

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIE

Projet de fin d'étude
En vue d'obtention du diplôme de Master II
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Agroenvironnement et Bio-indicateurs

THEME

**Principaux facteurs d'infestation des cultures maraîchères sous serres
par les nématodes à galles *Meloidogyne* spp dans la région de la
Mitidja**

Présenté par : M^{elle} Douici Nawel et M^{elle} El Hattah Maroua

Membre du jury :

Présidente	M ^{me} LEMITI S.	M.C.B.	U.S.D.B.1
Promotrice	M ^{me} SABRI K.	M.A.A.	U.S.D.B.1
Co-promoteur	M ^r SMAHA D.	Chercheur	I.N.P.V. Alger
Examinateuse	M ^{me} OUANIGHI H.	M.A.A.	U.S.D.B.1

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout Dieu le tout puissant pour nous avoir accordé la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Nos profonds remerciements s'adressent tout d'abord :

À Mme SABRI K. pour avoir accepté de nous encadrer et de diriger ce travail.

A Mr SMAHA D. Co-promoteur pour son encadrement et ses directives

À Mme LEMITI S. pour l'honneur qu'elle nous fait de présider le jury de ce mémoire.

À Mme OUANIGHI H. qui a bien voulu examiner notre travail.

Nos profondes gratitude vont à Mr Saïd, ingénieurs du laboratoire de pédologie, pour sa disponibilité et pour le temps consacré.

Nous exprimons également nos 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

À ma chère **maman**, pour son amour inconditionnel, ses prières silencieuses, sa tendresse infinie et son soutien sans faille dans chaque étape de ma vie.

À mon **père**, modèle de courage et de sagesse, pour sa confiance en moi et ses encouragements constants.

À mes **frères**, pour leur affection fraternelle, leur soutien discret mais toujours présent.

Et à mon **fiancé**, pour sa patience, sa compréhension et sa présence apaisante à mes côtés tout au long de ce parcours.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance

NAWEL

Dédicaces

Tout d'abord, je tiens à remercier **DIEU** de ma donnée la force et le courage de mener à bien ce modeste travail

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents,

Pour leur amour inestimable, leurs sacrifices, leur soutien inconditionnel et leurs prières constantes. Vous êtes ma plus grande force.

Mes chers frères,

IBRAHIM et ABD EL KADER pour votre présence, vos encouragements et votre affection qui m'ont soutenue dans chaque étape.

Mon adorable sœur,

SIRINE qui a partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

Mon fiancé,

pour ta patience, ton soutien, ta compréhension et ta foi en moi. Merci d'avoir toujours cru en mes capacités.

Sans oublier Mon binôme NAWEL,

pour ton engagement, ton esprit d'équipe et les efforts partagés tout au long de ce travail. Ce mémoire est aussi le fruit de notre collaboration.

A tous les nombre de ma grande famille,

Qui n'ont jamais cessé de donner un coup de main, ce travail de vos encouragements.

A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance.

MAROUA

Table de matière

Remerciements	
Dédicace	
Table de matière	
Résume	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

PARTIE 01 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: Généralité sur les *Meloidogyne* spp

I- 1. Généralité.....	3
I- 2. Systématique	3
I- 3 Caractères morphologiques des <i>Meloidogyne</i> spp	4
a-Le mâle.....	4
b-La femelle:	4
c-Œuf.....	4
I- 4- Cycle biologique	5
I- 5. Ecologie des <i>Meloidogyne</i> spp.....	6
I-5.1. Les facteurs écologiques influençant sur le développement des <i>Meloidogyne</i>	7
I- 6.Diversité biologique et impact économique.....	9
I-7 Symptômes, dégâts et seuil de nuisibilité des <i>Meloidogyne</i>	9
I-8 Les symptômes souterrains et aériens sur la plante peuvent être ainsi décrits.....	10
a. Partie souterraine	10

b. Partie aérienne.....	10
I-9 Méthodes de lutte contre le <i>Meloidogyne</i> spp.....	11
I-9.1 méthodes physique	11
I-9.2. Lutte chimique.....	12
I-9.3 lutte génétique	12
I-9.4 méthode biologique	12
a. Les plantes nématicides	12
I-9.5. La lutte intégrée.....	13

Chapitre II : la plante hôte Solanacées

II -1. Généralités sur solanacées	15
II -2. Tomate	15
II-2.1. Histoire et Origine.....	15
II-2.2. Systématique	16
II-2.3. Les exigences édaphique et climatique de tomate	17
II-2.4. Structure et texture	17
II.2.5. Principales maladies et ravageurs de la tomate	19
II.2.5.1 Tableau n°01 : Symptômes et moyens de lutte contre les principales maladies de la tomate	19
II.2.5.2. Bactéries	20
II-2.5.3 Les virus	21
II-2.5.4. Maladies cryptogamiques	23
II-2.6. Importance économique de la tomate en Algérie.....	23

Partie I : Travail Experimental

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. But de travail	26
I-2. Présentation de la station d'étude (Staoueli).....	26

I- 3. Méthodologie de travail	28
I- 4.1 Questionnaire.....	28
I- 4.2. Prélèvement du sol et estimation de l'indice de galles	28
Chapitre II : Résultats et discussion	
II- 1. Importance du questionnaire.....	32
II- 2. Etude d'état d'infestation par les nématodes à galles	32
II- 3. Calcul de la moyenne de l'indice de galles	32
II- 4. Région de Staoueli.....	33
II- 5. Région de Ahmer El Ain	39
Discussion	46
Conclusion.....	49
Les Références	50
Bibliographiques	50
ANNEXE	58

Résumé

Principaux facteurs d'infestation des cultures maraîchères sous serres par les nématodes à galles *Meloidogyne* spp dans la région de la Mitidja

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* constituent l'un des bio-agresseurs les plus redoutables affectant les cultures maraîchères sous serre, en raison de leur capacité à provoquer des pertes importantes en rendement et en qualité. En Algérie, la culture de la tomate, particulièrement sous abri, revêt une grande importance économique, notamment dans les régions littorales comme Staoueli(Alger) et Tipaza (Ahmer- El -Ain).

Ce travail a pour objectif d'étudier les principaux facteurs favorisant l'infestation des cultures de tomate sous serre par les *Meloidogyne* spp. Dans ces deux régions, ainsi que d'identifier les espèces présentes et d'évaluer le degré d'infestation des sols.

Pour ce faire, des prélèvements de sol et de racines ont été réalisés dans plusieurs serres de Staoueli et Tipaza. L'identification des nématodes s'est basée sur l'observation morphologique des femelles, notamment les coupes périnéales, ainsi que ce travail de recherche c'est une enquête qui vise à collecter des données noter l'utilisation des produits chimiques se fait chaque année, et l'utilisation des produits phytosanitaires (Nematex, Mokape, Cystcure et Dazitol) et des engrains se fait régulièrement et de manière anarchique.

Parallèlement, des analyses physico-chimiques des sols (pH, texture, humidité, matière organique) ont été effectuées. Cette analyse pédologique étudiées montre que ces deux régions se caractérise par des sols riches en matière organique (4,4% à 8,9%), un pH qui tend vers l'alcalin, l'humidité est élevée, ces résultats sont favorables pour les nématodes à galles

On a noté aussi que l'indice de galle dans cette région est élevé (3.2).

Les résultats ont mis en évidence une forte infestation *par Meloidogyne incognita*, avec des indices de galles dépassant les seuils de tolérance économique, notamment dans les sols légers, à humidité modérée et faiblement riches en matière organique.

Ces résultats confirment la nécessité de mettre en place des stratégies de lutte intégrée et de sensibiliser les producteurs à l'importance de la gestion préventive des sols afin de limiter les dégâts liés aux nématodes à galles dans les cultures maraîchères sous serre.

Mots clés :

Mitidja, *Meloidogyne*, Cultures maraîchères, *M. incognita*, Analyses physico-Chimiques.

Abstract

Main Factors of Infestation of Greenhouse Vegetable Crops by Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) in the Mitidja Region

Root-knot nematodes of the genus *Meloidogyne* are among the most harmful pests affecting greenhouse vegetable crops, due to their ability to cause significant losses in both yield and quality. In Algeria, tomato cultivation—especially under cover—has major economic importance, particularly in coastal regions such as Staoueli (Algiers) and Tipaza (Ahmer El Ain).

This study aims to investigate the main factors favoring infestation of greenhouse tomato crops by *Meloidogyne* spp. in these two regions, to identify the present species, and to assess the level of soil infestation.

To achieve this, soil and root samples were collected from several greenhouses in Staoueli and Tipaza. Nematode identification was based on morphological observation of females, particularly perineal patterns. This research also included a survey intended to collect data showing that chemical products are used annually, and that the use of phytosanitary products (Nematex, Mokape, Cystcure, and Dazitol) and fertilizers is frequent and unregulated.

At the same time, physico-chemical analyses of the soil (pH, texture, moisture, organic matter content) were conducted. These pedological analyses revealed that soils in both regions are rich in organic matter (4.4% to 8.9%), tend to be alkaline, and have high moisture levels—conditions favorable for the development of root-knot nematodes.

It was also noted that the gall index in this region is high (3.2).

The results revealed a strong infestation by *Meloidogyne incognita*, with gall indices exceeding economic tolerance thresholds, especially in light soils with moderate humidity and low organic matter content.

These findings confirm the urgent need to implement integrated pest management strategies and to raise awareness among farmers about the importance of preventive soil management, in order to reduce the damage caused by root-knot nematodes in greenhouse vegetable crops.

Keywords:

Mitidja, *Meloidogyne*, greenhouse vegetable crops, *M. incognita*, physico-chemical analy

ملخص

العوامل الرئيسية لإصابة المحاصيل الخضرية في البيوت البلاستيكية بنيماتودا تعقد الجذور (*Meloidogyne spp.*) في منطقة المتيجة

تعد نيماتودا تعقد الجذور من جنس *Meloidogyne* من أكثر الكائنات الضارة التي تهاجم المحاصيل الزراعية في البيوت البلاستيكية، لما تسببه من خسائر كبيرة في الإنتاجية والجودة. في الجزائر، تعتبر زراعة الطماطم، خاصة تحت الأغطية، ذات أهمية اقتصادية كبيرة، خصوصاً في المناطق الساحلية مثل سطروالي (الجزائر) وأحمر العين (تيبازة).

يهدف هذا البحث إلى دراسة العوامل الرئيسية التي تُسهم في إصابة محاصيل الطماطم تحت البيوت البلاستيكية بنيماتودا *Meloidogyne* في هاتين المنطقتين، مع تحديد الأنواع الموجودة وتقييم درجة إصابة التربة.

تم إجراء أخذ عينات من التربة والجذور من عدة بيوت بلاستيكية، وتم التعرف على النيماتودا من خلال ملاحظة الصفات الشكلية للإناث، خاصة القطع المحيطية، إلى جانب دراسة ميدانية لتوثيق الاستخدام العشوائي والمترعرع للمبيدات الكيميائية مثل *Nematex*، *Mokape*، *Dazitol* و *Cystcure* والأسمدة.

كما أجريت تحاليل فيزيائية وكيميائية للتربة (درجة الحموضة، التركيب، الرطوبة، والمادة العضوية)، والتي أظهرت أن التربة في المنطقتين غنية بالمادة العضوية (4.4% إلى 8.9%), وذات pH مائل للفلورية، ورطوبة مرتفعة، وهي ظروف ملائمة لتكاثر النيماتودا.

للحظ كذلك أن مؤشر الإصابة بالتعقد الجذري مرتفع (3.2). وقد أظهرت النتائج انتشاراً واسعاً لنوع *Meloidogyne incognita*، بمؤشرات تفوق عتبات التحمل الاقتصادي، خصوصاً في الترب الخفيفة والرطبة ذات المحتوى المنخفض من المادة العضوية.

تؤكد هذه النتائج ضرورة اعتماد استراتيجيات مكافحة متكاملة وتوعية الفلاحين بأهمية الإدارة الوقائية للتربة، بهدف الحد من الأضرار الناجمة عن نيماتودا تعقد الجذور في الزراعة المحمية.

الكلمات المفتاحية:

المتيجة، المحاصيل الزراعية، *M. incognita*، التحاليل الفيزيائية والكيميائية

Liste des abréviations

IG : indice de galles

pH : le potentiel d'hydrogène

μs : Microseconde

INRA : Institut national de la recherche agronomique

% : pourcentage

J2 : juvénile du 2ème stade

IGM : indice de galles moyen

CE : La conductivité électrique

C° : Le degré Celsius

g : gramme

ITCMI : Institut technique des cultures maraîchères et industrielles.

Solution bichromate à 8 % : (prendre 8 g de K₂Cr₂O₇ et faire dissoudre dans 100ml d'eau distillée

NPK : Azote, Phosphore, Potassium

M.incognita : *Meloidogyne incognita*

R1 : Région de Staoueli

um: Micromètre

Liste des figures

Figure n°1	Morphologie des différents stades de <i>Meloidogyne</i> spp	05
Figure n°2	Cycle biologique de <i>Meloidogyne</i> spp	06
Figure n°3	Exemples de dégâts engendrés par les nématodes à galles	10
Figure n°4	Localisation géographique de la station d'étude ITCMI (Staoueli)	27

Figure n°5	Localisation géographique de la station d'étude Hamer-El-Ain (Tipaza)	27
Figure n°6	Protocole expérimental pour échantillonnage du sol sur terrain	29
Figure n°7	Femelles relevées à partir des racines	30
Figure n°8	Estimation de l'indice de galles	33
Figure n°9	Indice de galle de chaque plant de la culture de tomate (R1 : région de Staoueli-Alger)	33
Figure n°10	Histogramme du moyen indice de galle de Staoueli	34
Figure n°11	Humidité du sol dans la région d'étude de staoueli Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	35
Figure n°12	Les valeurs du calcaire dans la station d'étude Staoueli dans 10cm et 20cm de profondeur	36
Figure n°13	Les valeurs du pH dans la station d'étude Staoueli dans 10cm et 20cm de profondeur	37
Figure n°14	Matière organique dans la station d'étude Staoueli Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	38
Figure n°15	Valeurs de la conductivité électrique dans la station d'étude (Staoueli) Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	39
Figure n°16	Les valeurs du calcaire dans la station d'étude Hmer El-Ain Dans 10cm et 20cm de profondeur	40
Figure n°17	Humidité du sol dans la région d'étude Hhmer El-ain Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	41
Figure n°18	Matière organique dans la station d'étude Ahmer Ain Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	42
Figure n°19	Valeurs de la conductivité électrique dans la station d'étude (Ahmer- El - Ain) Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs	43
Figure n°20	montage des figures périnéales (pattern)	44
Figure n°21	Incubation des boites dans l'étuve	62
Figure n°22	Les étapes de tamisé le sol	63
Figure n°23	Les différentes étapes de préparation de la matière organique	63

Figure n°24	mesure Le calcaire total	64
Figure n°25	Mesure de pH et la conductivité	66
Figure n°26	Les différentes étapes de préparation de l'humidité	69
Figure n°27	Mesure de pH et la conductivité	69

Liste des tableaux

Tableau n°01	symptômes et moyens de lutte contre les principales maladies de la tomate	19
Tableau n°02	montre les principales maladies bactériennes pouvant affecter la tomate .	20

Tableau n°03	Maladies virales de la tomate	21
Tableau n°04	Maladies cryptogamiques de la tomate	23
Tableau n°05	les analyses pédologiques de la région de staoueli	60
Tableau n°06	les analyses pédologiques de la région de Ahmer-El-Ain	60
Tableau n°07	Présentation d'indice de galle et la moyenne IG dans la région de Staoueli	60
Tableau n°08	les résultats des analyses de texture su sol	61
Tableau n°09	Les interprétations de la matière organique	65
Tableau n°10	Les interprétations du calcaire total	66

Introduction

Introduction

Introduction

L'agriculture maraîchère constitue un secteur stratégique pour la sécurité alimentaire en Algérie, notamment dans les zones périurbaines comme la région de Staoueli et Ahmer El Ain en périphérie d'Alger. La diversification des cultures, notamment les Solanacées telles que la tomate répond à une forte demande locale, mais ces cultures sont confrontées à des contraintes phytosanitaires majeures. Parmi celles-ci, les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* représentent une menace préoccupante pour la productivité des serres maraîchères (**Nagnan-Le Meillour et al., 2019 ; Bernard et al., 2017**).

Ces nématodes endoparasites obligatoires, largement répandus dans les régions à climat méditerranéen et tropical, provoquent des déformations racinaires appelées galles, perturbant l'absorption de l'eau et des nutriments. Leur large spectre d'hôtes et leur capacité à survivre dans différents types de sols les rendent particulièrement redoutables dans les systèmes agricoles intensifs (**Jones et al., 2013**). Dans la région de Staoueli et Ahmer-El-Ain les conditions édaphiques (sols limono-argileux) et climatiques (hivers doux et étés chauds et secs) sont favorables à leur développement et à leur dissémination rapide (**ITCMI, 2020**).

