



République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
Scientifique



Université de Ghardaïa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences De la Terre
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master en Sciences
Agronomiques

Spécialité : Protection des Végétaux

Thème

Nématode à galles (*Meloidogyne spp*) des cultures maraîchères
dans la région de Ghardaïa

Réalisé par :

REDJERADJ Ouail Abderrahmane

Soutenu devant le jury composé de / Evalué par :

Nom et prénom	Grade	Qualité	Etablissement
Mr. KHENE Bachir	MCA	Président	Univ.Ghardaia
Mr. ALIOUA Youcef	Professeur	Examineur	Univ.Ghardaia
Mlle. CHEHMA Saida	MAA	Encadreur	Univ.Ghardaia
Mr. SMAHA Djamel	Chef de service	Co-encadreur	INPV. Alger

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Avant toute chose, je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, pour la force, la persévérance et la patience qu'Il m'a accordées, ainsi que pour Son soutien qui m'a permis d'achever ce travail.

J'adresse mes plus sincères remerciements à ma directrice de mémoire, Madame CHEHMA Saida, pour ses orientations scientifiques, ses remarques constructives et son encouragement constant, qui ont grandement contribué à l'avancement et à la réussite de ce travail. J'ai eu l'immense privilège de bénéficier de son expertise et de son accompagnement attentif tout au long de cette recherche.

Je tiens également à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail, et pour l'intérêt qu'ils lui ont accordé, ce qui lui a apporté une réelle valeur scientifique.

Enfin, j'exprime ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenue et accompagnée durant cette étape. Je leur adresse mes remerciements les plus chaleureux.

Dédicace

À ceux qui ont gravé leurs rêves sur les murs des universités,
Et parcouru leurs cahiers dans la quête du savoir et du diplôme.
À ces étudiants de Gaza qui nous ont quittés avant que l'histoire ne soit achevée,
Avant que leurs noms ne soient appelés le jour de la remise des diplômes,
Et qui sont devenus une lumière éternelle dans le ciel du savoir et de la dignité.

Paix à vos âmes pures,
Et rendez-vous auprès d'un Seigneur qui n'oublie jamais.

À ceux qui ont été ma lumière dans l'obscurité, mon soutien dans les moments
de faiblesse.

À ma mère et mon père, sources d'amour, de prières et de soutien
inconditionnel.

À mes frères et sœurs bien-aimés, compagnons fidèles de chaque étape.
À ma directrice de mémoire, pour son encadrement généreux et ses conseils
précieux.

À mes amis, pour leur présence, leur patience et leur encouragement tout au
long du parcours.

Et enfin

À moi-même,

Pour ma persévérance, mes efforts constants,

Et ce rêve que j'ai porté malgré tous les défis.

J'offre ce mémoire, fruit de mes années d'études universitaires,
Comme témoignage de fidélité, de reconnaissance et de profonde gratitude
À tous ceux qui ont été partie intégrante de ce chemin.

Liste d'abréviation

SAU : Superficie agricole utile.

RGA : Recensement Général de l'Agriculture.

D.S.A : Direction des Services Agricoles.

IV : Indice de vigueur.

IG : Indice de galles.

SOPAT : Service d'Organisation de la Production Agricole et de Transformation de la wilaya de Ghardaïa.

INPV : Institut National de la Protection des Végétaux.

Tableaux des matières

Remerciements

Dédicace

Liste d'abréviation

Tableaux des matières

Liste des figuresError! Bookmark not defined.

Liste des tables.....IV

Introduction..... 1

Chapitre I : Présentation de la région d'étude 7

I.1 Situation géographique..... 7

I.2 Climat de Ghardaïa 8

I.3 Diagramme Ombrothermique..... 8

I.4 Climagramme d'Emberger 9

I.5 Agriculture dans la région de Ghardaïa 10

Chapitre II : Matériel et méthodes..... 14

II.1 Choix des sites d'échantillonnage 14

II.2 Présentation des exploitations d'échantillonnage 14

II.2.1 Exploitations de Berriane..... 14

II.2.2 Exploitation de Bounoura 19

II.2.3 Exploitation de Daya Ben Dahoua 20

II.3 Méthodologie de travail 21

II.3.1 Travail sur le terrain..... 21

II.3.2 Technique d'échantillonnage 21

II.3.3 Travail au laboratoire..... 22

II.4 Evaluation de l'indice de galles 23

II.5 Evaluation de l'indice de Vigueur (IV) 24

Chapitre III : Résultats et discussions..... 27

III.1 Présentation générale des résultant 27

III.2 Détermination de l'indice de galles 33

III.3 Détermination de l'indice de vigueur (IV) 36

III.4 Relation entre l'indice de galles et l'indice de vigueur 39

Resumé..... 45

Références bibliographiques.....	47
Annexe	52

Liste des figures

Figure 1 : Structure typique d'un nématode a galle <i>Meloidogyne Spp</i>	3
Figure 2 : Localisation de la Wilaya de Ghardaïa (gifex,2025).	7
Figure 3 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Ghardaïa (2014-2023).....	9
Figure 4 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'Emberger pour une période de 10 ans (2014– 2023)	10
Figure 5 : Photo de l'exploitation N°01 (Photo personnelle).	15
Figure 6 : Localisation de l'exploitation N°01 (Google Earth, 2025)	15
Figure 7 : Photo de l'exploitation N°02 (Photo personnelle).	16
Figure 8 : Localisation de l'exploitation N°02 (Google Earth, 2025)	16
Figure 9 : Photo de l'exploitation N°03 (Photo personnelle).	17
Figure 10 : Localisation de l'exploitation N°03 (Google Earth, 2025)	17
Figure 12 : Localisation de l'exploitation N°04 (Google Earth, 2025).	18
Figure 11 : Photo de l'exploitation N°04 (Photo personnelle).	18
Figure 14 : Localisation de l'exploitation N°05 (Google Earth, 2025)	19
Figure 13 : Photo de l'exploitation N°05 (Photo personnelle).	19
Figure 16 : Localisation de l'exploitation N°06 (Google Earth, 2025)	20
Figure 15 : Photo de l'exploitation N°06 (Photo personnelle).	20
Figure 17 : Photo de l'exploitation N°07 (Photo personnelle).	21
Figure 18 : Localisation de l'exploitation N°07 (Google Earth, 2025)	21
Figure 19 : Technique d'échantillonnage	22
Figure 20 : Echelle de Zeck indexant les attaques de nématodes <i>Meloidogyne</i> sur les racines des plantes (Source : Zeck, 1971).....	23
Figure 21 : Répartition des sites d'échantillonnage infestés par <i>Meloidogyne</i> dans différentes zones de la région de Ghardaïa (Google Earth, 2025).	27
Figure 22 : Symptômes des nématodes a galle <i>Meloidogyne spp</i>	28
Figure 23 : <i>Meloidogyne spp</i> sur Fève (<i>Vicia faba</i>)(X55).	28
Figure 24 : <i>Meloidogyne spp</i> sur Carotte (<i>Daucus carota</i>)(X55).	29
Figure 25 : <i>Meloidogyne spp</i> sur Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)(X55).....	29
Figure 26 : Nombre d'exploitations par espèce végétale infestée.	32
Figure 27 : Distribution de l'indice de galles dans les différentes exploitations. ..	34
Figure 28 : Distribution de l'indice de vigueur IV dans les différentes exploitations.	38

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données climatiques moyennes de la région de Ghardaïa (2014–2023).	8
Tableau 2 : Principales cultures avec leur rendement (DSA ,2024)	12
Tableau 3 : Description de l'échelle de Zeck et regroupement en classe suite aux travaux de Gedubat.	24
Tableau 4 : Sites des zones d'étude	27
Tableau 5 : Résultats de présence des nématodes à galles (<i>Meloidogyne spp</i>) sur les cultures maraîchères dans la région de Ghardaïa.	30
Tableau 6 : Indice de galles	33
Tableau 7 : Indice de Vigueur IV	37

Introduction

Introduction

L'agriculture maraîchère occupe une place stratégique dans la production alimentaire mondiale. Elle constitue une source essentielle de revenus pour de nombreux agriculteurs, tout en contribuant activement à la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations **(FAO, 2020)**.

En Afrique et dans d'autres régions en développement, le maraîchage représente une activité agricole à haute valeur ajoutée, créatrice d'emplois saisonniers, et favorable à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration des régimes alimentaires **(Dhillon et al 2016)**.

Les cultures maraîchères occupent une place stratégique dans l'agriculture algérienne en raison de leur rôle crucial dans la sécurité alimentaire, la création d'emplois et le développement économique local. Elles représentent environ 20 % de la production agricole nationale et couvrent plus de 300 000 hectares, avec une concentration notable dans les régions du nord et des zones sahariennes irriguées, notamment Biskra et El Oued, où les conditions climatiques et les techniques modernes de production permettent des rendements élevés **(Mimouni, 2023)**. Les principales cultures incluent la pomme de terre, la tomate, l'oignon, la carotte et la courgette, qui sont à la fois destinées à la consommation locale et à l'exportation. En plus de leur valeur économique, ces cultures jouent un rôle essentiel dans la diversification agricole et la résilience face aux aléas climatiques **(FAO, 2021)**

Cependant, les cultures maraîchères, font face à plusieurs contraintes, notamment les maladies et les ravageurs, qui entraînent des pertes économiques considérables. Parmi les bioagresseurs les plus nuisibles, les nématodes phytoparasites représentent un danger majeur, en particulier ceux du genre *Meloidogyne*, connus sous le nom de nématodes à galles **(Nicol et al., 2011)**.

Les pertes économiques dues à ces nématodes sont très considérables selon une estimation, leur part dans les pertes agricoles mondiales serait de plus de 5 %, entraînant chaque année de plusieurs milliards de dollars **(Sasser et Freckman, 1987)**. Dans les régions tropicales, les pertes peuvent aller jusqu'à 80 % en absence de moyens de lutte efficaces **(Nicol et al., 2011 ; Sikora et al., 2005)**.

Les *Meloidogyne* ou les nématodes galligènes sont des vers filiformes microscopiques. Ce sont des phytoparasites obligatoires qui attaquent généralement les racines des plantes, provoquant des symptômes variés comme les galles racinaires, le jaunissement foliaire, la réduction de croissance, et un affaiblissement général de la plante (**Bridge & Starr, 2007**).

Le genre *Meloidogyne*, est l'un des genres les plus nuisibles à l'échelle agricole. Il comprend plus d'une centaine d'espèces, parmi lesquelles *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* et *M. hapla* sont les plus répandues et les plus pathogènes. Ces espèces forment des galles sur les racines qui altèrent considérablement l'absorption de l'eau et des nutriments par la plante (**Sasser & Freckman, 1987 ; Jones et al., 2013**).

Les *Meloidogyne*, se caractérisent par leur capacité à se développer au détriment d'un grand nombre de plantes cultivées (Cucurbitacées, les Solanacées, les Légumineuses, les Crucifères, les Composées, les Ombellifères, les Chénopodiacées). Les attaques de ces bioagresseurs peuvent également être observées sur les cultures maraîchères dans les agros systèmes oasiens.

Selon Cayrol et al. (1992), les nématodes sont morphologiquement composés d'un tube externe (cuticule) qui renferme deux tubes internes superposés : le tube digestif et le tractus génital. Les nématodes phytoparasites se distinguent par la présence dans la cavité buccale d'un stylet fonctionnel. Il s'agit d'un organe en forme d'aiguille que l'animal insère dans les tissus de la plante pour absorber le contenu cellulaire prédigéré. Il est suivi d'un canal œsophagien composé d'une partie glandulaire et d'une partie musculaire qui se termine par le bulbe médian. La partie musculaire, qui est en fait aspirante et refoulante, injecte le produit de la glande dans les cellules végétales à travers le stylet avant d'absorber la matière digérée (**De Guiran, 1983**) (Figure 1).

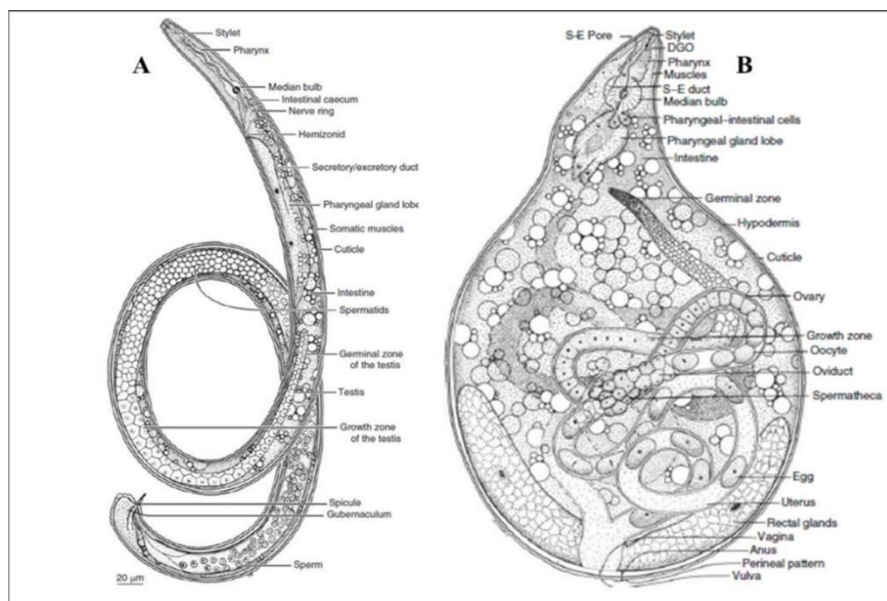


Figure 1 : Structure typique d'un nématode a galle *Meloidogyne Spp*

Ils possèdent un stylet buccal qui leur permet de percer les cellules végétales pour s'en nourrir, ainsi qu'un appareil digestif complet et un appareil reproducteur bien développé, avec un dimorphisme sexuel marqué chez certaines espèces (**Luc et al., 2005**). Leur cycle de vie comprend les stades œuf, juvénile (dont le J2 est infectieux), et adulte.

