

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش الجزائر

Ecole Nationale Supérieure Agronomique - El Harrach –Alger



Département de Zoologie Agricole et Foresterie

# Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Option: Zoophytatrie

# Thème

**Contribution à l'étude des communautés de nématodes  
inféodées à la culture de l'olivier (*Olea europaea.L*) :  
Diversité Spécifique.**

Présentée par : M<sup>me</sup> LOUNICI Majda Eps BELAHMAR

Soutenue le

Devant le jury:

Président :	M. REGUIEG L.	Professeur (E.N.S.A EL Harrach)
Directeur de thèse :	M <sup>me</sup> SELLAMI S.	Professeur (E.N.S.A EL Harrach)
Examineurs :	M. ARAB A.	Professeur (USTHB Bab Ezzouar)
	M <sup>me</sup> KHERBOUCHE O.	Professeur (USTHB Bab Ezzouar)
	M. GHEZALI DJ.	Professeur (ENSA El Harrach)

## Dédicaces

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance...*

*Aussi, c'est tout simplement que*



*Je dédie cette Thèse... ✍*

***A mes très chers parents :*** *Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous.*

*En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour vous, recevez ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime.*

***A mes très chers enfants :*** *fleurs de ma vie. Que Dieu vous préserve santé, longue vie et prospérité.*

***A mon très cher époux :*** *Merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence, par ton encouragement, par ton amour dévoué et ta tendresse, pour donner du goût et du sens à notre vie de famille.*

*En témoignage de mon amour, de mon admiration et de ma grande affection, je te prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et mon sincère attachement.*

*À mes très chers frères et sœurs : En souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et les plus agréables moments. Ce travail est un témoignage de mon attachement et de mon amour.*

*À mes très chers neveux et nièces : Pour toute l'ambiance dont vous m'avez entouré, pour toute la spontanéité et votre élan chaleureux, ce travail est un témoignage de mon attachement et de mon amour.*

*À mes beaux-frères et belles sœurs : Puisse ce travail témoigner de ma profonde affection et de ma sincère estime.*

*À tous ceux dont l'oubli du nom n'est pas celui du cœur.*

*Majda*

## Remerciements

En premier lieu, je tiens sincèrement à remercier Madame Sellami Samira Professeur au département de botanique à l'ENSA d'avoir bien voulu diriger cette thèse. Je souhaite lui témoigner ma reconnaissance pour son esprit critique, son ouverture d'esprit et ses conseils. Ses interventions ont toujours été formatrices et d'une grande aide pour moi. Je la remercie aussi de m'avoir accordé sa confiance pour réaliser ce travail de recherche tout au long de ces années.

Je lui dois la qualité de ma formation de doctorant. Alors, au moment où s'achève ce travail, qu'elle veuille bien trouver ici l'expression de ma plus profonde gratitude pour tout le temps qu'il m'a consacré.

Je voudrais remercier particulièrement Monsieur Sellami Mehdi Professeur au département de Zoologie agricole et forestière à ENSA pour sa disponibilité et sa gentillesse dont il a toujours su faire preuve à mon égard.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Monsieur Reguieg Lies Professeur au département de Phytotechnie, qui a bien voulu nous honorer pour présider le jury de cette thèse.

Je remercie les membres de mon jury de thèse pour avoir accepté de juger mon travail pour leurs apports constructifs et pertinents : Madame Kherbouche Ourida et Monsieur Arab Abdesalem Professeurs à la faculté de biologie à l'USTHB.

Mes plus profonds remerciements vont à Monsieur Mateille T, Directeur de CBGP de Montpellier (IRD), pour m'avoir accueillie durant mon stage au laboratoire de nématologie ainsi que Madame Tavoillot J et Monsieur Martiny B. Grâce à eux j'ai acquis plus des connaissances avec la nématofaune du sol et l'écologie des communautés.

Ma reconnaissance et ma gratitude vont à Mr Greco du CNR de Bari (Italie) qui a fait tous les démarches pour faciliter mon accueil au laboratoire de nématologie, ainsi que Monsieur Troccoli A grâce à lui on a pu identifier les nématodes et j'ai pu m'impliquer et faire connaissance dans ce domaine, Mme De Lucia F et Mr Alberto, je ne saurais vous oublier pour votre accueil, votre aimabilité et vos qualités humaines.

J'aimerais également remercier Mme Attou Fouzia et Mr Touahria enseignants à la faculté de biologie (USTHB) pour l'aide statistique.

Cette thèse a été possible grâce au travail de nombreuses personnes que je tiens à remercier : Mme Touaiba C, Mme Hadj Ali N, Mme Sahki I, Mme Touati M, Beloui O et Bouchelilt F Mme Tebtoub Fet Mme Fergani H

Enfin, je voudrais témoigner ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenu tout le long de ce travail.

Cette thèse a été pour moi une expérience scientifique, professionnelle et humaine formidable et très enrichissante. Que toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à ce travail trouvent ici une juste reconnaissance et l'expression de ma profonde gratitude.

## Hommage à Monsieur le professeur : Ghezali Djelloul

Me voilà arrivée à la fin de mon parcours de Doctorat, vous étiez membre de mon jury, mais le destin en a voulu autrement et votre place ne sera pas occupée...mais vous êtes avec nous, très cher Professeur GHEZALI, dans nos cœurs à jamais, présent par votre sourire qui illuminait quotidiennement votre visage nous encourageant à ne jamais baisser les bras, votre inégalable gentillesse restera indélébile dans nos esprits, votre patience exemplaire , vos encouragements, votre aide à chaque fois qu'on faisait appel à vous, demeureront à jamais dans nos souvenirs, nous qui étions vos étudiants et le resteront, vous avez été notre enseignant également par votre caractère optimiste et votre bonté .

Monsieur le Professeur Ghezali, votre départ fût subit, triste et amère, mais que faire face au destin qui en a voulu ainsi, bien que dans la vie votre place ne sera jamais comblée, dans les cœurs de tous les étudiants, votre place le sera à jamais.

Que Dieu Accueille votre âme dans son vaste paradis.

Mme Lounici –Belahmer majda

إِن لِّلّٰهِ وَاِنۡ اِلَيْهِ رَاجِعُونَ

## Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>1<sup>ère</sup> Partie : Analyse bibliographique.....</b>	<b>6</b>
<b>Chapitre I:Généralités sur la culture de l'olivier : <i>Olea europaea</i>.....</b>	<b>6</b>
<b>I. L'oléiculture dans le monde.....</b>	<b>6</b>
1. Historique .....	6
2. Taxonomie.....	7
3. La culture de l'olivier dans le monde .....	8
4. Superficie, Production et Rendement de l'olivier dans le monde .....	10
5. Les principaux pays producteurs et consommateurs d'huile d'olive .....	12
<b>II-L'oléiculture en Algérie.....</b>	<b>14</b>
1. Répartition de la culture .....	14
2. L'âge des arbres .....	15
3. Superficie oléicole.....	16
4. Production nationale de l'olivier .....	20
5. La production et consommation d'huile d'olive .....	22
6. Profil variétal.....	23
7. Les contraintes de la filière oléicole en Algérie .....	24
<b>Chapitre II. Etat de connaissance sur les nématodes du sol.....</b>	<b>28</b>
<b>I. Peuplement des nématodes du sol .....</b>	<b>28</b>
1. Le sol un système énergétique vivant.....	28
2. La communauté de nématodes du sol.....	30
<b>II. Importance écologique de la nématofaune dans le sol.....</b>	<b>35</b>
<b>Chapitre III. Les nématodes phytoparasites associés à l'olivier .....</b>	<b>37</b>
<b>I. Principaux nématodes associés à l'olivier.....</b>	<b>37</b>
II. Distribution des nématodes phytoparasites de l'olivier.....	41
III. Interactions nématodes avec les autres organismes phytopathogènes .....	42
<b>IV. Gestion des nématodes phytoparasites de l'olivier .....</b>	<b>43</b>
<b>2<sup>ème</sup> Partie : Partie expérimentale .....</b>	<b>49</b>
<b>Chapitre IV : Evaluation de la communauté de nématodes associée à l'olivier.....</b>	<b>49</b>
<b>I. Matériel et méthodes .....</b>	<b>50</b>
1. Présentation des sites d'études .....	50

2. Caractéristiques des zones d'étude.....	56
3. Analyse nématologique .....	57
4. Analyses des données par des indices écologiques et nématologiques.....	60
5. Analyses statistiques .....	62
<b>II. Résultats .....</b>	<b>63</b>
1. Evaluation globale des peuplements de nématodes dans les sols d'oliviers .....	63
2. Analyses écologiques pour les différentes zones d'études.....	81
3. Analyse multi variée : Analyse factorielle des correspondance.....	84
<b>III. Discussion .....</b>	<b>88</b>
<b>Chapitre V: Etude de la diversité des nématodes phytophages de l'olivier.....</b>	<b>94</b>
<b>I. Matériel et méthodes .....</b>	<b>95</b>
1. Techniques d'échantillonnage et de prélèvements.....	95
2. Dominance des taxons dans les échantillons.....	95
3. Calcul de l'indice de maturité des nématodes phytophages.....	96
4. Détermination des indices écologiques .....	97
5. Analyses statistiques .....	97
<b>II. Résultats .....</b>	<b>98</b>
1. Recensement des nématodes phytophages sur l'olivier dans les sites d'études.....	98
2. Diversité taxonomique. ....	98
3. Classification des nématodes phytophages selon le mode de parasitisme .....	103
4. Structure et composition de la communauté de nématodes phytoparasites .....	104
5. L'indice de maturité (IM).....	107
6. La diversité du peuplement de nématodes phytoparasites dans les stations d'études.....	108
7. Répartition des nématodes phytophages selon le biotope.....	109
<b>III. Discussion .....</b>	<b>111</b>
<b>Chapitre VI: Interaction de la communauté de nématodes avec les facteurs</b>	
<b>pédologiques.....</b>	<b>120</b>
<b>I. Matériel et méthodes .....</b>	<b>120</b>
1. Techniques de prélèvement du sol .....	120
2. Méthodes d'analyse du sol.....	120
3. Analyse nématologique .....	123
4. Analyses multi variées: Analyse en composante principale (ACP).....	123
<b>II. Résultats .....</b>	<b>124</b>
1. Caractérisation pédologiques des zones d'études .....	124
2. Effet des paramètres pédologiques sur la densité des groupes trophiques.....	127

3. Relation propriétés physico-chimiques et les nématodes phytophages .....	133
<b>III. Discussion .....</b>	<b>137</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>142</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>146</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>.....</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : les principaux indicateurs du développement oléicole.....	11
<b>Tableau II</b> : Principaux pays consommateurs d'huile d'olive .....	13
<b>Tableau III</b> : Production de la culture de l'olivier .....	21
<b>Tableau IV</b> : les principaux bio-agresseurs de l'olivier en Algérie .....	26
<b>Tableau V</b> : Données géographiques et étages bioclimatiques des zones d'étude .....	56
<b>Tableau VI</b> : Caractéristiques des zones prospectées .....	57
<b>Tableau VII</b> : listes des nématodes inféodés à l'olivier dans les zones d'études .....	67
<b>Tableau VIII</b> : la richesse au niveau des zones d'études.....	82
<b>Tableau IX</b> : Représentation des classes d'abondance .....	96
<b>Tableau X</b> : Les classes d'abondance des nématodes dans les zones d'études .....	105
<b>Tableau XI</b> : Etude écologiques des nématodes phytophages dans les régions.....	108
<b>Tableau XII</b> : Les normes du pH .....	121
<b>Tableau XIII</b> : Les normes de la salinité .....	122
<b>Tableau XIV</b> : Les normes de la matière organique .....	122
<b>Tableau XV</b> : Les caractéristiques pédologiques des stations d'études.....	127

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Zone de limites de l'olivier .....	9
<b>Figure 2.</b> Les principaux pays producteurs d'olivier.....	10
<b>Figure 3.</b> Production de l'olivier par continent .....	12
<b>Figure 4.</b> Principaux pays producteurs d'huile d'olive .....	13
<b>Figure 5.</b> Répartition de l'oléiculture Algérienne .....	14
<b>Figure 6.</b> Répartition des oliveraies selon le relief .....	15
<b>Figure 7.</b> Age des arbres.....	16
<b>Figure 8.</b> Evolution de la superficie oléicole en Algérie .....	17
<b>Figure 9.</b> Les zones pratiquant de l'oléiculture en Algérie .....	18
<b>Figure 10.</b> Répartition de l'oléiculture/ terres agricoles.....	19
<b>Figure 11.</b> Répartition de la superficie oléicole par secteur d'activité.....	19
<b>Figure 12.</b> Place de l'olivier/ aux cultures fruitières .....	20
<b>Figure 13.</b> Pourcentage de production des olives par régions .....	21
<b>Figure 14.</b> La production d'huile d'olive .....	22
<b>Figure 15.</b> Consommation olive de table et huile d'olive par habitant .....	22
<b>Figure 16.</b> Représentants de la faune du sol.....	30
<b>Figure 17.</b> La partie antérieure des différents groupes de nématode.....	34
<b>Figure 18.</b> Localisation des sites d'études.....	51
<b>Figure 19.</b> Méthode d'échantillonnage.....	58
<b>Figure 20.</b> Densité des nématodes phytophages et non phytophages.....	63
<b>Figure 21.</b> Morphologie du nématode phytophage : <i>Helicotylenchus pseudorobustus</i> .....	66
<b>Figure 22.</b> Morphologie du nématode phytophage: <i>Helicotylenchus sp</i> .....	67
<b>Figure 23.</b> Morphologie du nématode phytophage: <i>Xiphinema macroacanthum</i> .....	68
<b>Figure 24.</b> Morphologie du nématode phytophage : <i>Rotylenchus goodeyi</i> .....	69
<b>Figure 25.</b> Morphologie du nématode phytophage : <i>Rotylenchus sp</i> .....	70
<b>Figure 26.</b> Morphologie du nématode fongivore: <i>Aphelenchus avenae</i> .....	71

<b>Figure 27.</b> Morphologie du nématode fongivore : <i>Psilenchus sp.</i> .....	72
<b>Figure 28.</b> Morphologie de la larve de <i>Meloidogyne javanica</i> .....	73
<b>Figure 29.</b> Morphologie du nématode fongivore : <i>Malenchus sp</i> .....	74
<b>Figure 30.</b> Morphologie du nématode prédateur : <i>Mylonchulus</i> .....	75
<b>Figure 31.</b> Morphologie du nématode prédateur: <i>Mononchus</i> .....	75
<b>Figure 32.</b> Aspect des nématodes <i>Helicotylenchus</i> et <i>Malenchus</i> .....	76
<b>Figure 33.</b> Spectre des groupes trophiques dans les zones d'études .....	77
<b>Figure 34.</b> Densité globale des groupes trophiques.....	78
<b>Figure 35.</b> Densité des genres de chaque groupe trophique .....	79
<b>Figure 36.</b> Variations de la densité des groupes trophiques en fonction des zones.....	81
<b>Figure 37.</b> Pourcentage de la Richesse totale dans les zones d'étude .....	82
<b>Figure 38.</b> Variation de la richesse en fonction du type de sol .....	83
<b>Figure 39.</b> Variation de la richesse en fonction de la MO .....	83
<b>Figure 40.</b> Résultats de l'indice de Shannon (H') .....	83
<b>Figure 41.</b> Les valeurs de l'équitabilité .....	84
<b>Figure 42.</b> Carte factorielle d'analyse des correspondances des nématodes recensés dans les sites d'études .....	86
<b>Figure 43.</b> Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) des espèces de nématodes de l'olivier au niveau des sites d'études réalisée à base de l'AFC .....	87
<b>Figure 44.</b> Structure du diagramme fréquence et abondance .....	96
<b>Figure 45.</b> Pourcentage des différents ordres des taxons recensés.....	98
<b>Figure 46.</b> Proportions des différentes familles .....	99
<b>Figure 47.</b> Variation de la densité des nématodes phytoparasites selon la localisation et l'étage bioclimatique .....	101
<b>Figure 48.</b> Variation de la densité des nématodes phytophages en fonction: Irrigation, Type de verger.....	102
<b>Figure 49.</b> Variation de la densité des nématodes phytophages en fonction de variétés d'olivier.....	103
<b>Figure 50.</b> Pourcentage des nématodes en fonction du mode de parasitisme .....	104

<b>Figure 51.</b> Structure des nématodes enregistrés dans les stations d'études.....	107
<b>Figure 52.</b> Analyse factorielle pour données multiples .....	110
<b>Figure 53.</b> Densité des groupes trophiques en fonction de la texture du sol.....	128
<b>Figure 54.</b> Variation de la densité des groupes trophiques en fonction de la MO .....	129
<b>Figure 55.</b> Variation de la densité des groupes trophiques en fonction de l'azote.....	130
<b>Figure 56.</b> Variation de la densité des groupes trophiques en fonction du pH.....	131
<b>Figure 57.</b> Variation de la densité des groupes trophiques en fonction de la salinité .....	132
<b>Figure 58.</b> Variation de la densité des groupes trophiques en fonction des éléments chimiques du sol .....	133
<b>Figure 59.</b> Analyses en composantes principales (ACP) dans les sites d'études .....	135
<b>Figure 60.</b> Interaction des données nématologiques avec les données pédologiques .....	136

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**AFIDOL** : Association Française Interprofessionnelle de l'Olive.

**COI**: Conseil Oléicole International.

**DSA**: Direction de Service Agricole.

**FAO**: Food and Agriculture Organization.

**IM** : indice de maturité.

**INRAA** : Institut National de Recherche Agronomiques d'Algérie.

**ITAFV** : Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne.

**MADR**: Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

**meq** : milliéquivalent.

**MO** : matière organique.

**NNP**: Nématodes non phytoparasites.

**NPP**: Nématodes phytoparasites.

**PNDA** : Programme National de Développement Agricole.

# **Indrodution**

# Introduction

---

## Introduction

Le sol de la rhizosphère des plantes est un écosystème dynamique, complexe et en variation perpétuelle (Kerry, 2000). Il représente un des réservoirs de la biodiversité les plus importants. Il est composé d'êtres vivants qui représentent sa composante organique, il s'agit des microorganismes (bactéries, champignons) et de la faune du sol (nématodes, acariens, fourmis, gastéropodes) (Anonyme, 2010). En effet, le fonctionnement biologique des sols englobe l'ensemble des fonctions assurées par les organismes vivants du sol en interaction avec les composantes physiques, chimiques et biologiques du milieu.

Ces êtres vivants quels qu'ils soient vivent en populations et sont en relation étroite avec leur environnement (Legay, 1986). De ce fait, son fonctionnement est lié en grande partie à ces organismes vivants aux relations biologiques qui s'établissent entre ces différents organismes et aux relations qu'entretiennent ces êtres avec les constituants organiques et minérales du sol (Anonyme, 2010). De même, Chaussoud (2002) signale que leur diversité et leurs interactions ont un impact direct positif sur la qualité et la fertilité des sols et ont conduit au concept de « Qualité des sols » définie par sa capacité à fonctionner dans le cadre d'un écosystème donné pour entretenir la production, maintenir la qualité environnementale et favoriser la santé des plantes (Doran, 2002).

Parmi ces organismes, les nématodes représentent l'un des taxons les plus abondants parmi les invertébrés du sol après les protozoaires. Ils comptent 100 à 1000 individus /g de terre soit 1 à 30 million /m<sup>2</sup> (biomasse de 1 à 30g/m<sup>2</sup>). On peut compter plus de 100 000 individus appartenant à une centaine d'espèces par cm<sup>3</sup> (Gobat et al., 2003). En effet, leur abondance et leur très grande diversité leur permet de les caractériser comme indispensable au bon fonctionnement du sol (Riou et Ceremonie, 2017).