Les symptômes causés par les *Meloidogyne* spp., varient selon le niveau d'infestation, l'espèce végétale, la densité de la population nématode et les pratiques culturales. Des pertes de rendement significatives ont été rapportées, atteignant jusqu'à 60 % dans certaines exploitations maraîchères lorsque l'indice de galles dépasse le seuil de nuisibilité (**De Guiran, 1983 ; Siddiqui et al., 2002**). Il est donc essentiel d'évaluer l'état sanitaire des serres, de caractériser le sol, et de suivre l'évolution des populations nématodes afin de mettre en œuvre une stratégie de lutte adaptée.

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'étude bioécologique des nématodes à galles dans la culture de la tomate à Staoueli et Ahmer-El-Ain. Il vise à réaliser une prospection des pratiques agricoles locales à travers des enquêtes auprès des agriculteurs, évaluer le degré d'infestation à travers l'indice de galles, analyser les propriétés physico-chimiques du sol (pH, matière organique, humidité...) et étudier la présence éventuelle d'organismes nématophages dans le sol. Les résultats permettront d'enrichir les connaissances sur la dynamique des *Meloidogyne* en milieu protégé et de proposer des recommandations adaptées pour une gestion durable de cette problématique.

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Généralité sur les nématodes à galles

Meloidogyne spp

Chapitre I : Généralité sur les *Meloidogyne* spp

I- 1. Généralité

Les nématodes sont des vers ronds microscopiques appartenant au phylum des Nematoda. Ils constituent l'un des groupes les plus abondants et les plus diversifiés du règne animal, avec des espèces libres ou parasites, vivant dans le sol, l'eau, ou en association avec les plantes et les animaux (Luc *et al.*, 2005). Parmi eux, les nématodes phytoparasites qui sont responsables de dégâts considérables aux cultures agricoles à travers le monde. Ces nématodes parasitent les racines, les tiges, les feuilles ou même les graines, provoquant des perturbations physiologiques qui se traduisent par des pertes de croissance, de rendement et de qualité des produits (Perry & Moens, 2011).

En agriculture, les nématodes phytoparasites sont à l'origine de plus de 12 % de pertes agricoles globales annuelles, représentant un problème économique majeur, surtout dans les zones tropicales et subtropicales (Nicol *et al.*, 2011). Leur impact est souvent sous-estimé, car ils vivent dans le sol et leurs symptômes sont similaires à ceux causés par des carences ou d'autres agents pathogènes (Nicol *et al.*, 2011).

Ces nématodes sont généralement classés selon leur mode d'alimentation (ectoparasites ou endoparasites) et leur interaction avec la plante (migrateurs ou sédentaires). Parmi les genres les plus importants, on retrouve *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera*, *Pratylenchus* et *Radopholus*. Le genre *Meloidogyne*, responsable des nématodes à galles, est de loin le plus répandu et le plus destructeur dans les cultures maraîchères, notamment sous serre (Moens *et al.*, 2009).

I- 2. Systématique

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

Règne :	Animalia
Embranchement :	Nematoda
Classe :	Secernentea
Ordre :	Tylenchida
Sous-ordre	Tylenchina
Super-famille :	Heteroderoidea
Famille :	Heteroderidae
Genre :	<i>Meloidogyne</i> Goeldi, 1887

I- 3 Caractères morphologiques des *Meloidogyne* spp

L'étude morphologique des nématodes à galles joue un rôle fondamental dans l'identification des différentes espèces. Ces nématodes, qui vivent à l'intérieur des tissus racinaires des plantes hôtes, présentent un dimorphisme sexuel marqué, ce qui signifie que les mâles et les femelles ont des formes très différentes (**Chitwood, 1949** ; **Esser et al., 1981**). Ils appartiennent à un groupe de vers microscopiques de forme cylindrique et symétrique, avec un corps protégé par une cuticule résistante. Chez plusieurs espèces, leur morphologie est typiquement filiforme (**Raynal et al., 1989** ; **Bachelier, 1978**). Ces nématodes sont connus pour provoquer des renflements caractéristiques appelés galles sur les racines ou les tubercules, d'où leur nom. Ils peuvent infester une grande variété de plantes, mais attaquent plus fréquemment les Cucurbitacées (**Ayadi-Feki, 2015**). Le stade J2 (Juvénile de 2e stade) est le stade infestant : c'est lui qui sort de l'œuf et pénètre la racine de la plante hôte. À ce stade, le nématode est mince, vermiforme, et mesure environ 400 µm de long pour 15 µm de large. Sa queue est conique et mesure entre 45 et 59 µm, selon les espèces (**Jepson, 1987**). Quant à l'œuf, il est de forme ovale, mesurant environ 90 µm de long et 40 µm de large (**Orton, 1973**).

a- Le mâle

Les mâles sont généralement rares et ont un rôle limité dans la reproduction, surtout dans les espèces parthénogénétiques. Ils sont mobiles et ont une forme allongée, de type filiforme, avec une longueur variant de 1 à 3 mm. Leur tête est arrondie, équipée d'un stylet court et robuste, bien adapté à leur déplacement (**Taylor, 1968** ; **Hooper & Evans, 1993**). Après leur développement dans la racine, ils deviennent vermiformes au stade adulte, restant enfermés dans les cuticules des stades précédents lors de leurs dernières mues (**Taylor, 1968** ; **Hooper & Evans, 1993**).

b- La femelle:

La femelle adulte est bien différente, elle est sédentaire, globuleuse ou piriforme (en forme de poire), de couleur blanchâtre. Son corps peut mesurer jusqu'à 1 à 1,5 mm de diamètre (**Netscher, 1965** ; **Ritter, 1971**). Elle possède un stylet bien développé, utilisé pour percer les cellules des vaisseaux conducteurs et absorber la sève (**Bertrand, 2001**). Les larves issues des œufs sont également vermiformes, avec une extrémité postérieure pointue, mesurant entre 0,3 à 0,5 mm de long et environ 10 µm de diamètre (**De guiran et Netscher, 1970**).

c- Œuf

Le cycle de vie de *Meloidogyne spp*. Débute par la Ponte des œufs, regroupés dans une masse gélatineuse déposée à proximité des racines infestées (Orton Williams, 1973). Chaque femelle peut produire jusqu'à 1000 œufs. Le développement embryonnaire se déroule dans l'œuf jusqu'à l'émergence du juvénile de deuxième stade (J2), forme infestant. Ce stade est sensible aux conditions environnementales, notamment à la température et à l'humidité du sol (Karssen et Moens, 2006) (Figure n° 01).

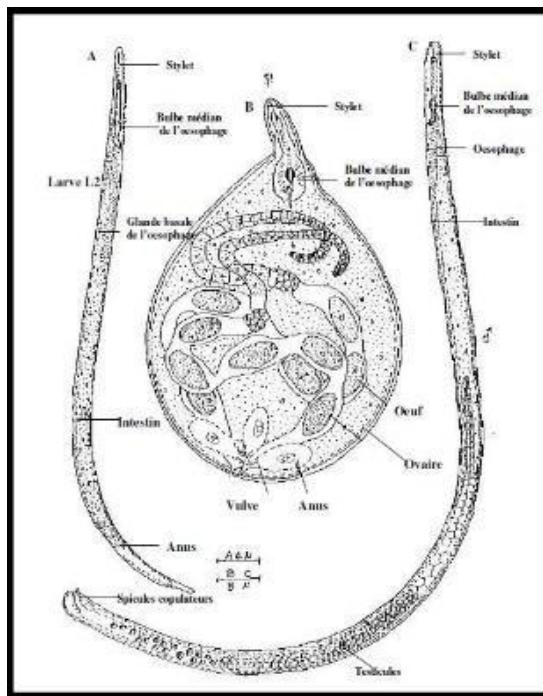


Figure n° 01: Morphologie des différents stades de *Meloidogyne spp*

(DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

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

I- 4- Cycle biologique

Le cycle de développement des nématodes à galle du genre *Meloidogyne* comprend plusieurs stades distincts, chacun ayant des caractéristiques spécifiques qui permettent l'infestation et la propagation dans les racines des plantes hôtes. Le cycle commence avec la ponte d'œufs par la femelle adulte, qui forme une masse gélatineuse autour des racines de la plante hôte. Les œufs renferment des embryons qui donneront naissance à des larves juvéniles de deuxième stade (J2), stade infectieux capable de se déplacer dans le sol à la recherche d'une racine hôte (Trudgill et al., 2000). Une fois qu'une larve J2 trouve une racine, elle pénètre dans les tissus racinaires, souvent

au niveau de la région méristématique, et commence à se nourrir des cellules végétales, ce qui entraîne des modifications morphologiques et biochimiques de la plante (**Sasser et Carter, 1985**). Cette réaction de la plante mène à la formation de galles autour de la zone d'infection, où la larve se transforme en femelle adulte (**Jones et al., 2013**). La femelle devient immobile, gonflée et continue de produire des œufs dans sa masse gélatineuse, pouvant produire plusieurs milliers d'œufs (**Melo et al. 2004**) le mâle se développent également à partir des œufs, émergent sous forme de larves J2 et se déplacent vers les femelles pour la fécondation (**Blok et al., 2008**). Après la fécondation, la femelle pond de nouveaux œufs qui donneront à leur tour des larves J2, initiant un nouveau cycle. Ce cycle complet de développement peut durer entre 3 à 4 semaines dans des conditions favorables, mais peut s'étendre à plusieurs mois si les conditions sont moins propices (**Bird et al., 1996**). Ce mécanisme de reproduction rapide et de propagation dans les racines est une des raisons pour lesquelles *Meloidogyne* est une menace majeure pour l'agriculture (**Bird et al., 1996**) (**Figure n°02**).

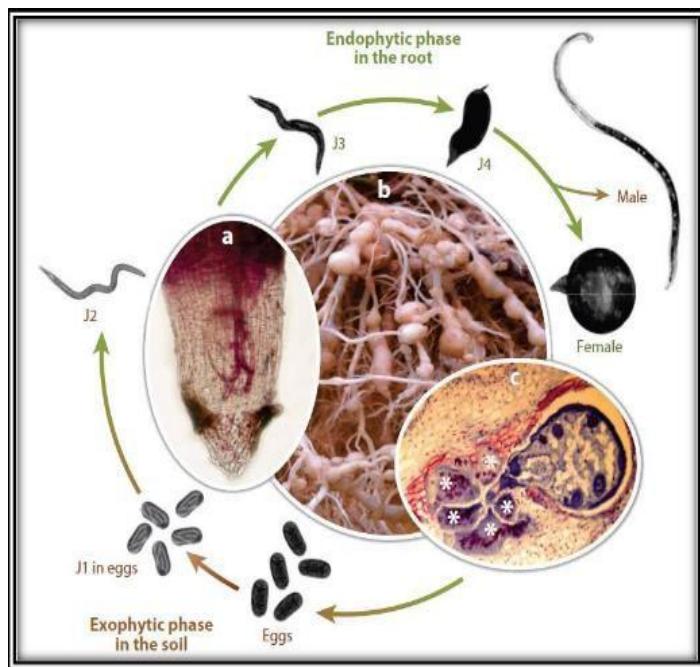


Figure n° 02 Cycle biologique de *Meloidogyne* spp (Bird et al., 1996).

(a : Nématode dans la racine, remontant le cylindre central. b : galles racinaires.

C: femelle e site nourricier constitué de plusieurs cellules géantes symbolisées par des astérisques. J1 à J4 : différents stades juvéniles)

I- 5. Ecologie des *Meloidogyne* spp

L'écologie des *Meloidogyne spp*. Étudie les conditions du sol et de l'environnement qui influencent leur développement, de survie et l'infestation des plantes (**Cayrol, 1971**).

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

I-5.1.1. Les facteurs abiotiques

a. l'eau

Les fluctuations du taux d'humidité dans le sol influencent fortement la communauté des nématodes (**Cayrol, 1971**). En effet, un excès d'eau peut limiter la mobilité de ces organismes. Par ailleurs, l'eau joue un rôle clé dans la dissémination des nématodes du genre *Meloidogyne* (**Prot et Matias, 1995**).

b. la température

La température est un facteur clé qui influence le développement, la survie et la reproduction des nématodes à galles. Leur activité optimale se situe généralement entre 20 et 30C°. En dehors de cette plage, leur métabolisme ralentit, ce qui diminue leur capacité à infecter les plantes. Des températures extrêmes peuvent même entraîner la mort des stades vulnérables, ralentissant ainsi la multiplication des populations (**Taylor et Sasser, 1978 ; Moens et al., 2009**).

c. humidité

L'humidité représente un élément crucial pour le développement et la survie des nématodes du genre *Meloidogyne* (**Scotto La Massese, 1986 ; Goodell et Ferris, 1989**). En effet, ces organismes manifestent une activité maximale dans des sols dont le taux d'humidité se situe généralement entre 40 et 60 % de la capacité au champ (**Reddy, 1983**).

d. texture et structure du sol

Les nématodes, quel que soit leur groupe ou leur mode de parasitisme, vivent en étroite interaction avec le sol (**Vallotton, 1983**). La texture du sol joue un rôle important en influençant la mobilité des *Meloidogyne*, qui se développent principalement dans les couches superficielles, notamment les horizons arables (**Ritter, 1985**). Il a été démontré que les sols à texture argileuse exercent un effet défavorable sur le développement de *Meloidogyne incognita* (**De Guiran, 1979**). Par ailleurs, **Reddy (1983)** souligne que les nématodes du genre *Meloidogyne* sont présents dans toutes les régions géographiques, quelle que soit la latitude ou la longitude.

e. pH

Le pH du sol joue un rôle important dans la survie, l'éclosion des œufs et la reproduction des nématodes *Meloidogyne*. Un intervalle de pH entre 4 et 8 est favorable à leur développement (**Wallace, 1966**). Plus spécifiquement, l'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita* et *M. javanica* est maximale autour d'un pH de 6,5 (**Ritter, 1976, cité par Kellili, 1999**). De plus, selon **Jones (1982)**, les infestations sont généralement moins sévères dans les sols acides que dans les sols à pH neutre ou alcalin.

f. L'air

La concentration de gaz carbonique et d'oxygène dans le sol influence fortement les nématodes (**Cayrol, 1971**). Selon **Fledmesser et Feder (1954)**, les exigences en oxygène varient selon les espèces de nématodes, certaines nécessitant une oxygénation élevée, tandis que d'autres peuvent survivre en conditions anaérobies (**Van Gundy et al., 1967**). Une absence prolongée d'oxygène bloque principalement le développement des larves de premier stade, et peut provoquer une augmentation du nombre d'œufs en état de diapause (**De Guiran, 1979**).

g. Luminosité

Selon **Baker et al. (1975)**, une étude réalisée en serre a révélé que l'allongement de la durée d'exposition à la lumière entraîne une augmentation des populations de *Meloidogyne incognita*. Cela suggère que l'usage de la lumière artificielle pourrait favoriser le développement de ces nématodes et ainsi aggraver les problèmes d'infestation.

h. Conductivité

La conductivité électrique (CE) du sol reflète la concentration en sels solubles et peut influencer indirectement l'activité biologique des nématodes. Une CE élevée peut affecter la croissance racinaire, modifiant ainsi les interactions entre la plante hôte et *Meloidogyne spp.*. Certaines études indiquent que des niveaux modérés de salinité peuvent réduire la mobilité ou la survie des nématodes, bien que cela dépende fortement de l'espèce concernée et des conditions environnementales (**Nico et al., 2004 ; Ploeg & Maris, 1999**).

I-5.1.2. Les facteurs biotiques :

a. Matière organique

La matière organique influence le développement des *Meloidogyne* de façon variable. Elle peut améliorer les conditions du sol et ainsi favoriser indirectement la multiplication des nématodes. Toutefois, certains apports organiques, comme les composts bien décomposés,

peuvent réduire leurs populations en stimulant l'activité d'organismes antagonistes (**Stirling, 1991** ; **Akhtar et Malik, 2000**).

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 organismes du sol jouent un rôle important dans la régulation des populations de *Meloidogyne* spp. Certains micro-organismes (Bactéries, Champignons, Protozoaires) ainsi que divers invertébrés (acariens, insectes, autres nématodes) peuvent agir comme agents antagonistes, en parasitant ou en prédatant les nématodes à galles. Ces interactions contribuent à la régulation biologique naturelle dans les agroécosystèmes (**Cayrol, 1971**).

I- 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 maraîchage. 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.

I-7 Symptômes, dégâts et seuil de nuisibilité des *Meloidogyne*

Le genre *Meloidogyne* regroupe les nématodes phytoparasites les plus redoutables pour les cultures agricoles. Il figure au premier rang des genres responsables des dégâts les plus importants sur les plantes hôtes (**Jones et al., 2013**). À ce jour, plus de cent espèces appartenant à ce genre ont été décrites, toutes caractérisées par leur mode de vie endoparasite obligatoire. Ces nématodes sont largement distribués à l'échelle mondiale et se distinguent par leur grande capacité d'adaptation, notamment grâce à leur large gamme d'hôtes, incluant de nombreuses espèces végétales d'intérêt agronomique (**Bernard et al., 2017**).