Les juvéniles colonisent les racines, où ils se développent en régulant la formation des galles. Les femelles deviennent sédentaires, acquièrent une forme sphérique et déposent les

Œufs dans une masse gélatineuse, et les mâles, souvent inutiles chez les espèces parthénogénétiques, abandonnent les racines (**Sasser & Freckman, 1987**).

La durée complète du cycle biologique varie de 3 à 6 semaines en fonction des conditions environnementales (**FAO, 2006**). Selon les espèces, la reproduction peut être sexuée ou s'effectuer par parthénogenèse (**Perry et al., 2009**).

Les problématiques relatives aux nématodes ont pris une ampleur économique considérable et croissante dans le monde agricole actuel, c'est pourquoi leur contrôle est nécessaire dans une approche préventive et curative.

La lutte chimique, longtemps privilégiée à travers l'usage de nématicides, pose aujourd'hui plusieurs problèmes : toxicité pour l'homme et l'environnement, coût élevé, apparition de résistances chez les nématodes, et restrictions réglementaires croissantes (**Chitwood, 2003**). Face à cela, la recherche se tourne vers des alternatives durables : l'utilisation de variétés résistantes, les amendements organiques, la solarisation, la rotation culturale et la lutte biologique à l'aide d'organismes antagonistes (**Hallmann et al., 2020 ; Stirling, 2014**).

En Algérie, les premières recherches sur les nématodes sont celles de **Scotto La Massèse 1986**. En effet, ce dernier affirme que Debray et Maupas ont identifié, en 1896, le nématode *Tylenchus devastarix* = *Ditylenchus dipsaci* sur de la fève ; Trabut a signalé, en 1919, la présence du nématode *Tylenchulus semipenetrans* dans les vergers de Citrus ; Delassus a déterminé les nématodes à galles (*Meloidogyne*) sur diverses solanacées en 1928, 1931 et 1932 ; Frezal a identifié le nématode doré (*Globodera rostochiensis*) sur la pomme de terre en 1954. Dans les années 60, il a remarqué plusieurs espèces phytophages, comme *Xiphinema* dans les sols d'agrumes, de vigne et de palmeraie, *Crictonemoides* sur les agrumes, la vigne et les cultures maraîchères, *Tylenchorhynchus* dans divers sols cultivés, *Pratylenchus* sur les céréales et les plantes fourragères, *Helicotylenchus*, *Rotylenchus* et *Tylenchus* rencontrés en faibles effectifs dans la rhizosphère de certaines plantes.

Une étude antérieure menée dans la région de Ouargla durant par **Ighili (1986)** a permis de mettre en évidence la présence significative de nématodes à galles, principalement *Meloidogyne javanica* et *M. incognita*, sur les cultures maraîchères de concombre, tomate et poivron. Le degré d'infestation, évalué à l'aide d'un indice de galles (0 à 5), a montré une corrélation négative avec la croissance et le rendement des plantes, a observé un IG moyen de 2,05 sur la tomate

Babaali et al en 2016, ont réalisé une étude dans la wilaya d'Adrar qui a permis de détecter la présence de nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*) sur plusieurs cultures maraîchères comme la tomate, la carotte et la pastèque. Les espèces identifiées sont principalement *M. incognita* et *M. javanica*. L'intensité de l'infestation varie selon les exploitations, avec des indices de galles allant de faibles à très élevés. Ces résultats montrent que les nématodes représentent une menace réelle pour la productivité agricole dans cette région saharienne.

L'enquête effectuée par **Benelkadi en 2020** dans la région de Ouargla a révélé la présence des nématodes à galles (*Meloidogyne javanica* et *M. incognita*), avec un indice de galle de 0 à 5.

Bien qu'un grand nombre d'études sur les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* et des dégâts qu'ils occasionnent sur les cultures maraichères ont été publiés, les données de présence de ces phytoparasites dans la région de Ghardaïa demeurent rares. Les agriculteurs notamment au cours des dernières campagnes agricoles, ont été confrontés à des pertes de rendement occasionnées par ces bioagresseurs sur certaines cultures maraichères.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail sur le nématode à galle *Meloidogyne* des cultures maraichères dans la région de Ghardaïa qui a pour objectifs :

- Évaluer leur niveau d'infestation dans la région de Ghardaïa
- Déterminer l'indice de galles.
- Encourager l'adoption de pratiques agricoles durables pour limiter les dégâts causés par ces nématodes.
- Fournir des données utiles pour orienter les stratégies de lutte intégrée et sensibiliser les agriculteurs sur cette problématique

Chapitre I

Présentation de la région de
Ghardaïa

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Ce chapitre présente les caractéristiques de la région de Ghardaïa, particulièrement sa situation géographique et climatique

I.1 Situation géographique

La wilaya de Ghardaïa se trouve localisée dans la partie Centrale Nord du Sahara, à une distance de 600 Km du chef-lieu Algiers, elle s'étend sur 23890 km², et a pour coordonnées géographiques : Latitude 32° 30' Nord. / Longitude 3° 45' Est, issue du découpage administrative du territoire 2021(Figure 2). La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au nord, par la wilaya de Laghouat, (200Km) ;
- Au nord-est, par la wilaya de Djelfa (300Km) ;
- A l'est, par la wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- Au sud, par la wilaya d'El Menia (270Km) ;

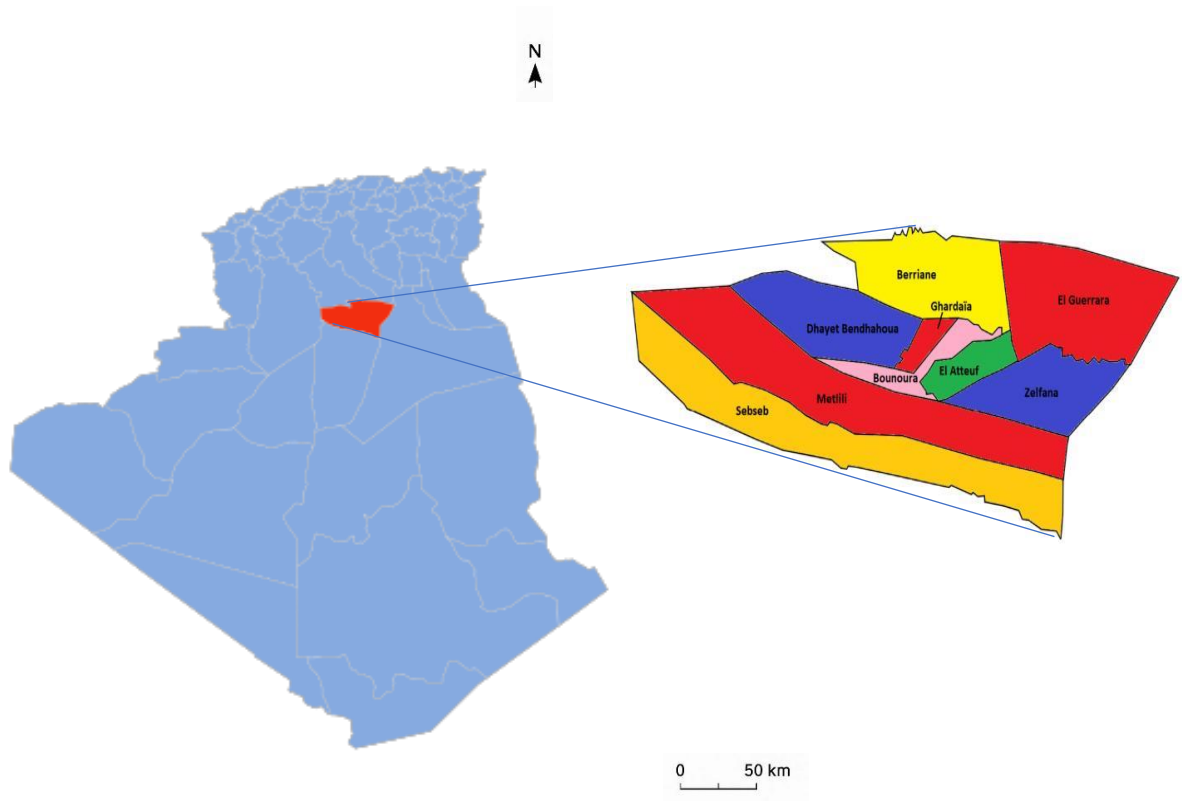


Figure 2 : Localisation de la Wilaya de Ghardaïa (gifex,2025).

I.2 Climat de Ghardaïa

La région de Ghardaïa présente des conditions climatiques particulièrement arides, s'illustrant pas seulement par des chaleurs caniculaires estivales et des faibles pluies, mais encore surtout par un fort taux d'évapotranspiration liée à la très faible humidité de l'air (Tableau 1). (Benslama, 2021).

Tableau 1 : Données climatiques moyennes de la région de Ghardaïa (2014– 2023).

Mois	Température (C°)			H (%)	p (mm)	V. vent (m/s)
	Tmoy	TM	Tm			
Janvier	11,53	17,15	6,022	42,11	1,59	12,13
Février	13,49	19,02	7,97	36,89	3,88	15,08
Mars	17,01	22,66	10,98	31,29	3,52	15,97
Avril	21,94	28,01	15,18	26,64	3,65	16,09
Mai	26,79	32,77	20,01	23,57	3,98	15,83
Juin	32,17	38,51	25,01	18,84	0,71	14,65
Juillet	35,56	41,42	28,4	16,46	0,20	12,2
Aout	34,24	40,22	27,71	20,6	4,08	11,52
Septembre	30,08	36,08	23,92	27,5	4,69	11,42
Octobre	23,32	29,11	17,48	34,07	3,88	10,55
Novembre	16,81	22,36	11,41	40,37	3,35	11,6
Décembre	12,8	18,23	7,79	48,04	1,27	11,54
Moyenne mensuelle	22.97	28.79	16.82	30.53	2.90	13.21
Cumul annuel					34.86	

Tmoy. : Température moyenne.

H. : Humidité relative.

TM. : Température moyenne maximale

P. : Pluviométrie.

Tm. : Température moyenne minimal V.

Vent. : Vitesse de vent.

I. 3 Diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique de **Bagnouls et Gaussen (1953)** est un graphique qui permet d'estimer la durée et l'intensité de la saison sèche ; cette dernière est déterminée lorsque la courbe des précipitations descend en dessous de celle des températures.

D'après le tableau récapitulatif des données pluviométriques et thermométriques (2014-2023), nous pouvons établir la courbe des précipitations qui a pour objectif de déterminer la période sèche et de suivre l'évolution saisonnière de la réserve d'eau. (**Figure 3**)

Elle est représentée :

- En abscisse par les mois de l'année.
- En ordonnées par les précipitations en mm, les températures en °C déterminent une échelle de $P=2T$; l'aire comprise entre les deux courbes constitue la saison sèche.

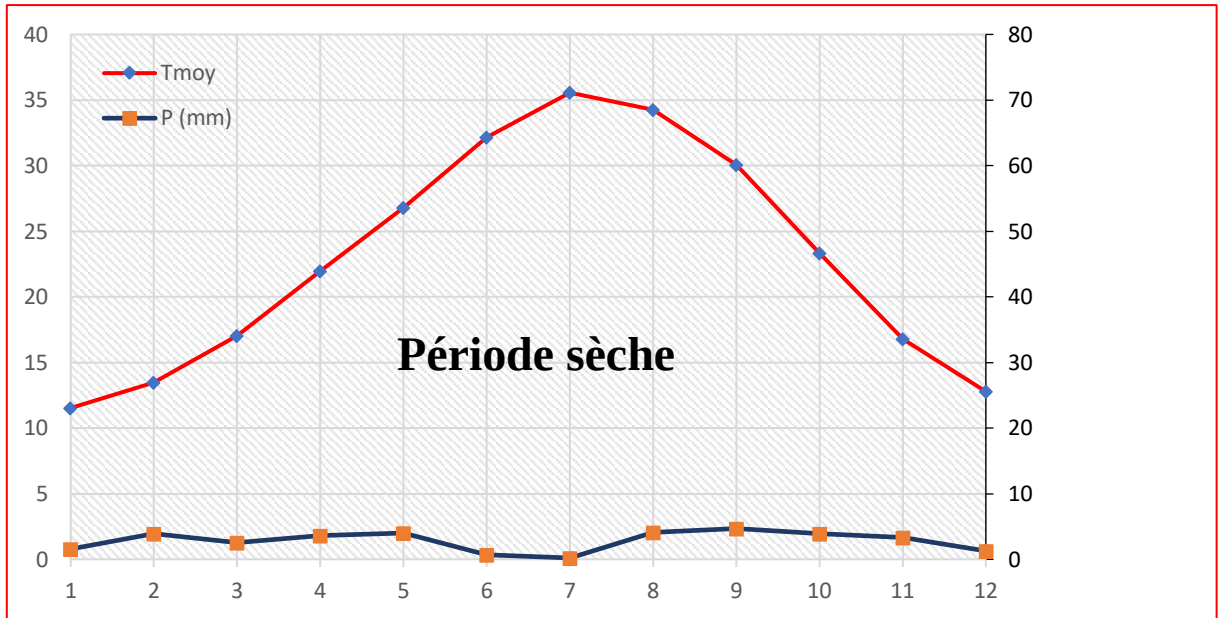


Figure 3 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Ghardaïa (2014-2023).