Ce sont des organismes ubiquistes qui colonisent tous les milieux et on les trouve sous tous les climats et à toutes les latitudes et présentent une grande diversité taxonomique et fonctionnelle pouvant être synthétisée par l'identification de 70 familles majeures et possèdent un rôle déterminant dans la chaîne trophique et particulièrement le rôle de régulateurs des micro-organismes (Neher, 2001 ; Coll et al., 2013).

Par ailleurs, ils sont sensibles aux conditions du milieu et aux perturbations anthropiques ou environnementales. De nombreux indicateurs de la qualité des sols sont disponibles, les organismes du sol se montrent pertinents pour caractériser l'état et le fonctionnement du sol dans de nombreuses situations (Bispo et al., 2012). Au sein des organismes du sol, les

## Introduction

---

nématodes offrent une perspective particulièrement intéressante (Bongers et Ferris, 1999 ; Villenave et *al.*, 2009) et sont des bio-indicateurs de choix pour le suivi de la qualité biologique des sols et jouent également un rôle dans la minéralisation. Leur diversité spécifique, trophique et fonctionnelle ainsi que leur écologie les rendent sensibles aux perturbations. D'un point de vue fonctionnel, les nématodes comportent plusieurs groupes trophiques, selon leur comportement alimentaire dans le sol. Chacun des groupes trophiques reflète une des fonctionnalités du sol et a ensuite été allouée à un des cinq groupes trophiques décrits par Yeates et *al.*, (1993) qui peuvent être distingués:

- en nématodes microbivores : bactérivores et fongivores : ils renseignent sur le compartiment microbien, la dynamique de la matière organique et le recyclage des nutriments
- nématodes de niveaux trophiques supérieurs : omnivores et prédateurs : ils reflètent les perturbations physiques ou chimiques du milieu (Neher, 2001)
- enfin le groupe des phytophages (obligatoires ou facultatifs), ils renseignent sur la nature et l'état de la couverture végétale et éventuellement, le risque de perte de rendement.

Ils n'intervient pas directement sur les processus biologiques dans le sol mais ont un impact indirect sur la santé de la plante infectée par la consommation d'une partie du carbone organique et de l'énergie des racines nécessaires pour la décomposition (Ferris et *al.*, 2001). Selon, Decraemer et Hunt (2006), plus de 4.100 espèces de nématodes plantes ont été identifiées et des espèces d'importance économique peuvent être regroupées en groupes spécialisés relativement restreints et peuvent causer des dommages directs à leur hôte.

Ce dernier groupe occupe une place très particulière en raison de leur mode de vie qui dépend étroitement de la présence de la plante hôte dont ils se nourrissent. Ces derniers causent des pertes importantes de récolte estimées à 14% de la totalité de la perte du rendement agricole mondiale ce qui correspond à une perte de 80 millions de dollars chaque année (Agrios, 2005). Certaines espèces peuvent affecter directement la production telle que les espèces de la famille des Meloidogynidae qui constituent les bioagresseurs les plus redoutables dans le monde (nécessitant l'épandage de milliers de tonnes de nématicides (Anastasiadis et *al.*, 2008). Dans le monde, plus d'une centaine d'espèces phytoparasites ont été signalées en association avec l'olivier ainsi que leur incidence sur cette culture. Ainsi des dégâts importants pouvant affecter la croissance dans les vergers oléicoles en Espagne et en Italie ont été décrits causés par *Pratylenchus spp*, *Meloidogyne spp*, *Rotylenchulus macrodoratus*, *Xiphinema elongatum* et *X.index* (Abrantes et *al.*, 1987 ; Lamberti et Vovlas,

## Introduction

---

1993 ; Castillo *et al.*, 1999 ; Nico *et al.*, 2002 ; Sasanelli et D'Addabbo, 2002 ; Sasanelli, 2009).

En Algérie, les connaissances sur les nématodes inféodés à la culture de l'olivier sont fragmentaires et rares exceptés celui de Lamberti *et al.*, (1975b) qui s'est limité à un inventaire préliminaire qui révèle la présence de *Helicotylenchus spp*, *Tylenchorhynchus ssp* et *Pratylenchus spp* .

C'est dans ce contexte que notre travail a été effectué pour avoir un aperçu sur la communauté de nématodes sur la culture de l'olivier, ainsi que l'effet des facteurs abiotiques et biotiques sur ce peuplement. L'étude s'est articulée sur deux axes : le premier est consacré à l'analyse bibliographique qui comporte d'une part, l'état de connaissances des nématodes du sol en général et les nématodes phytoparasites de l'olivier et leur gestion en particulier et la place de la filière oléicole dans le monde et en Algérie d'autre part.

Le deuxième axe renferme trois chapitres :

- le premier chapitre est consacré à la méthodologie adoptée, nous nous attacherons à présenter les méthodes de collecte des échantillons , la présentation des sites d'étude et l'étude des assemblages des communautés de nématodes dans les réseaux trophiques du sol de la culture de l'olivier avec le calcul d'indices nématologiques qui nous permettent de comprendre l'impact de l'association.

- le deuxième chapitre s'est concentré à l'étude de la diversité des nématodes phytophages de l'olivier.

- le troisième chapitre est consacré aux facteurs du sol qui seront couplés aux données nématologiques pour déterminer les corrélations existantes entre les éléments physico-chimiques et les peuplements de nématodes.

Enfin, ce document s'achève par une discussion et une conclusion où seront exposés apports de cette thèse dans la recherche scientifique les aspects des champs de recherche stratégique.

**Analyse  
bibliographique**

### 1<sup>ère</sup> Partie : Analyse bibliographique

#### Chapitre I: Généralités sur la culture de l'olivier : *Olea europaea* (L, 1764).

##### I. L'oléiculture dans le monde.

###### 1. Historique.

L'Olivier, de son nom scientifique : *Olea europaea*, un symbole de la méditerranée, est un arbre béni par Dieu. Symbole d'éternité, de paix, de force, de sagesse et de lumière.

Le rameau d'olivier est un symbole de paix. Dans la Grèce antique, c'est l'arbre d'Athéna. Dans la Bible, la colombe lâchée par Noé après le Déluge revient en tenant un rameau d'olivier dans le bec après avoir trouvé une terre émergée.

C'est aussi en branches d'olivier que Joseph construisit le berceau de Jésus, c'est aussi en bois d'olivier qu'était sa croix de lors de sa crucifixion. C'est pourquoi, il est dit que l'olivier est trois fois béni en raison de ces trois usages (Artaud, 2008).

Cet arbre possède une longévité multiséculaire, (considéré comme immortel) même si le tronc est détruit, des rejets reconstituent spontanément l'arbre. Généralement ne dépassant pas 3 à 4 mètres de haut, il peut atteindre non taillé 10 à 15 mètres. La culture de l'olivier fait partie intégrante de l'histoire et des paysages ; son origine se perd dans la nuit des temps, son extension coïncide et se confond avec celle des civilisations qui se sont succédé dans le bassin méditerranéen.

La voie de son expansion au cours des temps ne peut être déterminée avec certitude, ainsi plusieurs hypothèses sont admises, mais la plus retenue est celle de De Candolle 1883 et citée par Loussert et Brousse (1978), qui désigne la frontière irano-syrienne comme lieu d'origine. Cependant Fiorino et Grifi (1992) in : Boukhezna (2008), signalent que la culture de l'olivier remonte au IV<sup>ème</sup> millénaire avant J.C, aussi son introduction dans plusieurs régions s'est faite dès le seizième siècle (Baldy, 1990).

En Afrique du nord, l'olivier existait déjà avant l'arrivée des romains, car les berbères savaient greffer les oléastres (Camps, 1984 in : Boukhezna, 2008). Par la suite la colonisation française a contribué à son extension dans cette zone.

Ce n'est qu'à partir du VI<sup>ème</sup> siècle que s'ouvre une nouvelle ère continue qui va conduire l'olivier à son extension maximale sous l'influence de la demande croissante d'une société

## Analyse bibliographique

---

occidentale de plus en plus industrialisée (Fiorono et Nizzi, 1992), on le trouve donc en Amérique du nord et du sud, en Chine et en Australie (FAO ,2015).

D'après Gruhier (2003) in Sidhoum (2011) ; l'Homme a toujours eu tendance à emporter toutes sortes de graines et de noyaux dans ses poches, c'est pour cette raison que les oliviers se sont propagés en Méditerranée, en Afrique du sud, en Asie et ce jusqu'en Australie.

### 2. Taxonomie.

Scientifiquement, l'olivier est appelé *Olea europaea* (Linné ,1764) ; l'épithète générique *Olea* désigne l'arbre de l'olivier, tandis que le nom spécifique *europaea* indique son territoire européen typique de la zone méditerranéenne ; d'ailleurs *Olea europaea* est l'unique espèce méditerranéenne représentative du genre *Olea* (Henry, 2003).

L'olivier est classé dans la famille des oléacées qui comprend 25 genres et plus de 500 espèces dont le lilas, le frêne, le troène. L'espèce cultivée en Méditerranée est *Olea europaea*, qui comprend l'olivier sauvage et l'olivier cultivé (Breton et *al.*, 2006).

Aussi, d'après, Cordeiro et *al.*, (2008) in : Boutkhil : 2012 ; la seule espèce portant des fruits comestibles est *Olea europaea* L.

### Systématique de l'olivier

Selon Henry (2003) l'olivier présente la classification suivante

**Règne :** Plantae

**Embranchement :** Phanérogames

**S/Embranchement :** Angiospermes

**Classe :** Dicotylédones

**Sous classe :** Asteridae

**Ordre :** Scophulariales

**Famille :** Oleaceae

**Genre :** *Olea*

**Espèce:** *Olea europaea* (Linné, 1764)

*Olea europaea* est un complexe de 6 sous-espèces supposées inter-fertiles dont l'une comporte 2 variétés : var. *europae* ; l'olivier cultivé et var. *sylvestris*, l'oléastre ou l'olivier sauvage (Breton et *al.*, 2006). Ce complexe se différencie par les caractères phénologiques, génotypiques et sa répartition géographique. Ces sous espèces sont :

- *Olea europaea subsp.europaea*, représenté par deux variétés botaniques : l'olivier cultivé (var. *europaea*) et l'olivier sauvage (var.*sylvestris*), tous deux sont présents tout au long du bassin méditerranéen.

## Analyse bibliographique

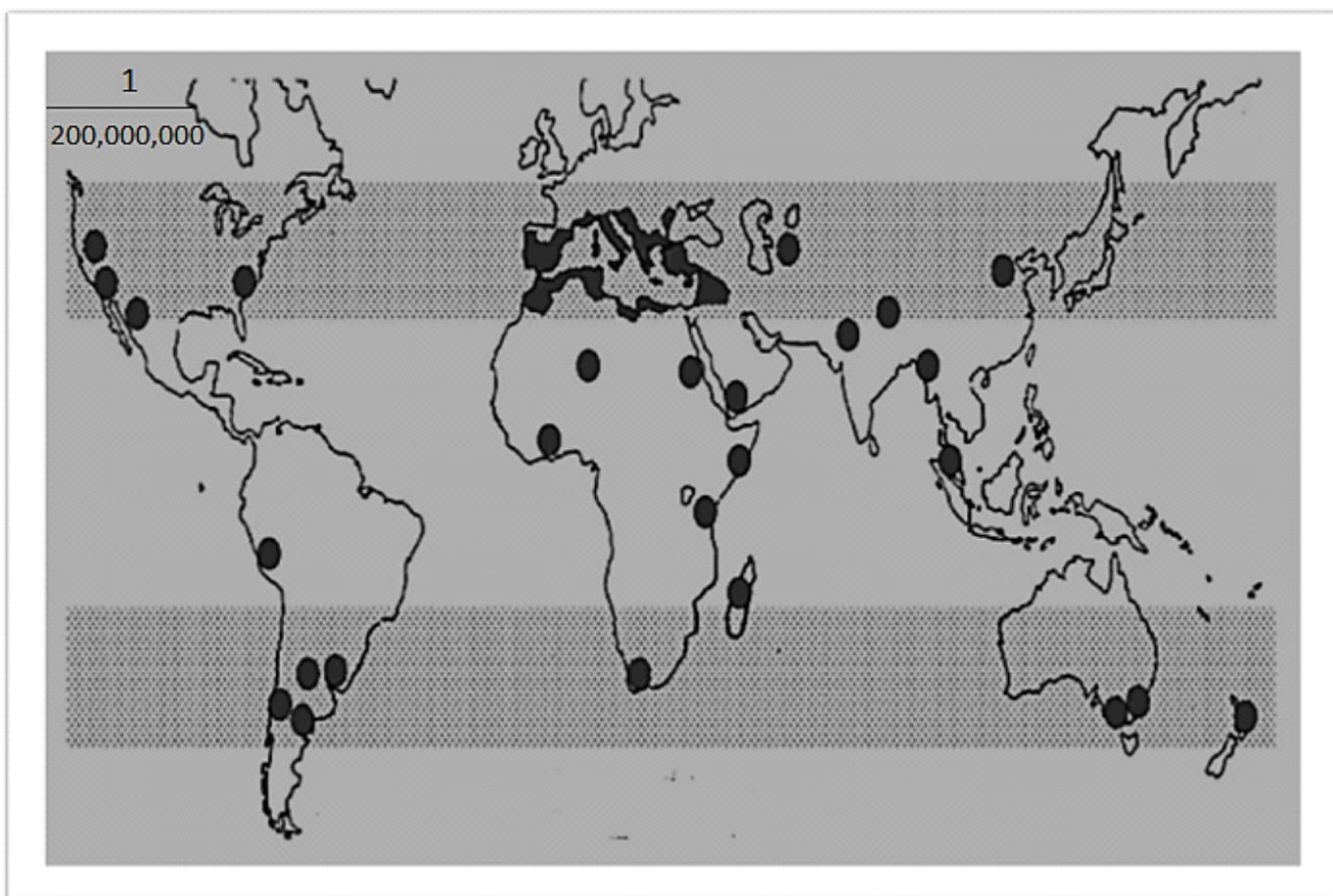
---

- *Olea europaea subsp.cuspidata*, présent en Afrique et en Asie, de l'Iran jusqu'en Chine.
- *Olea europaea subsp.Laperrine*, limitée à la région du Sahara (Algérie, Argentine, Niger).
- *Olea europaea subsp.maroccana*, présent au Maroc.
- *Olea europaea subsp.cerasiformis*, rencontré à l'Ile de Madère.
- *Olea europaea subsp.guanchica*, limitée aux Iles Canaries.

Aussi, les études sur la diversité moléculaire de l'olivier montrent que l'oléastre semble être l'ancêtre de l'olivier (Breton et al., 2006). La combinaison d'oléastres localement sélectionnés et de cultivars importés donne actuellement plus de 2500 recensés à travers le monde (Osgenturk et al., 2010 in : Boutkhil, 2012).

### 3. La culture de l'olivier dans le monde.

L'Olivier occupe la 24<sup>ème</sup> place des 35 espèces les plus cultivées dans le monde (Breton et al., 2006), sa zone naturelle de répartition géographique se situe principalement entre 30° et 45° degré de latitude nord et sud (Pagnol, 1975), ce qui explique son introduction avec succès en Chine au Japon, au Etats Unis (Californie) et au Mexique pour l'hémisphère nord ; en Australie, en Afrique du Sud et dans divers pays de l'Amérique du Sud pour l'hémisphère Sud (Figure1).



**Figure 1: Zones de limite de l'olivier (COI, 2000)**

Ces dernières années, un intérêt particulier a été suscité à cette culture ; non seulement au niveau de la méditerranée, principale région oléicole à l'échelle mondiale, mais aussi au niveau d'autres continents notamment américains (Pineli et *al.*, 2003 in : Boukhari, 2014). Actuellement, l'olivier est présent sur les six continents : Europe, Amérique, Afrique, Asie, Océanie et l'Australie; toutefois, c'est dans le pourtour méditerranéen que l'on retrouve plus de 90 % des oliviers (AFIDOL, 2012).

La figure2 illustre les principaux pays producteurs d'oliviers dans le monde. En effet, l'Espagne, l'Italie et la Grèce sont considérés parmi les plus importants pays d'Europe producteurs de l'olivier ; par contre pour les pays d'Afrique nous avons : la Tunisie, le Maroc, l'Algérie et l'Egypte. Aussi les dix premiers pays producteurs sont tous situés dans la zone méditerranéenne (AFIDOL, 2012).

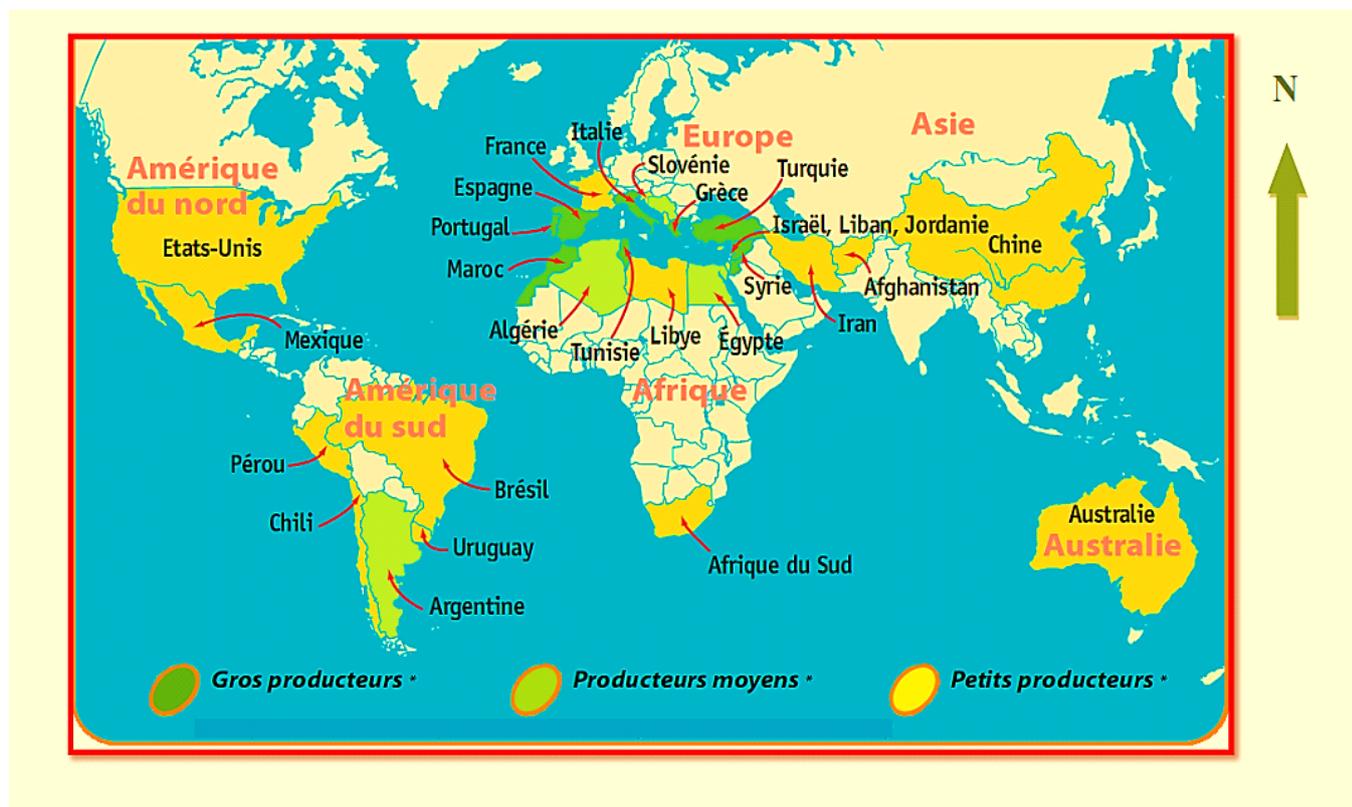


Figure 2 : Les principaux pays producteurs d'olivier (AFIDOL, 2012)

#### 4. Superficie, Production et Rendement de l'olivier dans le monde.

La surface totale occupée par l'olivier est d'environ 11 millions d'hectares plantés de près de 1,5 milliards de pieds. L'Union européenne représente 50 % de ce verger, l'Afrique (Afrique du Nord) 25 %, le Moyen-Orient 20 %, le reste se répartissant entre l'Amérique (Californie, Chili, Argentine...), l'Australie et la Chine. Près de 82 % de ces vergers sont de type «traditionnel» dont 59 % sont situés en Europe et 29 % en Afrique et au Moyen-Orient. (AFIDOL, 2012).