I-8 Les symptômes souterrains et aériens sur la plante peuvent être ainsi décrits

a. Partie souterraine

L'infestation par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* se manifeste principalement par la formation de galles sur les racines des plantes hôtes (De Guiran & Netscher, 1970). L'aspect de ces galles et leur taille, leur nombre et leur morphologie, dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'espèce végétale concernée, de son stade de développement, de l'espèce de nématode impliquée ainsi que de la densité parasitaire dans le sol. Pour évaluer l'intensité des symptômes, une échelle de notation au champ a été mise en place, permettant de quantifier les dommages et de déterminer le seuil de tolérance de la plante. Cet indice de galles varie de 0 (absence de galles) à 5 (infestation très sévère), comme proposé par B'Chir (1983).

b. Partie aérienne

L'infestation des racines par les nématodes du genre *Meloidogyne* perturbe considérablement le transport des nutriments et de l'eau vers les parties aériennes de la plante. Cela se traduit par un flétrissement rapide, des symptômes de carences nutritionnelles, ainsi qu'une faible réponse à la fertilisation, particulièrement en cas de forte infestation. Par ailleurs, un retard de croissance, une réduction de la taille et une perte de vigueur des plants sont également des indicateurs typiques d'une attaque par ces nématodes (Siddiqui et al., 2002). Selon De Guiran (1983), le seuil de nuisibilité, c'est-à-dire la densité parasitaire à partir de laquelle les dégâts deviennent significatifs, est estimé entre 100 et 1000 individus par kilogramme de sol. (Figure n°03).



Figure n°03 : Exemples de dégâts engendrés par les nématodes à galles
(CAROLINE DJIAN-CAPORALINO, 2018)

I-9 Méthodes de lutte contre le *Meloidogyne* spp

Bien que les *Meloidogyne* constituent un facteur limitant majeur pour de nombreuses cultures dans les régions chaudes, en particulier dans les systèmes maraîchers des zones intertropicales, aucune méthode de lutte ne permet à ce jour une éradication complète du parasite (**Wrather & Albers, 1992**). Ces nématodes présentent une capacité de reproduction très rapide et atteignent des effectifs élevés en un temps court. De plus, leur large spectre d'hôtes, qui inclut la majorité des espèces maraîchères, complique considérablement leur gestion. Ainsi, l'objectif principal de la lutte contre ces parasites est de maintenir les populations en dessous du seuil de nuisibilité, afin d'éviter des pertes économiques importantes pour la culture (**De Guiran, 1983**).

I-9.1 méthodes physique

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

a. Désinfection à la vapeur

Cette méthode physique repose sur l'application de vapeur d'eau à haute température (Entre 70 et 100 °C) pour éradiquer les nématodes, leurs œufs ainsi que d'autres agents pathogènes présents dans le sol. Bien qu'elle soit efficace et exempte de résidus chimiques, son coût élevé limite son usage aux cultures sous serre à forte valeur économique (**Viaene et al., 2007 ; Bélair et al., 2003**).

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**).

d. Solarisation du sol

La solarisation est une méthode de désinfection thermique qui consiste à recouvrir le sol humide avec un film plastique transparent pendant plusieurs semaines durant la période estivale. L'effet de serre ainsi créé permet d'élèver la température du sol à des niveaux létaux pour les nématodes, leurs œufs et d'autres pathogènes. Cette technique est écologique, simple à mettre en œuvre et particulièrement adaptée aux régions chaudes (**Katan, 1981 ; Stapleton & DeVay, 1984**).

I-9.2. Lutte chimique

La lutte chimique contre les *Meloidogyne* basée sur l'utilisation des nematicides fumigants et des substances endothérapiques (systématiques).

I-9.3 lutte génétique

La lutte génétique consiste à utiliser des variétés de plantes résistantes aux nématodes à galles. Cette méthode permet de réduire naturellement la population de *Meloidogyne spp*. Dans le sol, sans recourir aux produits chimiques. Par exemple, le gène Mi-1, présent chez certaines variétés de tomate, confère une résistance efficace contre plusieurs espèces comme *M. incognita* ou *M. javanica* (**Williamson & Kumar, 2006**). Toutefois, cette résistance peut être contournée par certaines souches virulentes du parasite, d'où l'importance de combiner cette méthode avec d'autres approches de lutte intégrée (**Castagnone-Sereno, 2002**).

I-9.4 méthode biologique

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivants antagonistes pour réduire les populations de *Meloidogyne spp*. Dans le sol. Parmi les plus efficaces, on retrouve des champignons nématophages comme *Paecilomyces lilacinus* ou *Pochonia chlamydosporia*, capables de parasiter les œufs et les juvéniles (**Kerry, 2000**). Certaines bactéries comme *Bacillus firmus* et *Pasteuria penetrans* sont également reconnues pour leur effet suppressif sur ces nématodes (**Hallmann et al., 2009**). Cette méthode est respectueuse de l'environnement et peut être intégrée dans un programme de gestion durable, bien qu'elle demande des conditions écologiques favorables pour être pleinement efficace.

a. Les plantes nematicides

Un grand nombre de plantes sont reconnues pour leurs propriétés nematicides, agissant par des mécanismes variés tels que la répulsion, l'inhibition du développement, la toxicité ou encore le piégeage des nématodes. Selon **Barbary (2014)**, plus de 200 espèces végétales ont été identifiées à ce jour pour leur potentiel dans la lutte contre *Meloidogyne* spp. Parmi celles-ci, *Tagetes minuta* (œillet d'Inde) s'avère être un précédent cultural efficace pour réduire les populations de nématodes à galles (**Grab, 2001**).

I-9.5. 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 culturelle, 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 (tomate)

Chapitre II : la plante hôte solanacées

II -1. Généralités sur solanacées

La famille des Solanacées (Solanaceae) regroupe environ 98 genres et plus de 2700 espèces réparties majoritairement dans les régions tropicales et subtropicales, bien que certaines soient adaptées aux zones tempérées (**D'Arcy, 1991**). Cette famille comprend de nombreuses espèces d'intérêt agronomique et économique majeur, notamment des cultures maraîchères largement consommées à travers le monde, telles que la tomate (*Solanum lycopersicum*), le poivron (*Capsicum annuum*), l'aubergine (*Solanum melongena*) ou encore la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) (**Olmstead & Bohs, 2007**).

Les Solanacées sont généralement sensibles aux nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, ce qui peut engendrer des pertes de rendement considérables, en particulier en agriculture sous serre. Leur système racinaire souvent pivotant et bien développé, ainsi que leur cycle de culture prolongé, les rendent particulièrement vulnérables à ces parasites du sol (**Sikora et al., 2005**).

II -2. Tomate

II -2.1. Histoire et Origine

Histoire et Origine de la tomate

La tomate (*Solanum lycopersicum*) est une plante originaire d'Amérique du Sud, plus précisément des régions andines situées entre le Pérou, l'Équateur, la Bolivie et le nord du Chili (**Peralta et al., 2008**). Les premières formes sauvages de la tomate étaient de petites baies rouges, consommées par les populations autochtones bien avant l'arrivée des Européens (**Rick, 1976**). La domestication de la tomate remonte à plusieurs milliers d'années, réalisée principalement par les peuples autochtones du Mexique, où elle a évolué vers des formes cultivées plus grosses et plus variées (**Miller & Tanksley, 1990**). Ce n'est qu'au XVI^e siècle, suite aux voyages de Christophe Colomb et à la conquête espagnole des Amériques, que la tomate fut introduite en Europe. D'abord cultivée comme plante ornementale en raison de ses fruits considérés comme toxiques, la tomate a progressivement été adoptée en tant que légume comestible à partir du XVII^e siècle, notamment en Italie et en Espagne (**Baranski, 2003**).

Aujourd’hui, la tomate est une culture essentielle dans le monde entier, notamment en agriculture maraîchère, avec une grande diversité de variétés adaptées à différents climats et systèmes de culture (**Foolad, 2007**).

II -2.2. Systématique

Classification botanique :

La tomate cultivée *Lycopersicon esculentum* est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono géniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (**Gallais et Bannerot, 1992**). En 1753, Linné donna à la tomate le nom scientifique « *Solanum lycopersicum* » c'est-à- dire « pêche de loup » (**de lucos : loup, et persica : pêche**) ; et proposa la classification classique suivante :

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachiobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>Solanum lycopersicum</i>

Ainsi, aucune classification n'est stable ; chacune peut toujours être affinée, voire modifiée, à la lumière de découvertes nouvelles ou d'interprétations différentes, pour cela le nom scientifique de la tomate présente plusieurs synonymes :

- Solanum lycopersicon* Linné. 1753 ;
- Lycopersicon esculentum* Mill Gardner. 1768 ;
- Lycopersicon pomumamoris* Moench 1794 ;
- Lycopersicon lycopersicum* Karst. 1882 (VAN DER VOSSEN et al, 2004)

II-2.3. Les exigences édaphique et climatique de tomate

a. Température

La tomate est une plante de saison chaude, qui nécessite des températures élevées pour compléter correctement son cycle végétatif. Les températures optimales pour la majorité des variétés se situent autour de 18 °C pendant la journée, et entre 15 °C et 25 °C durant la nuit. La fécondation peut être interrompue si la température nocturne descend en dessous de 15 °C. En deçà de 10 °C ou au-delà de 38 °C, la plante subit des dommages (**Naika et al., 2005**). Un bon équilibre entre les températures diurnes et nocturnes est essentiel pour assurer une croissance harmonieuse et une nouaison efficace (**Fury, 2002**). D'après **Naika et al. (2005)**, la température nocturne joue un rôle déterminant durant la phase de croissance, car environ 70 à 80 % de l'allongement quotidien de la tige a lieu pendant la nuit.

b. Lumière et vent

La tomate est une plante de lumière. Si on la place dans un endroit ombragé, elle va filer et donner un rendement insignifiant. Les très fortes insolations provoquent sur les fruits des coups de soleil qui les déprécient (**Andry, 2010**). La tomate craint les vents surtout au moment de la reprise. Les vents chauds peuvent occasionner des brûlures sur les feuilles et des nécroses sur les fruits, en plus des dégâts causés par les vents forts tels la cassure des tiges (**Grissa, 2010**).

c. Type de sol

La tomate préfère les sols profonds, bien drainés, et riches en matière organique. Les sols limono-sableux sont idéaux, car ils assurent une bonne aération tout en retenant suffisamment l'eau (**FAO, 2006**).

d. pH du sol

Le pH optimal pour la tomate se situe entre 6,0 et 6,8. Un sol trop acide ou trop alcalin peut nuire à l'absorption des éléments nutritifs essentiels comme le phosphore, le calcium ou le magnésium (**Adams, 2002**).

II -2.4. Structure et texture

Une bonne structure du sol permet un enracinement profond et une bonne aération. Les tomates tolèrent mal les sols compactés ou mal structurés (**Jones, 2008**).

a. Drainage

Un drainage efficace est crucial. L'excès d'eau cause l'asphyxie racinaire et favorise les maladies comme le mildiou et la pourriture racinaire (**AVFA, 2018**).

b. Fertilité du sol

Un sol riche en azote (N), phosphore (P) et potassium (K) est nécessaire. Des apports équilibrés en micronutriments (Mg, Ca, Fe, B) sont aussi essentiels pour une croissance optimale (**Hochmuth & Hanlon, 2014**).

d. Salinité

La tomate est modérément tolérante à la salinité, mais des concentrations élevées de sels (EC > 2.5 dS/m) réduisent la croissance et la qualité des fruits (**Maas & Hoffman, 1977**).

c. Pluviométrie et arrosage

La tomate est sensible à l'excès d'eau. Elle préfère un sol bien drainé avec irrigation régulière. Pluviométrie idéale : pas trop élevée, car trop de pluie augmente les risques de maladies. Besoin en eau : environ 600–800 mm/cycle, selon climat et type de sol.

II.2.5. Principales maladies et ravageurs de la tomate.

Les ravageurs de la tomate représentent un facteur limitant majeur de la production. En plus des dommages directs qu'ils occasionnent, ils sont souvent impliqués dans la transmission et la propagation de diverses maladies, entraînant ainsi des pertes considérables en qualité et en rendement. Le tableau ci-après synthétise les principaux ravageurs et les maladies qui leur sont associées.

II.2.5.1 Tableau n°01 : Symptômes et moyens de lutte contre les principales maladies de la tomate**Tableau n°01 : les ravageurs de la tomate (ZIRIS, 2011)**

Insects et ravagers	Nom scientifique	symptoms et dégâts
Nematodes à galles 	<i>Meloidogyne incognito</i> <i>M. Chitwood et M. arenaria</i>	Des galles sur les racines De plantes attaquées. La Tige rabougrit, les feuilles Jaunissent, puis la plante dépérit.
Acarien 	<i>Tetranychus (Urticae) Koch, 1836).</i> <i>T. cinnabarinus (Boisduval, 1867).</i>	La face inférieure des Folioles devient brune à Bronzée. Sur fruit, la peau présente des craquelures.
Noctuelles terricoles Noctuelles des fruites 	<i>Agrostis segetum (Oberdorfer, 1938)</i> <i>Chloridea armigera (Hampson, 1903)</i>	Les jeunes chenilles Dévorent le collet et Entrainent la mort de la plante.

Aleurodes		<i>Trialeurodesva parariorum</i> (Westwood, 1856) <i>Bemisiatabaci</i> (Gennadius, 1889).	Rabougrissement des apex Et développement de Fumagine sur le miellat Produit par les larves, Transmission des virus TOCV, TICV et TYLCV.
Cicadelles		<i>Hialestherobsoletus</i>	Transmission du stolbur, mycoplasmose.
Mineuses		<i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess, 1880) <i>L. strigata</i> (Meigen, 1830) <i>Tuta absoluta</i> Meyrick	Galeries dans le limbe des Feuilles âgées par les larves
Pecrons		<i>Macrosyphonee neuphorbiae</i> (Buninge, 1985) <i>Myzuspersicae</i> (Sulze, 1776)	Enroulement des feuilles, Développement de la Fumagine et transmission de virus

II.2.5.2. Bactéries

Le tableau n°02 : montre les principales maladies bactériennes pouvant affecter la tomate. (SNOUSSI, 2010).

Maladies	Nom scientifique	symptômes et dégâts
Chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i> <i>subs pmichiganensis.</i>	Flétrissement unilatéral sur Feuille, suivi d'un Desséchement total des coupes Longitudinales sur tige et Pétioles. Sur fruits, se forment des taches blanchâtres.
Moucheture de la tomate	<i>Pseudomonas syringae</i> Pv. Tomato.	Sur feuillage : Apparition des Taches noires de contour Irrégulier entourées d'un halo Jaune. Les folioles se dessèchent et tombent.
Gale bactérienne	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Flétrissement de type verticillium ou fusarium mais Suivi de la mort très rapide de la plante

II-2.5.3 Les virus

Le tableau n°03 montre les principales maladies virales pouvant affecter la tomate (SNOUSSI, 2010).

Maladies viral	Symptômes et dégâts
Virus de la mosaïque du tabac (TMV) 	Transmis par la semence et par voie mécanique donnant des plages vert clair et foncé sur feuilles jeunes.
virus de la mosaïque du tabac (PEPMV) 	Donne des décolorations de feuilles et une Stérilisation des inflorescences, également Transmis par voie mécanique.
Virus Y de la pomme de terre (PYN) 	Donne des nécroses sur feuilles avec desséchement
tomato chlorosiscrin virus et Tomato infectious chlorosiscrini virus (TICV), tomato spotted, wilt virus ou maladie bronze. Tomato yellow leaf-cruf (TYLCV). 	Virus provoquant la crispation et le jaunissement sur feuilles.

<p>Stolbur</p> 	<p>Maladie à mycoplasmes, reprise ici dans les Maladies à virus car elle a des Caractéristiques similaires symptômes de Chloroses, prolifération des rameaux Réduction du feuillage, et transmission par les insectes (cicadelles à)</p>
--	--

II-2.5.4. Maladies cryptogamiques

Le tableau n°04 : montre les principales maladies cryptogamiques pouvant affecter la Tomate (**NAIKA et al., 2005**)

Maladies	symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Alternérose	Des tâches noires sur les feuilles. Des tâches chancreuses sur les tiges. Des nécroses sur fruits	Utilisation des variétés résistantes. Rotation culturelle. Traitement chimique.
Oïdium	Apparition de tâches jaunâtres sur les feuilles	Assure une bonne aération de serres.
Mildiou	Apparition de tâches jaunâtres qui brunissent rapidement	Eviter les excès d'azote et d'eau. Une bonne aération aussi

II-2.6. Importance économique de la tomate en Algérie

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constitue l'une des cultures maraîchères les plus stratégiques en Algérie, tant sur le plan économique qu'alimentaire. Elle occupe une place prépondérante dans le système agricole national, en raison de sa large consommation locale sous forme fraîche ou transformée (sauce, concentré, jus, etc.) ainsi que de sa forte valeur marchande. Selon les données du ministère de l'Agriculture et du Développement rural (**MADR, 2021**), la tomate représente environ 25 % de la production maraîchère nationale, avec une superficie cultivée dépassant les 50 000 hectares, dont une partie importante est cultivée sous serre, notamment dans les régions du littoral comme Mostaganem, Tipaza, Blida, et Alger.

Sur le plan économique, cette culture génère des milliers d'emplois directs et indirects, en particulier dans les zones périurbaines et les exploitations familiales. Elle constitue également une filière de soutien pour l'industrie agroalimentaire locale. Toutefois, malgré son potentiel, la filière fait face à de nombreuses contraintes, notamment les attaques parasites comme celles provoquées par les nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*), qui peuvent engendrer d'importantes pertes de rendement (**Khelifi et al., 2013**).