L'air compris entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de Ghardaïa nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année (Fig. 2)

I.4 Climagramme d'Emberger

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté :

- En abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid.
- En ordonnées par le quotient pluviométrique (Q3) **d'Emberger, (1933)** Nous avons utilisé la formule de **Stewart (1969)** adapté pour l'Algérie, qui se présente comme Suit :

$$Q_3 = \frac{3.43 \times P}{(M - m)}$$

Q2 : quotient thermique d'Emberger.

P : pluviométrie annuelle en mm

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C.

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C.

$$Q_3 = \frac{3.43 \times P}{(M - m)}$$

P : 77.7 M : 41.7 m : 6 Alors $Q_3 = 7,47$

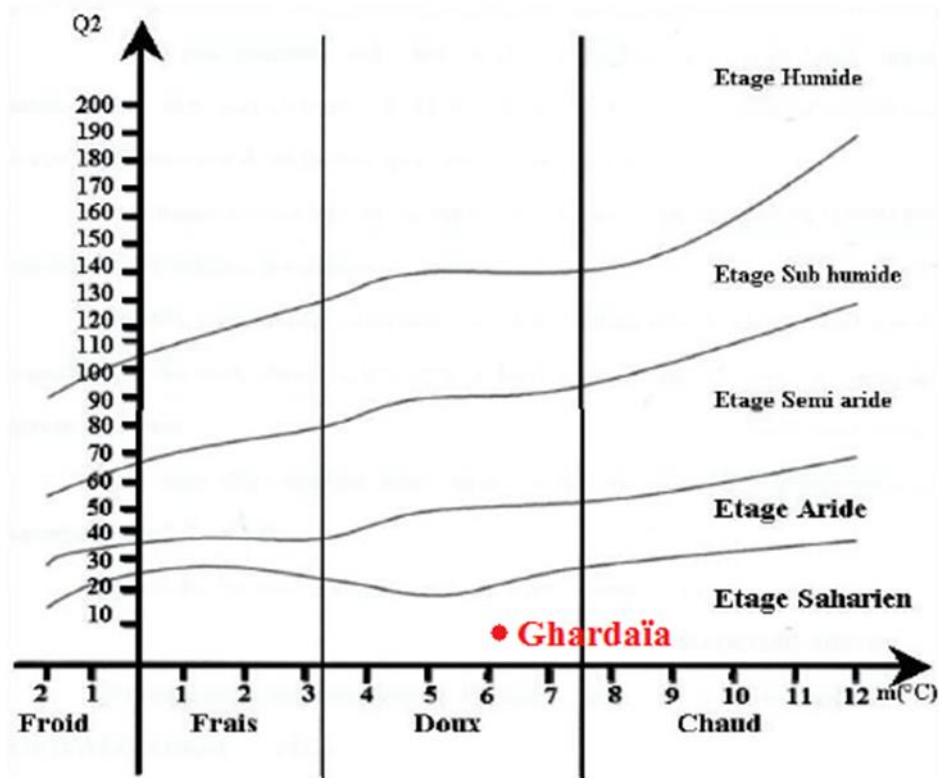


Figure 4 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d’Emberger pour une période de 10 ans (2014– 2023)

D’après le quotient Q_3 calculé, qui est de 7,79, la région de Ghardaïa présente un climat saharien marqué par des hivers doux.

I.5 Agriculture dans la région de Ghardaïa

L’agriculture dans la région de Ghardaïa est organisée autour d’une superficie agricole utile (SAU) de 72 491 hectares, avec une forte mobilisation des terres pour la production végétale et animale. Selon les données de la Direction des Services Agricoles, plus de 5 857 exploitations agricoles ont été recensées récemment dans le cadre du Recensement Général de l’Agriculture (RGA) 2024, sur un total estimé à 10 694 exploitations dans la wilaya, ce qui permet de mieux connaître et moderniser le secteur agricole local.

Dans la wilaya de Ghardaïa, les cultures maraîchères commerciales sont en train de constituer un système de production en plein essor, en particulier dans les zones périphériques des palmeraies traditionnelles ainsi que dans les nouveaux périmètres agricoles qui viennent d'être aménagés. Ce modèle agricole se caractérise, en particulier, par des exploitations de taille variable allant de petites surfaces (1 à 3 ha), aux grandes exploitations dépassant les 10 ha, dans les zones à mettre en valeur. Ces périmètres bénéficient généralement en effet de forages relativement profonds et de systèmes d'irrigation localisée performants (goutte-à-goutte ou aspersion) favorisant l'intensification des cultures. Les principales spéculations cultivées – la pomme de terre, la tomate, l'oignon, la carotte, le melon et la pastèque – sont souvent intégrées dans des systèmes de rotation ou cultivées en contre-saison aussi bien sous serre qu'en plein champ. **(FAO, 2016)**

C'est à travers ce mode de production que des jeunes agriculteurs et nouveaux investisseurs, entre autres, parviennent à alimenter prioritairement le marché local et régional par des circuits de commercialisation directs ou autres. Grâce à des conditions agroécologiques favorables, à une exposition solaire bien au-delà de la norme et à un processus de montée en technologies modernes de façon régulière, la production de légumes frais suit une dynamique particulièrement élevée, dans des conditions optimales, elle peut atteindre pour la pomme de terre et des rendements de plus de 30 tonnes par hectare et pour la tomate le doublement d'un cycle de production en optimisant l'utilisation de la culture sous serre ; certains d'ailleurs parviennent à engager de deux à trois cycles par an permettant de bien faire marcher la productivité de leurs parcelles.

Cependant, cette intensification n'est pas sans difficultés avec d'une part, la gestion durable de l'eau, la recherche d'intrants de bonne qualité pour d'autre part, et la gestion des pressions parasitaires, avec les nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*), au rang des bioagresseurs, qui impactent tant les rendements que la qualité de la production, pour tout dire, trois dangers majeurs. Néanmoins, le secteur maraîcher peut rester un des leviers de l'économie rurale de la région, en complémentarité avec les systèmes agricoles traditionnels et les systèmes de production pastoraux, est un axe structurant de la sécurité alimentaire et du développement territorial. **(Kouzrit, 2016)**

Tableau 2 : Principales cultures avec leur rendement (DSA ,2024)

Culture	Surface cultivée (ha)	Quantité récoltée (qx)	Rendement moyen (qx/ha)
Phoeniciculture	8 900	520 000	59
Céréales (blé dur)	1950	85000	43
Pomme de terre	300	90000	300
Tomate	150	60000	420
Oignon	100	30023	301
Fève	80	21350	251
Carotte	50	10500	214
Agrumes	40	12300	312
Cultures fourragères	200	44000	220
Arachide	350	5250	16

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1 Choix des sites d'échantillonnage

Le travail a été effectué dans la région de Ghardaïa. Dans un premier temps, Une prise de contact a été effectuée Institut National de la Protection des Végétaux (**I'INPV**), le Service d'Organisation de la Production Agricole et appui technique (**SOPAT**) de la Direction des Services Agricole de Ghardaïa (**DSA**) pour obtenir des informations sur les cultures maraîchères (production et état phytosanitaire). Pour réaliser ce travail une visite de terrain a été effectuée auprès des agriculteurs producteurs de cultures maraichères. Sur les vingt (20) agriculteurs enquêtés (fiche d'enquête annexe 1). Sept (07) agriculteurs, soit environ un tiers des exploitations visitées, ont été retenus en raison de la présence signalée de nématodes à galles, répartis comme suit : cinq (05) exploitations à Berriane, une (01) à N'tissa et une (01) à Daya Ben Dahoua.

Après une observation visuelle des symptômes caractéristiques de l'infestation par *Meloidogyne* spp., notamment la présence de galles (ou renflements) sur les racines, le jaunissement foliaire, le flétrissement en pleine journée, ainsi qu'un retard de croissance, vingt (20) plants infestés ont été prélevés pour chaque culture maraîchère touchée. Ces prélèvements ont été effectués au niveau des exploitations prospectées durant le mois d'avril 2025, en vue d'une évaluation éventuelle de l'indice de vigueur et de l'indice de galles. L'étude s'est déroulée dans la région de Ghardaïa, plus précisément dans les localités de Berriane, N'tissa et Daya Ben Dahoua.

II.2 Présentation des exploitations d'échantillonnage

II.2.1 Exploitations de Berriane

▪ Exploitation N°01 :

C'est une exploitation située dans la région « Laroui », dont les coordonnées sont : (32°50'35"N 3°56'31"E). C'est une exploitation privée de Mr BENACHAR Balhadj créée en 1992 avec une superficie de 1,5 hectares. L'exploitation de type oasien est basée sur la polyculture (agrumes, culture maraîchère, palmiers dattiers). Contient des cultures maraichères comme fève, salade, l'oignon et menthe. L'arrosage se fait à partir d'un fourrage et l'eau d'irrigation est douce et sol moyen. Le sol est sableux, l'eau d'irrigation est douce. Il utilise de la matière organique (poulet) avec une fréquence deux fois par an. Mode d'irrigation utilisé est par submersion et aspersion avec fréquence est deux fois par semaine en hiver et trois fois par

semaine en été.



Figure 5 : Photo de l'exploitation N°01 (Photo personnelle).



Figure 6 : Localisation de l'exploitation N°01 (Google Earth, 2025)

▪ **Exploitation N°02 :**

C'est une exploitation située dans la région « Laroui », dont les coordonnées sont : (32°50'45"N 3°56'16"E). C'est une exploitation privée de Mr FOUTIA Ibrahim créée en 1999 sur une superficie de 3 hectares. Elle contient des plusieurs culture maraichère comme la fève, salade, l'oignon, carotte, menthe et petits pois. Associées aux pieds de palmiers dattiers, aux

oliviers, à la vigne, et quelques arbres fruitiers, les cultures fourragères sont présentes. Le sol est sableux, l'eau d'irrigation est chargée. Il utilise de la matière organique (ovin) avec une fréquence d'une fois par an. Le mode d'irrigation utilisé est par aspersion et goutte à goutte, la fréquence est une fois par semaine en hiver et une fois tous les deux jours en été.



Figure 7 : Photo de l'exploitation N°02 (Photo personnelle).



Figure 8 : Localisation de l'exploitation N°02 (Google Earth, 2025)

▪ **Exploitation N°03 :**

C'est une exploitation située dans la région « Laroui », dont les coordonnées sont : (32°51'21"N 3°53'27"E). C'est une exploitation privée de Mr LASSAKER Hassne créée en 1988 sur une superficie de 5 hectares. Elle contient plusieurs espèces cultures maraichères comme la fève, salade, l'oignon, carotte, menthe, aubergine, ail et petits pois. Palmier dattier, oliviers, vigne et quelques arbres fruitiers (Orange, citron, pommier) les cultures fourragères sont présentes et pivot de céréale. Le sol est sableux, l'eau d'irrigation est douce. Il utilise de la matière organique (mouton et poulet) avec une fréquence d'une fois par an. Le mode d'irrigation utilisé est par aspersion et goutte à goutte, la fréquence est une fois par semaine en hiver et une 3 fois par semaine en été.



**Figure 9 : Photo de l'exploitation N°03
(Photo personnelle).**



**Figure 10 : Localisation de l'exploitation
N°03 (Google Earth, 2025)**

▪ **Exploitation N°04 :**

C'est une exploitation située dans la région « Oued soudan » lieu-dit sidi mebarek, dont les coordonnées géographiques sont : (32°49'08"N 3°41'42"E). C'est une exploitation privée de Mr TAIBI Abdallah créée en 1970 sur une superficie de 3 hectares. Elle contient plusieurs espèces cultures maraichères comme la fève, salade, l'oignon, carotte, menthe et petits pois. Palmier dattier, oliviers et vigne. Le sol est sableux, l'eau d'irrigation est douce. Il utilise de la matière organique (mouton) avec une fréquence d'une fois par an, comme amendement. Le mode d'irrigation utilisé est par aspersion et goutte à goutte, la fréquence est une fois par

semaine en hiver et une 2 fois par semaine en été.