Le nombre mondial d'oliviers est évalué à 784 millions, dont 754,2 millions dans le bassin méditerranéen. Au sein de ce dernier, l'Europe représente 66% du verger oléicole mondial, loin devant l'Asie méditerranéenne (17%), et l'Afrique du Nord (14%).

Par contre l'Amérique du nord et du sud, la Chine et l'Australie présentent un pourcentage d'oliviers ne dépassant pas les 3% des oliveraies mondiales (FAO, 2015).

D'après le tableau I, et selon les statistiques de la FAO (2014), le premier pays oléicole mondial est l'Espagne dont la superficie cultivée est de 2 515 800 ha avec une production de 45 778 000 tonnes. L'Italie, vient en deuxième position avec 1 156 784 ha et une production

## Analyse bibliographique

---

de 19 636 760 tonnes. Au troisième rang des pays oléicoles, vient la Grèce avec une superficie de 945 520 ha.

Au sein de l'Afrique du nord, la culture de l'olivier est largement dominée par le verger oléicole tunisien avec 60 millions d'arbres, le Maroc avec 22 millions d'arbres et l'Algérie avec 20 millions d'arbres, la Libye compte 4 millions d'arbres par contre l'Egypte moins de 2 millions d'arbres (AFIDOL, 2013).

La production mondiale est grandement influencée par celle de l'Espagne et l'Italie qui représentent à eux seuls près des 2/3 de la production mondiale.

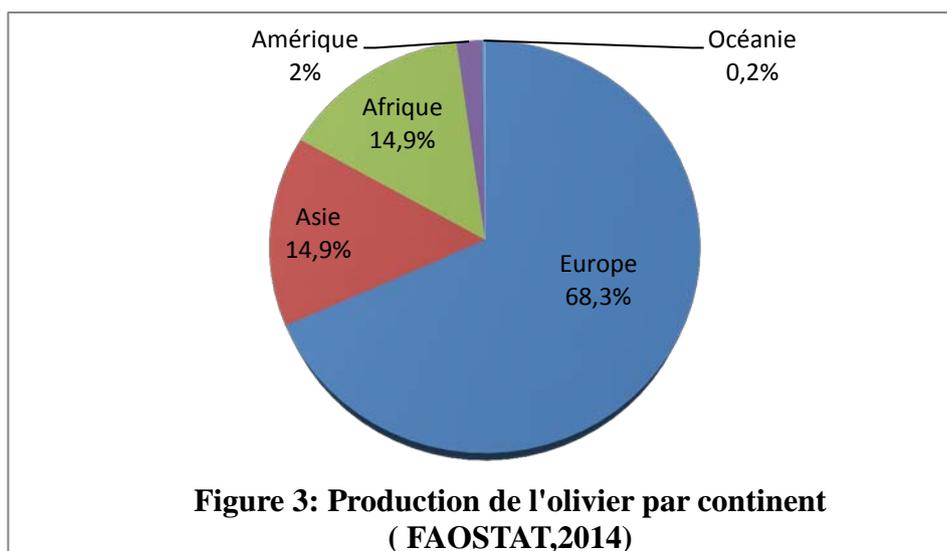
**Tableau I** : les principaux indicateurs du développement oléicole. (FAOSTAT, 2014)

Pays	Superficies en ha	Productions en tonnes
Espagne	2 515 800	45 778 000
Italie	1 156 784	19 636 760
Grèce	945 520	22 838 200
Turquie	938 080	17 680 000
Tunisie	1 588 620	3 760 000
Maroc	886 440	1 119 520
Egypte	64 020	5 586 100
Portugal	352 351	4 553 730
Algérie	383 443	4 828 600

Le pourcentage de production d'oliviers par continent est représenté dans la figure 3 qui montre la prédominance de l'Europe avec 68.3% suivi de l'Asie et Afrique avec respectivement 14.9% et 14.6%, l'Amérique et l'Océanie présentent un taux de 2% et 0.2% respectivement (FAOSTAT, 2014).

## Analyse bibliographique

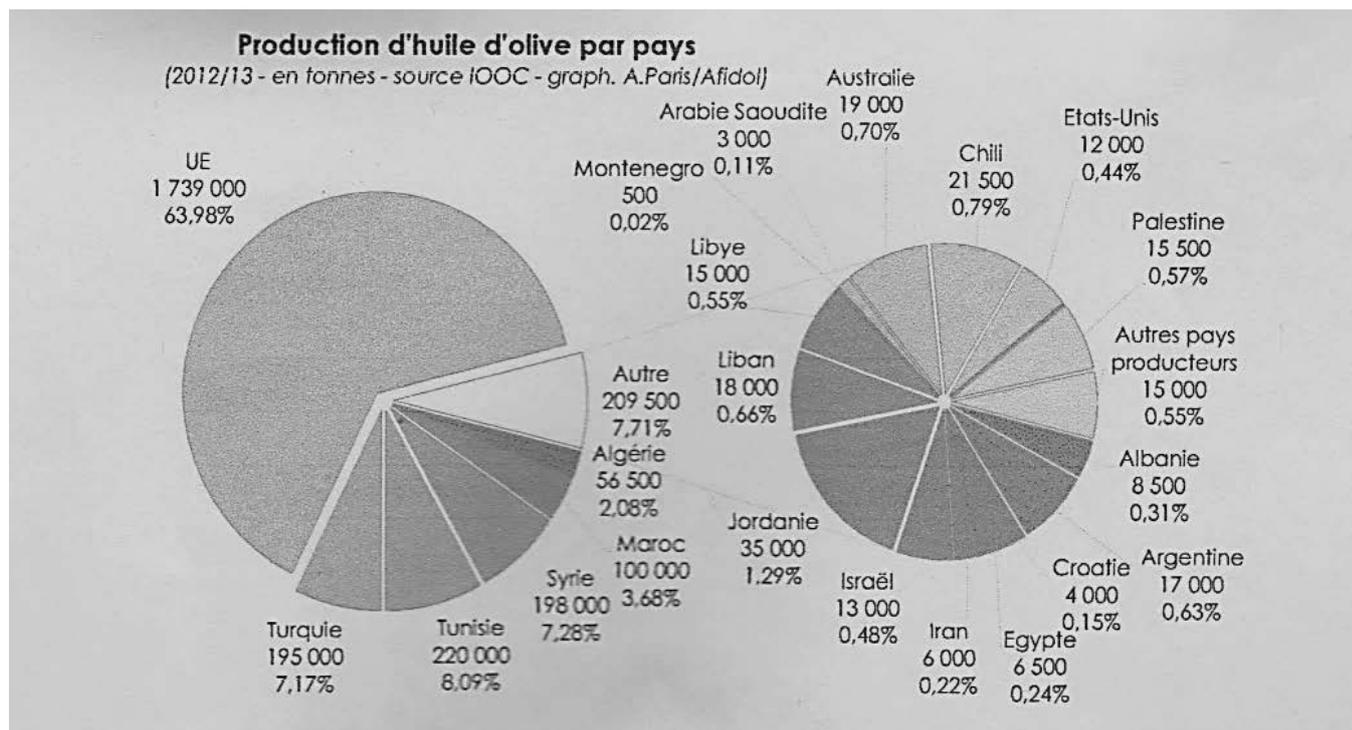
---



### 5. Les principaux pays producteurs et consommateurs d'huile d'olive.

D'après AFIDOL (2013), le principal producteur d'huile d'olive durant la campagne 2012/2013 est l'Union Européenne qui représente plus de 63.98% de la production mondiale. Dans l'Union Européenne, l'Espagne, l'Italie et la Grèce sont considérés les plus grands producteurs d'huile d'olive, vient après la Tunisie avec 8.09%, la Syrie avec 7.28% et la Turquie avec 7.17%. Par contre le Maroc et l'Algérie présentent un pourcentage respectivement de 3.68% et 2.08% (Figure 4). Aussi, les principaux consommateurs d'huile d'olive sont les pays producteurs.

## Analyse bibliographique



**Figure 4. Principaux pays producteurs d'huile d'olive (AFIDOL, 2013)**

L'Olivier est un arbre cultivé pour son fruit, l'olive, qui donne l'huile d'olive, mais aussi les olives de table des éléments importants de la diète méditerranéenne et sont consommés en grande quantité dans le monde entier. Le tableau II représente la consommation d'huile d'olive par litre et par habitant. On note que la Grèce vient en tête dans la consommation d'huile d'olive avec 23 litres, puis l'Espagne avec 14 litres.

**Tableau II : Principaux pays consommateurs d'huile d'olive (AFIDOL, 2012).**

La consommation d'huile d'olive /litre/ habitant/ an	
Grèce	23
Espagne	14
Italie	12
Portugal	9
Tunisie	5
Maroc	2
Algérie	0.7

### II- L'oléiculture en Algérie.

L'Algérie fait partie des pays méditerranéens dont le climat est des plus propices à cette culture. Elle se positionne après l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie qui par ordre d'importance les plus grand producteurs au monde d'huile d'olive (Bensemmane, 2009).

L'olivier et ses produits constituent l'une des bases essentielles de l'activité économique de la population rurale.

#### 1. Répartition de la culture.

En Algérie, le verger oléicole comprend deux types d'oléiculture : une oléiculture d'implantation récente qui représente une faible part du verger ; soit 10% de la superficie totale et une oléiculture séculaire qui recouvre 90% de la surface totale du verger.

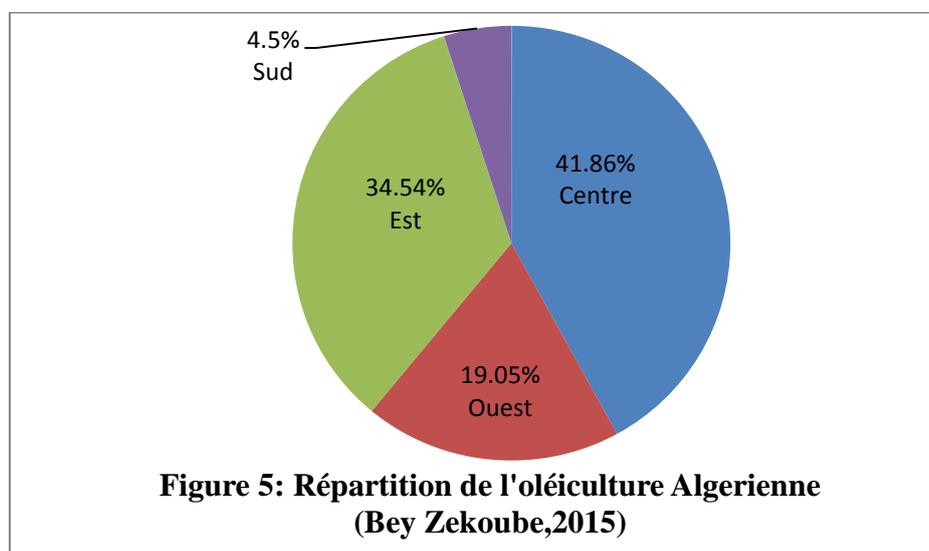
D'après Bey Zekoube (2015) l'olivieraie algérienne se répartit sur 04 zones oléicoles :

-**la zone de la région Ouest** : répartie entre 5 wilayas : Tlemcen, Ain-Temouchent, Mascara, Sidi Bel Abbés et Relizane. Cette zone représente 19.05% du verger oléicole national.

-**la zone de la région Centre** : de loin la plus importante, répartie entre les wilayas de Ain Defla, Blida, Boumerdès, Tizi ousou et Bouira représentant 41.86%. Dans la région du centre, la Kabylie (Bouira et Tizi ousou) détient à elle seule la plus grande part de la superficie oléicole nationale.

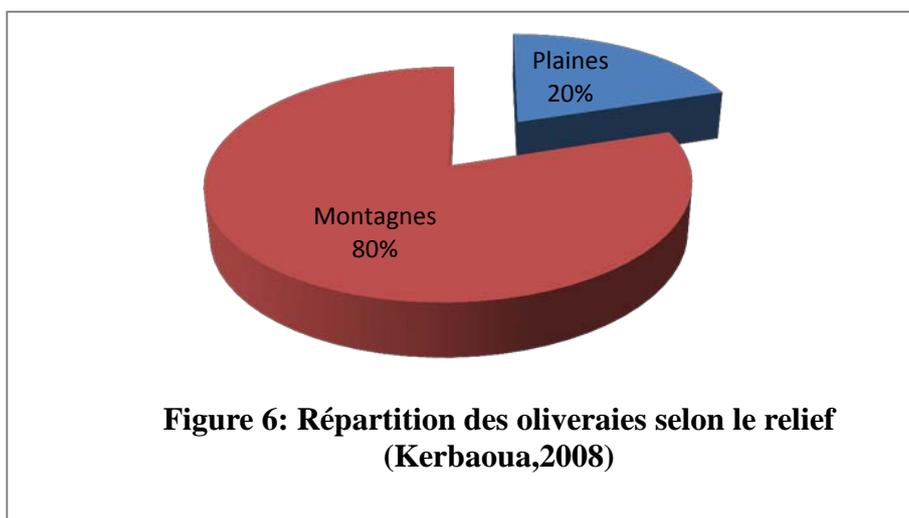
-**la zone de la région Est** : représentant 34.54% du patrimoine national et répartie entre Jijel, Skikda, Bejaia et Guelma.

- **la zone de la région Sud** : elle occupe un taux de 4.55% avec une superficie de 17457 ha. Elle est représentée par les wilayas de Biskra et El Oued.



## Analyse bibliographique

La majorité, de ces oliveraies (80%) sont situées dans des zones de montagnes sur des terrains accidentés, peu fertiles et caractérisés par une pluviométrie moyenne comprise entre 400 à 900 mm/an (Kerbaoua, 2008) ; le reste des oliveraies (20%) sont localisées dans les plaines du pays (Mascara, Relizane) ou la pluviométrie moyenne est de 300 à 400 mm/an (Figure 6).



D'après Hadjou et *al.*, (2013), en Algérie près de 90% du verger national est de type traditionnel qui s'étend principalement sur les régions de Kabylie, Sétif ou les conditions de production sont assez rudes, en raison du relief montagnard avec une forte déclivité, une pauvreté des sols, une faible accessibilité et une pluviométrie assez abondante.

Ce type fournit un complément de revenu aux familles rurales et une large partie de la production est destinée à l'autoconsommation. Il est prédominé par les variétés destinées à la production de l'huile d'olive, il s'agit de la variété : chemlal de Kabylie et la variété azerradj dans la région de Seddouk de Bejaia.

L'oléiculture moderne représente une minorité du verger algérien avec un taux de 10%, ce type s'est spécialisé dans la production de l'olive de table. Elle est implantée essentiellement à l'Ouest du pays notamment à Sig avec dominance de deux variétés : la sigoise (dérive de la Picholine française) et la sevillane ou gordal (originaire d'Espagne).

### 2. L'âge des arbres.

Les oliveraies algériennes sont représentées par des vieux vergers, la majorité des plantations sont âgées, le vieillissement de cette culture est accélérée par le manque d'entretien, l'érosion et l'appauvrissement du sol, ainsi que l'abondant de la taille et des travaux oratoires (Hadjou et *al.*, 2013).

## Analyse bibliographique

Les données représentant l'âge des arbres sont représentées par la figure 7 qui montre que ; 7% des oliviers sont âgés de moins de 5 ans ; 11% ont entre 5 et 15 ans ; 39% entre 16 à 50 ans et se trouvent en pleine production. Enfin plus de 43% ont plus de 50 ans (Moussouni, 2009).

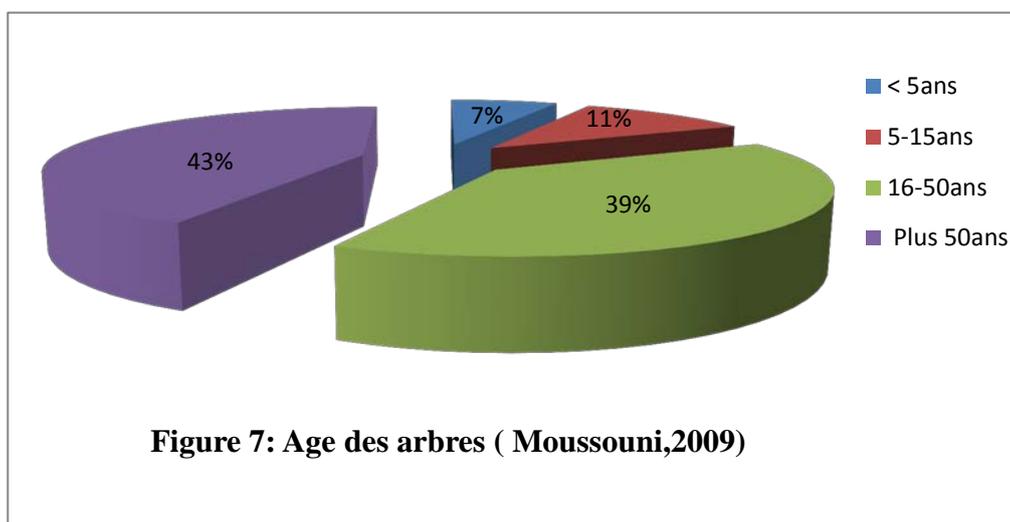


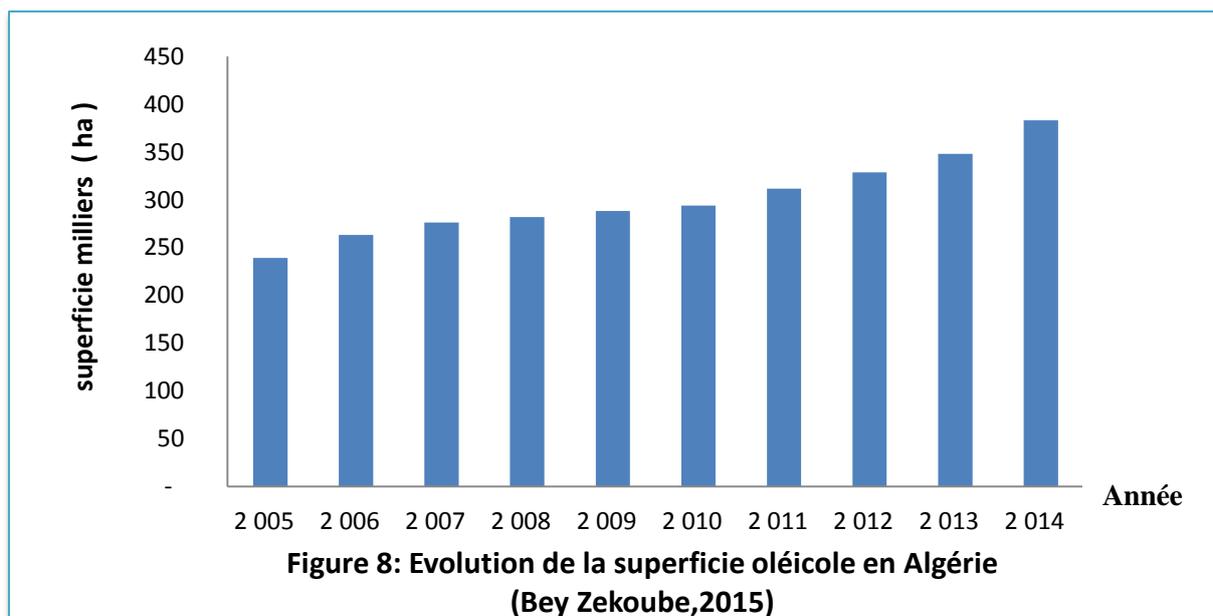
Figure 7: Age des arbres ( Moussouni,2009)

### 3. Superficie oléicole.

Le secteur oléicole algérien suscite un intérêt particulier ces dernières années, grâce au programme pour le développement de l'oléiculture en intensif dans les zones steppiques, sahariennes et pré sahariennes (Anonyme, 2009). Cependant les 2/3 de la superficie oléicole totale étaient concentrées au niveau des wilayas qui possèdent un fort potentiel de production et déjà connues pour cette spécialité allant de la Kabylie à Jijel et de Mascara à Oran. Aujourd'hui, d'autres wilayas dont les conditions climatiques sont favorables à ce type de plantation, figurent dans le programme quinquennal tracé par le gouvernement, c'est le cas de Biskra, El oued et de Khenchela dont les expériences ont démontré des résultats satisfaisants en matière d'adaptation aux conditions climatiques (Mendil, 2009).