Face à ces enjeux, la tomate reste une culture prioritaire dans les programmes de développement agricole en Algérie, bénéficiant d'un appui institutionnel et d'initiatives de vulgarisation visant à améliorer les rendements, la qualité des productions, et la maîtrise des bioagresseurs.

Partie II

Travail Expérimental

Chapitre I

Matériel et méthodes

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. But de travail

Dans le cadre de cette étude, et compte tenu de l'importance économique des cultures maraîchères, notamment celle des Solanacées telles que la tomate, notre choix s'est porté sur deux régions, celle de Staoueli (wilaya d'Alger) et de Ahmer-El-Ain (wilaya de Tipaza), zones particulièrement exposées au risque d'infestation par les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.). L'approche méthodologique adoptée repose sur trois volets complémentaires :

Volet 01 ; Prospection bioécologique

Une prospection a été menée au niveau des serres des régions ciblées afin de dresser un état des lieux : historique cultural, variétés cultivées, types de traitements phytosanitaires utilisés, pratiques agricoles, etc. Cette enquête s'est appuyée sur un questionnaire structuré (**Annexe**).

Volet 02 : Evaluation du degré d'infestation et identification de l'agent causal des infestations

Des échantillons de racines de tomate ont été prélevés dans des serres infestées. Cette étape a permis d'évaluer le niveau d'infestation à l'aide de l'indice de galles (IG), un indicateur essentiel pour déterminer le seuil de nuisibilité et aussi des coupes périnéales ont été fait pour l'identification du ravageur.

Volet 03 : Analyses physico-chimiques des sols des serres visitées

Parallèlement aux deux volets des analyses pédologiques ont été réalisées sur les sols de ces serres (pH, matière organique, humidité, teneur en calcaire et calcium et conductivité).

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

La commune de Staoueli est située à environ 22 km à l'ouest d'Alger et à 46 km de la wilaya de Tipaza. Elle se trouve à une altitude de 30 mètres, aux coordonnées géographiques suivantes : Latitude 36°54' Nord et Longitude 2°53' Est. La région est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la commune de Souidania, à l'Est par la ville de Chéraga, et à l'Ouest par la localité de Zéralda (**Cayrol, 1971**) (figure n°11).

L'Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI), situé dans la région de Staoueli, se trouve dans un étage bioclimatique subhumide. Ce climat est marqué par des hivers doux et pluvieux ainsi que des étés chauds et secs. La pluviométrie annuelle se situe entre 600 et

700 mm. Durant la saison humide, les vents dominants soufflent du nord-ouest, tandis que la saison sèche est marquée par des vents en provenance de l'est, voire parfois du sud.

➤ Présentation de la station d'étude Ahmer-El-Ain (Tipaza)

La station d'étude de Ahmer-El-Ain, située dans la plaine de la Mitidja, est une zone d'étude hydrogéologique importante pour la région d'Alger. Le territoire de la commune d'Ahmar El Aïn est situé au sud-est de la wilaya de Tipaza, à environ 20 km au sud-est de Tipaza.

(Figure n° 04)

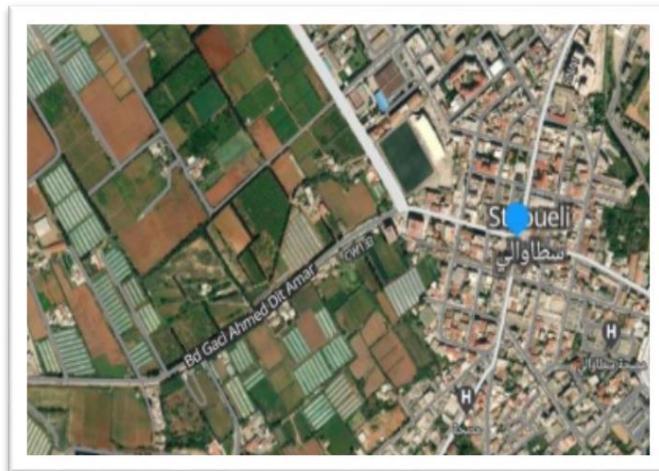


Figure n°04 : Localisation géographique de la station d'étude ITCMI (Staoueli)
(Google Maps, 2025)

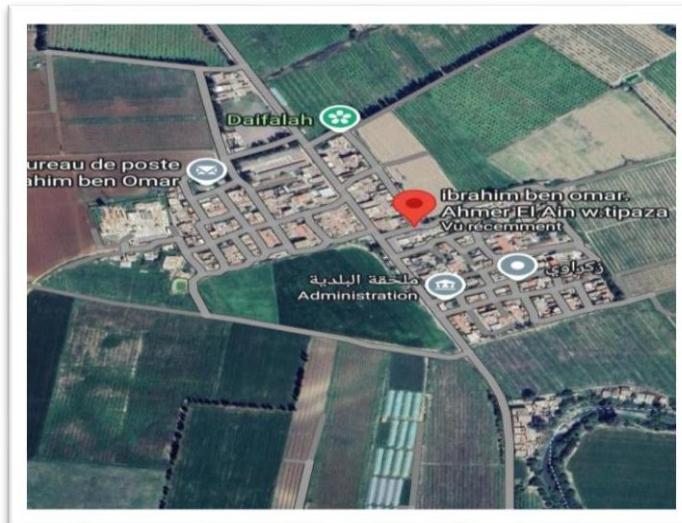


Figure n°05 : Localisation géographique de la station d'étude Ahmer-El-Ain (Tipaza)
(Google Maps, 2025)

I- 3. Méthodologie de travail

➤ Matériel utilisé

Pour notre travail nous avons utilisé les étapes suivantes :

a) Terrain :

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

b) Laboratoire

- Le sol
- Etuve
- Tamis
- Mortier
- Capsules
- Entonnoir
- Boite de pétri
- Les pincettes
- Papier absorbant
- L'eau distillée
- Microscope
- Balance
- Becher

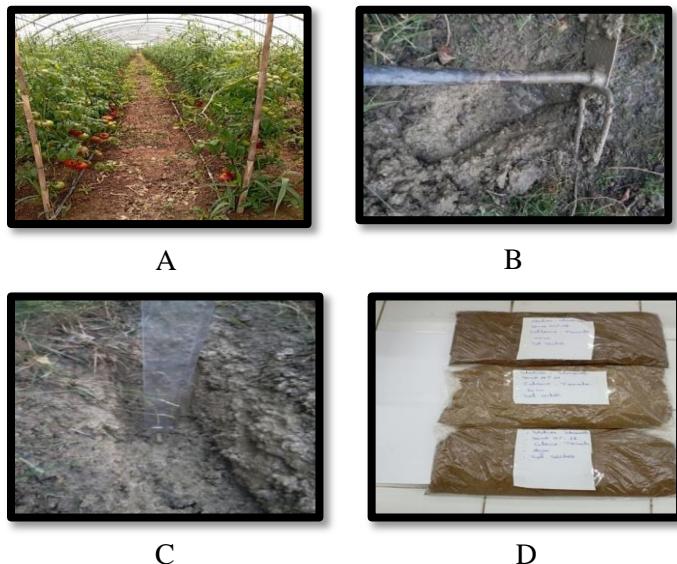
I- 4.1 Questionnaire

Le questionnaire utilisé est un prospectus qui nous permet d'avoir des informations sur les régions visitées, portant le nom de la région, le nombre de serres, le type de sol, les cultures précédentes et sur place, les variétés utilisées et les produits phytosanitaires appliqués (Annexe).

I- 4.2. Prélèvement du sol et estimation de l'indice de galles

Pour la station de l'ITCMI, Les échantillons (sol et racines), ont été prélevés durant le mois de mai (du 05-au12 mai 2025), pour l'indice de galles 30 plants ont été récoltés, concernant la station de Ahmer-El-Ain, le sol a été prélevé durant le mois d'avril, mais les échantillons de racines n'ont pas été pris vu qu'il n'y avait pas d'attaque de nématodes à galles. Le prélèvement de sol se fait aléatoirement dans trois points différents à l'intérieur de chaque serre (l'entrée de la serre, le

milieu, et la fin de la serre) à l'aide d'une tarière, environ 1 kg à deux profondeurs (10cm-20cm). Les échantillons de sols sont ensuite mis dans des sacs en plastiques munis d'une étiquette indiquant la région, le lieu, la date, la profondeur et le type de sol et toutes les mentions utiles, ces derniers sont apportés au laboratoire (**Figure n°06**).



**Figure n° 06 : Protocole expérimental pour échantillonnage du sol sur terrain
(Original,2025)**

(A : Etat des serres prospectées ; B-C: Prélèvement de sol ; D : Sol ramené au laboratoire)

I- 4.2.a. Etude des populations de *Meloidogyne*

L'examen de la morphologie externe des *Meloidogyne* constitue un critère essentiel pour distinguer les différentes espèces. Les paramètres morpho-métriques tels que la taille des femelles, des juvéniles et des œufs permettent de faciliter cette identification (**Chitwood, 1949 cité par Hammache, 2012**).

I-4.2.b. Identification des espèces de *Meloidogyne* spp

Le matériel biologique étudié provient des parcelles agricoles situées dans la région littorale, aux environs de Staoueli, connue pour être fortement infestée par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. L'identification des espèces présentes dans ces sols a été réalisée principalement à travers l'observation des motifs périnéaux des femelles, en se basant sur l'analyse morphologique

de la partie postérieure comprenant l'anus, la vulve, les stries cubiculaires ainsi que l'arche caractéristique (**Chitwood, 1949 cité par Hammache, 2012**).

I- 2.4.c. Montage des figures périnéales des femelles de *Meloidogyne*

Les femelles de *Meloidogyne* ont été extraites des racines présentant des galles (Figure 15). Les racines sont soigneusement fragmentées dans de l'eau afin de libérer les individus. À l'aide d'une aiguille, les femelles sont isolées et placées dans une coupelle. Une coupe transversale est réalisée au tiers postérieur du corps, puis les fragments postérieurs sont nettoyés en éliminant le contenu interne (intestin, ovaires, œufs). Ces fragments sont ensuite taillés latéralement de manière à obtenir une forme rectangulaire (Figure 15) (**Annexe**). Les coupes obtenues sont immergées dans une goutte d'acide lactique durant quelques minutes, puis montées dans une goutte de glycérine sur une lame porte-objet, recouverte d'une lamelle (**Chitwood, 1949 cité par Hammache, 2012**). L'observation des caractéristiques périnéales est effectuée au microscope optique avec des grossissements de x10, x20 et x40 (**Figure n°07**).

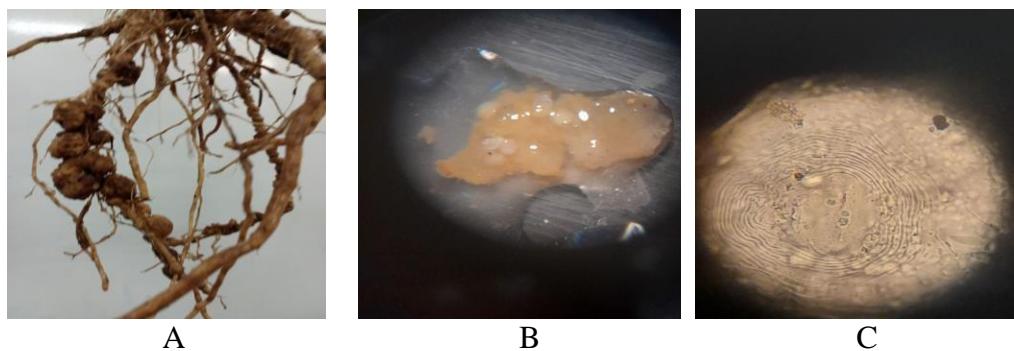


Figure n°07 : Femelles relevées à partir des racines (Original, 2025)

A: racines noueuses · B: femelles prélevées · C: femelles observées à microscope

Chapitre II :

Résultats et discussion

Chapitre II : Résultats et discussion**II- 1. Importance du questionnaire :**

Le questionnaire que nous avons utilisé nous a permis de collecter des informations sur les régions prospectées. Nous avons noté que les serres dans la région étaient anciennes, elles ont toutes plus de 49 ans (Depuis 1976), l'utilisation des produits phytosanitaires se pratique chaque année dont Nematex, Mokape, Cystcure et Dazitol, des apports d'engrais comme (Potasol 50%, NPK 15.15.15, Urée 46%) sont rajoutés pendant le labour et le système d'irrigation est le goutte à goutte.

II- 2. Etude d'état d'infestation par les nématodes à galles

Afin d'estimer le degré d'infestation des cultures par les nématodes à galles, on utilise l'indice de galles (IG), qui est une notation visuelle de l'état des racines (qui permet d'identifier le seuil de nuisibilité), les 30 plants arrachés de la tomate sont tous infestés avec un indice de galles qui varient de 1 à 5.

II- 3. Calcul de la moyenne de l'indice de galles

L'estimation de la moyenne de l'indice de galles des plants, nous avons utilisé la formule suivante :

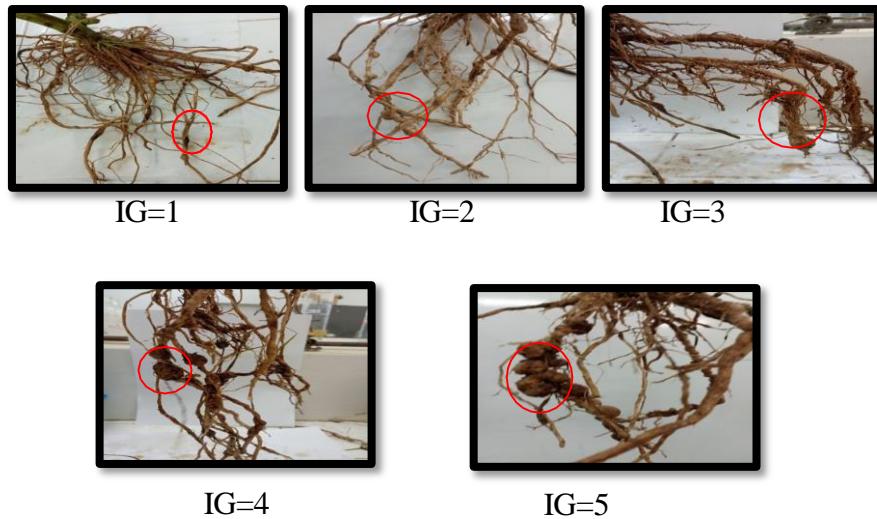
$$\text{Indice de galle (I.G.)} = N \sum (n_i \times i)$$

i = note attribuée à chaque plante (de 0 à 5 selon l'échelle de galles)

n_i = nombre de plantes ayant la note i

N = nombre total de plantes observées

Ce qui nous a permis d'évaluer cette région par un IG_{moye}=3.2



Figuer n° 08 : Estimation de l'indice de galle (Original, 2025)

II- 4. Région de Staoueli

a. Indice de galle

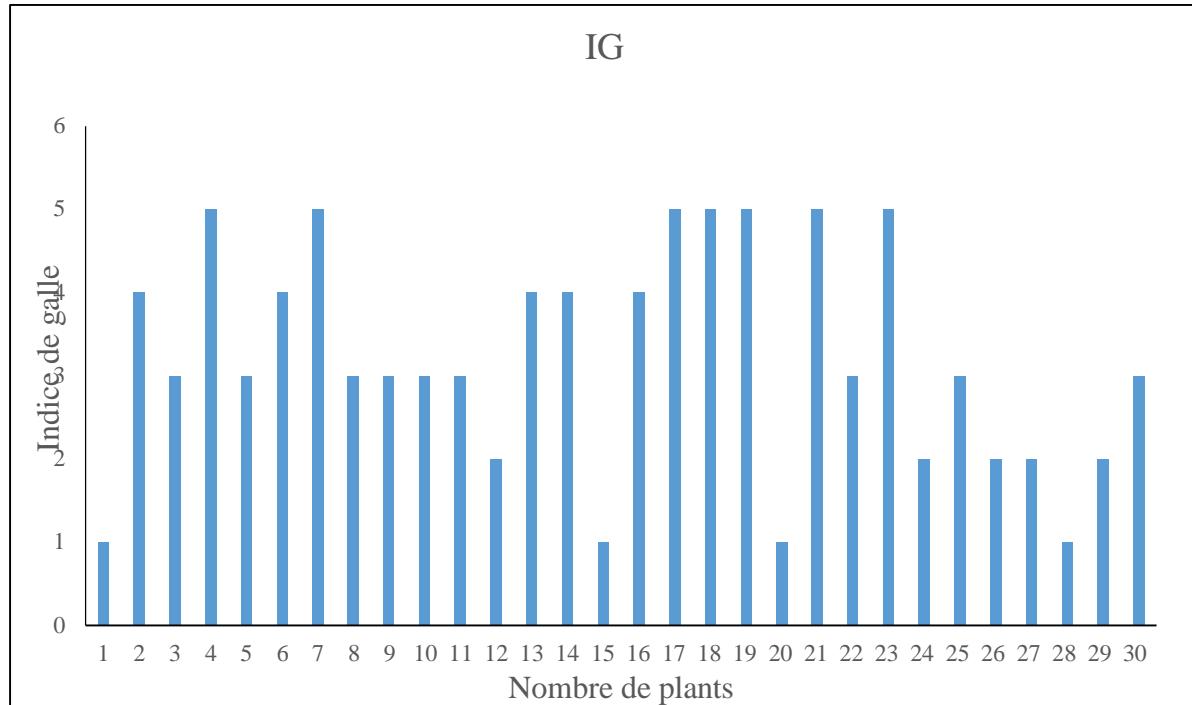


Figure n°09 : Estimation d'indice de galle de chaque plant de la culture de tomate (R1 : région de Staoueli-Alger) (Original, 2025)

D'après le graphe de la (figure n°09) : nous remarquons que les plants de la culture de tomate variété IMTYAZ, ont un indice de galles élevé.