**Figure 11 : Photo de l'exploitation N°04
(Photo personnelle).**



**Figure 12 : Localisation de l'exploitation
N°04 (Google Earth, 2025).**

Exploitation N°05 :

L'exploitation numéro 05 est située dans la région « Oued soudan » lieu-dit sidi mebarek, dont les coordonnées sont : (32°49'20"N 3°41'28"E). C'est une exploitation privée de Mr BAHMAIDA Zakaria créée en 1971 sur une superficie de 3 hectares. Elle contient plusieurs espèces des cultures maraichères comme la fève, salade, l'oignon, carotte, menthe et petits pois. Palmier dattier, oliviers et vigne. Le sol est sableux, l'eau d'irrigation est douce. Il utilise de la matière organique (mouton) avec une fréquence d'une fois par an de dose 15kg par m². Le mode d'irrigation utilisé est par aspersion et goutte à goutte, la fréquence est une fois par semaine en hiver et une 3 fois par semaine en été. Dans cette exploitation, l'utilisation de la roquette (jarjir) (*Eruca sativa*) comme solution naturelle pour combattre les nématodes, en particulier *Meloidogyne spp.*



Figure 13 : Photo de l'exploitation N°05
(Photo personnelle).



Figure 14 : Localisation de l'exploitation N°05 (Google Earth, 2025)

II.2.2 Exploitation de Bounoura

- **Exploitation N°06 :**

C'est une exploitation agricole individuelle de Mr. BAZINE Oumar qui a été créée en 1990 d'une superficie de 4.5 hectares au lieu-dit "N'tissa 2" dont les coordonnées géographiques sont (32°26'29.34"N 3°37'33.64"E). Elle contient plusieurs espèces de cultures maraichères comme la fève, salade, l'oignon, carotte, menthe, petits pois, betterave et la tomate, et quelques arbres fruitiers (Grenadier, orange, citron). Le sol est argileux, l'eau d'irrigation est douce. Il utilise de la matière organique (ovin, mouton et poulet) avec une fréquence d'une fois par an. Le mode d'irrigation adopté est celui des asperseurs et du goutte à goutte ; quant à la fréquence, elle est tous les quinze jours (quinzaine) en hiver, alors qu'elle est tous les deux jours en été.



**Figure 15 : Photo de l'exploitation N°06
(Photo personnelle).**



**Figure 16 : Localisation de l'exploitation
N°06 (Google Earth, 2025)**

II.2.3 Exploitation de Daya Ben Dahoua

▪ Exploitation N°07 :

L'exploitation numéro 06 est située dans la région « El botma », dont les coordonnées sont : (32°33'07"N 3°29'28"E). C'est une exploitation privée de Mr AKIF Slimane créée en 1999 sur une superficie de 2 hectares. C'est une exploitation privée. Elle contient des plusieurs culture maraichère comme salade, l'oignon, carotte, menthe, aubergine, cucurbitacées, et palmier dattier. Le sol est sableux, l'eau d'irrigation est douce. Il utilise de la matière organique (mouton, poulet et ovin) avec une fréquence d'une fois par an. Le mode d'irrigation utilisé est par aspersion et goutte à goutte, la fréquence est une fois chaque saison. Semaine en hiver et une 3 fois par semaine en été. Il a appliqué pour la première fois du nématicide en 1998.



Figure 17 : Photo de l'exploitation N°07 (Photo personnelle).



Figure 18 : Localisation de l'exploitation N°07 (Google Earth, 2025)

II.3 Méthodologie de travail

Cette étude a été faite en deux parties : un travail sur terrain et un autre au laboratoire.

La première partie sur le terrain a permis d'enquêter auprès des exploitants propriétaires des trois sites choisis (Berriane ; Daya ben d'Ahoua et N'tissa) où l'échantillonnage des plantes infectées a été réalisé.

La deuxième partie, réalisée au laboratoire a consisté en un diagnostic racinaire des nématodes à galles. Elle impliquait le prélèvement délicat des systèmes racinaires des plants, suivi de l'évaluation de l'indice de galles (IG) sur une échelle de **Zeck (1971)** de 0 à 10, afin d'estimer le niveau d'infestation de la parcelle.

II.3.1 Travail sur le terrain

Une enquête a été menée sur chaque exploitation afin de recueillir les informations suivantes : les techniques et méthodes culturales utilisées, la disponibilité hydrique, mode et fréquence d'irrigation, les types de fumier et d'amendements utilisés, ainsi que les symptômes observés des problèmes phytosanitaires, l'utilisation des pesticides.

II.3.2 Technique d'échantillonnage

Pour évaluer le niveau de contamination d'une parcelle, on a effectué un aller-retour dans la parcelle cultivée pour observer les plantes présentant des signes de faiblesse (flétrissement, jaunissement ou retard de croissance). Pour chaque culture vingt (20) échantillons de racines sont prélevés, 10 en aller et 10 en retour.

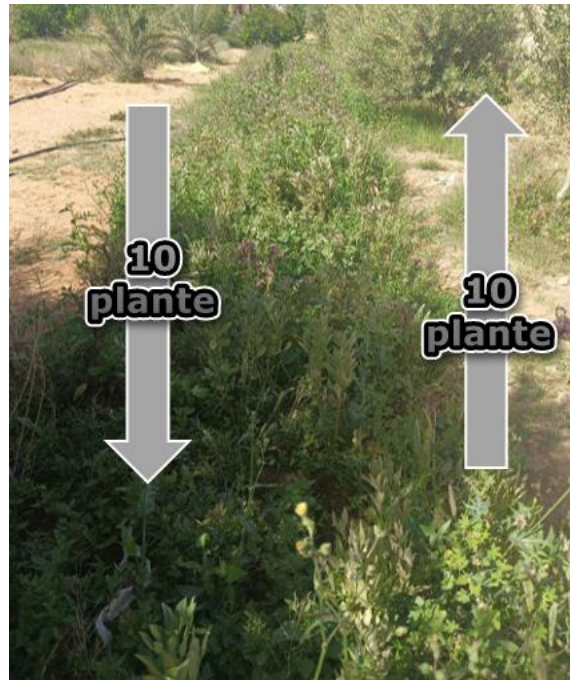


Figure 19 : Technique d'échantillonnage

Chaque échantillon est placé dans un sac en plastique étiqueté et transporté au laboratoire pour calculer l'indice de galle moyen et l'indice de vigueur de la culture selon la formule suivante :

$$\text{I.G.M.} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n = (\sum_{i=1}^n x_i) / n$$

xi : indice de galles par plant

n : nombre de plants échantillonnés

II.3.3 Travail au laboratoire

Après avoir collecté les échantillons sur terrain des plants présentant des signes de faiblesse, les racines ont été soigneusement lavées à l'eau claire afin d'éliminer les résidus de sol. Une fois nettoyées, chaque racine a été examinée visuellement et sous loupe binoculaire pour détecter la présence de galles caractéristiques des nématodes du genre *Meloidogyne*. L'évaluation de l'infestation a été réalisée en attribuant à chaque échantillon un indice de galles (IG) de Zeck (1971) pour des IG de 0 à 10. Parallèlement, un indice de vigueur (IV) a été estimé de manière qualitative en observant l'état général des plantes (taille, couleur, développement du feuillage), selon une échelle de 1 (plante très vigoureuse) à 5 (plante très affaiblie). Ces notations ont permis d'établir une corrélation entre la sévérité de l'attaque nématologique et l'état physiologique des plantes

Matériel nécessaire :

- Racines infestées avec des galles.
- Loupe binoculaire.
- Pinces fines.
- Eau.
- Boîte de Pétri.
- Cristalliseur.
- Ciseaux stériles.

II.4 Evaluation de l'indice de galles

L'infestation des nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*) a été évaluée dans diverses exploitations agricoles de la région de Berriane (Ghardaïa) au moyen d'un calcul du nombre moyen de galles par plante et de l'indice de galles dans plusieurs cultures maraîchères. Pour mieux traiter ces données, un traitement selon l'échelle de **Zeck (1971)**, méthode de référence typiquement utilisée pour mesurer visuellement la sévérité de l'attaque néomadienne sur les racines, est appliqué.

L'échelle de Zeck se base sur une notation de 0 à 5 :

- **0** : aucune galle.
- **1–2** : infestation très faible à faible.
- **3** : infestation modérée.
- **4** : infestation forte.
- **5** : infestation très sévère, racines très déformées.

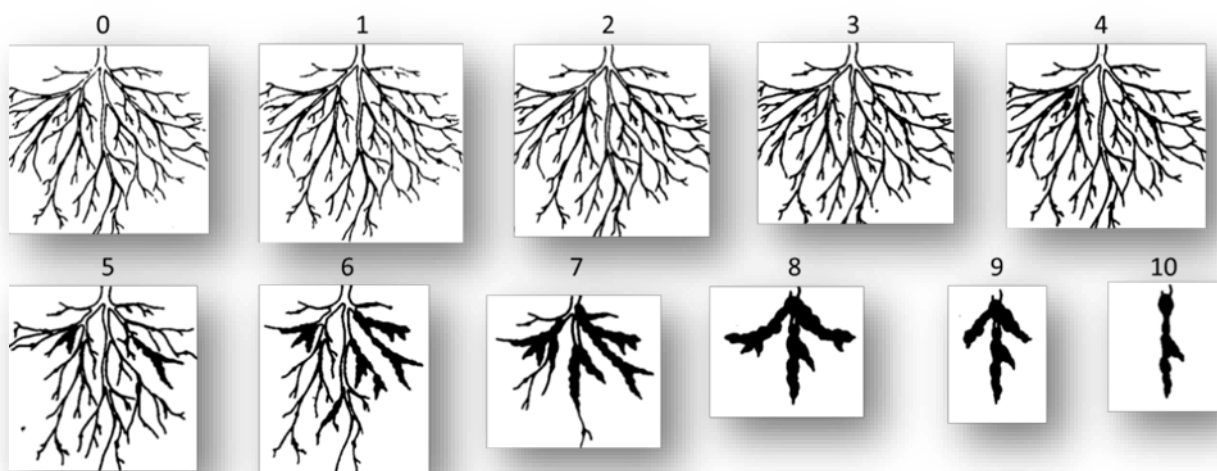


Figure 20 : Echelle de Zeck indexant les attaques de nématodes *Meloidogyne* sur les racines des plantes (Source : Zeck, 1971).

Tableau 3 : Description de l'échelle de Zeck et regroupement en classe suite aux travaux de Gedubat.

IG	Descriptif selon l'échelle de Zeck	Adaptation produite par Gedubat	
0	Système racinaire complet et sain ; pas d'infestation	0 à 3	Racines saines ou présence de quelques petites galles. Pas d'impact sur la plante.
1	Très peu de galles de petite taille		
2	Petites galles plus facilement détectables		
3	Nombreuses petites galles ; chevelu racinaire encore complet		
4	Nombreuses petites galles ; quelques grosses galles ; système racinaire fonctionnant encore	4 à 6	Nombreuses petites de galles. Le système racinaire ne fonctionne que partiellement. Impact plus ou moins visible sur la plante
5	25% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus		
6	50% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus		
7	75% du système racinaire comportant des galles et ne fonctionnant plus	>6	Racines extrêmement touchées : grosses galles en chapelet, quasiment plus de radicelles. La plante ne peut plus se nourrir Impact fort sur la plante
8	Quasiment plus de radicelles ; chapelets de grosses galles sur les racines principales ; la plante ne peut plus se nourrir		
9	Système racinaire réduit et rempli de grosses galles empêchant la plante de se nourrir		
10	Plante et racines mortes		

II.5 Evaluation de l'indice de Vigueur (IV)

L'indice de vigueur (IV), permettant d'estimer l'état général et le développement des plants selon des critères visuels portant sur leur croissance, notamment en tenant compte des paramètres suivants observés visuellement en situation : la taille, la densité du feuillage, la couleur des feuilles et le port. Un score est attribué à chaque plant sur une échelle de 0 (plant très faible ou mort) à 5 (plant vigoureux, développement maximum). Cette notation, bien qu'elle fasse appel à un jugement personnel, se veut utile car elle constitue une réponse rapide et pratique permettant d'estimer la santé des cultures dans les situations d'infestation par des nématodes à galles, suivant l'état des plants au sein du champ utilisé. En effet, il est souvent souhaitable d'établir une relation entre l'indice de Vigueur (IV) et la notation du niveau de galles (IG) afin de mieux évaluer l'impact réel sur la vigueur des plants pour mieux caractériser la population de nématodes à galles rencontrée dans le champ. **(Zeck 1971)**

Une échelle subjective (de 1 à 5) peut être utilisée :

IV 0 : Plante morte.

IV 1 : Plante très faible, chétive, chlorose marquée, développement ralenti.

IV 2 : Faible vigueur, croissance réduite, feuillage peu dense.

IV 3 : Vigueur moyenne, développement modéré

IV 4 : Bonne vigueur, croissance correcte, bon feuillage.

IV 5 : Très bonne vigueur, plante bien développée, feuillage dense et vert.