Il est à signaler que durant 2000-2012, les plantations d'oliviers ont triplé (ITAFV ,2013), suite à l'encouragement de l'état de cette filière et la mise en place du Plan National de Développement Agricole (PNDA) en 2000 (Amarni, 2011). En effet, d'après la figure 8, la superficie consacrée à cette culture ne cesse d'augmenter ; de 165.000 ha en 1999 elle est passée à 239 352 ha en 2005, pour atteindre 328 884 ha en 2012 (Bey Zekoube, 2015). En 2014, elle enregistre 383.443 ha, soit une évolution moyenne annuelle de 6%.

## Analyse bibliographique



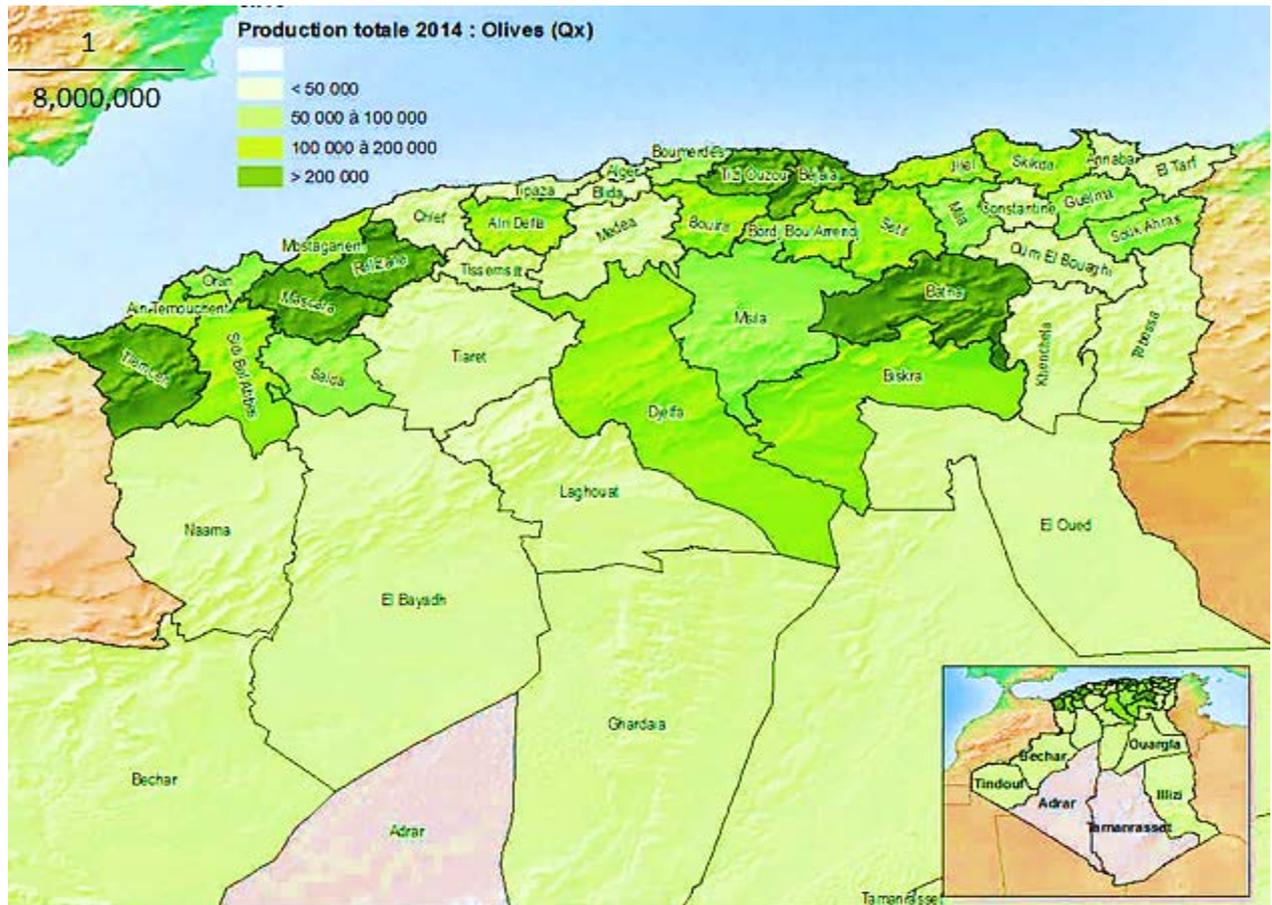
Actuellement, en termes de superficie, la filière oléicole a permis à l'Algérie d'occuper la 3<sup>ème</sup> position au niveau d'Afrique ; la 5<sup>ème</sup> place au niveau méditerranéen et la 7<sup>ème</sup> position au monde après l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Tunisie, le Portugal, et le Maroc (FAOSTAT, 2015).

Aussi l'intégration de l'oléiculture dans le nouveau programme agricole et rural a permis de relancer cette filière avec une extension sur l'ensemble du territoire et une amélioration notable des systèmes de production, qui sont passés du mode de production extensif au mode intensif (ITAFV, 2013), ainsi le nombre de plants est passé de 16.8 millions en 2000 à 48 millions en 2012.

A titre d'exemple, à Djelfa, la superficie oléicole de 2000 à 2014, est passée de 150 à 9.809 ha, dont plus de 4.300 ha sont entrés en production. Dans la wilaya de Guelma, le programme de développement intensif de l'oléiculture, a visé la plantation de 10.000 ha d'oliviers en 2014. Actuellement, la majorité des wilayas que compte l'Algérie pratique la culture de l'olivier (Figure 9).

Aussi, les résultats de la superficie et la production oléicole obtenus au niveau de 48 wilayas que compte l'Algérie sont représentés dans le tableau en annexe.

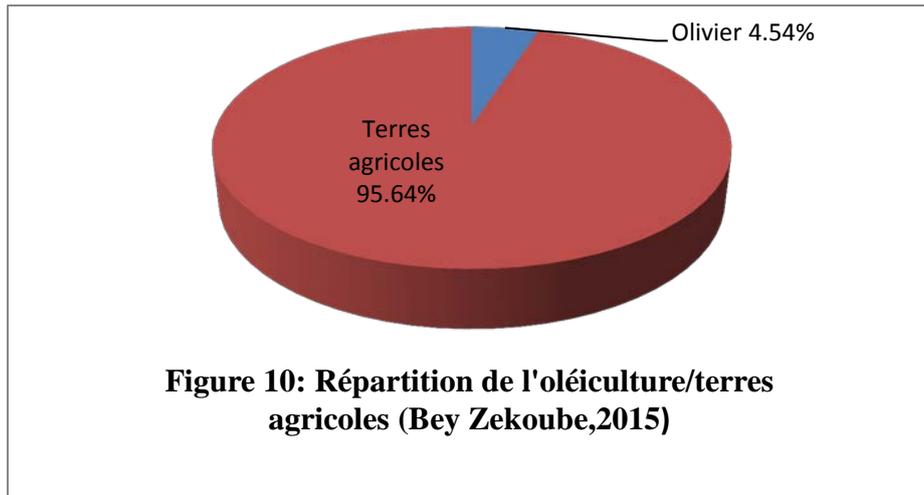
## Analyse bibliographique



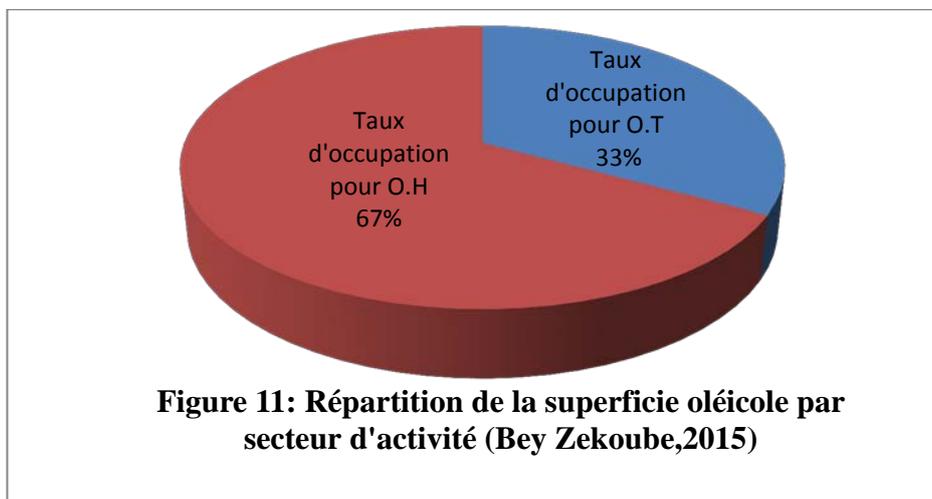
**Figure 9 : les zones pratiquant de l'oléiculture en Algérie (DSA, 2014)**

La superficie nationale oléicole est de 383 443 ha ce qui représente 4,54% de la surface agricole utile (Figure.10) et est répartie par secteur d'activité, en effet d'après la figure 11 nous avons 260 741 ha soit 67% qui sont destinés aux olives à huile qui se situe dans les zones de montagne tandis que 126 536 ha sont réservés à l'olive de table soit 33% se trouvant dans les plaines de l'ouest du pays (Oranie).

## Analyse bibliographique

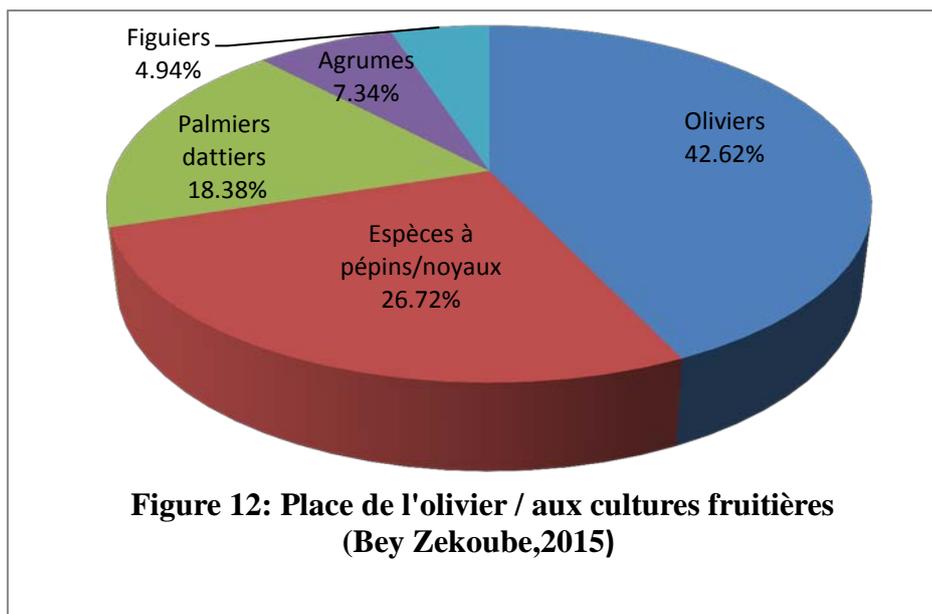


**Figure 10: Répartition de l'oléiculture/terres agricoles (Bey Zekoube, 2015)**



**Figure 11: Répartition de la superficie oléicole par secteur d'activité (Bey Zekoube, 2015)**

L'olivier occupe la première place par rapport aux autres cultures fruitières avec 42.62%, suivi des espèces à noyaux et à pépins avec 26.72%, les palmiers dattiers avec 18.38%, les agrumes avec 7.34% et les figuiers 4.94% (Figure 12).



#### 4. Production nationale de l'olivier.

La production nationale d'oliviers durant la période 2006-2014 est consignée dans le tableau III. Ce dernier montre que la production est très irrégulière d'une année à une autre (FAOSTAT, 2015). En effet, elle a connu une augmentation lors de la campagne 2009 atteignant 475182.00 tonnes avant de chuter à 311252.00 tonnes en 2010 et pour atteindre en 2011 un taux de 610776.00 tonnes. Par contre en 2014 la production est évaluée à 482860.00 tonnes.

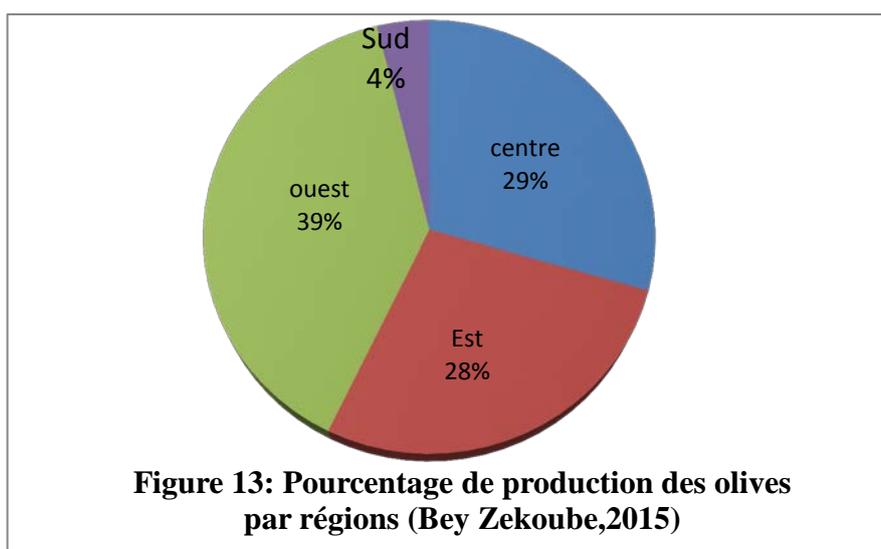
Les services techniques du ministère de l'Agriculture révèlent que la réduction de la production au cours de la campagne 2011/2012, était due aux feux de forêt qui ont ravagé de nombreux Oliviers dans certaines régions du pays, à l'instar de la Kabylie et des wilayas de l'Est comme Jijel et Skikda

## Analyse bibliographique

**Tableau III** : Production de la culture de l'olivier (FAOSTAT, 2015).

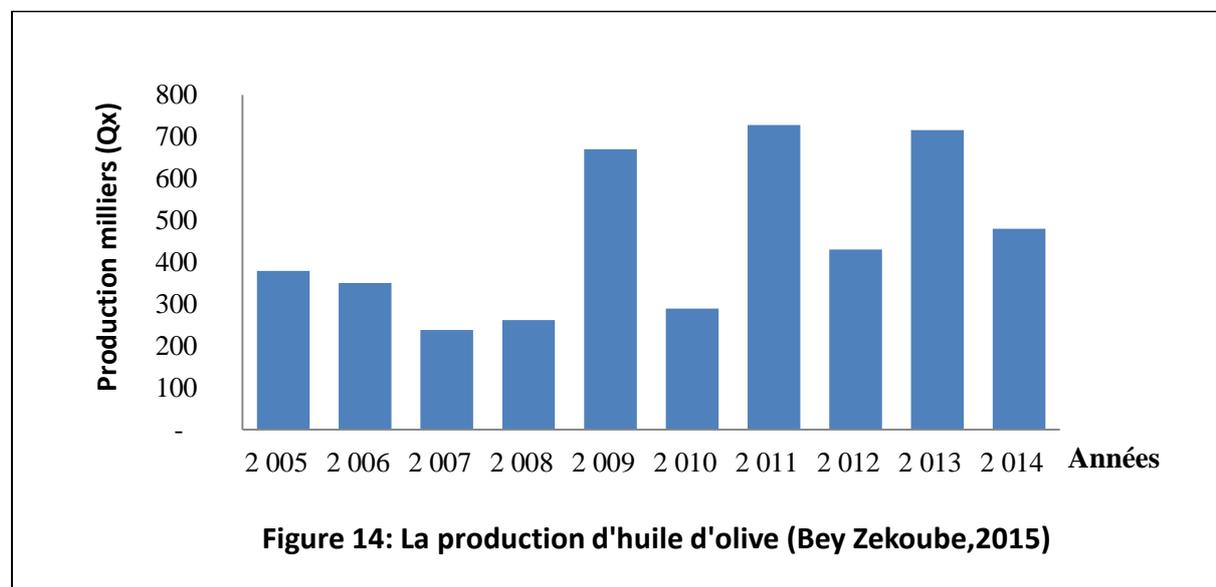
Années	Productions (tonnes)	Rendements (qx/ha)
2006	264733.00	10052.00
2007	208952.00	7564.00
2008	254067.00	8995.00
2009	475182.00	16474.00
2010	311252.00	10580.00
2011	610776.00	19581.00
2012	393840.00	11975.00
2013	578740.00	16621.00
2014	482860.00	12593.00

La répartition régionale de la production des olives est de 1.883.934 Qx pour l'Ouest, suivie par le centre avec 1.422.680 Qx ; l'Est avec 1.336.310 Qx et le Sud avec 185.676 Qx. La lecture de la figure 13 révèle que l'Ouest occupe la 1<sup>ère</sup> place avec 39%, le Centre avec 29%, l'Est avec 28% et le Sud avec 4%.