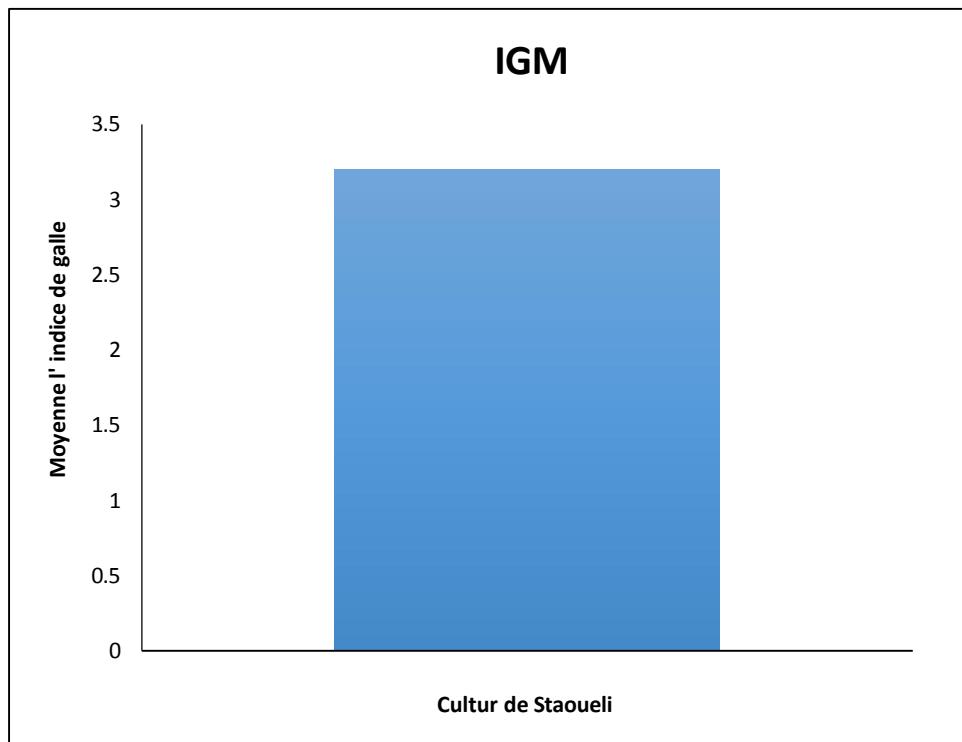


Figure n°10 : Histogramme du moyen indice de galle de Staoueli (Originale·2025)

D'après la (figure n°10), les résultats relatifs de la moyenne de l'indice de galles révèlent que ce dernier est élevé 3.2 pour la tomate. Par a port la région de Ahmer el Ain (Tipaza) l'indice de galle égale 0 par ce que le sol est traité.

Humidité

D'après les résultats de la (figure n°11), cette dernière nous montre que cette région a un sol humide qui varie entre 9.71% et 12.74% respectivement dans les deux profondeurs

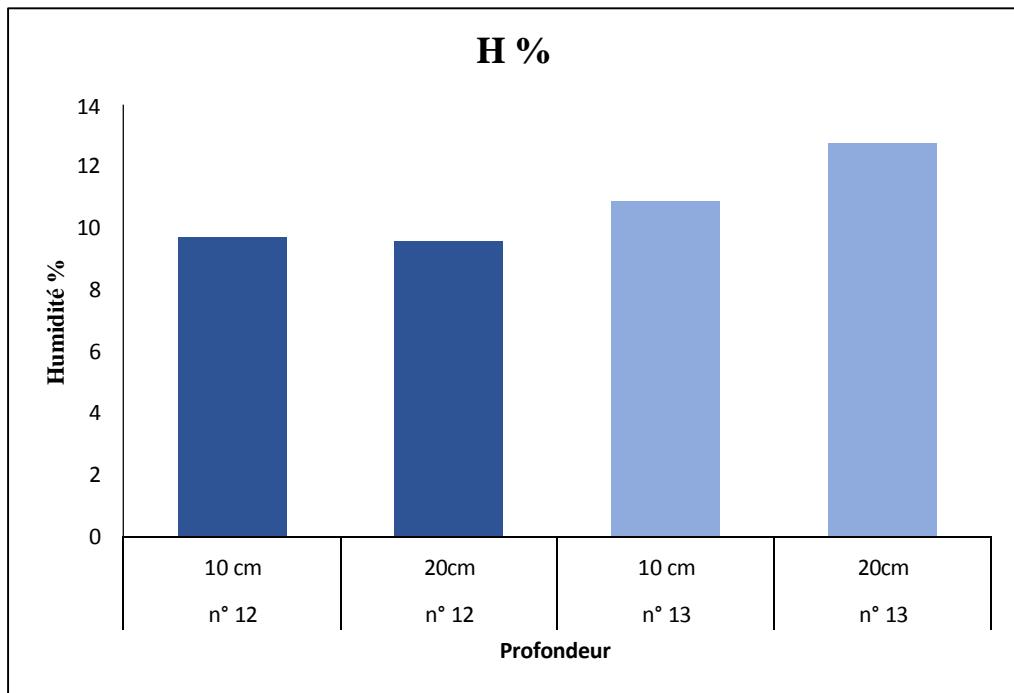


Figure n°11 : Humidité du sol dans la région d'étude de Staoueli

Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs (Orignal, 2025)

Calcaire total

D'après les résultats de la (figure n°12) nous avons enregistré que la région de Staoueli présente un sol calcaire, avec un taux de 10.58% et 8.82% pour la serre n°12 dans la profondeur de 10 cm et 20 cm respectivement, pour la serre n°13 le taux est de 7.94% et 7.05% dans profondeur de 10 cm et 20 cm respectivement.

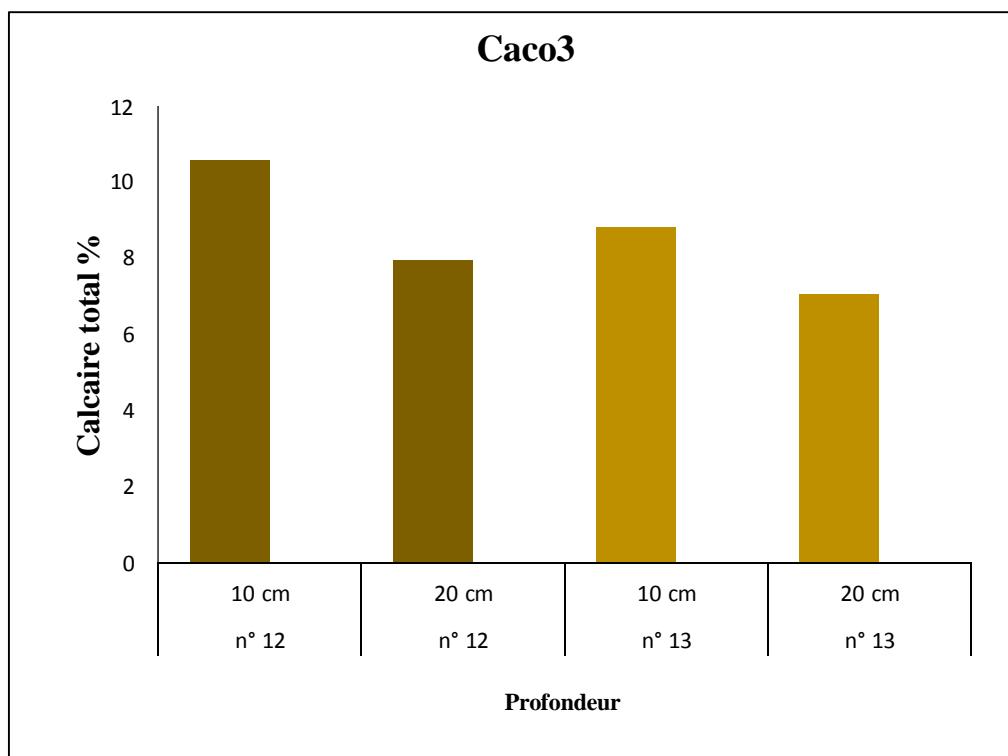


Figure n°12 : les valeurs du calcaire dans la station d'étude Staoueli Dans 10cm et 20cm de Profondeur (Original, 2025)

PH

Dans la (figure n°13), nous avons constaté que dans la station d'étude (Staoueli) le pH tend vers l'alcalin, il varie entre 6,23 et 6.58 pour les deux serres n°12 et n°13 dans les profondeurs 10cm et 20 cm respectivement.

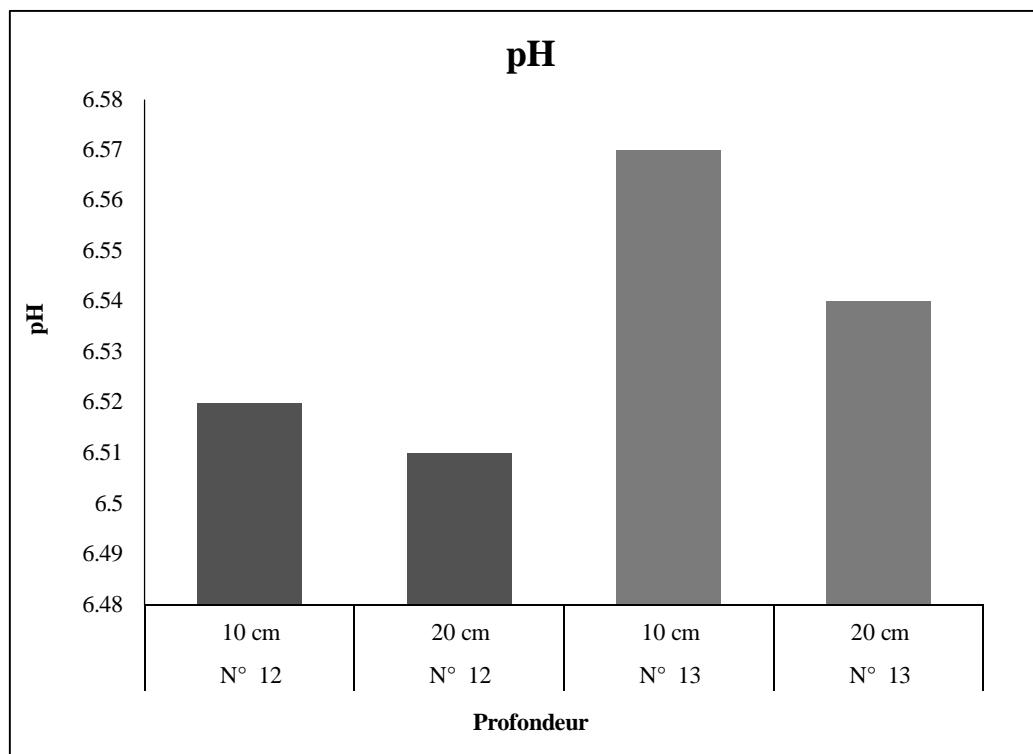
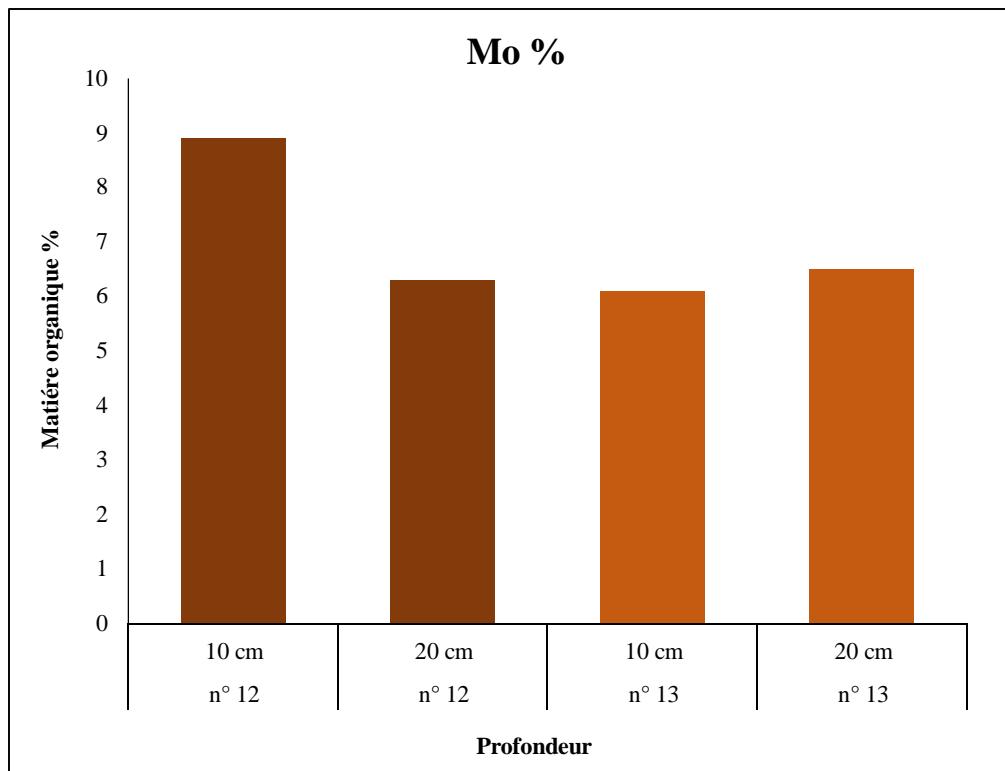


Figure n°13 : les valeurs du pH dans la station d'étude Staoueli

Dans 10cm et 20cm de profondeur (Orignal, 2025)

Matière organique

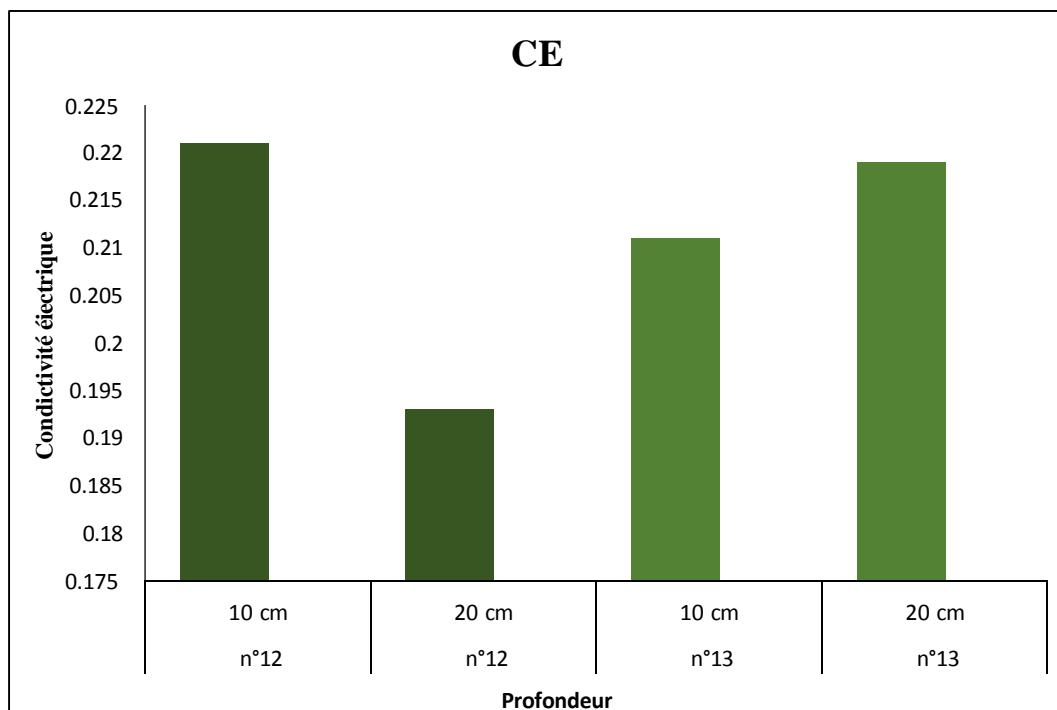
D'après les résultats de la (figure n°14), nous constatons que la région d'étude présente un taux de matière organique variant entre 8,9% et 6,8 pour les deux profondeurs 10 cm et 20 cm respectivement pour la serre n°12, et pour la serre n°13 pour les deux profondeurs (10cm et 20cm), on enregistre un taux de 6,1% et 6,5%, cela peut s'expliquer par le fait que le sol sur cette région est riche en matière organique



**Figure n°14 : Matière organique dans la station d'étude Staoueli
Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs (original, 2025)**

Conductivité électrique

D'après les résultats de la (figure n°15) nous avons remarqué que la conductivité varie entre les profondeurs (10cm et 20cm), la serre n°12 enregistre 0,221ds/m et 0.193ds/m respectivement, pour la serre n°13 le taux est de 0, 221ds/m et 0,219ds/m respectivement, on peut dire que la région de Staoueli, présente une conductivité plus forte.