Chapitre III

Résultats et discussions

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Présentation générale des résultats

L'enquête effectuée dans la région de Ghardaïa a permis d'évaluer la présence des nématodes à galles (*Meloidogyne spp*) sur les cultures maraîchères. Sur un total de vingt (20) exploitations agricoles visitées, sept (7) ont été retenues comme régions infestées, réparties dans trois zones géographiques distinctes (Berriane ; N'tissa et daya ben dahoua). Les cultures touchées sont les suivantes : la fève (*Vicia faba*), carotte (*Daucus carota*) et tomate (*Solanum*



Figure 21 : Répartition des sites d'échantillonnage infestés par *Meloidogyne* dans différentes zones de la région de Ghardaïa (Google Earth, 2025).

Tableau 4 : Sites des zones d'étude

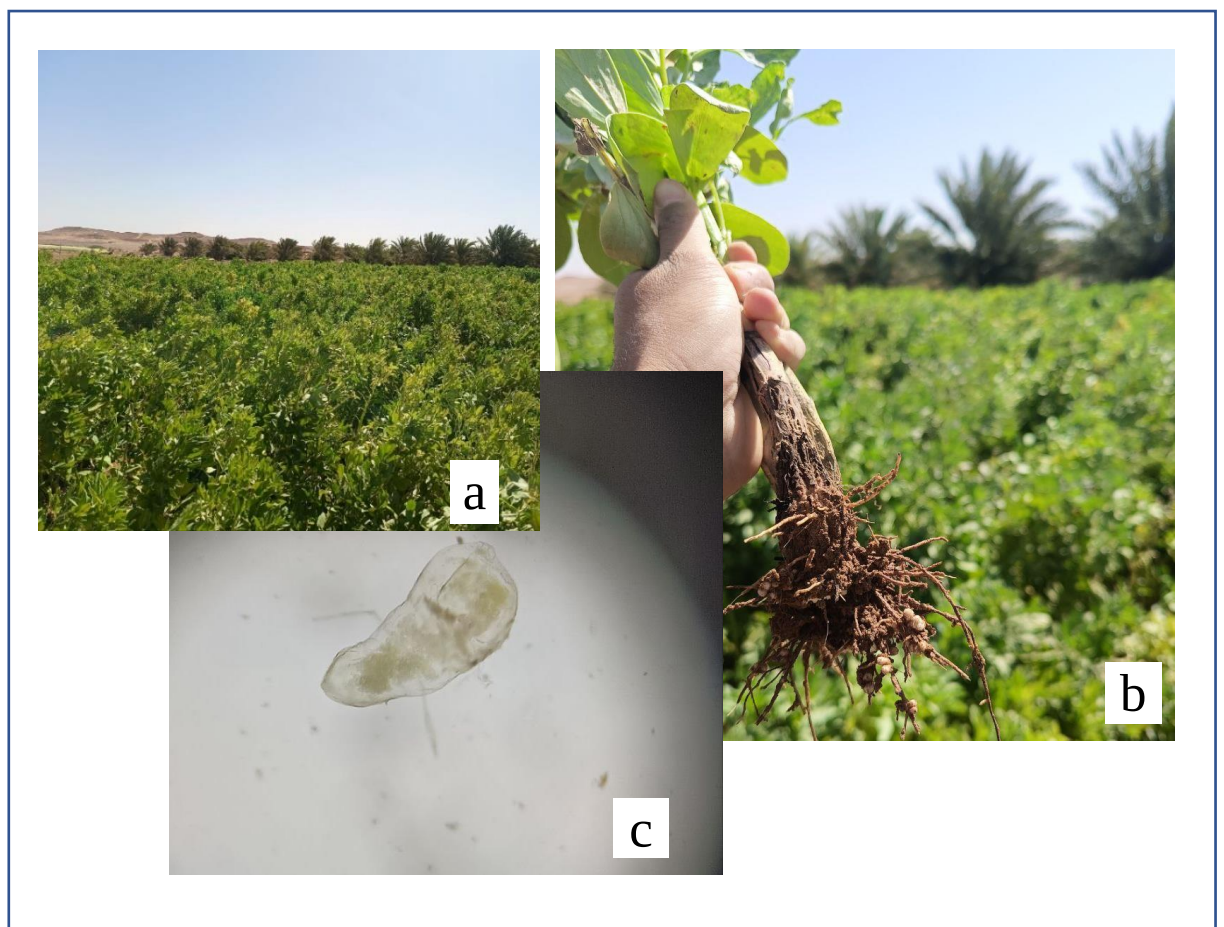
Exploitations	Coordonnées géographiques
N01	32°50'35"N 3°56'31"E
N02	32°50'45"N 3°56'16"E
N03	32°51'21"N 3°53'27"E
N04	32°49'08"N 3°41'42"E
N05	32°49'20"N 3°41'28"E
N06	32°26'29.34"N 3°37'33.64"E
N07	32°33'07"N 3°29'28"E

a. Symptôme de *Meloidogyne Spp* :



Figure 22 : Symptômes des nématodes a galle *Meloidogyne spp.*

b. *Meloidogyne Spp* sur les cultures infestées :



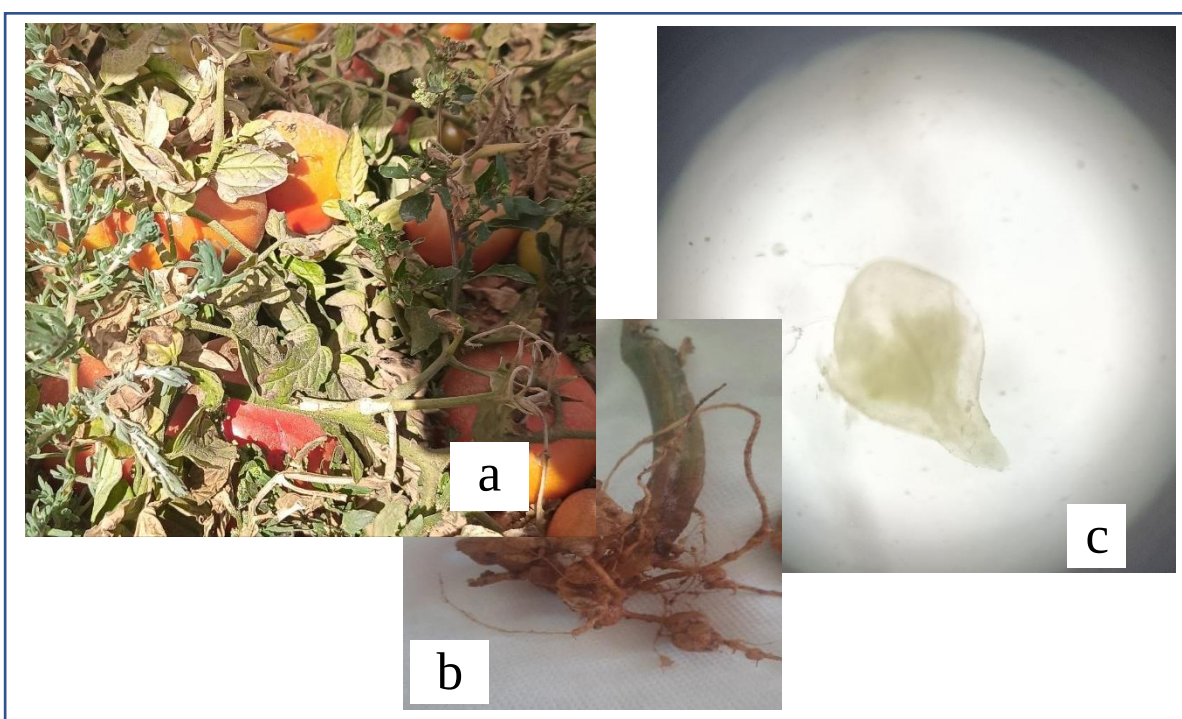
a.Photo de l'exploitation / b.Symptôme de *Meloidogyne spp* / c.*Meloidogyne spp* (X55)

Figure 23 : *Meloidogyne spp* sur Fève (*Vicia faba*) (X55).



a.Photo de l'exploitation / b. Symptôme de *Meloidogyne spp* / c. *Meloidogyne spp* (X55)

Figure 24 : *Meloidogyne spp* sur Carotte (*Daucus carota*) (X55).



a.Photo de l'exploitation / b.Symptôme de *Meloidogyne spp* / c.*Meloidogyne spp* (X55)

Figure 25 : *Meloidogyne spp* sur Tomate (*Solanum lycopersicum*) (X55).

c. Présence des nématodes à galles (*Meloidogyne spp*) sur les cultures maraîchères dans la région de Ghardaïa :

Tableau 5 : Résultats de présence des nématodes à galles (*Meloidogyne spp*) sur les cultures maraîchères dans la région de Ghardaïa.

Exploitation		Espèces végétales infectées	Précédent culturale
Berriane	N01	Fève (<i>Vicia faba</i>)	Fève (<i>Vicia faba</i>)
	N02	Carotte (<i>Daucus carota</i>)	Petit pois (<i>Pisum sativum</i> L.)
	N03	Fève (<i>Vicia faba</i>)	Carotte (<i>Daucus carota</i>) – Fève (<i>Vicia faba</i>)
	N04	Fève (<i>Vicia faba</i>)	Petit pois (<i>Pisum sativum</i> L.)
	N05	Fève (<i>Vicia faba</i>)	Petit pois (<i>Pisum sativum</i> L.)
N'tissa	N06	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)
Daya ben dahoua	N07	Carotte (<i>Daucus carota</i>)	Carotte (<i>Daucus carota</i>)

Exploitation N01 : Au sein de cette exploitation a été observé l'infestation galleuse par des nématodes du genre *Meloidogyne* sur la fève (*Vicia faba*). La culture précédente était la fève (*Vicia faba*), il n'y a donc pas eu rotation culturale. **Selon Perry, R. et al 2009** Cette répétition d'hôte prépare un terrain favorable à l'accumulation de la population nématologique dans le sol et accentue l'infestation.

Exploitation N02 : Le constat de l'infestation concerne la carotte (*Daucus carota*) qui est précédait de la culture du petit pois (*Pisum sativum* L.). Bien qu'étant des espèces différentes, cette succession n'est pas favorable, car le petit pois (*Pisum sativum* L.), légumineuse particulièrement sensible, peut contribuer à la persistance des nématodes dans le

sol, exposant ainsi la carotte (*Daucus carota*) à un risque accru d'infestation (GRECO, N. et al 2009).

Exploitation N03 : La culture infestée est la fève (*Vicia faba*), ayant été précédée par une association culturale fève (*Vicia faba*) /carotte (*Daucus carota*). Bien que cette combinaison offre une certaine diversité, la réintroduction rapide de la fève (*Vicia faba*), espèce hôte de *Meloidogyne*, limite l'efficacité de la rotation culturale et favorise la continuité du cycle de développement des nématodes. (Sasser & Freckman, 1987).

Exploitation N04 : Une infestation a été mise en évidence dans la culture de fève (*Vicia faba*), succédant à celle du petit pois. Cette succession unique de légumineuses constitue une séquence culturale à haut niveau de risque d'infestation. (Bridge & Starr2007).

Exploitation N05 : Dans cette exploitation la fève (*Vicia faba*) est infestée, succédant au petit pois (*Pisum sativum* L.). Le manque de diversification culturale et la récurrence de cultures sensibles dans la rotation augmentent significativement la pression nématologique dans le sol.

Exploitation N06 : Dans cette exploitation, la tomate (*Solanum lycopersicum*) est affectée par les nématodes. Le même légume avait été cultivé la saison précédente, indiquant une situation de monoculture. Ce type de système est particulièrement problématique, car la tomate (*Solanum lycopersicum*) est très sensible aux nématodes, ce qui facilite leur multiplication et leur établissement dans le sol.

Exploitation N07 : Une infestation a été enregistrée sur la carotte (*Daucus carota*), avec un précédent culturale carotte (*Daucus carota*). Comme pour l'exploitation de N'tissa, cette reconduction de culture sensible reflète une absence de rotation, accentuant les risques d'infestation sévère par les nématodes.