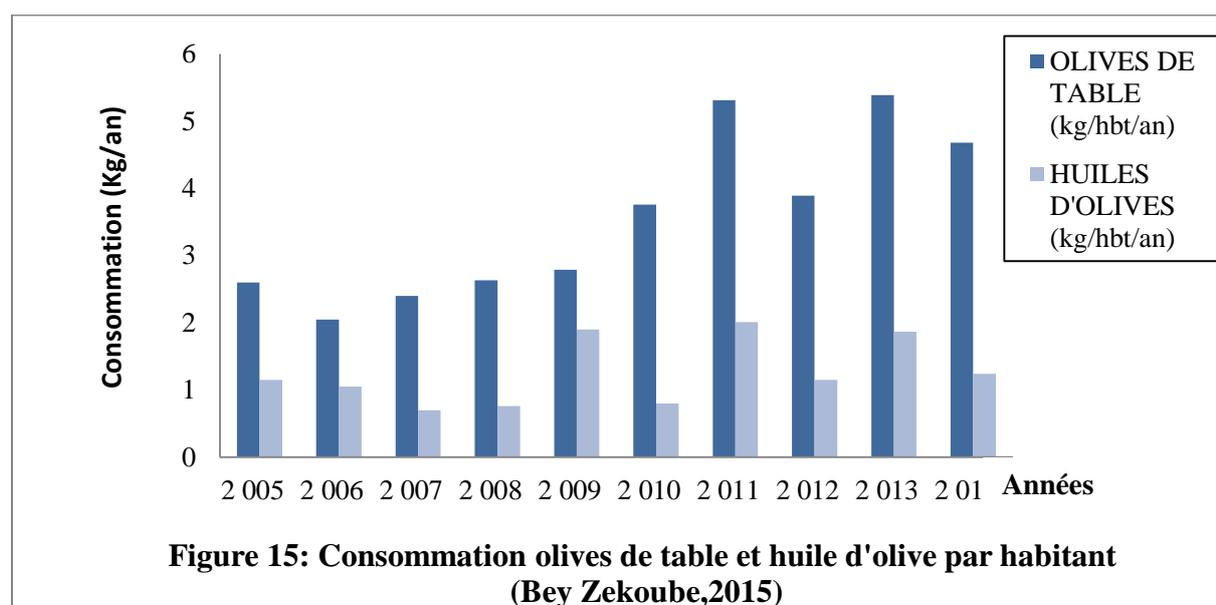


### 5. La production et consommation d'huile d'olive.

Les analyses des données de la production représentées dans la figure 14 révèlent que la production moyenne d'huile d'olive durant la période 2005-2014 présente une irrégularité d'une année à une autre.



La consommation moyenne annuelle par habitant est de 1.26 kg/habitant d'huile d'olive, et 3.89Kg/habitant d'olive de table. Ce niveau de consommation reste très faible par rapport à celui enregistré au niveau des pays producteurs méditerranéens (Figure15).



### 6. Profil variétal.

Selon Mendil et Sebai (2006) l'oléiculture algérienne est caractérisée par une large gamme de variétés qui sont inventoriées par l'ITAFV. Actuellement, le nombre de variétés présentes sur le territoire algérien est de 48 variétés (INRAA, 2006). Selon la destination des fruits de cet arbre, elles ont été classées en variétés à olives de table ou variétés à olives à huile ou variétés dites à deux fins.

Aussi, les plantations oléicoles renferment un assortiment assez riche de variétés qui caractérisent sa zone d'implantation (Bey Zekoube, 2015). Nous retenons principalement :

- ***Chemlal*** : dominante en Kabylie, représente environ 40% du verger oléicole national. C'est une variété rustique et tardive, le fruit est de poids faible et de forme allongée, destinée à la production d'huile, le rendement d'huile est de 18 à 20%.
- ***Sigoise*** : l'olivier de la plaine de Sig, olive de Tlemcen ou olive de Tell, elle occupe 25% du peuplement d'oliviers algériens. C'est une variété de saison à double aptitude mais utilisée principalement pour la production d'olive de table.
- ***Azeradj*** : représente 10% des oliviers cultivées en Algérie, localisée dans la région de Sedouk (Béjaia), souvent en association avec la variété *Chemlal* dont elle est le pollinisateur. C'est une variété de saison utilisée pour double fin, son rendement en huile est de 24 à 28%.
- ***Limli*** : originaire de sidi aich (Bejaia) elle représente 8% de l'oliveraie algérienne. C'est une variété précoce, peu tolérante au froid le fruit est de poids faible et de forme allongée, utilisée dans la production d'huile, son rendement est de 20 à 24%.
- ***Blanquette de Guelma***: originaire de Guelma, assez répandu dans le nord-est de Guelma, Skikda et Constantinois, le fruit de poids moyen et de forme ovoïde, destiné à la production d'huile avec un rendement de 18 à 22%.
- ***Rougette de Mitidja***: se trouve dans la plaine de Mitidja, c'est une variété rustique utilisée pour la production d'huile. Le fruit est moyen et allongé et donne un rendement de 18 à 20%.

### 7. Les contraintes de la filière oléicole en Algérie.

#### 7.1. Contraintes socio-économiques et climatiques.

La filière oléicole algérienne est considérée comme une des six filières stratégiques de l'agriculture algérienne avec la céréaliculture, le lait, la pomme de terre, la viande et la datte (Mendil, 2009).

Cependant, cette filière accuse un retard important en termes de productivité de qualité suite aux contraintes que connaît ce secteur, ce qui nécessite sa modernisation et son développement à travers l'amélioration du processus de production de l'huile d'olive dans toutes ses étapes (les conditions de collecte des olives, de stockage, de transport, de trituration, de stockage de produit fini ), pour augmenter la productivité afin d'assurer les besoins locaux et permettre à l'huile de pénétrer les marchés étrangers( Boudi et *al.*,2013 ).

Parmi ces contraintes nous avons :

- le vieillissement du verger national est l'une des principales causes de la faiblesse des rendements oléicoles (Abdelguerfi, 2003). Il est peu entretenu et voué à l'abandon en raison de l'insécurité et à la détérioration dans plusieurs zones, du fait de l'exode rural et du désintérêt des jeunes durant ces dernières années (Hadjou, et *al.*, 2013).

-la gamme variétale restreinte avec dominance de deux variétés nationales Chemlal et Sigoise, qui malgré leur pouvoir d'adaptation présentent une faible teneur en huile (13.5 et 14%) (Abdelguerfi, 2003).

-la vétusté des équipements des unités industrielles de transformation (sur les 1650 huileries, environ 85% d'entre elles sont des huileries traditionnelles), ce qui engendre des pertes importantes aussi bien en qualité qu'en quantité.

-la majeure partie des exploitations du secteur traditionnel sont petites et de type familial, en effet 50% de ces derniers ont une superficie inférieure à 5 ha ; aussi la fertilisation, taille, l'irrigation sont quasi absentes (Hadjou *et al.*, 2013), et les pratiques culturales souvent traditionnelles (Bey Zekoube, 2015).

-la prédominance des plantations irrégulières et l'absence de travaux d'entretien (Salhi, 2009).

## Analyse bibliographique

---

-le fonctionnement de la filière n'est pas développé, en effet la cueillette des olives se fait encore manuellement. Le transport des olives récoltées se fait dans des conditions difficiles à cause de la faible accessibilité des champs (relief montagneux, absence de route moderne).

-la baisse de l'aide financière de l'état aux oléiculteurs pour l'achat d'un matériel adéquat suite à la crise sociale, économique et politique qu'a connu l'Algérie durant les années 90 a eu des conséquences néfastes sur la filière oléicole algérienne (Mendil, 2009).

-les incertitudes climatiques ainsi que la faiblesse des hauteurs pluviométriques enregistrées au niveau de certaines zones oléicoles et irrégularité des précipitations. En effet la majorité des vergers algériens sont situés sur des sols accidentés généralement pauvres et conduits en agriculture pluviale (Salhi, 2009).

### **7.2. contraintes phytosanitaires.**

L'oléiculture algérienne est confrontée à plusieurs contraintes phytosanitaires en particulier les attaques causées par les microorganismes comme les bactéries, les champignons, et les virus ainsi que certains ravageurs (insectes), qui peuvent occasionner des dégâts non seulement au niveau des feuilles mais également sur des fruits ; ce qui représente une menace pour cette culture. Le tableau IV résume les principaux maladies et ravageurs.

## Analyse bibliographique

**Tableau IV : les principaux bio- agresseurs de l'olivier en Algérie**

Bio agresseurs	Agent causal	Symptômes	Références
<b>Maladies fongiques</b>			
<b>La Verticilliose</b>	<i>Verticillium dahliae</i> (Kleb, 1913)	*flétrissements généralisés *boursofflures sur feuilles *enroulements des feuilles en gouttières	Bellahcène <i>et al.</i> , (2005) ; Benai et Hamadache, (2012)
<b>L'Œil de Paon</b>	<i>Cycloconium oleaginum</i> (Kleb, 1913)	Présence des auréoles brun jaunâtres à verdâtres en forme d'œil sur la face supérieur des feuilles	Guechi et Girre, (2002) Chenaoua, (2010)
<b>La Fumagine</b>	<i>Capnodium oleaginum</i> (Kleb, 1801) ou <i>Fumago salicina</i>	fine pellicule noirâtre sue les feuilles et les branches empêchant en particulier la fonction chlorophyllienne et par conséquent l'affaiblissement total de l'arbre	Benyahia, (2009)
<b>Maladies bactériennes</b>			
<b>La Tuberculose de l'olivier</b>	<i>Pseudomonas savastanoi</i> (Smith, 1908)	Se manifeste par des tumeurs et crevassées et une surface rugueuse	Benai et Hamadache, (2012)
<b>Ravageurs</b>			
<b>La Mouche de l'olive</b> (Diptère : Tephritida)	<i>Bactrocera oleae</i> (Gmelin, 1970)	Olive véreuse, chute des fruits et une détérioration de la qualité d'huile	Gaouar (1980)
<b>La Teigne de l'olivier</b> (Lépidoptère : Teneidae)	<i>Prays oleae</i> (Bernard, 1788)	Chute des boutons floraux et des olives, perte de récolte	Lekikot, (2004) Frah <i>et al.</i> , (2015)

## Analyse bibliographique

<b>La Cochenille noire de l'olivier</b> (Homoptère : Lecanidea)	<i>Saissetia oleae</i> (Sanders, 1909)	Dégâts indirects dû à la sécrétion du miellat, affaiblissement et défoliation de l'arbre	Hobaya et Bendimered, (2012)
<b>La Mouche noire de l'olive :</b> (Homoptère : Diaspididea)	<i>Parlatoria oleae</i> (Lindinger, 1912)	Déformation et décoloration des fruits	Biche et Sellami, (2011)
<b>Le Psylle de l'olivier</b> (Homoptère : Psyllidae)	<i>Euphyllura olivina</i> (Costa, 1839)	La chute totale des fleurs	Babouche et Kellouche, (2012)
<b>Le Neiroun de l'olivier</b> (Coléoptère : Cucurlionidae)	<i>Phieootribus scarabaeoides</i> (Bernard, 1788)	Un dessèchement et une cassure des jeunes pousses	Benai et Hamadache, (2012)
<b>la Cochenille farineuse</b> (Homoptère : Cerococcidae)	<i>Pollina pollini</i> (Costa, 1857)	Ponction de la sève, rejet du miellat et formation de la fumagine	Menzer et <i>al.</i> , (2016)

### **Chapitre II. Etat de connaissance sur les nématodes du sol.**

#### **I. Peuplement des nématodes du sol.**

##### **1. Le sol un système énergétique vivant.**

Le sol est une ressource essentielle pour l'agriculture, et l'élément de base des écosystèmes ; qui s'explique par sa complexité et sa biodiversité encore très mal connu (Anonyme, 2010). Ainsi, la majorité de ses fonctions sont liées à l'activité biologique existante dans celui-ci.

La qualité du sol englobe trois composantes de base qui sont les propriétés physiques, chimiques et biologiques ; par contre son fonctionnement est lié en grande partie aux organismes vivants (racines, macrofaune, microfaune, microorganismes), aux relations biologiques qui s'établissent entre ses différents organismes, et aux relations qu'entretiennent ces organismes avec les constituants organiques et minéraux du sol (Doran et *al.*, 1996).

De même, la production végétale est directement liée à la qualité des sols qui est définie par sa capacité à fonctionner dans le cadre d'un écosystème donné pour entretenir la production biologique, maintenir la qualité environnementale et favoriser la santé des plantes et des animaux (Doran et *al.*, 1996).

##### **1.1. Les caractéristiques du sol.**

Le sol est un milieu polyphasique composé d'une phase solide (minérale et organique), d'une phase liquide, d'une phase gazeuse et colonisé par des organismes vivants (Djigal, 2003).

###### **1.1.1. La phase minérale.**

C'est la fraction la plus importante du sol, elle peut représenter entre 93 à 95% du poids total du sol. Elle est composée de différentes particules minérales élémentaires. La proportion de ces particules définit la texture du sol ou la composition granulométrique.

La texture constitue une importante caractéristique du sol, elle influence plusieurs aspects de son fonctionnement comme la quantité d'eau retenue par le sol, ses capacités d'échange d'électrolytes et de cations (Lavelle et Spain, 2001 in : Djigal, 2003).

###### **1.1.2. La phase liquide.**

L'eau peut être présente dans les sols sous forme de solides, de vapeur et dans sa forme habituelle à l'état liquide (Lavelle et Spain, 2002 in Djigal, 2003), il conditionne l'activité biologique et la plupart des processus physico-chimiques qui se produisent dans celui-ci

## Analyse bibliographique

---

(Stotzky, 1997). C'est aussi le facteur physico-chimique le plus important qui affecte les organismes dans le sol.

### 1.1.3. La phase gazeuse.

Un mélange de gaz et de vapeur d'eau forme l'atmosphère à l'intérieur des pores du sol. Les plus importants de ces gaz sont l'oxygène ( $O_2$ ) provenant de l'atmosphère et le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) provenant des respirations et fermentations des organismes du sol. A part, ces deux gaz une variété d'autres gaz ( $N_2O$ ,  $H_2$ ...) est présente dans l'atmosphère du sol.

La composition de l'atmosphère du sol est cruciale pour la croissance des plantes et l'activité des organismes.

### 1.1.4. La phase organique.

Cette phase organique peut être divisée entre la fraction organique morte et la fraction organique vivante.

- **La fraction organique morte** : elle peut être définie par les restes des animaux, des plantes et des microorganismes en décomposition ou d'autres composés tels que les exsudats des plantes, les excréments des animaux (Lavelle et Spain, 2002 in Djigal, 2003).
- **La fraction organique vivante** : formée d'organismes variés, Parmi ces derniers les bactéries et les champignons représentent l'essentiel de la masse microbienne du sol et assurent la dégradation de la matière organique (Anderson et Domsch, 1978).

Les vers de terre, les termites et les fourmis agissent sur la structure du sol par contre les nématodes, les collemboles et les acariens contrôlent la dynamique des populations des microorganismes et sont définis comme les régulateurs de l'écosystème.

## 1.2- l'organisation du sol.

Elle confère au sol un certain nombre de propriétés qui agissent sur les microorganismes ; sa structure a une importance considérable sur son fonctionnement. D'une part, elle détermine la pénétration des racines dans le sol et d'autre part, elle agit sur les déplacements d'eau et d'éléments nutritifs vers les racines (Lavelle et Spain, 2001 in Djigal, 2003). Aussi, la structure du sol agit directement sur les nématodes du sol en limitant leur déplacement.

# Analyse bibliographique

## 1.3- Fonctionnement biologique du sol.

Le sol est un milieu vivant où se développe une activité très intense à travers un réseau trophique très complexe (Bardgett et Griffiths, 1997). Ce réseau est défini comme une chaîne d'interactions entre différents groupes fonctionnels d'organismes.

D'après Bloem et *al.*, (1997) les réseaux trophiques incluent les microorganismes principalement les bactéries, les champignons, les nématodes et quelques acariens (Figure.16).

Son fonctionnement est lié en grande partie à ces organismes, aux relations biologiques qui s'établissent entre eux et aux relations qu'entretiennent ces organismes avec les constituants organiques et minéraux du sol. Cette biodiversité est considérée comme un paramètre clé du fonctionnement du sol.

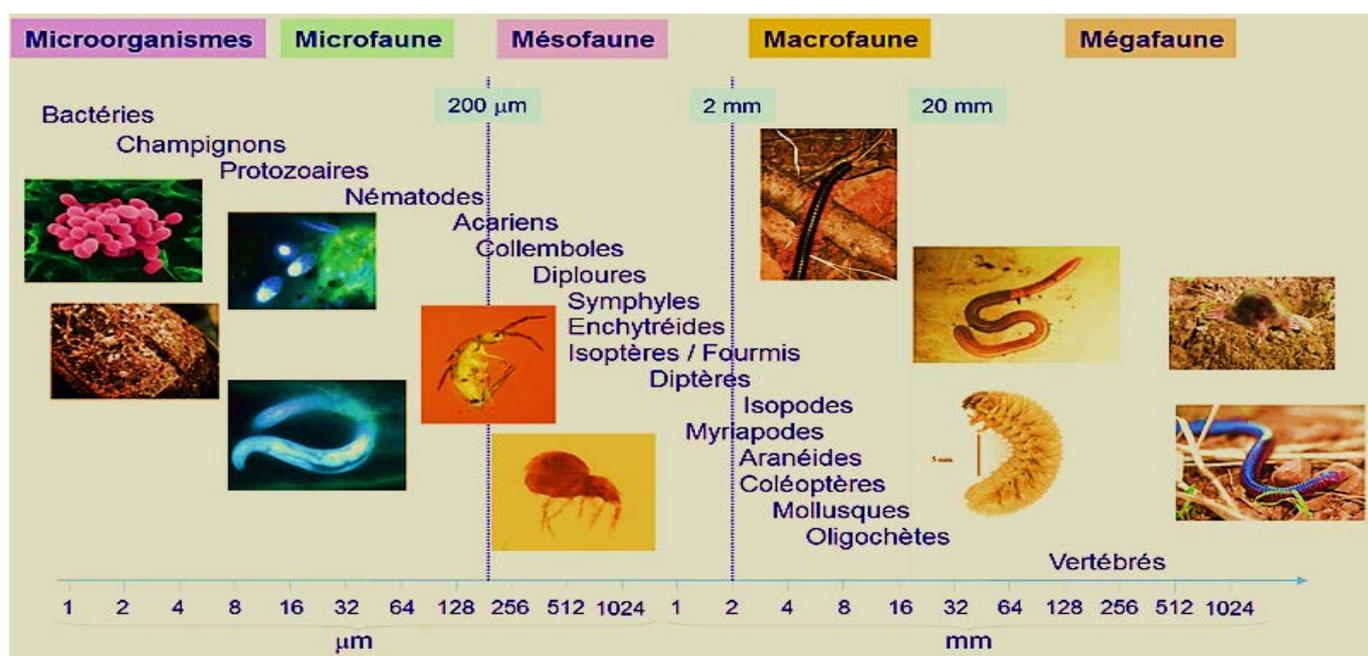


Figure 16 : Représentants de la faune du sol (Swift et *al.*, 1979)

## 2. La communauté de nématode du sol.

### 2.1. Les nématodes du sol.

Les nématodes sont des vers microscopiques dont la taille est de l'ordre de 0,25mm à 3 mm (Siddiqi, 1986) ; mais certaines espèces de l'ordre de Dorylaimida peuvent dépasser 6 à 7mm (Nicholas, 1975 in Djigal, 2003). Ils constituent un des ensembles zoologiques importants du sol (Bongers et Bongers, 1998), et représentent un groupe biologique homogène, les plus abondants de la faune du sol après les protozoaires et les mieux caractérisés d'un point de vue

## Analyse bibliographique

---

taxonomique, ils comptent de 100 à 1000 individus/g de terre, soit de 1 à 30 millions /m<sup>2</sup> (Lee, 2002 ; Floyd et *al.*, 2002 in : Ali, 2015).

Ils forment ainsi un peuplement extrêmement diversifié tant au niveau taxonomique qu'au niveau trophique (Bongers et Bongers, 1998 ; Yeates et Bongers, 1999). Actuellement 30 000 espèces de nématodes sont connues mais ce chiffre ne représente qu'environ 5% du nombre global estimé d'espèces de nématodes (Anonyme, 2010).