**Figure n°15 : Valeurs de la conductivité électrique dans la station d'étude (Staoueli)
Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs (originale, 2025)**

II- 5. Région de Ahmer El Ain

Indice de galle

La région de Ahmer el Ain (Tipaza) l'indice de galle égale 0 par ce que le sol est traité.

Humidité

D'après les résultats de la (figure n°16), on remarque que la région de Ahmer El-Ain a un sol modérément humide qui varie entre 18.94 % et 15.14 % pour la serre n°01, pour la serre n°02 l'humidité du sol varie entre 17,59% et 14,77 % et cela pour les deux profondeurs (10cm et 20cm) respectivement.

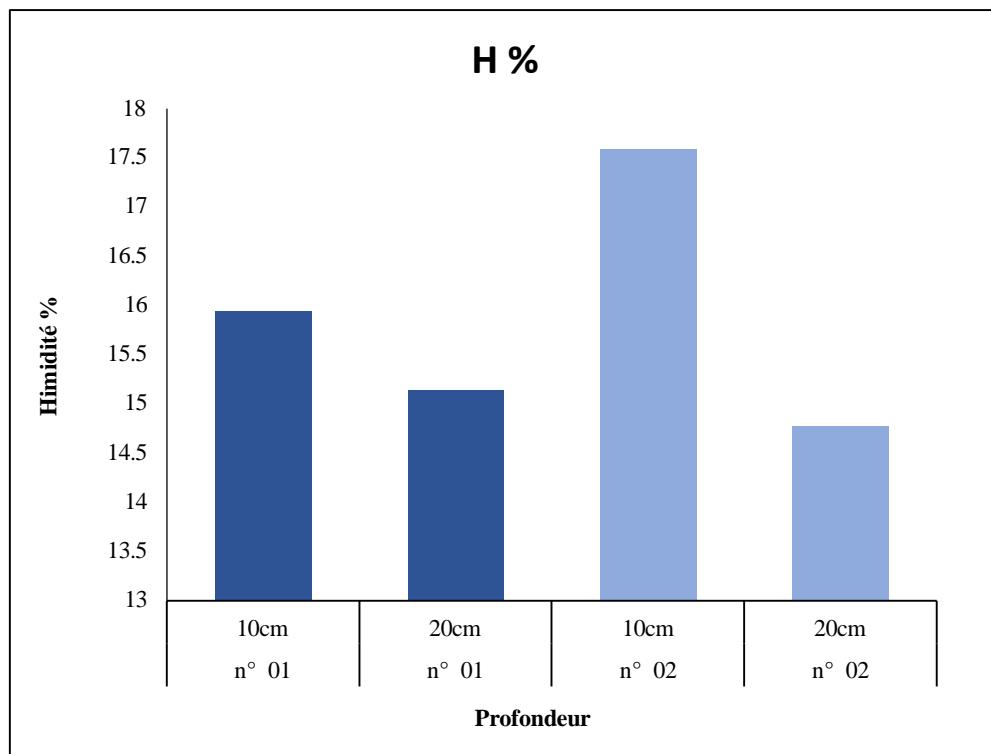


Figure n°16 : Humidité du sol dans la région d'étude Ahmer El-Ain Dans 10 cm et 20 cm de profondeurs (original, 2025)

Calcaire total

Selon les résultats de la (figure n°17), la région de Ahmer El- Ain présente un sol fortement calcaire, avec un taux de 18.52% et 16.32% pour les 10 cm et les 20 cm de profondeur et un taux de 17,20% et 16,32% pour les profondeur 10cm et le 20cm., ces résultats correspondent les serres n°01 et n°02 respectivement.

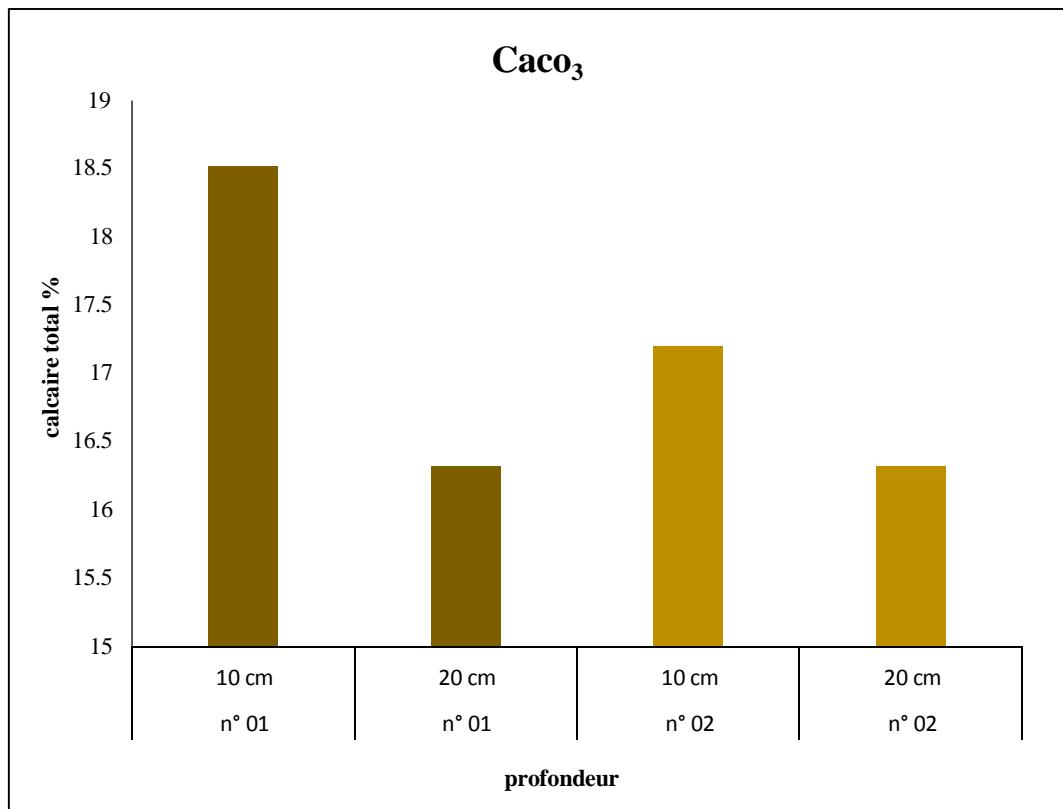
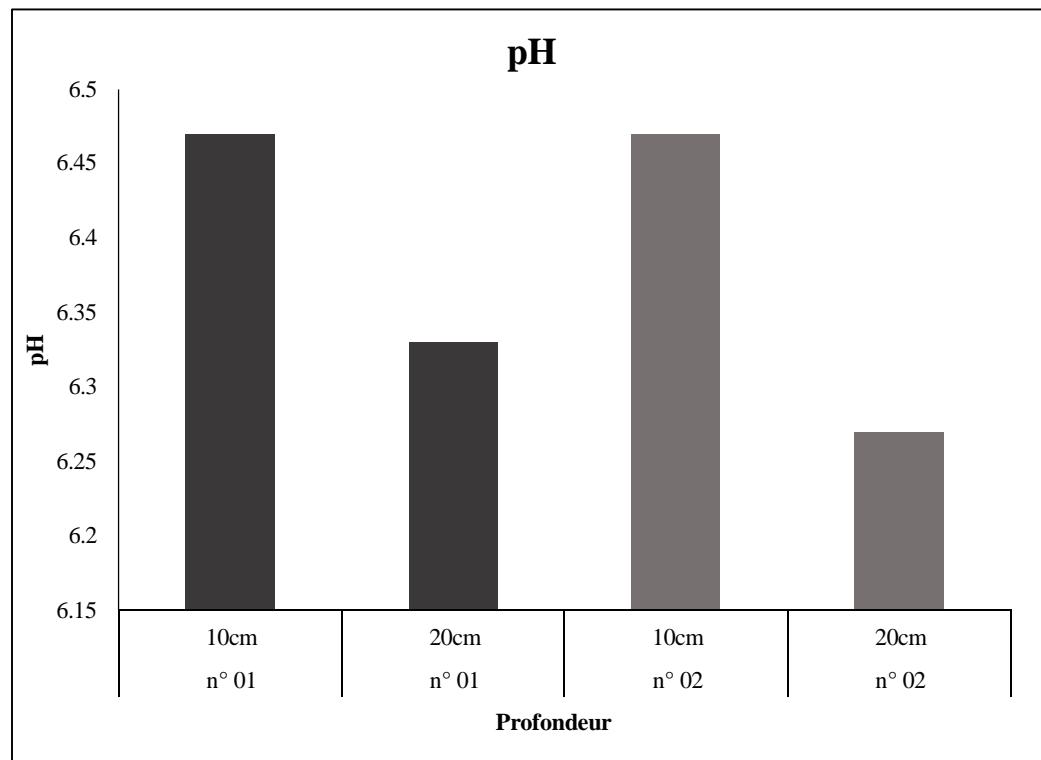


Figure n°17 : les valeurs du calcaire dans la station d'étude Ahmer El-Ain

Dans 10cm et 20cm de profondeur (original, 2025)

pH

Dans la (figure n°18) nous avons constaté que dans la station d'étude Ahmer El Ain (Tipaza) le pH tend vers l'alcalin, il varie entre 6,27 et 6,47.



**Figure n°18 : les valeurs du pH dans la station d'étude Ahmer El Ain (Tipaza)
Dans 10cm et 20cm de profondeur (original, 2025)**

Matière organique

D'après les résultats présentés dans la (figure n°19), il ressort que le sol de la région d'étude présente un taux de matière organique compris entre 5,5 % et 4,4% aux profondeurs de 10 cm et 20 cm respectivement dans la serre n°01, et 6,47% et 4,4% aux profondeurs de 10 cm et 20 cm respectivement dans la serre n°02, Cette teneur révèle que le sol est riche en matière organique.

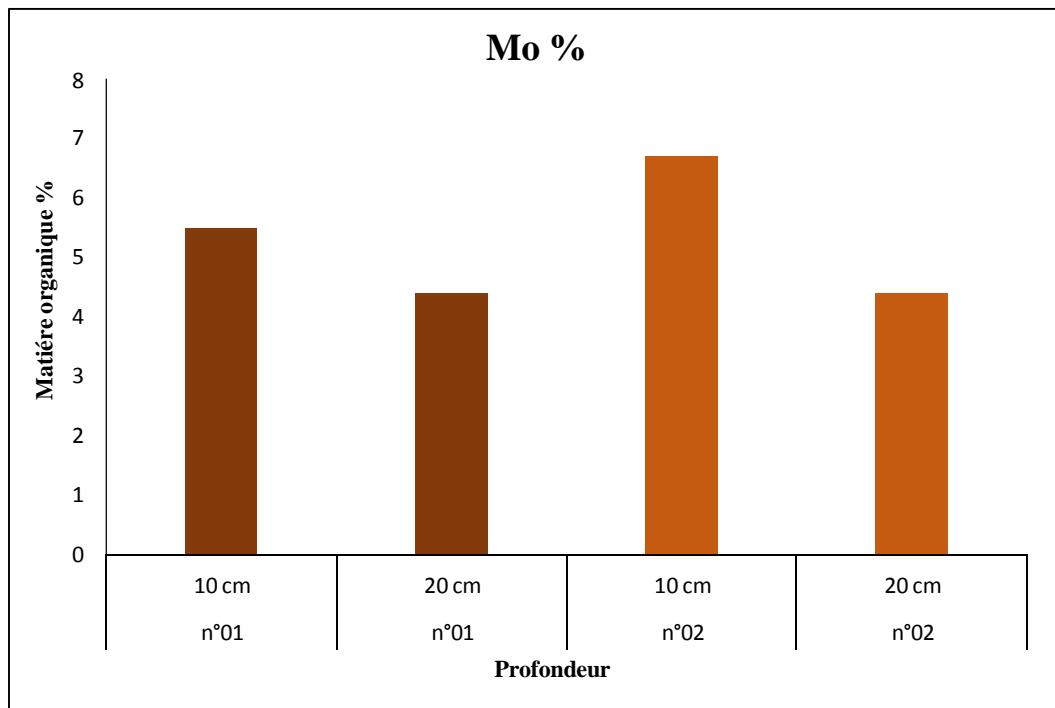


Figure n°19 : Matière organique da sol dans la région d'étude Ahmer El-ain Dans 10 cm et 20 cm de profondeur (orignal, 2025)

Conductivité électrique

D'après les résultats de la (figure n°20) nous avons remarqué que la conductivité varie en profondeur, cette région présente une conductivité non saline elle est entre 0.25ds/m et 0.31ds/m dans 10 cm et 20 cm de profondeur dans les deux serre n°01 et n°02.

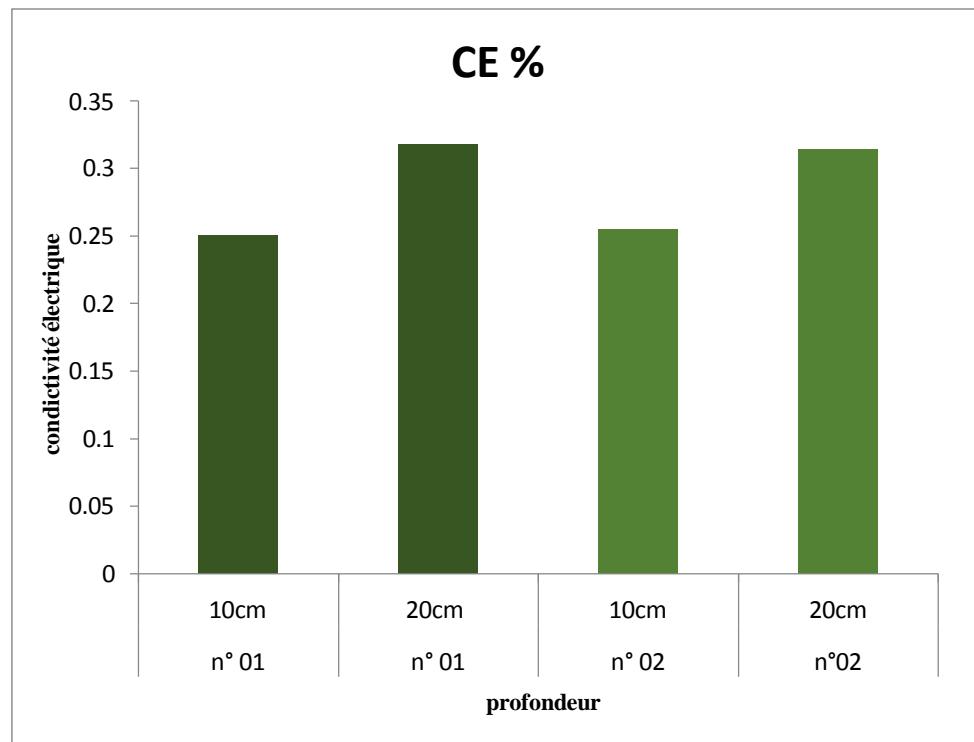


Figure n°20 : Valeurs de la conductivité électrique dans la station d'étude (Ahmer El Ain)

Dans 10 cm et 20 cm de profondeur (original, 2025)

Discussion

Discussion

Discussion

Sur la base de l'importance des cultures maraîchères et plus précisément la culture de Tomate qui occupe une place très importante en Algérie. Nous avons choisi la région de Staoueli (wilaya d'Alger) et la région d'Ahmer-EL-Ain (Tipaza), ces dernières sont 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 établit nous avons noté que sur l'état de la serre était très endommagé (créé en 1976), et que l'irrigation des cultures se fait par la technique goutte à goutte. L'utilisation des produits chimiques se fait chaque année dont (Nematex, Mokape, Cystcure et Dazitol) et l'apport d'engrais se fait régulièrement et de manière anarchique. Toutes les études expliquent que les effets des pesticides ne se limitent pas à la santé humaine. Leur emploi intensif a également un impact sur l'environnement : les pesticides contribuent à la pollution des sols, des eaux souterraines et des cours d'eau, mettant en danger la biodiversité et les écosystèmes aquatiques.

Concernant l'attaque des *Meloidogyne*, la région de Staoueli présente des résultats de I.G. égal 3.2 et la région de Ahmer El Ain IG égal 0, selon **B'CHIR, 1983**, il note que la tomate est une plante sensible la *Meloidogyne* cela peut être expliquées par :

- 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 L2 dans le sol.
- Le degré d'infestation du sol par les *Meloidogyne spp.*

L'analyse des coupes périnéales nous ont permis de faire l'identification de l'espèce qui est à l'origine des dégâts (galles), est qui est *Meloidogyne incognita* espèce largement répandue en milieu maraîcher (**Jepson, 1987 ; Sellami et al., 1999**).

On a noté que les valeurs du pH dans la région de Staoueli et Ahmer-El-Ain présente un pH favorable au développement des nématodes à galles, il est entre 6.23 et 6.58 pour Staoueli et 6,27 à 6,47 pour Ahmer –El-Ain. Néanmoins, il en ressort que les nématodes sont actifs dans une gamme de pH comprise entre 5,8 et 8 (**Jairnjpuri & Azmi, 1978**).