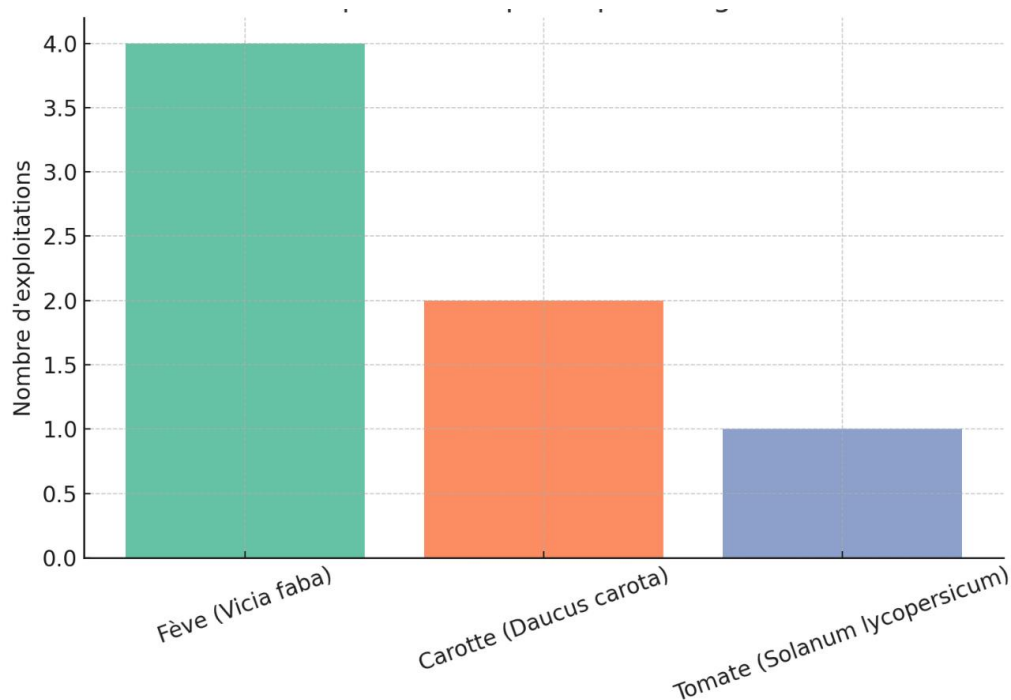


Figure 26 : Nombre d'exploitations par espèce végétale infestée.

L'observation montre que, dans l'immense majorité des cas, les exploitations n'opèrent pas de rotation culturale. Or, la répétition des cultures sensibles ou hôtes des nématodes, comme la fève (*Vicia faba*), le petit pois (*Pisum sativum* L.), la carotte (*Daucus carota*) ou la tomate (*Solanum lycopersicum*) favorise l'accumulation des populations de *Meloidogyne spp*, dans les sols. **Selon Prot (1984)** Il convient donc de mettre en place des systèmes de culture durables et diversifiés engendrant des cultures non-hôtes ou d'adopter des pratiques culturales alternatives pour faire contrepoids aux atteintes provoquées par les nématodes.

Fève (*Vicia faba*) :

C'est l'espèce la plus infestée, elle figure dans 4 des 7 exploitations, soit environ 57 % du total, ce qui indique un risque élevé pour cette culture. Cette situation pourrait refléter une forte incidence de maladies spécifiques à la fève ou un problème de rotation.

Carotte (*Daucus carota*) :

Infestée dans 2 exploitations, soit environ 29 %. Un risque modéré, mais à surveiller de près, notamment dans la gestion de la rotation.

Tomate (*Solanum lycopersicum*) :

Présente dans une seule exploitation, 14 % de l'échantillon. C'est, de fait, l'espèce la moins touchée, avec une infection faible, qui pourrait s'expliquer par une surface cultivée

réduite.

III.2 Détermination de l'indice de galles

Sur les 20 plants échantillonnés à partir des parcelles infestées, on a évalué l'infestation de chaque espèce culture en calculant l'indice de galle. (Voir tableau 5).

Tableau 6 : Indice de galles

Exploitation		Culture	Nombre moyen de galles / plante	Indice de galles IGM	Interprétation (Zeck)
Berriane	N01	Fève	18	0.90	Faible infestation
	N02	Carotte	35	1.75	Infestation modérée
	N03	Fève	12	0.60	Très faible infestation
	N04	Fève	22	1.10	Faible infestation
	N05	Fève	21	1.05	Faible infestation
N'tissa	N06	Tomate	41	2.05	Forte infestation
Daya Ben Dahoua	N07	Carotte	61	3.06	Très forte infestation / sévère

D'après les résultats, les niveaux d'infestation diffèrent selon les exploitations et cultures étudiées :

a. Infestation faible (indice ≤ 1.0)

- **L'exploitation N03** : Sur fève (*Vicia faba*) indice de 0.60, le plus bas enregistré. Cela indique une très faible infestation, probablement due à des conditions culturales défavorables au développement des nématodes ou à des pratiques préventives efficaces.
- **L'exploitation N01** : Sur fève (*Vicia faba*) indice de 0.90, reflétant une infestation faible, sans impact visible majeur sur la plante.

b. Infestation modérée ($1.0 < \text{indice} \leq 2.0$)

- **L'exploitation N04** (fève (*Vicia faba*)) : 1.10
- **L'exploitation N05** (fève (*Vicia faba*)) : 1.05
- **L'exploitation N02** (carotte (*Daucus carota*)) : 1.75

Ces exploitations présentent des indices situés dans la zone moyenne, signalant une présence significative des nématodes. L'infestation pourrait entraîner une baisse de rendement si elle n'est pas maîtrisée. L'exploitation N02, avec la carotte (*Daucus carota*), montre une sensibilité accrue de cette culture aux nématodes.

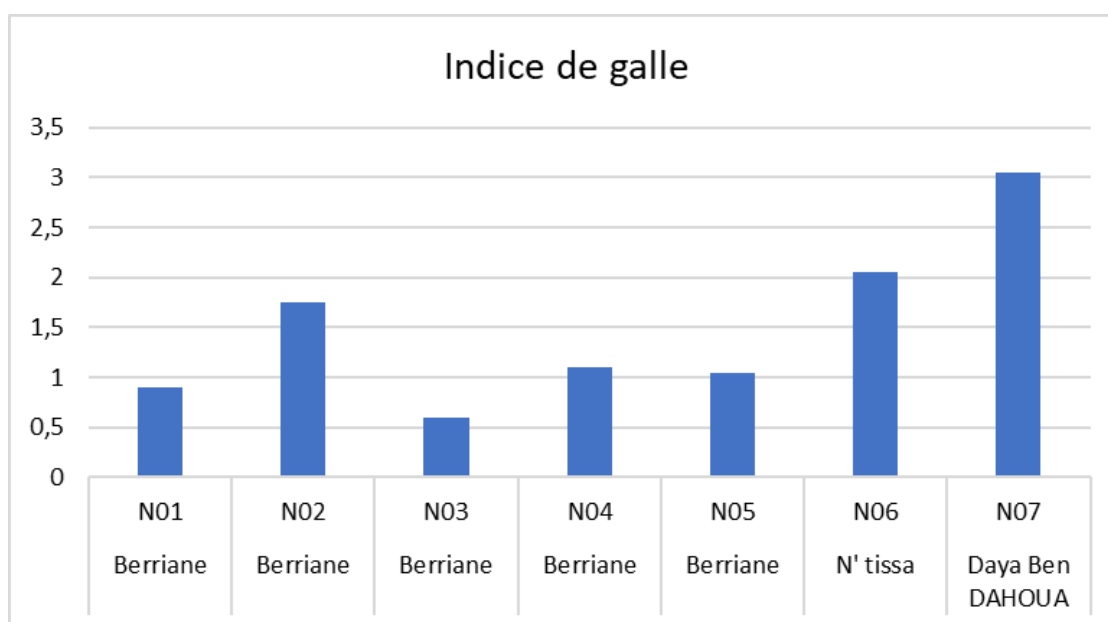


Figure 27 : Distribution de l'indice de galle dans les différentes exploitations.

c. Infestation forte à très sévère (indice > 2.0)

- **L'exploitation N06** (tomate (*Solanum lycopersicum*)) : 2.05 – infestation modérée à sévère.
- **L'exploitation N07** (carotte (*Daucus carota*)) : 3.06 – très forte infestation, la plus alarmante des cultures maraichères.

Ces deux exploitations suggèrent une situation critique, surtout à l'exploitation N07, où la densité des nématodes est probablement très élevée. La carotte (*Daucus carota*), culture-racine, y est gravement affectée, ce qui pourrait se traduire par des pertes économiques importantes, voire une déformation non commercialisable des racines.

III.2.1 Comparaison de la sensibilité entre les cultures similaires face à *Meloidogyne*

Fève (*Vicia faba*) :

Selon l'échelle de cotation de **Bridge & Page (1980)**, les indices de galles compris entre 0,60 et 1,10 observés dans nos échantillons correspondent à des niveaux d'infestation faibles à modérés. Cela suggère une pression parasitaire relativement limitée sur les cultures concernées.

Les différences entre exploitations peuvent être dues à différentes causes :

- Les pratiques culturales (rotation, fertilisation, irrigation),
- Les propriétés physico-chimiques des sols,
- L'usage éventuel de moyens de luttés préventifs (biofumigants, compost).

Dans certaines exploitations (comme N03), où une rotation culturale régulière est appliquée (ex. : alternance carotte (*Daucus carota*) – fève (*Vicia faba*)), les indices de galles sont restés faibles (0,60), ce qui suggère que cette pratique limite l'accumulation de populations de *Meloidogyne spp.* De même, les systèmes d'irrigation localisée (goutte-à-goutte) bien gérés permettent d'éviter l'humidité excessive qui favorise le développement des nématodes. En revanche, l'absence de rotation ou l'enchaînement de cultures sensibles (comme dans l'exploitation N02 avec tomate (*Solanum lycopersicum*) -carotte (*Daucus carota*)) pourrait expliquer l'indice de galle élevé (3,06).

Carotte (*Daucus carota*) :

Les résultats témoignent d'une sensibilité particulièrement aiguë de la carotte face à *Meloidogyne spp.*, avec un indice de galles variant de 1,75 à 3,06 sur l'exploitation N°02, indiquant une infestation grave. Cette situation serait, selon le propriétaire de l'exploitation, à l'origine de pertes économiques considérables potentielles.

Cette disparité entre exploitations pourrait trouver son origine dans :

- Un manque de rotation cultural et/ou des successions de cultures hôtes,
- La nature des sols favorables au développement des nématodes (sableux, bien drainés),
- Ou bien l'absence de mesures de contrôle ou une très forte sensibilité variétale.

L'exploitation N°02 cultive successivement la carotte et la tomate, deux espèces très sensibles à *Meloidogyne* spp., sans alternance avec des cultures non-hôtes. Cette pratique favorise la survie et la multiplication continue des populations de nématodes dans le sol (**Stirling, 2014**). À l'inverse, dans l'exploitation N°03, une rotation incluant des légumineuses est pratiquée, et l'indice de galles est resté inférieur à 1,0. ». Il est à noter que certaines cultures telles que le maïs (*Zea mays*), le sorgho (*Sorghum bicolor*), ou encore le blé (*Triticum aestivum*) sont considérées comme des cultures non-hôtes de *Meloidogyne* spp., et peuvent être intégrées dans des systèmes de rotation pour limiter les infestations. »

Selon **Khan & Habib en 2024**, la carotte se révèle beaucoup plus sensible aux attaques de *Meloidogyne* que la fève.

III.3 Détermination de l'indice de vigueur (IV)

Afin d'évaluer l'effet physiologique de l'infestation par les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) sur la croissance des plantes, un indice de vigueur a été utilisé comme système d'évaluation visuelle reflétant l'état général des plantes en termes de développement, de densité du feuillage et de coloration des feuilles. Cet indice permet de comparer les plantes saines aux plantes infestées et de déterminer le degré d'impact causé par l'infestation.

Tableau 7 : Indice de Vigueur IV

Exploitation		Culture	Indice de galles moyen IGM	Indice de Vigueur IV	Interprétation
Berriane	N01	Fève	0.90	4	Bonne vigueur
	N02	Carotte	1.75	3	Vigueur moyenne
	N03	Fève	0.60	5	Très Bonne vigueur
	N04	Fève	1.10	3	Vigueur moyenne
	N05	Fève	1.05	4	Bonne vigueur
N'tissa	N06	Tomate	2.05	1	Plante très faible
Daya ben dahoua	N07	Carotte	3.06	0	Plante morte.

IV 0 : Plante morte, IV 1 : Plante très faible, chétive, chlorose marquée, développement ralenti, IV 2 : Faible vigueur, croissance réduite, feuillage peu dense, IV 3 : Vigueur moyenne, développement modéré, IV 4 : Bonne vigueur, croissance correcte, bon feuillage, IV 5 : Très bonne vigueur, plante bien développée, feuillage dense et vert.