D'un point de vue écologique, les nématodes et en particulier les bactérivores et les omnivores, sont impliqués dans différentes fonctions du sol telles que le cycle du carbone et de l'azote, le cycle des éléments minéraux et la décomposition de la matière organique (Ingham et *al.*, 1985 ; Ferris et *al.*, 2004).

Les communautés de nématodes du sol ont fait l'objet d'études dans le but d'estimer l'impact de certaines perturbations sur l'activité biologique des sols par l'utilisation d'indices de biodiversité (Neher et *al.*, 1995 ; Wasilewiska, 1997).

D'après Villenave, (2015) de nombreuses caractéristiques font que les nématodes sont de bon bio- indicateurs :

- Ils sont ubiquistes : donc présents dans tous milieux et sous tous les climats.
- Ils sont abondants : dans un sol ordinaire on trouve de l'ordre de 1 million par m<sup>2</sup>, dont la plupart sont présents dans les trois premiers centimètres de la zone d'enracinement (Gobat et *al.*, 2003).
- Ils présentent une grande diversité taxonomique et fonctionnelle.
- Ils ont un rôle dans la chaîne trophique, en particulier, rôle de régulateurs des micro-organismes.

### **2.2. Les différents groupes trophiques de nématodes du sol.**

Les nématodes sont un ensemble écologiquement hétérogène d'où la nécessité d'une division en différentes fractions. Dans le sol, ils vivent sous forme de communautés soumises à des interactions avec les facteurs biotiques et abiotiques (Yeates, 1994), et jouent un rôle important dans les principaux processus de l'écosystème. Ils sont donc présents à tous les niveaux trophiques de la chaîne alimentaire du sol, ils sont connus comme de bons indicateurs des changements du milieu (Yeates et King, 1997 ; Villenave et *al.*, 2001).

## Analyse bibliographique

---

D'un point de vue fonctionnel, les nématodes peuvent être distingués selon leur comportement alimentaire dans le sol. Chacun des groupes trophiques reflète une des fonctionnalités du sol. Ainsi, le groupe des phytophages ont un effet le plus souvent négatif sur les rendements des plantes cultivées (Baujard et *al.*, 1995), par contre les autres groupes de nématodes particulièrement les bactérivores et les fongivores interviennent de manière positive dans beaucoup de processus qui se déroulent dans le sol (Yeates, 1987).

D'après Villenave (2015), les groupes trophiques de nématodes sont :

### **2.2.1. Les nématodes microbivores.**

Ces nématodes sont représentés par les bactérivores et les fongivores ; ce groupe renseigne sur le compartiment microbien, la dynamique de la matière organique et le recyclage des nutriments.

Ainsi, des expériences en laboratoire ont montré que la prédation des bactéries par les nématodes bactérivores et celle des champignons par les nématodes fongivores permettaient d'augmenter la croissance des végétaux (Ingham et *al.*, 1985).

#### **a. Les nématodes bactérivores.**

Ce groupe est représenté par les nématodes qui se nourrissent de bactéries on trouve les *Rhabditis*, les *Caenorhabditis*, les *Diplogaster*, les *Cephalobus*, les *Alaimus*, le genre *Rhabditis* et *Alaimus* ont la capsule buccale étroite et le genre *Diplogaster* possède une large capsule buccale (Yeates et *al.*, 1993).

Les nématodes tels que le genre *Acrobeles* ont des excroissances sur la partie antérieure appelée proboles qui peuvent être utilisées pour racler les bactéries hors des particules du sol (De Ley, 1991).

Aussi plusieurs études consacrées à ce groupe de nématodes, ont montré que leur implication dans divers processus qui se déroulent dans le sol, pouvant induire des effets positifs sur la plante ; ils dominent en nombre la nématofaune du sol (De Ruyter et *al.*, 1993).

#### **b. Les nématodes fongivores.**

Ces nématodes ont un stoma étroit muni d'un stylet permettant de perforer les tissus mycéliens pour en aspirer le contenu (Arpin et *al.*, 1980). Ce groupe se nourrit donc à partir

## Analyse bibliographique

---

de champignons (Walker, 1984), il est représenté par les genres *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Leptonchus* et *Diphtherophora* (Yeates et al., 1993).

Plusieurs études ont montré l'efficacité des nématodes fongivores dans le contrôle des champignons pathogènes ; ainsi, Rhoades et Linford, 1959 in : Djigal (2003) ont montré que *Aphelenchus avenae* réduit les populations de *Rhizoctonia solani* et *Alternaria tenuis*.

De même , ces nématodes peuvent affecter la croissance des plantes en détruisant les champignons mycorhiziens, comme les espèces du genre, *Aphelenchus*, *Bursaphelenchus* et *Ditylenchus* qui sont mycophages ,ils réduisent la croissance des champignons mycorhiziens (Francl, 1993), ils sont généralement moins abondants que les nématodes bactériovores (Anonyme, 2010).

### **2.2.2- les nématodes prédateurs.**

Ces nématodes sont caractérisés par une large cavité buccale généralement munie de dents puissants et de denticules (Arpin et al., 1980). Ils sont capables de percer puis de sucer le contenu ou d'ingérer d'autres nématodes et des petits animaux .Ils représentent en général entre 0.5% à 5% de la faune nématologique totale (Anonyme, 2010). Ils sont représentés par les genres *Diplogaster*, *Mononchus*, *Nygolaimus*, *Seinura* et *Labronema* (Yeates et al., 1993).

Bien que peu nombreux dans le sol, les nématodes prédateurs peuvent participer activement à l'équilibre biologique des sols. En effet, des études portant sur l'estimation des bilans respiratoires semblent montrer que 15% à 20% du flux total d'énergie de la nématofaune sont attribués aux espèces prédatrices (Arpin et al., 1980).

### **2.2.3- les nématodes omnivores.**

Ce groupe possède une grosse dent creuse qui peut être utilisée comme un stylet pour ponctionner d'autres organismes ou pour aspirer des liquides tel que le genre : *Dorylaimus* .Ces nématodes sont capables de se nourrir de différentes sources de nourriture en fonction des conditions environnementales et de la disponibilité des ressources (Anonyme, 2010).

En effet, ils peuvent se nourrir de protozoaires et éventuellement d'autres nématodes et peuvent également consommer de champignons et des bactéries. Ils peuvent aussi être herbivores et se nourrir de poils absorbants et de cellules d'algues (Freckman et Caswell, 1985).

## Analyse bibliographique

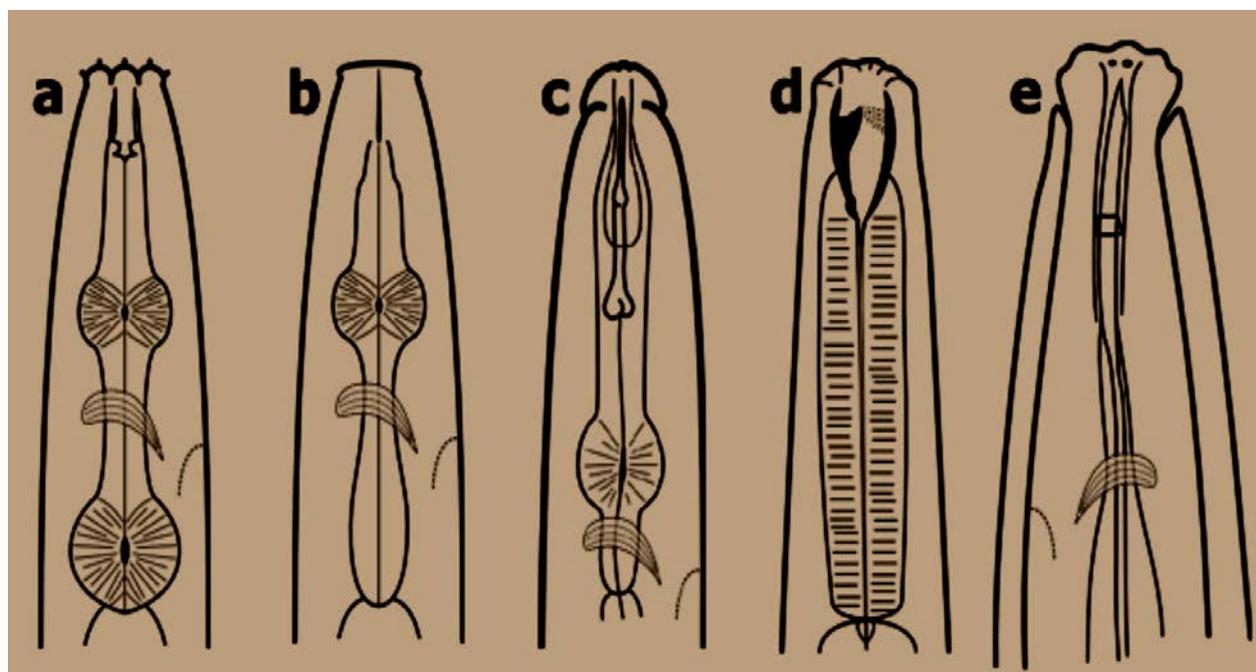
### 2.2.4- les nématodes phytophages.

Ce groupe de nématode se nourrit de végétaux. Ces espèces ont des structures creuses comme des aiguilles qu'elles utilisent pour perforer les parois cellulaires des végétaux puis pour aspirer le contenu des cellules appelées stylet.

Un grand nombre de ces nématodes sont associés à la réduction des récoltes en rapport avec leur densité de population à titre d'exemple : *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus* et *Xiphinema*.

D'autres espèces de la famille des *Longidoridae* et des *Trichodoridae* transmettent des maladies virales aux plantes (Yeates *et al.*, 1993).

Les nématodes phytophages sont des parasites obligatoires. La relation parasitaire avec les plantes hôtes varie suivant le nématode, on distingue les ectoparasites qui se nourrissent à l'extérieur des tissus, les endoparasites migrants qui pénètrent à l'intérieur des tissus pour se nourrir, et les endoparasites sédentaires dont les femelles adultes deviennent en permanence immobiles dans la racine de leur hôte qu'ils transforment en cellules nourricières.



**Figure 17** : la partie antérieure des différents groupes de nématode (Diakhaté, 2014)

(a) bactériophage, (b) fongivore, (c) phytoparasite, (d) prédateur, (e) omnivore

## Analyse bibliographique

---

Les groupes trophiques des nématodes répondent différemment aux diverses conditions de l'environnement et pratiques culturales. Les nématodes bactérivores réagissent couramment aux variations de leur source alimentaire (Zeleney et *al.*, 2004 in Yeates et *al.*, 1993) et pullulent toujours dans les sols très riches en matière organique (Yeates et King, 1997). Les nématodes prédateurs et omnivores sont plus abondants dans les zones naturelles que dans les champs agricoles ceci est dû à leur grande sensibilité aux modifications des sols.

L'étude de Wardle et *al.*, (1995), sur l'effet du sol et de la jachère sur les variations des différents groupes trophiques a montré que le travail du sol stimule modérément les bactérivores et les fungivores alors que les phytophages, les prédateurs et les omnivores sont modérément inhibés.

Cependant les jachères discontinues stimulent les prédateurs et les omnivores par contre elles inhibent les bactérivores, les fungivores et les phytophages.

### **II. Importance écologique de la nématofaune dans le sol.**

Les nématodes sont considérés comme un groupe intéressant pour la bio indication de la qualité du sol, sont très importants dans la chaîne alimentaire du sol et sont reconnus comme des espèces clés au sein de l'écosystème. Ils jouent des rôles majeurs dans de nombreux processus du sol tels que la minéralisation et la décomposition (Anonyme, 2010).

Ils constituent de bons indicateurs du fonctionnement du sol du fait de leur abondance, de leur diversité trophique et des différentes positions qu'ils occupent le long de la chaîne alimentaire (Neher, 2010), par conséquent, leur positionnement à différents niveaux du réseau trophique du sol (bactérivores, fungivores, phytoparasit bactérivores, fungivores, phytoparasites, prédateurs et omnivores) leur confère une meilleure représentativité des organismes du sol que d'autres groupes d'organismes souvent limités à un seul niveau de la chaîne alimentaire (Cecillon, 2008). Ils sont par ailleurs sensibles aux perturbations du milieu notamment aux pratiques agricoles (Villeneuve et *al.*, 2001).

Par ailleurs, le développement des indices nématologiques (Bongers, 1990 ; Ferris et *al.*, 2001 ; Yeates, 2003) reflétant la structure des communautés de nématodes apportent des informations supplémentaires liées à la qualité des sols et des écosystèmes et représentent une avancée significative dans l'interprétation du rôle des communautés de nématodes dans

## Analyse bibliographique

---

les fonctions du sol et fournissent des informations sur le degré de dégradation ou perturbation de l'écosystème (Neher *et al.*, 2005).

### Chapitre III. Les nématodes phytoparasites associés à l'olivier: (*Olea europaea*. L)

Selon Castillo et *al.*, ( 2002), les nématodes phytoparasites sont distribués dans les sols naturels sur un grand nombre de cultures qui peuvent faire subir un préjudice important dans le cas où de fortes densités se présentent dans le sol ou dans les racines. L'olivier est l'un des plantes hôtes de ces nématodes ; plusieurs travaux ont signalé leur présence dans différents pays du monde : l'Italie (Inssera et Vovlas, 1981; Sassenellei, 2009 ), l'Espagne (Nico et *al.*, 2002), la Turquie (Kepenekci, 2001; Cilbricioglu, 2007) , la Jordanie (Hashim, 1983) , la Libye (Edongali , 1989), l'Iran (Sanei et Okhovat, 2011), le Maroc (Ali et *al.*, 2013 ; Ait Hamza, 2015) et la Tunisie (Guesmi et *al.*, 2009).

Vu le manque de données sur la nématofaune de l'olivier en Algérie, excepté la signalisation des genres *Helicotylenchus* et *Pratylenchus*, nous présenterons les plus répandus dans le monde.

#### I. Principaux nématodes associés à l'olivier.

L'olivier est sujet aux attaques dues aux nématodes dont les plus répandus sont :

##### 1. *Meloidogyne* spp (Goeldi, 1892).

Appelé communément (nématode à galles) ce genre renferme actuellement plus d'une centaine d'espèces. Ce sont des endoparasites sédentaires très polyphages avec 5500 plantes hôtes appartenant quasiment à toutes les familles botaniques (Block et *al.*, 2009). Ils provoquent des galles sur les racines, ces symptômes sont caractéristiques de ce genre.

Le premier nématode à galle *Meloidogyne* sur culture d'olivier a été signalé par Buhner et *al.*, (1933) in : Ali et *al.*, (2014) aux Etats Unis, depuis, plusieurs espèces de *Meloidogyne* ont été signalées : *M.incognita*, *M.javanica*, *M.arenaria*, *M.lusitanica* *M.spartelensis* et récemment *M.baetica* rapportée dans le sud de l'Espagne. Les travaux ont montré que cette dernière est spécifique à l'olivier, cependant *M.incognita* et *M.javanica* sont plus répandues au monde spécialement dans le bassin méditerranéen (Castillo et *al.*, 2010).

##### -*Meloidogyne javanica* (Treub, 1885, Chitwood, 1949) :

L'espèce a été signalée en Espagne sur les jeunes oliviers avec un nombre de 163 à 468 larves du deuxième stade par 100 cm<sup>3</sup> de sol et 421 à 1549 œufs par gramme de racines (Nico et *al.*, 2002). De même cette espèce a été aussi trouvée sur l'olivier en Italie, en Argentine, en Jordanie, en Libye et en Grèce.

## Analyse bibliographique

---

Aussi, les travaux d'Ali et *al.*,(2013) ont montré la prédominance et l'abondance de cette espèce sur les vergers d'olivier au Maroc. En Tunisie, cette espèce a été observée sur les racines de l'olivier à Nabeul en Tunisie (Guesmi et *al.*, 2009).

### **-*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) :**

Elle a été signalée sur les variétés 'Manzanilla' , 'Cornicabra' et 'Picual' avec un taux de 13 à 393 larves du deuxième stade par 100 cm<sup>3</sup> de sol, mais les hautes fréquences ont été enregistrées sur la variété 'Manzanilla' à un taux de 14.8 à 18.5% puis en faibles taux de 4.8% et 5.9% respectivement sur les variétés 'Cornicabra' et 'Picual' (Nico et *al.*, 2003).

Aussi Castillo et *al.*,(2003) notent la présence de cette espèce sur l'olivier sauvage et cultivé au sud de l'Espagne.

Les travaux de Guesmi et *al.*,(2009) et de Edongali (1989) ont cité cette espèce respectivement en Tunisie et en Libye. De même cette espèce a été notifiée en Italie par Lamberti et Di Vito (1972).

### **-*Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889 ; Chitwood, 1949):**

Cette espèce a été notée en pépinières sur les variétés 'Picual' et 'Arbequina', elle cause des défoliations et un jaunissement des feuilles (Sasanelli et *al.*, 2002). Ces symptômes sont d'autant plus sévères lorsque l'infection est due par *M.javanica* et *M.arenaria* que lorsqu'elle l'est par *M.incognita* (Nico et *al.*, 2002 ; Sasanelli et *al.*, 2002 ).

Au Maroc, cette espèce a été décelée par Ali et *al.*, (2014) et en Tunisie par Guesmi et *al.*,(2009).

### **-*Meloidogyne baetica* (Castillo, Vovlas, Subbotin et Troccoli, 2003):**

Appelée également « Mediterranean olive root-knot nématode ». C'est une nouvelle espèce qui a été rencontrée au sud de l'Italie par Castillo et *al.* , (2003). Elle possède la capacité de se reproduire uniquement sur olivier sauvage ou cultivé, elle provoque le jaunissement des feuilles suivi de défoliations partielles.

### **-*Meloidogyne spartelensis* :**

Castillo et *al.*,(2003) notent la présence de cette espèce sur l'olivier sauvage et cultivé au Sud de l'Espagne. Au nord du Maroc elle a été décrite comme nouvelle espèce sur l'olivier par Ali et *al.*, (2014).

## Analyse bibliographique

---

### **-*Meloidogyne lusitanica*.**

Une nouvelle espèce qui a été signalée en 1991 par Abrantes et Santos sur la culture de l'olivier au Portugal .Par la suite elle a été trouvée au sud de l'Espagne au niveau des pépinières d'oliviers (Nico et *al.*, 2002).

### **2. *Pratylenchus spp* (Filipjev, 1936).**

Ce sont des nématodes endoparasites migrateurs qui causent des lésions sur les racines, tous les stades peuvent être infectieux (Nico et *al.*, 2002). Le genre *Pratylenchus* renferme de nombreuses espèces inféodées à l'olivier : *Pratylenchus fallax* (Seinhorst, 1968); *Pratylenchus thornei* (Sher et Allen, 1953); *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann, 1898 ; Filipjev & Schuurmans-Stekhoven, 1941), cette dernière a été trouvée sur les vergers jeunes en Australie (Lamberti et Vovlas, 1993 in: Castillo *et al.*, 2010) . Cependant, les dommages causés par ces espèces n'ont pas été estimés. Les principales espèces les plus fréquemment diagnostiquées comme étant très dangereuses dans les pays tempérés sont : *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) et *Pratylenchus vulnus* (Allen & Jensen., 1951) et qui sont largement distribuées dans le monde et affectent significativement la production de l'olivier. Elles entraînent une sévère défoliation, une chlorose des feuilles, un raccourcissement des entrenœuds, des lésions et des nécroses sur les racines (Lamberti et Baines, 1969 in : Nico et *al.*, 2003).

En Algérie, Troccoli et *al.*, (1992) rapportent la présence de *Pratylenchus thornei* sur olivier dans la région de boufarik.