Discussion

D'autres facteurs qui influent le développement des nématodes à galles comme l'humidité et la matière organique, pour l'humidité dans nos régions d'études, cette dernière varie entre 9.71% et 12.74% pour les serres de Staoueli et entre 14,77 % à 18.94 % pour les serres de Ahmer-El-Ain, concernant la matière organique pour les deux régions d'étude, elle se situe entre un intervalle de 4.4 % et 8.9%. Selon **Netscher & Sikora (1990)** la matière organique améliore la structure du sol et sa rétention en eau. Les nématodes, de manière générale, préfèrent les sols légers et aérés, comme les sols sableux, car ils facilitent leur déplacement et leur accès aux ressources (**Bertrand, 2001**), mais le parasite peut être présent sur tout type de sol (**Lizot et Mazollier, 2001**).

Face à ces résultats, il devient impératif de sensibiliser les agriculteurs aux bonnes pratiques culturelles, d'encourager l'utilisation de variétés tolérantes, d'améliorer la gestion des sols par des amendements organiques, et de promouvoir l'intégration de méthodes biologiques (plantes nematicides, champignons antagonistes) pour limiter la prolifération des *Meloidogyne spp.*

Ces constats soulignent l'urgence d'adopter des stratégies de gestion intégrée, combinant rotations, utilisation de variétés tolérantes, enrichissement en matière organique et recours aux méthodes biologiques, afin de limiter durablement les infestations et de préserver la rentabilité des cultures maraîchères sous serre.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* représentent aujourd’hui l’un des principaux facteurs limitant la production maraîchère, notamment sous serre, en Algérie et dans de nombreuses régions du monde. Leur large spectre d’hôtes, leur capacité de reproduction rapide et les conditions écologiques favorables des sols légers et bien drainés expliquent leur forte prolifération et les pertes économiques importantes qui en résultent.

L’étude réalisée dans la région de Staoueli et la région de Ahmer El Ain a confirmé la présence significative de *Meloidogyne* spp., avec des niveaux d’infestation dépassant fréquemment les seuils de nuisibilité. Les observations morphologiques, notamment des figures périnéales, ont permis d’identifier *Meloidogyne incognita*, espèce majoritairement impliquée dans les dégâts.

L’analyse des propriétés physico-chimiques des sols (pH, texture, matière organique, humidité) a montré que les conditions locales favorisent le développement des populations de *Meloidogyne*, confirmant ainsi le lien étroit entre la gestion du sol et la dynamique des infestations.

Face à ces constats, il est impératif de mettre en place des stratégies de lutte intégrée combinant pratiques culturales adaptées, rotation des cultures, utilisation de plantes nematicides et recours à des variétés résistantes lorsque cela est possible.

La maîtrise durable des *Meloidogyne* spp. Nécessite également le renforcement de la sensibilisation des agriculteurs et la promotion de diagnostics réguliers basés sur des outils morphologiques et moléculaires afin d’améliorer la gestion phytosanitaire et de préserver la rentabilité des productions maraîchères sous serre.

Les Références Bibliographiques

1. **ADAMS P., 2002** - Nutrient up take and transport in tomato and efects on fruit quality. *Acta horticulturae*, 571: 211-218.
2. **AKHTAR M. & MALIK A., 2000** - Roles of organic soil amendements and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *bioresource technologie*,7(1):35-7
3. **ANDRE D., 2010** -*Les cultures maraîchères en zones arides : contraintes, pratique d'amélioration*. Thése de doctorat, université d'Avignon et des pays de Vaucluse, France,265pages.
4. **AVFA., 2018** - *Guide technique de production de la tomate sous serre en tunusie*. Agence de la vulgarisation et de la formation agricole, ministère de l'agriculture, des ressources hydeauliques et de la péche, 65p.
5. **AYADI-FAKI O, .2015** -*Contribution à l'étude des Meloidogyne dans les cultures maraîchères sous serre dans la région de sfax*. Mémoire de master, institut supérieure de biotechnologie de sfax, univesité se sfax, Tunisie.
6. **B'CHIR M.M., 1983** - *L'agriculture irriguée dans le sud-est tunisien : contraintes écologique et technique*. Ministère de l'agriculture, tunisie,127pages.
7. **BACHELIER G., 1978**- *LA FAUNE DES SOLS/ SON ECOLOGIE ET SON ACTION*. ORSTOM, PARIS, FRANCE,391p.
8. **BAKER K.F. & SNYDER W.C., 1975**- *Ecology of soil – borne plant pathogens: prelude to biological control*. University of California press, Berkeley, USA, 467 p.
9. **BARANSKI R., 2003** - Genetic transformation of tomato (*Lycopersicon esclentum*) with genes of bacterial and plant origin. *cellular& molecular biology letters*,8(2),175-184.
10. **BARBARY A., 2001**- *Les plantes némasticides : un outil pour la gestion durable des nématodes phytoparasites*. INRA, UMR 1355 institut Sophia agrobiotech,6p.
11. **BARDY L., 2002**- *Etude de la résistance de différentes variétés de tomate vis-à-vis de Meloidogyne incognita*. Mémoire de fin d'étude, institut national agronomique, Paris (INA-PG).
12. **BELAIR G., ROY G. & TREMBLAY N., 2003** - Effect of organic amendments on Meloidogyne hapla in organic vegetable production. *Phytoprotection*, 84(2):85-92.
13. **BERNARD L., MATEILLE & HALLMANN J.,2017** – *Biologie, écologie et diversité des nématodes à galles du genre Meloidogyne*. INRA-CIRAD, Montpellier, France,89p.

14. **BERTRAND B., 2001**-*Relations plante-némathodes à galles dans les systèmes maraîchers sous abris plastiques au Maroc : éléments pour une stratégie de lutte intégrée*. Thèse de doctorat, CIRAD, Montpellier, France, 211p.
15. **BIRD D.M., OPPERMAN C.H. & DAVIES K.G.1996** - The developmental biology of plant-parasitic nematodes. *Annual review of phytopathology*, 34,367-397.
16. **CASTAGNONE-SERENO P., 2002** - Genetic variability of nemathodes: a threat to the durability of plant resistance genes. *Euphytica*,12:193-199.
<http://doi.org/10.1023/a:1015636826280>.
17. **CAYROL J.C., 1971**- Etude biologique et écologique de *Meloidogyne incognita* (kofoïd et white) chitwood, némathode phytoparasite. *Revue de nématologie*, 1,105-116.
18. **CHITWOOD B.G., 1949** - *Root-knot nematodes –part 1: a revision of the genus Meloidogyne goeldi* ,1887. Proceedings of the helminthological society of washington , 16,90-104.
19. **D'ARCY W.G., 1991**-*The solanaceae: biology and systematics*. Columbia university press, new york,370p.
20. **DE QUIRAN G., 1983** – Interaction entre les plantes et les nématodes endoparasites sédentaire : seuils de nuisibilité et résistances. *Revue nématologique*, 6(1), 85-90.
21. **DOMMERGUES Y. & MANGENOT F., 1970**- *Ecologie microbienne du sol*. Masson et cie, Paris,503p.
22. **ESSER R.P. & PERRY V.G.,1981**- A diagnostic compendium of the genus Meloidogyne (root – knot nematodes). Florida department of agriculture and consumer services, *nematology circular* no 87,1-15.
23. **FAO, 2006** -Plant protection et production paper 170-integrated production and protection management of vegetable in the near east. Food and agriculture organisation of the united nations (FAO), Rome, 98p.disponible sur:<http://www.fao.org>.
24. **FELDMESSER J. & FEDER W.A., 1954**- The influence of oxygen concentration on the development of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *phytopathology*, 44,18-20.
25. **GALLAIS A. & BANNEROT H., 1992**- *Amélioration des plants*. Ed. INRA., Paris,588pages.

26. **GOODELL P.B. & FERRIS H., 1989**- Population development of *Meloidogyne incognita* on susceptible and resistant tomato cultivars under field conditions. *Journal of nematology*,21(2),238-245.
27. **GRAB D.J., 2001**- Plant-parasitic nematodes and their interaction with microbial antagonists: current and future prospects for biological control. *journal of nemathologiy*,33(4),479-289.
28. **GRISSA K., 2010**- *Guide phytosanitaire des principales cultures maraîchers*. Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche, république tunisienne, direction générale de la protection et du control de la qualité des produits agricoles, 212p.
29. **HALLMANN J., DAVIES K.G. & SIKORA R.A., 2009** - *Biological control using bacterial and fungal antagonists* .in: Perry, R.N., MOENS, M., & STARR, J. L(Eds), ROOT KNOT nematodes, pp.380-411.CABI publishing, Walliingford, UK.
30. **HAMMACHE M., 2010** - Influence de quelques types de sols Algériens sur le développement des nématodes à galles ; *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* (Tylenchida, Meloidogynidae). *Lebanese Science Journal*, 11(2) :47-61.
31. **HARRANGER A., 1971**- Les nématodes parasites des cultures maraîchers en Afrique intertropicale. *Revue d'agronomie tropical*,26(1),45-52.
32. **HOCHMUTH G. & HANLON E., 2014**- *Commercial vegetable fertilization principles*. Université of Florida IFAS extension, publication ,16pages.
33. **HOOPER D.J. & EVANS K.,1993**-*Extraction, processing and detection of plant and soil nematodes*., Ed. CAB international, Wallingford. pp45-68.
34. **HOPKINS D.L. HAMILTON C.M. & MARTINEZ-OCHOA N., 2003**- Evaluation of tomato rootstocks for resistance to *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum*. *hort technology*,13(1),35-38.
35. **HYPPZ-INRA., 1998**- *Base de données HYPPZ : hygiène des plantes – protection des cultures*. INRA (Institut national de la recherche agronomique), France. Disponible sur : <https://www.inrae.fr/>.
36. **ITCMI., 2018** – *Guide technique de la culture e la tomate sous serre*. Institut technique des cultures maraîchers et industrielles, Algérie, 28pages
37. **JEPSON S.B., 1987**-*Identification of root-knot nematodes (Meloidogyne species)*. CAB intenational, Wallingford, UK,265 pages.

38. **JONES J.T., HAEGEMAN A., DANCHIN E.G.J., GAUR H.S., HELDER J., JONES M.G.K., KIKUCHI T., MANZANILLALOPEZ R., PALOMARESRIUS J.E., WESEMAEL W.M.L. & PERRY R.N .2013.** -Top 10 plant-parasitic nématodes in molecular plante pathologie. *moléculaire plante pathologie* ,14(9),946-961.
39. **KARSSEN G. & MOENS, 2006** – Root knot nematode. in: Perry, r.n.& moens, M.(Eds), plant nematology, pp.59-90. CABI PUBLISHING, Wallingford, UK.
40. **KATAN J., 1981**-Solar heating(solarization) of soil for control of soil borne pests. *Annual review of phytopathologie*, 19,211-236.
41. **KELLILI A., 1999**- *Contribution à l'étude des nématodes à galles (Meloidogyne spp). sur la tomate dans la région de Biskra* .Mémoire d'ingénieur agronome , institut national agronomique(INA),Alger, Algérie, 86p.
42. **KERRY B.R., 2007**- Root-knot nématodes: biologie and control .in: Perry, r.n., moens, m., & starr,j.l(eds.),plant nematology , 2nd ed.,pp.261-290.CABI PUBLISHING.
43. **KHELIFI L., KHELIFI-SLAOUI M. & BENABDELI K., 2013**- Effet du stress salin sur la croissance et le rendement de la tomate (*Solanum lycopersicum*). *Courrier du savoir*,16,69-76.
44. **LUC M., SIKORA R.A. & BRIDGE J., 2005**- Plante parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture (2nd Ed). CABI PUBLISHING, Wallingford, UK, 592p.
45. **MAAS E.V. & HOFFMAN G.J., 1997**-Crop salt tolerance- *current assessment journal of the irrigation and drainage division* ,103(2),115-134.
46. **MADR.2021**- Bulletin technique sur la production de la tomate sous serre en Algérie. Ministère de l'agriculture et du développement rural, direction des services agricoles, Algerie,18.
47. **MELO E., 1998**- Effets des techniques culturales sur la dynamique des nématodes à galles (*Meloidogyne spp*),72p.
48. **MILLER J.C. & TANKSLEY D.D., 1990**- Relp analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *lycopersicon*. *theoretical and applied genetics*, 80 (4):37-48.
49. **NAGNAN-LE MEILLOUR P., QUENTIN M. &FAVERY B., 2019**-*Gestion durable des nématodes phytoparasites : stratégies intégrées de lutte*. INRA, Ed. – réseau mixte technologique santé du végétal, 56 p.

50. NAIKA S., DE JEUDE J.L., GOFFAU M., HILMI M. & VAN DAM B., 2005- La culture de la tomate : production transformation et commercialisation. agromisa fondation et CTA, Wageningen, Pays-Bas ,97p.
51. NETSCHER C., 1965 - Nématodes parasites des cultures maraîchers au Sénégal : espèces observées et méthodes de lutte. *Revue de nématologie*, 139-148.
52. NICO A.L., RAPOPORT H.F. & JIMENEZ-DIAZ R.M., 2004 -Effect of salinity on the infection and development of *Meloidogyne javanica* on tomato plants. *plant pathology*,53(3),346-352.
53. NICOL J.M., TURNER S.J., COYNE D.L., DENNIJS, L., HOCKLAND S. & MAAFI Z.T., 2011- Current nematode threats to world agriculture, in: Jones J, Gheysen G, Fenoll C. (Eds), Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions. Heidelberg, Germany: Springer, pp. 21-43.
54. ODUOR-OWINO P., HILLOCKS R.J. & SUTHERLAND J.A., 1996- Nematode pest's horticultural and industrial crops in Africa: distribution, importance and management strategies. *African crop science journal*. (4),389-406.
55. OLMSTEAD R.G. & BOHS L., 2007-A summary of molecular systematic research in Solonaceae: 1982-2006. *acta horticultural*, 74(5):255-268.
56. ORTON WILLIAMS K. J., 1973- *The identifications and bionomics of the immature stage of root-knot nematodes (Meloidogyne spp)*. Commonwealth institute of helminthology, CAB, ST. Albans, UK, 80p.
57. PERRY R.N. & MOENSS M., 2011-Plant nematology (2nd ed. cabi publishing, Wallingford, UK, 54 p.
58. PLOEG A.T. & MARIS P.C., 1999- Effects of temperature on the suppression of *Meloidogyne incognita* by organic soil amendments. *nematology*,1(7-8),77-753.
59. PROT J.C. & MATIAS D.M., 1995- Effect of soil flooding on the survival of *Meloidogyne graminicola* in rice fields. *Hournal of nematology*,27(4s),775-778.
60. RAYNAL G., NICOLE M. & MOREL G., 1989- Technique de détection et d'identification des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. *Agronomie tropicale*, 44(2),123-131.
61. READY P.D., 1983- Host effects on *Meloidogyne incognita* (kofoid & white) chitwood reproduction and development. *nematologica*,29(2),185-195.

62. **RICK C.M., 1976**- Natural variability and its exploitation in tomato improvement. *euphytica*,25(1),645-658.
63. **RITTER M., 1971**- Influence de la texture du sol sur la distribution des nématodes phytoparasites. *Annales de phytopathologie*, 3,229-236.
64. **SASSER J.N. & CARTER C.C., 1985** - *An Advanced Treatise on Meloidogyne. Vol. I: Biology and Control.* North Carolina State University Graphics, pp. 19-23.
65. **SCOTTO LA MASSESE C., 1986**- Influence de l'humidité du sol sur le développement de *Meloidogyne incognita*. *Revue de nématologie* ,9(2),135-142.
66. **SIDDIQUI Z.A., ALAM S. & khan M.W., 2002** - Effects of plant parasitic nematodes on plante growth and yield. *archives of phytopathologie and plant protection* ,35(5),367-380.
67. **SIKORA R.A., SCHAFER K. & DABABAT A.A., 2005**- Modes of action associated with microbial included in planta suppression of plant- parasitic nematodes. *Australasian plant pathology*,34(2),115-122.
68. **STALETON J.J., 1984** - Soil solarisation: a non –chemical approach for management of plant pathogens and pests. *crop protection*, 3(3), 181-188.
69. **STAPLETON J.J.& DEVAYJ.E., 1984** - Thermal components of soil solarisation as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth. *Phytopathology*,74(3),255-259.
70. **STIRLING G.R., 1991**- Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems and prospects.CAB international, Wallingford, UK, 282p.
71. **TAYLOR A.L, 1968** - Introduction to research on plant nematology: an FAO guide food and agriculture organisation of the united nations (FAO), Rome, 133p.
72. **TRUDGILL D.L., BLOK V.C. & PHILLIPS M.S., 2000**- The importance of tropical root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and factors affecting the utility of *Pasteuria penetrans* as a biocontrol agent – *Nematology*,2(8): 823-845
73. **VALLOTTON A., 1983** - Influence de la texture du sol sur la répartition des nématodes phytoparasites. *Revue suisse d'agriculture*,15(3) :145-150.
74. **VAN GUNDY S.D., 1967**- Ecology of root-knot nematodes. *annual review of phytopathology*,5, 317-350.