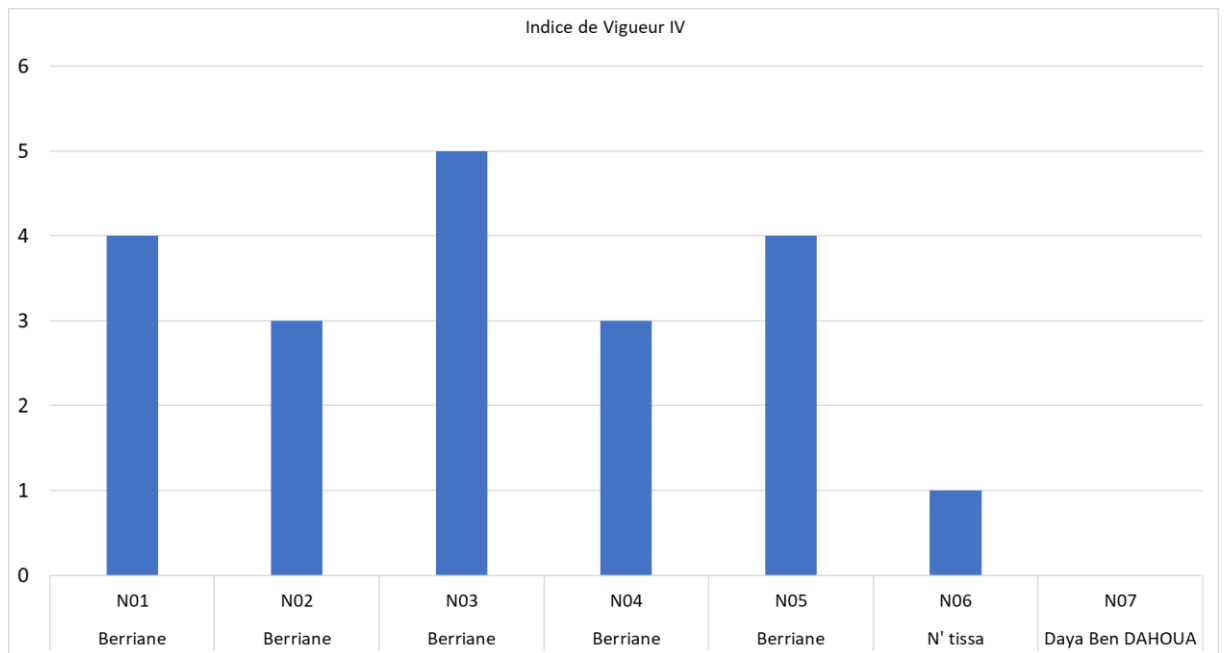


Figure 28 : Distribution de l'indice de vigueur IV dans les différentes exploitations.

Le tableau met en évidence une forte corrélation négative entre l'indice de galles et la vigueur des plantes, démontrant :

- L'effet significatif que peuvent exercer les nématodes ou d'autres parasites des racines sur la productivité des végétaux.
- La sensibilité varie selon les cultures présentes (par exemple, la carotte et la tomate sont plus sensibles).
- La pertinence des méthodes agricoles appropriées concernant la lutte contre le parasitisme et la conservation de la vitalité des cultures

Il apparaît que :

Un indice de galles important signifie une importante présence de nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*), ce qui provoque une dégradation de la santé de la plante et une diminution de sa vigueur (**Sasser & Freckman, 1987**).

Un indice faible (1 ou 0) correspond à des états de faiblesse voire de mortalité de la plante, souvent en rapport avec un indice de galle élevé (nombre important de parasitisme important des racines par des nématodes par exemple).

Il existe une relation inverse entre l'indice de galle et l'indice de vigueur : plus le parasitisme des racines est fort, plus la plante perd de vigueur.

III.4 Relation entre l'indice de galles et l'indice de vigueur

On constate une tendance inverse :

1. Un faible indice de galles accélère un taux de vigueur plus élevé, exemple :
 - Exploitation N01 : indice de galles = 0.90 → vigueur = 4 → bonne vigueur
 - Exploitation N03 : indice de galles = 0.60 → vigueur = 5 → très bonne vigueur
2. Un indice de galles élevé entraîne alors une forte diminution du taux de vigueur,

Exemple :

- Exploitation N06 : indice de galles = 2.05 → vigueur = 1 → plante très faible
- Exploitation N07 : indice de galles = 3.06 → vigueur = 0 → plante morte

Chose montrant alors que l'infestation parasitaire n'affecte pas de la même manière le statut et le développement des plantes.

a) Influence du type de culture

Certaines cultures semblent plus sensibles à l'infestation :

- **Carotte (exploitation N02 et exploitation N07) :** Indices de galles élevés (1.75 et 3.06) → Vigueur moyenne à nulle.
- **Tomate (exploitation N06) :** Indice de galles = 2.05 → Vigueur très faible.
- **Fève :** Présente dans plusieurs exploitations avec des indices de galles généralement plus faibles (0.60 à 1.10) et des vigueurs bonnes à moyennes.

La fève présente une résistance partielle ou une sensibilité réduite aux infestations de *Meloidogyne spp.*, ce qui la rend moins affectée par ces nématodes à galles. (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2021).

b) Variabilité selon les exploitations

Même dans une même région (ex : Berriane), les résultats varient selon l'exploitation :

Exploitation N03 : fève → 0.60 (galles) et 4 (vigueur).

Exploitation N04 : fève → 1.10 (galles) et 3 (vigueur).

Exploitation N05 : fève → 1.05 (galles) et 4 (vigueur).

Cette différence peut être due à des facteurs agronomiques locaux : rotation culturale, pratiques culturales, irrigation, traitements, etc.

L'exploitation N05 a mis en place une culture intercalaire de roquette (jarjir) (*Eruca sativa*), contribuant ainsi à réduire les dégâts causés par les nématodes à galles. Effectivement, *Eruca sativa* est vue comme une plante attrape-nématodes performante, limitant leur croissance et leur impact négatif sur les cultures commerciales (Jones et al., 2013)

Cette étude sur les nématodes à galles (*Meloidogyne spp*) réalisée dans la région de Ghardaïa dont l'objectif est d'évaluer leur niveau d'infestation dans la région, déterminer l'indice de galles. On a pu déterminer la présence des nématodes a galles (*Meloidogyne spp*) dans sept (7) exploitations parmi un total de vingt (20) exploitations agricoles visitées. Les sept (7) exploitations réparties dans trois zones géographiques distinctes (Berriane ; N'tissa et daya ben dahoua). Et les cultures infestées sont : la fève (*Vicia faba*), carotte (*Daucus carota*) et tomate (*Solanum lycopersicum*). Les résultats d'observation conduisent à conclure que, parmi les exploitations les plus infestées par *Meloidogyne spp.*, se trouvent notamment les exploitations N°02 et N°04, qui occupent des sols à texture limono-sableuse, parfois légèrement sableuse. Ce type de sol est reconnu comme étant particulièrement propice à la survie et à la mobilité des juvéniles infectants (J2) de *Meloidogyne spp.*, du fait d'une bonne aération et d'une structure peu compacte ainsi qu'une capacité de rétention en eau modérée qui luttent contre le dessèchement des sujets infectants. **Selon Hammache ; 2010**, les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* trouvent dans le sol moyen (limono-sableux) pratiquement toutes les conditions favorisant leur développement. Dans les autres exploitations, sur des sols plus argileux ou riches en matière organique (ex. : exploitation N°03), les indices de galles sont moindres, ce qui traduit un effet limitant de la texture argileuse du sol sur la prolifération des nématodes.

La fève (*Vicia faba*) s'est révélées être les cultures les plus touchées dans la région de Berriane, avec un indice moyen de galles variant entre (0,60 et 1,10) et indice de vigueur entre (5 Très bonne vigueur et 3 vigueur moyenne). L'indice de galle moyen le plus élevé a été enregistré sur la culture de la carotte (*Daucus carota*) à l'exploitation N07, atteignant 3,06 et indice de vigueur 0 (plante morte). À N'tissa l'exploitation N06, la tomate (*Solanum lycopersicum*) a été infestée avec un indice moyen de 2,05 et indice de vigueur 1 (Plante très faible), ce qui représente une infestation plus élevée que celle observée sur la carotte (*Daucus carota*) à Berriane, dont l'indice de galles était de 1,75 avec un indice de vigueur de 3 (vigueur moyenne). **Abdoussalam et al. (2000)** ont montré que les niveaux des populations telluriques et racinaires n'étaient pas exclusivement liés à la sensibilité des cultures maraîchères en place, mais dépendaient aussi des précédents culturels ou des agro systèmes. Par exemple, dans le cas de l'exploitation N07, où la carotte (*Daucus carota*) est cultivée après la carotte (*Daucus carota*), l'absence de rotation favorise le maintien des agents pathogènes spécifiques à cette culture dans le sol, ce qui augmente le risque d'infection. Cela souligne l'importance d'une rotation culturale bien planifiée

L'un des fondements des pratiques agricoles durables qui affûtent la gestion phytosanitaire des cultures maraîchères en systèmes irrigués est la gestion efficace de la dissémination à la fois des nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*). Cette gestion intégrée fait tout le bien de contrôler toutes les méthodes de combat qui prennent les enseignes de la rotation des cultures et des amendements en matière organique ; **selon Castagnone et al., en 1988**, ont pu démontrer que la matière organique peut provoquer une baisse du potentiel reproducteur des femelles de *Meloidogyne incognita* sur tomate (*Solanum lycopersicum*). Pour maintenir la santé des sols et la biodiversité.

La tâche consiste à collecter des données rigoureuses de terrain sur les parcelles, en interrogeant la densité des nématodes, le degré du gonflement des racines dans les divers systèmes de production. Les associations auxquelles les données sont toutes internes vont pouvoir être agencées pour organiser une stratégie de protection intégrée des cultures, qui articule pour la première fois à la fois méthodes culturales, biologiques et chimiques sur le seuil d'intervention économique.

D'autre part, ces recommandations pratiques pour engager la durabilité environnementale et économique des exploitations ne peuvent être sérieusement formulées qu'au prix de la précision des données donc un conduit d'aller sensibiliser les agriculteurs aux risques des nématodes et de faire valoir les mesures préventives qui permettront de garantir la productivité et la pérennité des cultures en milieu à risque.

Ces résultats nécessitent une approche spécifique et locale sur *Meloidogyne spp.*, en tenant compte de la nature de la culture, du taux d'infestation et des méthodes agricoles mises en œuvre. **(Trudgill, & Blok 2001)**

Ceci dit, le présent travail représente une première étude dans la région qui mérite d'être étendue et approfondie de fait de l'intérêt d'une connaissance de la nématofaune phytoparasite sur les cultures maraîchères ainsi que toutes les autres spéculations pratiquées dans la région de Ghardaïa.

Conclusion

Conclusion

L'étude menée dans la région de Ghardaïa a permis de confirmer la présence de nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) dans plusieurs exploitations maraîchères, affectant principalement la fève, la carotte et la tomate. L'évaluation de l'indice de galles a mis en évidence des niveaux variables d'infestation selon les espèces cultivées, les conditions pédoclimatiques et les pratiques culturales, notamment l'absence de rotation.

Ces résultats soulignent l'importance de pratiques agricoles durables, telles que la rotation avec des cultures non-hôtes, l'usage d'amendements organiques et la gestion rigoureuse de la fertilisation, pour limiter la propagation des nématodes et préserver la santé des sols.

Néanmoins, l'étude présente certaines limites, notamment la taille restreinte de l'échantillonnage, l'absence d'analyses nématologiques avancées (identification moléculaire des espèces), et une évaluation qualitative des pratiques agricoles. Ces éléments mériteraient d'être approfondis dans de futurs travaux.

Il serait donc pertinent, dans les perspectives à venir, de conduire des études plus larges, associant des diagnostics de laboratoire plus poussés, une évaluation économique des pertes, et des essais comparatifs de méthodes alternatives de lutte, afin de proposer des solutions intégrées, adaptées aux réalités locales.

Ceci dit, le présent travail représente une première étude dans la région qui mérite d'être étendue et approfondie de fait de l'intérêt d'une connaissance de la nématofaune phytoparasite sur les cultures maraîchères ainsi que toutes les autres spéculations pratiquées dans la région de Ghardaïa.

Résumé :

La présente étude a été menée dans la région de Ghardaïa au cours du mois d'avril 2025 et vise à évaluer l'impact des nématodes à galles du genre *Meloidogyne spp.*, sur les cultures maraîchères locales. L'objectif principal est de déterminer le niveau d'infestation à travers l'indice moyen de galles (selon l'échelle de Zeck) et l'indice de vigueur des plantes affectées, tout en identifiant les cultures les plus affectées et les zones les plus touchées. Les observations ont révélé une forte variabilité de l'infestation selon les cultures et les exploitations. Les fèves (*Vicia faba*) ont montré une sensibilité notable dans la région de Berriane (indice de galles entre 0,60 et 1,10), tandis que la carotte (*Daucus carota*) à l'exploitation N07 a enregistré l'indice de galle le plus élevé (3,06), avec des plantes totalement détruites (indice de vigueur 0). La tomate (*Solanum lycopersicum*) à N'tissa (exploitation N06) a également montré un niveau d'infestation élevé (indice de galle 2,05), signalant une atteinte sévère.

Parallèlement, l'étude met en évidence l'importance de promouvoir des pratiques agricoles telles que la rotation des cultures, les cultures pièges et l'utilisation d'amendements organiques, dans la perspective de la lutte intégrée. Les éléments de données recueillis constituent des bases importantes pour construire des stratégies de gestion plus efficaces et appropriées aux conditions locales. Parallèlement, elles sensibilisent les exploitants agricoles des risques associés à la multiplication de ces nématodes et aux solutions alternatives aux nématicides chimiques, en faveur d'une agriculture plus résiliente et durable.