Deux espèces de *Pratylenchus* : *penetrans* et *coffeae* ont été isolées à partir des racines d'olivier dans quatre localités de la Tunisie (Guesmi et *al.*, 2009).

Palomares-Rius et *al.*, (2014) notent la présence de *Pratylenchus oleae* une nouvelle espèce sur l'olivier sauvage et cultivé au sud de l'Espagne et au centre de la Tunisie.

Au Maroc, ce genre est signalé au sud du pays par Ait Hamza et *al.*, (2015), il est considéré comme important causant des pertes sur l'olivier.

### **3. *Helicotylenchus spp* (Steiner, 1945).**

Ce sont des ectoparasites, qui occasionnent des dommages très sérieux sur des plantes déjà souffrant de stress biotiques ou abiotiques (Coyne et *al.*, 2010). Plusieurs espèces s'attaquent à l'olivier et provoquent des nécroses racinaires et sont considérées comme susceptible d'affecter la croissance des arbres d'olivier (Cilbircioglu, 2007). Il s'agit de: *H. dihystra*

## Analyse bibliographique

---

(Cobb, 1893), *H. digonicus* (Perry and Thorne, 1959), *H. erythrinae* (Zimmermann, 1904) et *H. oleae* (Inserra et al., 1979).

Ces nématodes peuvent se comporter en semi-endoparasites migrants, c'est le cas de l'espèce *Helicotylenchus multicinctus* qui peut causer des lésions plus superficielles que celles de *R. similis* et de *P. coffeae*, les stades juvéniles et les deux sexes sont infectieux et capables de se nourrir de cellules corticales de la racine (Gowen, 1979).

Au sud du Maroc, ce genre a été trouvé aussi bien sur l'olivier sauvage que cultivé par Ait Hamza et al., (2015).

### **4. *Xiphinema* spp (Cobb, 1913).**

Ce sont des ectoparasites migrants perpétrant des pertes très sévères sur olivier, ils se nourrissent des cellules racinaires sans les modifier (Castillo et al., 2010). Leur pathogénicité est due essentiellement à leur transmission des maladies virales. Plusieurs espèces de *Xiphinema* sont associées à l'olivier, parmi lesquelles nous citons: *X. italiae*, *X. pachtaicum*, *X. ingens* ont été isolées des oliveraies non irriguées (Hashim, 1983).

En Italie, De Luca et al., (2013) identifient l'espèce *X. macroacanthum* sur olivier au sud de l'Italie. De même, *X. aequum*, et *X. index* ont été signalées en Italie et en Grèce sur la variété FS17 et le porte-greffe DA 12I (Ciancio et Mukerji, 2009).

En Tunisie, six espèces de xiphinema ont été trouvées sur la culture de l'olivier avec différentes fréquences il s'agit : *X. conorum* (13,7%) ; *X. italiae* (36,4%) ; *X. meridianum* (13,7%) ; *X. pachtaicum* (18,2%) et *X. robbinsi* (9,1%) (Guesmi-Mzoughi et al., 2017).

En Chili ces nématodes sont considérés comme très pathogènes sur culture de l'olivier, tandis qu'en Amérique ils sont responsables de 5 à 10% de dégâts.

### **5. *Tylenchulus* spp (Cobb, 1913).**

Nématode du citronnier, il est connu comme spécifique aux agrumes. Ces nématodes semi – endoparasites sont connus pour leur pathogénicité sur agrumes, ils ont été décelés sur olive en Californie, en Chili et en Italie (Mckenr, 1994 in : Ali et al., 2014) , l'espèce *T. semipenetrans* a été rencontrée sur verger d'olivier où le citronnier n'est pas cultivé (Inserra et al., 1980) et en pépinière d'olive en Algérie (sellami et al., 2014).

### **6. *Rotylenchulus* spp (Linford et Oliveira, 1940).**

Le Nématode du genre *Rotylenchulus*, appelé aussi nématode réniforme est un semi endoparasite ; trois espèces ont été rencontrées sur la culture de l'olivier, il s'agit : *R.*

## Analyse bibliographique

---

*macrodoratus*, *R. macrosoma*, *R. reniformis*. Ces espèces ont été enregistrées en Algérie (Lamberti et al., 1975 b), en Grèce (Hirschmann et al., 1968 in : Ali et al., 2014), en Israël (Dasguta et Raski, 1968 in: Ali et al., 2014) et en Italie (Vovlas et Lamberti, 1974).

L'espèce, *R. macrosoma* est plus abondante dans les vergers de l'olivier au sud de l'Espagne mais elle n'a pas été signalée au niveau des pépinières. En revanche, contre *R. macrodoratus* a été rapportée au niveau de régions méditerranéennes comme la Grèce et l'Italie.

En Tunisie, ce genre a été décelé dans la rhizosphère de l'olivier par Guesmi et al., (2009).

### 7. Autres nématodes rencontrés sur l'olivier.

Les Trichodoridae sont des nématodes qui ont été signalés sur olivier. Ce sont des ectoparasites, polyphages, largement distribués dans le monde et causent des dégâts à une grande variété de plantes.

Trois espèces de *Paratrichodorus* et dix espèces de *Trichodorus* ont été signalées sur les vergers de l'olivier en Italie (De Waele et al., 1982 ; Decraemer, 1995 in Ali et al., 2014) ; au Portugal (Almeida et al., 1989) et en Espagne (Decaemer et al., 2013).

Les nématodes appartenant à la famille des Telotylenchidae sont représentés par le genre *Tylenchorhynchus* avec treize (13) espèces recensées dans différentes zones de production de l'olivier principalement dans le bassin méditerranéen (Ali et al., 2014).

L'espèce *Tylenchorhynchus mediterraneus* a été signalée pour la 1<sup>ère</sup> fois dans les vergers oléicoles en Tunisie par Guesmi et al., 2016b).

Une autre espèce a été également rencontrée également sur olivier en Italie, l'Espagne et le Portugal ; il s'agit de *Gracilacus peratica* un ectoparasite appartenant à la famille des Paratylenchidea (Inserra et Vovlas, 1977 in Ali et al., 2014) ; cependant *Gracilacus teres* n'a été signalée qu'en Espagne (Pena Santiago et Geraert, 1990).

## II. Distribution des nématodes phytoparasites de l'olivier.

Les travaux effectués sur la distribution des nématodes phytophages de l'olivier ont montré que ces derniers sont présents dans la plupart des pays producteurs d'olivier. Parmi ces travaux nous citons ceux de Castillo et al., (2010) ; Ali et al., (2013) ; Ait Hamza et al., (2016) ; Ali (2015).

Le nombre de genres le plus important a été enregistré en Espagne avec 38 genres suivi de la Jordanie 28 genres, l'Italie 24 genres, la Grèce et la Turquie présentent un nombre de genre respectivement de 10 à 20. Cependant, ces données ne peuvent en aucun cas traduire la vraie

## Analyse bibliographique

---

diversité des NPP sur la culture de l'olivier étant donné leur absence concernant certains pays. Aussi, les plus importants genres décelés dans ces pays sont: *Helicotylenchus*, *Longidorus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Tylenchulus*, *Criconemoides*, *Tylenchorhynchus* et *Xiphinema*.

### III. Interactions nématodes avec les autres organismes phytopathogènes.

Plusieurs maladies de plantes résultent de l'interaction conjuguée de plusieurs agents pathogènes. Ainsi, les nématodes jouent un rôle important dans ce type de synergie ; ils agissent souvent avec les champignons, les bactéries et les virus et leur présence augmente l'incidence des attaques des végétaux (Ciancio et Mukerji, 2009).

#### 1. Interaction : Nématode /champignons.

L'interaction la plus connue est celle de *Verticillium dahliae* : agent causal de la verticilliose de l'olivier avec *Meloidogyne javanica*. (Thanassouloupoulos, 1993). Cette association entraîne une réduction de la croissance des plants d'olive avec des chloroses et tâches nécrotiques plus accentuées en présence des deux pathogènes (Saeedizadeh *et al.*, 2003). De même, les dommages causés par *Heterodera mediterranea* deviennent importants en présence de *Verticillium dahlia* (Castillo *et al.*, 1999 in : Ali *et al.*, 2014).

#### 2. Interaction : Nématode/virus.

Certaines espèces de nématodes sont également capables de transmettre des virus entraînant des maladies dans un large éventail d'arbres fruitiers y compris l'olivier qui constitue un hôte naturel des Népovirus comme : « Arabic Mosaic Nepovirus (ArMV) », « Strawberry Ring Spot Sadwavirus » (SLRSV) « et Cherry Leaf Roll Virus « (CLR) sont transmis par *Xiphinema diversicaudatum* et *Xiphinema vuittenezi* (Castillo *et al.*, 2010).

Aucun symptôme spécifique ne se produit sur oliviers et ces virus vivent à l'état latent. Par ailleurs, des symptômes occasionnels de malformations de SLRSV se manifestent sur les fruits: cas de la variété Ascolana (Gadani *et al.*, 1986).

#### 3. Interaction : nématodes /nématodes.

L'interaction la plus connue sur la culture d'olivier est celle des *Meloidogyne* avec les *Pratylenchus* qui peut engendrer la compétition entre les espèces des nématodes sur les racines de cette culture (Nico *et al.*, 2002). Selon, Lamberti *et al.*, (2001), la reproduction de *Pratylenchus vulnus* sur variétés 'Leccino 'et 'Pendolino est réduite considérablement en présence de *M. incognita*.

### IV. Gestion des nématodes phytoparasites de l'olivier.

La gestion des nématodes phytoparasites consistent à la réduction ou au maintien de leur densité à un niveau inférieur au seuil de nuisibilité en utilisant plusieurs stratégies qui permettent une production agricole durable.

#### 1. Les mesures prophylactiques.

La gestion des nématodes de l'olivier est basée sur la prévention et consiste à empêcher la propagation du parasite en éliminant les sources de contamination.

Ces mesures consistent à empêcher l'accès aux nématodes à une région ou d'un système protégé (Castillo *et al.*, 2002). Elle est considérée comme étant le premier outil de lutte préventive contre les nématodes de l'olivier où les fortes chances d'infestation d'un agro écosystème peuvent être dues à l'usage accidentel du matériel végétal infesté (Stukenbrock et Mc-Donald, 2008). Ces mesures de contrôle ont été établies principalement en pépinières d'olivier (Castillo *et al.*, 2010).

-il est conseillé d'éviter tous type de substrats contaminés, ce principe de base est celui utilisé avec succès dans le programme de lutte contre plusieurs nématodes des arbres fruitiers.

- la désinfection du sol et les substrats en pépinières par l'application des traitements chimiques et vue leur phytotoxicité, ils devraient être appliqués avant plantation (Hashim, 1982).

-la mise en place de pépinières sur des sites n'ayant pas précédemment abrités des cultures hôtes de nématodes (Diongue, 1996).

-la maîtrise de l'irrigation est un élément important dans le contrôle des nématodes: il s'agit d'éviter les excès d'eau, voie favorable à leur dissémination, les arrosages à la raie par exemple sont à proscrire pour cela un choix judicieux de l'eau de source sûre doit être pris en compte (Djian-Caporalino *et al.*, 2009).

-la désinfection du sol et substrats en pépinières par des nématicides en pré-plantation (Hashim, 1982).

-l'introduction des plants sains par l'établissement des programmes de la certification en pépinières et l'application quarantaine (Castillo *et al.*, 2002). Des mesures de contrôle aux frontières pour éviter l'introduction de nouvelles populations sur un territoire s'avère indispensable.

### 2. La lutte chimique.

Les moyens employés consistent à désinfecter les sols contaminés à l'aide de nématicides fumigants agissant par leur vapeur toxique qui saturent l'atmosphère en remplissant les pores du sol et tuent les nématodes par asphyxie. Leur emploi est difficile et nécessite un appareillage assez complexe et sont utilisés avant la mise en place des cultures (Whitehead, 1998).

Les nématicides systémiques qui agissent par ingestion et inhibent la pénétration des nématodes dans les plantes hôtes, sont utilisés pour la protection des cultures en place. Selon Regnault-Roger et *al.*, (2005), les *Meloidogyne* principalement l'espèce *M. incognita* sont les nématodes les plus traités dans le monde par les nématicides.

Cependant, Les traitements chimiques peuvent contaminer les nappes phréatiques et être dangereux pour l'applicateur, l'environnement et le consommateur. Actuellement, Le nombre de nouvelles molécules nématicides de synthèse est faible car il est amoindri chaque année suite aux décisions prises par l'Union Européenne et le protocole de Montréal avec le retrait des fumigants depuis 2009 (Norshie et *al.*, 2016).

En Italie, l'application de dichloropropane-dichloropropène (D-D) en pré-plantation, à une dose de 15ml/m<sup>2</sup>, autour de plants d'oliviers infectés par *Helicotylenchus erythrinae* et *Meloidogyne* spp, améliore la croissance des oliviers (Hashim, 1982). Les principaux fumigants couramment utilisés pour lutter contre les nématodes de l'olivier sont le dazomet et métamsodium (Castillo et *al.*, 2010).

En Egypte, Shawky et *al.*, (2004) rapportent l'efficacité de cinq nématicides systémiques contre les nématodes à galles: le Fénamiphos, l'Ethoprophos, le Carbofuran, l'Oxamyl, et l'Aldicarbe avec une réduction des populations (Castillo et *al.*, 2010). L'efficacité du phosthiazate (organothiophosphate) contre *Meloidogyne* spp sur olivier a été rapportée par Ciancio et Mukerji (2009).

### 3. La lutte physique.

Plusieurs procédés physiques sont utilisés pour gérer les nématodes phytophages, parmi lesquels nous avons :

-La solarisation du sol qui est un processus hydrothermal par lequel le sol humide est chauffé sous des films plastiques transparents à des températures très élevées aux agents pathogènes transmis par le sol tels que les nématodes (Wesemael et Nicole, 2011). C'est une méthode

## Analyse bibliographique

---

d'assainissement des sols obtenue par l'élévation des températures du sol humide en couvrant la surface du sol avec un film transparent qui capte les rayonnements solaires (Ciancio et Mukerji, 2009). Dans le bassin méditerranéen, cette méthode est pratiquée pendant la période estivale. Elle peut aboutir à un excellent contrôle étant donné qu'elle est combinée avec d'autres méthodes comme les amendements organiques, la rotation des cultures, la résistance variétale en lutte intégrée. Cependant, son efficacité pour la gestion des nématodes à galle est variable suite à la complexité du mode d'action et l'influence des conditions de l'environnement (Stapleton, 2000 ; Ciancio et Mukerji, 2009).

En Espagne, l'efficacité de la solarisation du sol à 40cm de profondeur pendant 3 semaines a été testée au niveau des pépinières d'olivier contre les nématodes à galles (Nico et al., 2003), *P. vulnus* et *P. penetrans* (Castillo et al., 2010).

De même, en Californie cette technique a permis de contrôler *T. semipenetrans*, *P. vulnus* et *Criconemoides xenoplax* (Stapleton et al., 1999 in: Luc et al., 2005). Selon, Culman et Plowright (1998), l'intérêt de cette méthode réside dans la gestion de plusieurs nématodes phytophages mais également contre les champignons du sol tels que *Verticillium sp*, *Fusarium sp* et le *Rhizoctonia sp* ; les bactéries : *Agrobacterium sp*, les acariens comme le *Rhizoglyphus robiniainsi* ainsi que des plantes parasites telles que l'orobanche et les mauvaises herbes (Gaur et Perry, 1991; Sellami et Lounici, 2000 ; Minuto et al, 2006; El-keblawy et Al-hamadi, 2009).

La thermothérapie est une technique de désinfection du matériel végétal. Elle consiste à tremper les racines nues de plants d'olivier dans de l'eau chaude (Luc et al., 2005). Des plants d'olivier trempés dans de l'eau chaude à une température de 45°C pendant 25 minutes ont permis de contrôler *T.semipenetrans* Agrios (2005). Selon Hashim (1982), cette technique réduit l'infection des plants d'olivier causée par *Meloidogyne* spp.

### **4. La lutte génétique.**

Actuellement, l'utilisation de la résistance variétale constitue une alternative efficace et respectueuse de l'environnement pour réduire les populations de nématodes phytophages sous leur seuil de nuisibilité (Castagnone-Sereno et Djian-Caporalino, 2011). Cependant les données concernant les nématodes de l'olivier restent rares.

Ainsi, en Egypte plusieurs variétés d'olivier ont été testées vis à vis à *M. incognita* et *R. reniformis*, ces travaux ont montré que les variétés Tofany et Meashon présentent une résistance vis-à-vis *M. incognita* et modérément sensibles à *R. reniformis*.

## Analyse bibliographique

---

De même, Les variétés Manzanillo et Egazi se sont révélées sensibles à *M. incognita* mais tolérantes à *R. reniformis*. Enfin, les variétés Hamed et Bekwal sont sensibles à *M. incognita* et à *R. reniformis* (Al-Sayed et Abdel-Hameed, 1991 in: Castillo et al., 2010).

En Italie, la résistance des variétés Ascolano et Manzanilla, vis-à-vis de *Meloidogyne hapla* et *M. javanica* a été rapportée par Lamberti et Baines, (1969) in Nico et al.,(2003).

Selon Sasanelli et al. (1999), les variétés FS17 et DA12 I se sont montrées résistantes à *X. index*, cette résistance été corrélée à la teneur du phénol et à l'activité peroxydase dans les feuilles et dans les racines de l'olivier (Ridolfi et al., 2001).

### 5. La lutte biologique.

#### \*les amendements organiques :

L'incorporation des amendements organiques représente un moyen très intéressant dans la gestion des nématodes phytoparasites. L'apport d'amendements organiques favorisent le développement des organismes antagonistes aux nématodes, en augmentant la tolérance des plantes aux nématodes et en libérant certains acides organiques et enzymes après décomposition de la matière organique par les microorganismes du sol qui sont toxiques pour les nématodes tels que l'ammonium (Oka et al., 2006).

#### \* les champignons mychorriziens

La lutte biologique contre les nématodes de l'olivier a fait l'objet des recherches sur l'utilisation des mycorhizes. Ces derniers influencent la colonisation des racines par d'autres micro-organismes, et réduisent la sensibilité des racines aux nématodes et les champignons phytopathogènes (Selvaraj et Chellappan, 2006).

Selon Castillo et al.,(2006) , les espèces *Glomus intraradices* , *G. mosseae* et *G. viscosum* testées vis-à-vis de *Meloidogyne incognita* et *M. javanica* sur deux cultivars d'olivier Arbequina et Picual ont permis une augmentation de la croissance des plants d'olivier de 88,9%. De plus, une réduction de la sévérité de galles de 6,3 à 36,8% ainsi qu'une inhibition de la reproduction de *Meloidogyne* spp de 11,8 à 35,7% a été relevée respectivement pour les deux cultivars.

#### \* La Biofumigation

La biofumigation est une méthode biologique visant à réduire le nombre de pathogènes, de ravageurs et de semences de mauvaises herbes dans le sol. Elle est basée sur l'utilisation de plantes riches en glucosinolates, qui appartiennent principalement à la famille des Brassicacées. Lors de la décomposition de ces plantes, les glucosinolates sont transformés en

## Analyse bibliographique

---

isothi- thiocynates sous l'action de l'enzyme myrosinase. Les isothi-et thiocynates sont volatiles et toxiques pour certains organismes du sol (Bello et *al.*, 2001). Plusieurs études ont montré que ce processus permet non seulement la réduction de la population des nématodes phytoparasites et parfois la désinfection des sols des agents pathogènes mais aussi l'amélioration de la fertilité du sol (Bello et *al.*, 2004). Les Poacées font aussi partie des plantes actuellement étudiées pour leur vertu en biofumigation, car riche en cyanure d'hydrogène (Regnault-Roger et *al.*, 2005). Le sorgho fourrager, s'est révélée être biocide de façon non spécifique contre les nématodes en réduisant le taux de reproduction. Ainsi, Nico (2002) rapporte que l'utilisation du sorgho broyé à une concentration de 2 à 4% comme biofumigant permet une réduction des effectifs de *Meloidogyne incognita* en pépinières sur les plants d'oliviers.

