériels utilisés :

- Balance de précision.
- Capsules.
- Les échantillons du sol.
- Acide chlorhydrique (HCL).
- Calcimètre de bernard



**Figure n°29 : mesure Le calcaire total.**

**A :** acide chlorhydrique (HCL) ; **B :** examinaisons de 1g du sol ; **C :** Peser 0.5 g des échantillons pour chaque deux horizon (10 cm-20 cm) ; **D :** Mettre échantillon dans un erlenmeyer ;  
**E :** Verser 50 ml de Hcl dans l'erlenmeyer ; **F :** Insérer l'erlenmeyer au calcimètre ;  
**H :** Faire le calcul de pourcentage du calcaire contenu dans le sol.

## 2. La méthode de travail :

L'examinassions de 1g de tous les échantillons par ajouter de l'acide chlorhydrique (HCL).

- Peser 0.5 g des échantillons pour chaque deux horizon (10 cm-20 cm).
- Mettre le premier échantillon dans un erlenmeyer.
- Coller une boulette de pate à modeler sous le petit tube.
- A l'aide d'une pipette verser dans le tube de l'HCl assez concentré.
- A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'erlenmeyer
- Boucher l'erlenmeyer.
- Modifier la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué.
- Le contenu de l'erlenmeyer sera alors à la pression atmosphérique.
- Incliner l'erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon.
- Reposer l'erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence.
- La pression dans le tube gradué est alors supérieure à la pression atmosphérique.
- Il convient de rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et tube.
- Le CO<sub>2</sub> dégagé est maintenant à pression atmosphérique.
- Ouvrir l'erlenmeyer ; ajouter un peu d'acide sur l'échantillon. Vérifier que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO<sub>3</sub> a été attaqué.



**Figure n°32** : les symptômes et les dégâts de *Meloidogyne* spp (Original, 2022)

**A : sur les racines; B : sur les feuilles**

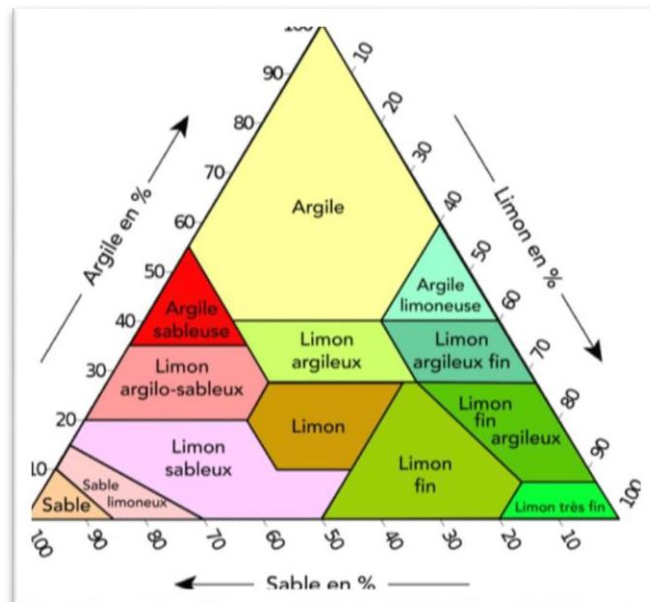


Figure n°35 : Triangle de la granulométrie ([parlonssciences.ca/ressources pédagogiques/ documents- d'information /science-du-sol](http://parlonssciences.ca/ressources_pédagogiques/documents-d'information/science-du-sol))