Mots clé : *Meloidogyne spp.*, Cultures maraîchères, Nématodes à galles, Indice de vigueur, Indice de galles, Rotation culturale

Title: Root-knot nematode (*Meloidogyne Spp*) in vegetable crops in the Ghardaïa region

Abstract:

The present study was carried out in the Ghardaïa region in April 2025 to assess the impact of root-knot nematodes of the *Meloidogyne spp.* genus on local vegetable crops. The main objective is to determine the level of infestation through the average gall index (according to the Zeck scale) and the vigor index of affected plants, while identifying the most sensitive crops and the most affected areas. Observations revealed a high degree of infestation variability between crops and farms. Broad beans (*Vicia faba*) showed notable

susceptibility in the berriane region (gall index between 0.60 and 1.10), while carrots (*Daucus carota*) at farm N07 recorded the highest index (3.06), with plants totally destroyed (vigor index 0). Tomatoes (*Solanum lycopersicum*) at N'tissa (farm N06) also showed a high level of infestation (index of 2.05), indicating severe damage.

At the same time, the study highlights the importance of promoting agricultural practices such as crop rotation, trap crops and the use of organic amendments, with a view to integrated pest management. The data collected provide an important basis for building more efficient management strategies appropriate to local conditions. At the same time, they raise farmers' awareness of the risks associated with the multiplication of these nematodes and of alternative solutions to chemical nematicides, in favor of a more resilient and sustainable agriculture.

Key words: *Meloidogyne spp.*, Vegetable crops, Root-knot nematodes, Vigour index, Root-knot index, Crop rotation

الملخص

عنوان : دودة العقد الجذرية الميليودوجين على محاصيل الحقائق في منطقة غرداية

أُجريت هذه الدراسة في منطقة غرداية في أفريل 2025 لتقييم تأثير نيماتودا العقدة الجذرية من جنس *ميليودوجين* س.ب. على محاصيل الخضروات المحلية. وكان الهدف الرئيسي هو تحديد مستوى الإصابة من خلال متوسط مؤشر الممرارة (وفقاً لمقياس زيك) ومؤشر نشاط النباتات المصابة، مع تحديد المحاصيل الأكثر حساسية والمناطق الأكثر تضرراً. كشفت الملاحظات عن درجة عالية من التباين في الإصابة بين المحاصيل والمزارع. فقد أظهرت الفاصوليا العريضة (*Vicia faba*) حساسية ملحوظة في منطقة بريان (مؤشر الممرارة بين 0.60 و 1.10)، بينما سجل الجزر (*Daucus carota*) في المزرعة رقم 07 أعلى مؤشر لممرارة (3.06)، حيث دمرت النباتات بالكامل (مؤشر النشاط 0). كما أظهرت الطماطم (*Solanum lycopersicum*) في مزرعة نتيصة (المزرعة رقم 06) مستوى عالٍ من الإصابة (مؤشر 2.05)، مما يشير إلى تلف شديد.

في الوقت نفسه، تسلط الدراسة الضوء على أهمية تعزيز الممارسات الزراعية مثل تناوب المحاصيل والمحاصيل المصيدة واستخدام التعديلات العضوية بهدف الإدارة المتكاملة للآفات. وتوفر البيانات التي تم جمعها أساساً مهماً لبناء استراتيجيات إدارة أكثر كفاءة تتناسب مع الظروف المحلية. وفي الوقت نفسه، تزيد من وعي المزارعين بالمخاطر المرتبطة بتكاثر هذه الديدان الخيطية وبالحلول البديلة لمبيدات النيماتودا الكيميائية، لصالح زراعة أكثر مرونة واستدامة.

الكلمات المفتاحية: محاصيل الخضراوات، الميليودوجين، نيماتودا العقد الجذرية، مؤشر القوة، مؤشر العقد

الجذرية، تناوب المحاصيل

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ABDOUTSSALAM, M., HALLADJIAN, A. et DOUCET, M.E., 2000. Influence des précédents culturels et des systèmes de culture sur les populations de nématodes dans les sols maraîchers. *Nematologia Mediterranea*, vol. 28, p. 191–195.
2. ALI, M.A., KHAN, M.R. et HABIB, A., 2024. The Damage and Gain Threshold of *Meloidogyne arenaria* on Carrot and Tomato. *Journal of Nematology*.
3. BABAALI, D., et al., 2016. Nematicidal activity of aqueous and organic extracts of local plants against *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood in Algeria under laboratory and greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*.
4. BENSLAMA, M., 2021. Évaluation des ressources en eau et stratégies d'adaptation agricole dans les zones arides : cas de la région de Ghardaïa. Mémoire de master. Université de Ghardaïa, 85 p.
5. BRIDGE, J. et PAGE, S.L.J., 1980. Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart. *Tropical Pest Management*, vol. 26, no 3, p. 296–298.
6. BRIDGE, J. et STARR, J.L., 2007. Plant nematodes of agricultural importance: a color handbook. Boca Raton : CRC Press.
7. CASTAGNONE-SERENO, P., BONGIOVANNI, M. et DALMASSO, A., 1988. Reproduction of *Meloidogyne incognita* on tomato: implications for resistance management. *Nematologica*, vol. 34, no 4, p. 408–414.
8. CAYROL, J.C., DJIAN, C. et PIJAROWSKI, L., 1992. Les nématodes phytoparasites : biologie, pathogénie, diagnostic. Paris : INRA.
9. CHITWOOD, D.J., 2003. Nematicides. In : PLIMMER, J.R., éd. *Encyclopedia of Agrochemicals*. Vol. 3. New York : John Wiley & Sons, p. 1105–1115.
10. D.S.A., 2023. Direction des Services Agricoles de Ghardaïa. Données statistiques internes. Ghardaïa.
11. DE GUIRAN, G., 1983. Les nématodes phytoparasites : biologie et lutte. In : *Cours sur la protection des plantes*. CIHEAM-IAMM, p. 121–146.

12. DHILLON, N.P., et al., 2016. Status of cucurbit breeding at AVRDC – The World Vegetable Center.
13. FAO, 2006. Plant nematode problems in agricultural development. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
14. FAO, 2016. Les systèmes de culture maraîchère durables dans les régions arides et semi-arides. Rome : FAO, 78 p.
15. FAO, 2021. Cadre de programmation par pays 2021–2025 – Algérie. Rome : FAO.
16. GRECO, N. et DI VITO, M., 2009. Nematode pests of legumes. In : LUC, M., SIKORA, R.A. et BRIDGE, J., éd. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2e éd. Wallingford : CAB International, p. 301–318.
17. HALLMANN, J., DAVIES, K.G. et SIKORA, R.A., 2020. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes. Wallingford : CABI.
18. HAMMACHE, A., 2010. Étude de la relation entre la texture du sol et l'abondance des nématodes phytoparasites dans la région de Biskra. Mémoire de Magister. Université de Biskra.
19. IGHILI, M., 1986. Étude des nématodes à galles dans la région de Ouargla et essais de lutte. Ouargla: ITDAS.
20. JONES, J.T., et al., 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, vol. 14, no 9, p. 946–961.
21. KHAN, M. et HABIB, A., 2024. Comparative susceptibility of carrot and faba bean to *Meloidogyne* spp. infestation. *Journal of Nematology and Crop Protection*, vol. 12, no 1, p. 45–52.
22. KOUZRIT, D., 2017. L'eau et l'espace agraire dans la vallée du M'Zab : cas de la palmeraie de Ghardaïa. Mémoire de fin d'études. Université de Ghardaïa.
23. LOPEZ-PEREA, E., LILLO, C., MARTÍNEZ-GARCÍA, P.J., et al., 2021. Resistance of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes to *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. *Crop Protection*, vol. 139, 105377. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105377>
24. LUC, M., SIKORA, R.A. et BRIDGE, J., 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2e éd. Wallingford : CABI Publishing.

25. MIMOUNI, C., 2023. Plans de développement agricole en Algérie : état des lieux et leur impact sur la production agricole de 2000 à 2019. *Revue Finance & Marchés*, vol. 10, no 2, p. 121–142.
26. NICOL, J.M., et al., 2011. Current nematode threats to world agriculture. In : *Genomics and Molecular Genetics of Plant–Nematode Interactions*. Dordrecht : Springer.
27. PERRY, R.N., MOENS, M. et STARR, J.L., 2009. *Root-Knot Nematodes*. Wallingford : CABI Publishing.
28. PERRY, R.N., MOENS, M. et STARR, J.L., 2009. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). In : *Plant Nematology*. Wallingford : CABI Publishing, p. 73–123.
29. PROT, J.C., 1984. *Introduction à la nématologie*. Dakar : Laboratoire de Nématologie ORSTOM, 66 p.
30. ROSTAMI, M., KAREGAR, A. et GHORBANI, A., 2022. Effects of Arugula Vermicompost on the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) and the Promotion of Resistance Genes in Tomato Plants. *Plant Pathology Journal*, vol. 38, no 1, p. 1–10.
31. SAADI, F., BELHOUT, K. et SAFIDDINE, F., 2020. Étude *in vitro* des potentialités nématocides des bioproduits dans la régulation des *Meloidogyne* (*Nematoda–Meloidogynidae*). Thèse de doctorat. Université de Constantine.
32. SASSER, J.N. et FRECKMAN, D.W., 1987. A world perspective on nematology: the role of the society. *Journal of Nematology*.
33. SCOTTO LA MASSÈSE, C., 1986. Contribution à l'étude des nématodes phytoparasites en Algérie. Thèse de doctorat d'État. Université d'Alger.
34. SIKORA, R.A., GRECO, N. et SILVA, J.F., 2005. Nematode parasites of vegetables. In : LUC, M., SIKORA, R.A. et BRIDGE, J., éd. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Wallingford : CABI Publishing.
35. STEWART, P., 1969. Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, vol. 59, p. 23–36.
36. STIRLING, G.R., 2014. *Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Soil Ecosystem Management in Sustainable Agriculture*. 2e éd. Wallingford: CABI.

37. TRUDGILL, D.L. et BLOK, V.C., 2001. Apomictic polyphagous root-knot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, vol. 39, p. 53–77.
38. ZAIDAT, S.A.E., et al., 2020. Nematicidal activity of aqueous and organic extracts of local plants against *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood in Algeria under laboratory and greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, vol. 30, no 1, p. 46.

Annexe

Annexe

Annexe 1

Fiche d'enquête

Lieu dit : Coordonnées géographiques :

Commune :

Daïra

L'agriculteur enquêté :

-Age :

-Expérience au niveau de l'exploitation :

Statut de l'exploitation :

-Privé ☐

-Autres ☐

Type d'exploitation :

- Moderne ☐

- Traditionnelle ☐

Situation de l'exploitation :

Exposition : sud ☐ nord ☐

Superficie :

Age :

Entretien : très bon ☐ bon ☐ moyen ☐ mauvais ☐

Nature de brise vent : vivant ☐ inerte ☐

Disponibilité hydrique :

Forage : ☐

Seguia à partir d'un barrage : ☐

Oued : ☐

Eau d'irrigation : douce ☐ chargé ☐ très chargé ☐

Mode d'irrigation :

Submersion ☐ Aspersion ☐ Goutte à goutte ☐

Fréquence d'irrigation :

Drainage : bon état ☐ mauvais état ☐

Sol : léger ☐ moyen ☐ lourd ☐

Fumure minérale	Fréquence	Dose	Date
N			
P			
K			

Travaux d'entretien :

Travaux du sol : ☐ oui ☐ non

*Emploi d'engrais : ☐ oui ☐ non

Nature	Fréquence	Dose	Date

*Fumier et amendement : ☐ oui ☐ non

Type de culture

- Maraichage ☐ Type de conduite : S/serre ☐ Plein champs ☐
- Tomate ☐
- Pomme de terre ☐
- Arboriculture fruitière AFN ☐ AFP ☐
- Vigne ☐
- Agrume ☐
- Palmier dattier ☐
- Oléiculture ☐
- Céréaliculture ☐
- Autres

• Symptômes de problèmes phytosanitaires observés :

Cultures :

Variétés :

Origine de la semence :

Origine des plants :

Nombres de plantes affectées :

Stade phénologique :

***Répartition des plantes affectées :**

- Dispersées au hasard ☐
- Plusieurs foyers dispersés ☐
- Foyers important ☐
- Lignes plus ou moins longue ☐
- Généralisée à la parcelle ☐

***Degré d'attaque :**

***Localisation du ou des parties de la plante affectées :**

Racines et collet ☐

- Altération (pourriture) ☐
- Présence des galles ☐
- Autres ☐

Précédant cultural :

Traitement nématicides ☐ Oui ☐ Non Nom du nématicide utilisé :

☐ Fumigant

☐ Systémique

Dose :

Période d'application (mois):

Nombre d'utilisation :

Matériel de traitement utilisé :

Durée (en jour) entre le traitement et la plantation :

Analyse nématologique du sol ☐ Oui ☐ Non

Résultat : Positif ☐ Négatif ☐

Genre de nématode :

Analyse faite par :

Annexe 2

Indice de galles

Numéro des plants	Indice de galles par plant					
	0	1	2	3	4	5
1						X
2					X	
3				X		
4			X			
5					X	
6						X
7			X			
8			X			
9	X					
10					X	
11	X					
12						X
13					X	
14				X		
15				X		
16	X					
17				X		
18				X		
19					X	
20						X

Indice de galles moyen (calculé) = I.G.M de l'exploitation N07 = 3.06