75. VIAENE N., COYNE D.L. & KERRY B.R., 2007-Biological and cultural management. in: perry R.N., &MOENS, M(eds), plant nematology pp.346-369.cabi publishin, wallingford, UK.
76. WALL D.H., 1999- Biodiversity and ecosystem functioning in terrestrial habitats. *Biodiversity and conservation*, 8,1287-1309.
77. WALLACE H.R., 1966 - The biology of plant parasitic nematodes. Edward Arnold ltd. London,280p.
78. WARTHNER J.A. & ALERTS A.L.,1992 - Estimated crop losses to plant-parasitic nematodes in the united states. *journal of nematology*,24(4s),632-636.
79. WILLIASOM V.M. & KUMER A., 2006- Nematode resistance in plants: the battle underground. *Trends ingenetics*,22(7),396-403.<http://doi.org/10.1016/j.tig.2006.05.003>.
80. ZIRI S., 2011- Fiche technique : ravageurs de tomate en Algérie –identification, symptômes et lutte zone d'intégration de la recherche et de l'innovation dans le secteur agricole,12p.

ANNEXE

Questionnaire

Région :

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

Nombre de serre

Nature de sol :

Culture précédente :

Culture en place : la variété :

Date de semis :

Date de plantation :

Densité de plantation :

Nombre de plants / ligne :

Nombre de plans total :

Méthode culturel utilisé :

Ancienneté de la serre :

Matériel utilisé :

Type d'irrigation :

La fertilisation :

Autres produits :

Tableau n° 05 : les analyses pédologiques dans la région de staoueli

N° serre	prpfondeur	Humidité	Calcaire	pH	MO	Condactivité
n° 12	10 cm	9,71	10,588	6,51	8,9	0,221
n° 12	20 cm	9,56	7,941	6,54	6,3	0,193
n° 13	10 cm	10,87	8,823	6,58	6,1	0,211
n° 13	20 cm	12,74	7,058	6,23	6,5	0,219

Tableau n° 06 : les analyses pédologiques dans la région de Ahmer El-ain

N° serre	Profondeur	Humidité	Calcaire	PH	MO	Condactivité
n° 01	10 cm	15,94	18,529	6,47	5,5	0,251
n° 01	20 cm	15,14	16,323	6,33	4,4	0,318
n° 02	10 cm	17,59	17,205	6,47	6,7	0,255
n° 02	20 cm	14,77	16,323	6,27	4,4	0,314

Tableau n°07 : Présentation d'indice de galle et la moyenne IG dans la région de Staoueli

Nombre des plantes Indice de galles

1	03
2	04
3	03
4	05
5	03
6	04
7	04
8	05
9	05
10	05
11	03
12	02
13	04
14	04
15	01

16	04
17	05
18	05
19	05
20	01
21	05
22	03
24	02
25	03
26	02
27	02
28	01
29	02
30	03
3.2	

Tableau n°08 : les résultats des analyses de texture su sol

Région	Staoueli
La classe du sol	Sable limoneux

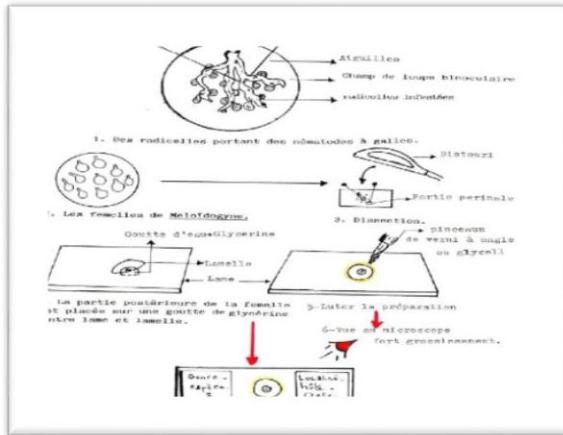


Figure n°21 : Technique de montage des figures périnéale (pattern) pour la Détermination des espèces de *Meloidogyne*.

- Les analyses pédologiques

Sur terrain : Echantillonnage

- Nous avons utilisé le matériel suivant :
- Une binette
- Des sachets en plastique
- Des étiquettes
- Marqueurs
- Règle graduée
- Sécateur

Pour les analyses pédologiques

- Erlenmeyer
- Burette
- Plaque chauffante
- Verre à montre
- Balance
- Becher
- Flacons
- Seringue
- Etuve

- Eprouvette
- Tamis de 2 mm
- Mortier
- Sol
- Des capsules
- Des bocaux

Produits utilisée

Analyses pédologiques :

- sol
- Sel de Mohr
- Diphénylamine
- Bichromate de potassium
- Fluorure de sodium (NAF)
- Eau distillé
- Acide sulfurique



Figure n°22 : incubation des boites dans l'étuve (original ,2025)



Figure n° 23 : les étapes de préparation de sols (Original·2025)

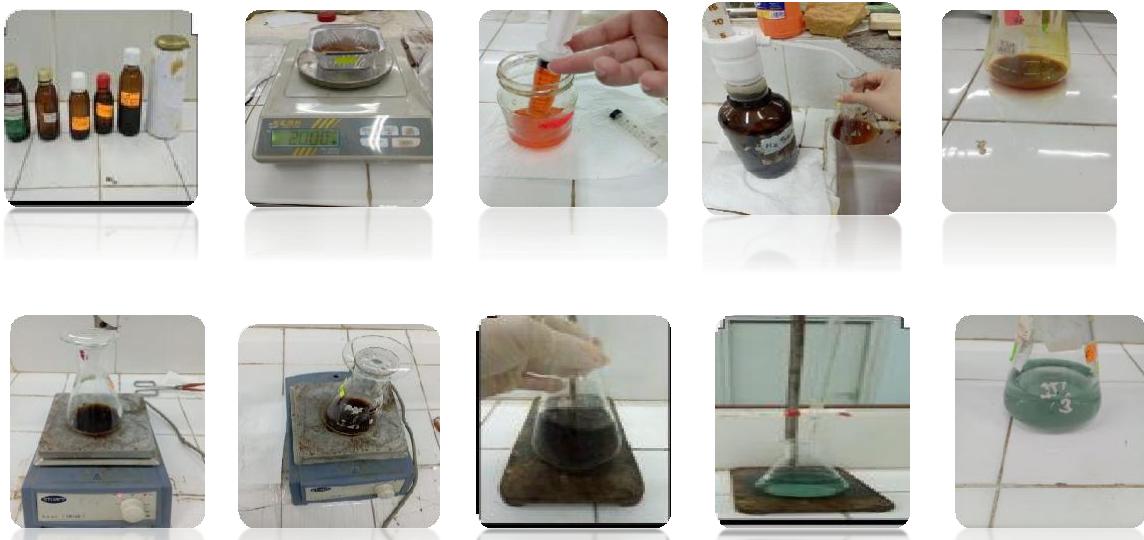
A : séché le sol à l'aire ,B: tamis à 0.2 mm, C : mortier et pilon pour le broyage le sol, D : le sol tamisé

➤ Matière organique

La matière organique stable du sol, communément appelée humus, résulte de la décomposition progressive des résidus végétaux, des déchets animaux ainsi que des organismes biologiques présents dans le sol tels que les champignons, acariens, microfaune et microflore. Bien que sa proportion en masse soit généralement faible — comprise entre 1 % et 5 % — elle joue un rôle fondamental dans le fonctionnement du sol. Le carbone organique, qui représente environ la moitié de cette matière, constitue un élément clé dans le maintien de l'équilibre biologique et la fertilité du sol, influençant l'ensemble du fonctionnement de l'écosystème pédologique.

Méthode de travail :

A : Peser 0,25 g de sol ; B : Réactifs utilisée. Dans un erlenmeyer, mettre successivement ; 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 ; K : homogénéiser.



**Figure n° 24 : les différentes étapes de préparation de la matière organique
(Original, 2025).**

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.

Tableau n°09 : Les interprétations de la matière organique

Taux de la Matière organique	Le sol
0.5-1.5%	Pauvre en matière organique
1.5-2.5%	Moyennement pauvre en matière organique
2.5-5%	Riche en matière organique
5-15%	Très riche en matière organique

Calcaire total : CaCO₃

Le calcaire total est un constituant d'origine naturelle du sol, généralement hérité de la roche-mère. Il peut être modérément modifié par des apports importants et répétés d'amendements basiques. Sa présence confère au sol des propriétés physiques et chimiques particulières, notamment en influençant la structure, la porosité, le pH, ainsi que la disponibilité de certains éléments nutritifs. Le calcaire agit également sur l'activité biologique du sol, en modulant le développement de la microflore et de la faune édaphique.

Matériels utilisés :

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

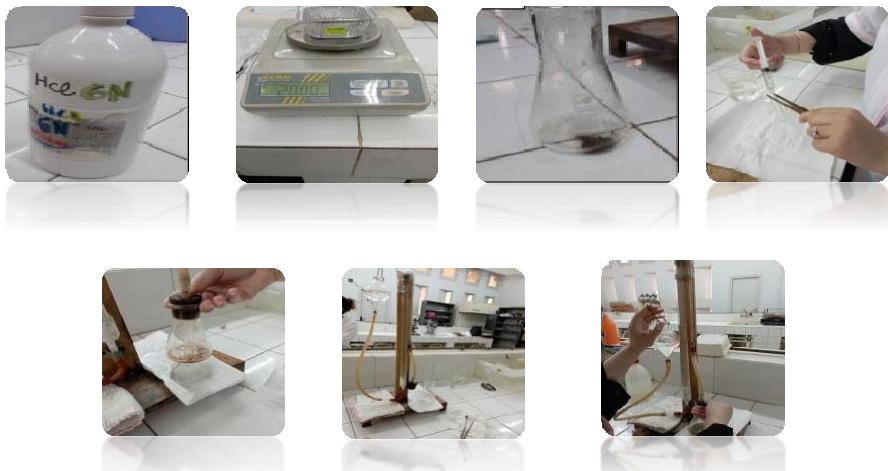


Figure n°25 : mesure Le calcaire total.

A : acide chlorhydrique (HCl) ; B : examinassions de 1g du sol ; C : Mettre échantillon dans un erlenmeyer ; D-E : Verser 50 ml de Hcl dans l'rlenmeyer ; F : insérer l'rlenmeyer au calcimètre ; G : Faire le calcule de pourcentage du calcaire contenu dans le sol.

Tableau n°10 : Les interprétations du calcaire total

Taux de calcaire total	Interprétations
< 5%	Peu calcaire
5-15%	Moyennement calcaire
16-30%	Sol calcaire
>30%	sol très calcaire

b- Méthode de dosage du calcaire total dans le sol

Pour déterminer le taux de calcaire total dans les échantillons de sol, une méthode basée sur la réaction avec l'acide chlorhydrique a été utilisée, en suivant les étapes expérimentales suivantes :

1. Prélever 0,5 g de sol sec et tamisé pour chacun des deux horizons étudiés (profondeurs de 0–10 cm et 10–20 cm).
2. Introduire l'échantillon dans un erlenmeyer propre et sec.
3. Préparer un tube à dégagement de gaz muni à son extrémité inférieure d'une boulette de pâte à modeler servant à maintenir l'étanchéité.
4. À l'aide d'une pipette, verser dans ce tube une quantité suffisante d'acide chlorhydrique concentré (HCl).

5. Introduire délicatement le tube contenant l'acide dans l'rlenmeyer sans que le liquide ne touche encore le sol.
6. Fermer hermétiquement l'rlenmeyer à l'aide d'un bouchon muni d'un système de mesure de volume de gaz (tube gradué relié à une ampoule remplie d'eau).
7. Régler le niveau de l'eau dans l'ampoule jusqu'à obtenir un équilibre de pression entre l'intérieur et l'extérieur du système (niveaux égaux dans le tube et l'ampoule).
8. Incliner doucement l'rlenmeyer afin de provoquer le contact entre le sol et l'acide, déclenchant ainsi la réaction effervescente entre le CaCO_3 du sol et le HCl, avec dégagement de CO_2 .
9. Laisser réagir jusqu'à la fin de l'effervescence.
10. Rééquilibrer la pression en ajustant le niveau d'eau dans l'ampoule.
11. Lire directement le volume de gaz (CO_2) dégagé, correspondant à la teneur en calcaire du sol.
12. Pour s'assurer de l'excès d'acide et de l'attaque complète du calcaire, ouvrir l'rlenmeyer et ajouter quelques gouttes d'HCl supplémentaires. En absence de nouvelle effervescence, on considère que tout le carbonate de calcium a été neutralisé.

-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

Méthode de détermination de l'humidité du sol

La teneur en eau des échantillons de sol a été évaluée par la méthode de dessiccation à l'étuve. Cette méthode repose sur la perte de masse du sol après chauffage à température constante. Les étapes suivies sont les suivantes :

1. Peser à vide les capsules métalliques propres et sèches à l'aide d'une balance de précision.
2. Prélever 20 g de sol humide pour chacun des quatre échantillons étudiés, et les déposer dans les capsules pesées.
3. Placer les capsules contenant le sol dans une étuve réglée à 105 °C, et laisser sécher pendant 24 heures, afin d'éliminer toute l'humidité présente.
4. Après incubation, retirer les capsules de l'étuve, les laisser refroidir à température ambiante dans un dessiccateur, puis peser de nouveau pour obtenir la masse du sol sec.

c- Humidité du sol

L'humidité du sol désigne la quantité d'eau contenue dans la zone non saturée du sol. Ce paramètre est fondamental pour le développement de la végétation : il affecte la germination, l'émergence des jeunes plants, et l'implantation du système racinaire. L'humidité du sol joue ainsi un rôle essentiel dans l'équilibre des écosystèmes terrestres et la productivité agricole.

Détermination de l'humidité du sol

La teneur en eau du sol a été déterminée par la méthode gravimétrique, suivant les étapes ci-dessous :

1. Peser à vide les capsules métalliques à l'aide d'une balance de précision.
2. Prélever 20 g de sol humide pour chaque échantillon (soit 4 échantillons), et les placer dans les capsules.
3. Placer les capsules dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures pour éliminer l'humidité.
4. Après séchage, laisser refroidir les capsules dans un dessiccateur, puis peser à nouveau pour obtenir le poids du sol sec.
5. Calculer la teneur en humidité (%) à l'aide de la formule :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{\text{Poids du sol humide} - \text{Poids du sol sec}}{\text{Poids du sol humide}} \times 100.$$



Figure n° 26 : les différentes étapes de préparation de l'humidité (Original, 2025).

d- pH et conductivité

Matériels utilisées :

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

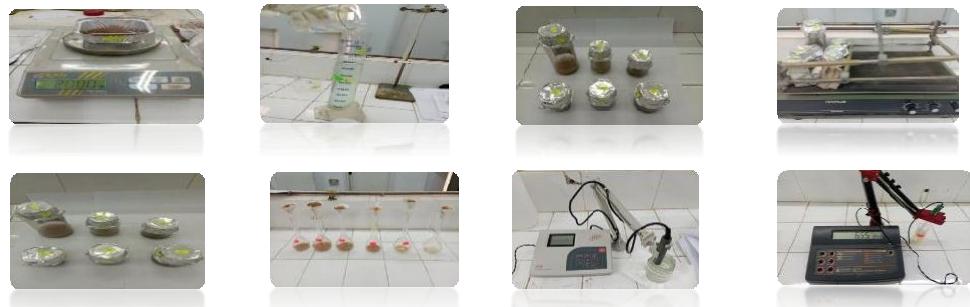


Figure n°27 : mesure de pH et la conductivité
(Original ,2025)

- Méthode de mesure du pH et de la conductivité du sol

La mesure du pH et de la conductivité électrique a été réalisée à partir d'une suspension sol-eau, selon les étapes suivantes :

1. Prélever 20 g de sol pour chacun des quatre échantillons, à l'aide d'une balance de précision.
2. Verser 50 mL d'eau distillée dans chaque fiole contenant l'échantillon.
3. Transférer les mélanges dans des flacons étiquetés correspondant à chaque échantillon, puis les placer sur un agitateur pendant 30 minutes afin d'assurer une mise en suspension homogène.
4. Après agitation, filtrer les suspensions à l'aide d'un papier filtre placé dans un entonnoir monté sur un ballon propre, et laisser s'égoutter complètement jusqu'à obtention d'un filtrat clair.
5. Répéter l'opération pour les autres échantillons.
6. Mesurer ensuite :
 - Le pH de chaque solution filtrée à l'aide d'un pH-mètre étalonné.
 - La conductivité électrique (CE) à l'aide d'un conductimètre, en s'assurant de la bonne calibration des instruments.

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 BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIE

Projet de fin d'étude
En vue d'obtention du diplôme de Master II
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Agroenvironnement et Bio-indicateurs

THEME

Principaux facteurs d'infestation des cultures maraîchères sous serres
par les nématodes à galles *Meloidogyne* spp dans la région de la
Mitidja

Présenté par : M^{elle} Douici Nawel et M^{elle} El Hattah Maroua

Membre du jury :

Présidente	M ^{me} LEMITI S.	M.C.B.	U.S.D.B.1
Promotrice	M ^{me} SABRI K.	M.A.A.	U.S.D.B.1
Co-promoteur	M ^r SMAHA D.	Chercheur	I.N.P.V. Alger
Examinateuse	M ^{me} OUANIGHI H.	M.A.A.	U.S.D.B.1

M^{me} OUANIGHI

Guyl