### **6. La lutte intégrée.**

Un seul moyen de lutte reste insuffisant pour réduire les populations de nématodes. La stratégie de la lutte intégrée qui repose sur l'association de plusieurs méthodes paraît par conséquent la meilleure solution et permet une réduction plus durable et plus efficace des effectifs de nématodes pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables (Whitehead, 1998). Elle contribue aussi à réduire les risques de l'utilisation des nématicides.

# **Partie expérimentale**

### 2<sup>ème</sup> Partie : Partie expérimentale

#### Chapitre IV: Evaluation de la communauté de nématodes associée à l'olivier.

##### Introduction

Les sols abritent une immense diversité d'organismes qui participent à leur fonctionnement. Parmi ces organismes, les nématodes représentent le groupe d'organismes pluricellulaires le plus abondant, ils sont largement répartis dans le sol, leurs communautés sont composées de diverses espèces selon leurs tendances alimentaires (Gomes et *al.*, 2009). Ils occupent des positions variés dans le réseau trophique du sol ce qui leur confère un rôle central dans le fonctionnement des écosystèmes (Villenave et *al.*, 2009).

D'après Coll et *al.*, (2013), la nématofaune du sol est un bio indicateur qui permet de mettre en lumière les changements biologiques et joue un rôle clé dans la chaîne trophique, en particulier rôle de régulateur des micro-organismes et la stabilité de la chaîne trophique.

Afin d'étudier les propriétés biologiques du sol les écologues ont proposé des indicateurs biologiques basés sur l'étude des communautés de faune comme les lombricidés, les collemboles ou encore les nématodes (Cecillon, 2008).

Ainsi, Neher et Darby, (2006); Ferris et *al.*, (2001) ont développé des indices nématofauniques qui permettent de décrire le fonctionnement du sol grâce à la structure et la composition de cette communauté. De même, Bongers(1990), rapporte qu'à partir de l'identification des nématodes et la connaissance de leurs comportements alimentaires et leurs stratégies démographiques, on peut calculer ces indices qui permettent d'interpréter la qualité des sols ainsi que l'évaluation de la durabilité des écosystèmes et de la biodiversité. Notre étude vise à étudier et à recenser la communauté de nématode inféodée sur la culture de l'olivier à travers différentes zones oléicoles en Algérie, ainsi que la variation des indices écologiques des peuplements nématodes dans les sites d'études et la détermination des groupes trophiques existant au sein de la communauté.

# Partie expérimentale

---

## I. Matériel et méthodes.

### 1. Présentation des sites d'études.

Pour mener notre étude sur la diversité de la communauté de nématodes associée à l'olivier en verger en Algérie, nous avons effectué des prospections dans différentes zones oléicoles afin d'avoir une image globale sur la richesse de ces nématodes. Pour cela des prélèvements des échantillons de sol ont réalisés dans des stations réparties dans 12 wilayas (Figure 13).

-**zones du Centre** : représentées par : Boumerdès, Tizi ousou, Blida et Bouira.

-**zones de l'Ouest** : comprenant : Mascara et Relizane.

-**zones de l'Est** : comme : Béjaïa, Sétif et Bordj Bou Arreridj.

-**zones du Sud** : avec les wilayates de Biskra, Laghouat, et El Oued.

#### 1.1. Les zones du Centre.

##### - La Wilaya de Tizi-Ouzou

La Wilaya de Tizi-Ouzou est située à 100 km à l'Est de la capitale Alger, La ville est située à une altitude de 200 m.

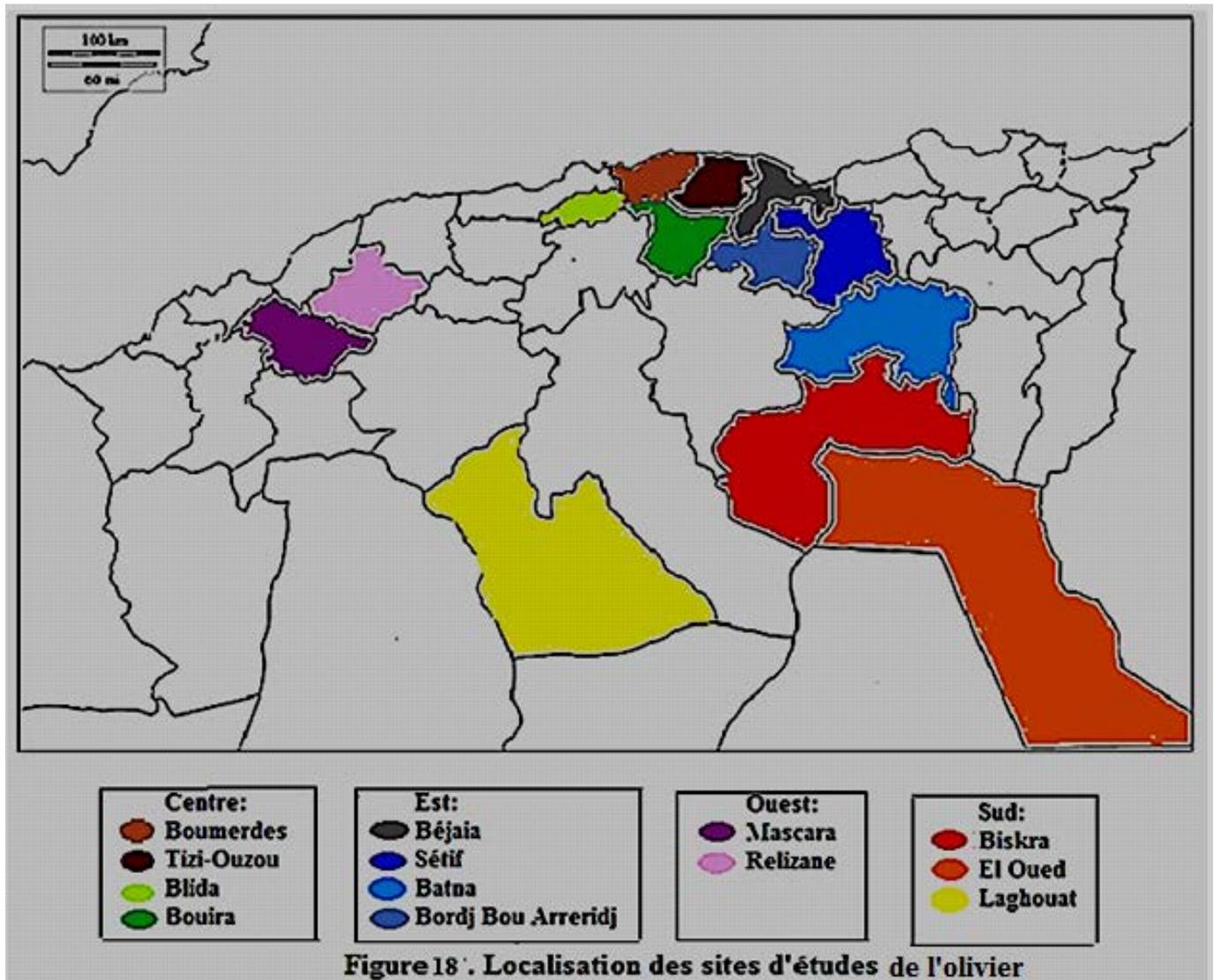
Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen, caractérisée par un hiver pluvieux, neigeux et frais avec des températures allant de  $-5^{\circ}$  à  $15^{\circ}\text{C}$  et un été sec et chaud et des températures qui oscillent entre  $30^{\circ}$  et  $45^{\circ}\text{C}$ . La période sèche s'étend généralement de la fin mai jusqu'à octobre. Les vallées et les plaines sont les régions les plus chaudes.

##### - La Wilaya de Bouira

La Wilaya de Bouira située au sud-est d'Alger dans la région de Kabylie, est bordée par les chaînes montagneuses de Djurdjura et de Bibanes. Elle est caractérisée par le relief montagneux au nord et les plaines au centre.

La wilaya est caractérisée par un climat chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. La pluviométrie moyenne est de 660 mm/an au nord et de 400 mm/an dans la partie sud. Les températures varient entre 20 et  $40^{\circ}\text{C}$  de mai à septembre et de 2 à  $12^{\circ}\text{C}$  de janvier à mars.

## Partie expérimentale



### - La Wilaya de Boumerdès

La Wilaya de Boumerdès se trouve à 45Km à l'Est de la capitale d'Alger et à 52 Km à l'ouest de Tizi-Ouzou, c'est une wilaya côtière du centre du pays, située dans le nord de la Kabylie. C'est une wilaya à vocation agricole ; se trouvant au sein des chaînes de l'Atlas Tellien.

La wilaya est caractérisée par un climat méditerranéen à hivers froids et humides et à étés chauds et secs. La pluviométrie est irrégulière et varie entre 500 et 1300 mm/an. Il y a lieu de signaler que la Wilaya est considérée parmi les régions les plus arrosées au niveau national.

La température moyenne annuelle de cette wilaya est de 17,75°C. La période chaude s'étale de Juin à Septembre, le mois le plus chaud est Juillet (32,7°C) et le plus froid est Janvier (6,6°C).

## Partie expérimentale

---

La région de Boumerdès connaît tout au long de l'année des vents d'intensités et de directions variables. Les vents dominants sont ceux de l'Ouest et du Nord-Ouest et soufflent en prédominance de novembre à avril. Le sirocco, vent chaud et sec qui souffle du sud vers le nord, se manifeste en général à partir du mois de mai et peut se poursuivre jusqu'au mois de Septembre. Il souffle en moyenne 18 jours par an.

### **- La Wilaya de Blida**

La Wilaya de Blida fait partie centrale de la Mitidja à 50 km de la capitale dans le Nord du pays, Le relief de la wilaya se compose principalement d'une importante plaine (la Mitidja) ainsi que d'une chaîne de montagnes au sud de la wilaya (zone de l'Atlas Blidéen et le piémont).

Le climat de Blida se caractérise essentiellement par deux saisons: une saison chaude et sèche allant de Mai jusqu'à Septembre avec une moyenne de température de 35°C et une saison pluvieuse et froide avec un nombre de jours pluvieux de 50 à 70 jours s'étalant de fin Septembre à Mars avec une moyenne de 500 à 700 mm et une moyenne de température de 12°C.

### **1.2. Les zones de l'Ouest.**

#### **- la Wilaya de Mascara.**

La Wilaya de Mascara se trouvant au nord-ouest du pays à 400km de la capitale, fait partie intégrante de la région du Tell. Le relief est accidenté et présente une forte sensibilité à l'érosion.

Le climat de la wilaya est de type méditerranéen avec une tendance à l'aridité. Les chutes de pluies sont plus fréquentes à la fin de l'automne et au début du printemps. La pluviométrie est en moyenne de 450 mm/an. La température du mois le plus froid est celle de Janvier de (8,5°C).

Au nord dans les plaines, l'influence des vents marins régularise les pluies pendant une partie de l'année par contre au sud de la wilaya le climat est semi-aride dans les hautes plaines.

#### **- La Wilaya de Relizane.**

La Wilaya de Relizane est du nord-ouest du pays et entourée par : les wilayas de Mostaganem et Chlef au Nord, par les wilayas de Mascara, Tiaret et Tissemsilt au Sud et à l'Ouest par les wilayas de Mascara et Mostaganem. Elle s'étend sur une superficie de 484 000 ha et se distingue par la diversité de ses paysages ; par la richesse de ses terres agricoles et

## Partie expérimentale

---

aussi par les deux reliefs montagneux (les monts de Ouancheris au sud-est et les monts de Beni Chougrane au sud-ouest).

Le secteur de l'agriculture est la vocation principale et occupe une place particulièrement importante dans la vie économique de la wilaya.

La wilaya est caractérisée par un climat continental, très chaud et sec en été, frais et pluvieux en hiver. La température moyenne de l'année est de 19,2°C, les minimales et maximales moyennes sont respectivement de 12,2°C et 25,5°C, la pluviométrie moyenne annuelle est estimée à 175mm.

### 1.1.3. Les zones de l'Est.

#### - La Wilaya de Béjaia.

La Wilaya de Béjaia se trouve à 150 km à l'Est d'Alger et 50 km au Sud du littoral, elle fait partie du bassin versant de la Soummam. Au Nord, les chaînes montagneuses de Djurdjura et ses contreforts qui s'étendent jusqu'à la mer, au Sud, les contreforts du Mont du Hodna à l'Ouest, le plateau de Bouira à l'Est, la chaîne des Babors et la mer Méditerranée.

La station de Bejaia se caractérise par une période sèche s'étend de Juin à Septembre avec une température moyenne de 21,8 C° à 25,5 C° et une précipitation de 75,5 mm, la période humide débute de Septembre à Mai avec une température moyenne de 11,3 C° à 19,8 C° et une précipitation de 680 mm.

#### - La Wilaya de Sétif.

La Wilaya de Sétif est appelée capitale des Hauts Plateaux est située au nord-est de l'Algérie sur les Hauts-Plateaux qui séparent l'Atlas du Nord de l'Atlas du Sud et présente un découpage naturel formé de 3 grandes zones : Une zone montagneuse au Nord ; Une zone des hautes plaines ; Une lisière au Sud renfermant des cuvettes où dorment les chotts.

Le climat de la wilaya de Sétif est de type Méditerranéen continental semi-aride caractérisé par une saison hivernale pluvieuse et fraîche et une saison estivale, sèche et chaude. Le mois le plus pluvieux est avril et le plus sec est juillet. Les pluies sont irrégulièrement réparties à la fois dans le temps et dans l'espace. Même si les Monts de Babor sont plus arrosés en recevant 700 mm par an, la quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne sur les hautes plaines. Par contre la zone du sud est la moins arrosée, les précipitations ne dépassent pas les 300 mm.

La Wilaya de Sétif se caractérise par une période sèche allant de Juin à Septembre avec une température moyenne de 20,6 C° à 25,9 C° et une précipitation de 114,9 mm, la période

## Partie expérimentale

---

humide débute de Septembre à Mai avec une température moyenne de 5,1 C° à 16,5 C° et une précipitation de 285,3mm.

### **- La Wilaya de Bordj Bou Arreridj (BBA).**

Bordj Bou Arreridj fait partie Hauts Plateaux à l'Est du pays à 200 km à l'Est d'Alger et 65 km à l'Ouest de Sétif, elle se situe dans la région de la Kabylie des Bibans, entre les monts des Bibans au Nord et la chaîne de Hodna au Sud. La wilaya de Bordj Bou Arreridj occupe une place stratégique au sein de l'Est algérien.

Le relief de la wilaya est composé de 3 grandes zones : la zone des hautes plaines, la zone montagneuse et la zone steppique.

Bordj Bou Arreridj, présente un climat de type continental, aride, aux hivers rigoureux et aux étés secs et chauds. La période sèche s'étend de Juin à Août avec une température moyenne de 23,6 C° à 26,7 C° et une précipitation de 35,0 mm, la période humide débute de Septembre à Mai avec une température moyenne de 5,6 C° à 21,3 C° et une précipitation de 307,3 mm.

### **-La Wilaya de Batna.**

Elle se situe au Nord –Est de l'Algérie dans la région des Aurès. La wilaya de Batna est délimitée au nord par les wilayas de Mila, Oum El Bouaghi et Sétif, à l'Est par la wilaya de Khenchela, à l'Ouest par la wilaya de M'Sila et au Sud par la wilaya de Biskra.

Le climat de la wilaya est de type semi-aride. L'hiver est froid avec des températures allant de 0°C à 5°C et l'été est très chaud avec des températures pouvant aller jusqu'à 45°C à l'ombre.

Les températures moyennes mensuelles sont de 15,7°C avec des minimales de 8,5°C et des températures maximales de 22,9°C. La pluviométrie moyenne annuelle est estimée à 218 mm/an.

Le territoire de la wilaya de Batna s'inscrit presque entièrement dans un ensemble physique constitué par la jonction des Atlas Tellien au Nord et Saharien au Sud, et c'est ce qui fait la particularité physique principale de la wilaya, et détermine de ce fait les caractères du climat.

L'économie de la wilaya est surtout axée sur l'agriculture. L'industrie est en plein développement due en partie à la présence d'importantes ressources minières : mines, calcaire, marbre et des sites de production de plâtre.

### **1.4. Les zones du Sud.**

#### **- La Wilaya de Biskra.**

Elle est située au Sud-est de l'Algérie, et constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. On passe d'un relief

## Partie expérimentale

---

assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement incliné vers le Sud. Mise à part les surfaces irriguées, les reliefs sont pratiquement dépourvus de végétation.

Biskra a un climat désertique chaud, caractérisé par de faibles et rares précipitations en hiver limitées à 120 mm et un été chaud et sec.

Le maximum des températures est enregistré dans l'intervalle juillet-août (mois le plus sec) par contre le minimum est enregistré en mois de janvier (mois le plus froid).

### **- La Wilaya d'El Oued.**

El Oued fait partie du Sahara Nord-Est septentrional, limitée au Nord par les Chotts Melghir et Merouane, au Sud, par l'extension du Grand Erg Oriental et à l'Ouest par la vallée d'Oued Righ et à l'Est par la frontière algéro-tunisienne.

La wilaya d'El Oued est à 620 km Sud-Est d'Alger et à 260 km au Nord-Est d'Ouargla, elle se caractérise par un climat de type saharien désertique, en hiver la température baisse au-dessous de 0°C alors qu'en été elle atteint 50°C; Les précipitations sont très faibles, la pluviométrie moyenne varie entre 80 et 100 mm/an (période d'Octobre à février). Le Sirocco (vent chaud et sec) peut être observé et peut provoquer des dégâts très importants (dessèchement, déshydratation). Les vents de sables envahissent régulièrement les cultures.

### **- La Wilaya de Laghouat.**

La Wilaya de Laghouat est à 400 km au sud d'Alger, elle s'étend sur une superficie de 25.000 Km<sup>2</sup>. C'est une région pastorale de l'Algérie caractérisée par un climat aride avec une pluviométrie annuelle très faible de 131.8 mm. Les vents soufflent durant toute l'année avec un minimum de température de 7.68°C en janvier et un maximum de 32.2°C en juillet. Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable.

## Partie expérimentale

**Tableau V** : Données géographiques et étages bioclimatiques des zones d'études

	Paramètres	Latitudes	Longitudes	Altitudes	Etages bioclimatiques
	Wilayas				
<b>Centre</b>	Boumerdès	36° 46' 0'' N	3° 28' 00'' E	41m	Subhumide
	Tizi ousou	36° 43' 01'' N	4° 02' 59'' E	200m	Subhumide
	Blida	36° 28' 12'' N	2° 49' 39'' E	256m	Subhumide
	Bouira	36° 22' 29'' N	3° 54' 07'' E	519m	Semi-aride
<b>Ouest</b>	Mascara	35° 23' 47'' N	0° 08' 24'' E	590m	Aride
	Relizane	35° 44' 14'' N	0° 33' 21'' E	98m	Aride
<b>Est</b>	Bejaia	36° 45' 21'' N	5° 05' 03'' E	86m	Humide
	Batna	35° 33' 21'' N	6° 10' 26'' E	1037m	Semi-aride
	Sétif	36° 11' 29'' N	5° 24' 34'' E	1080m	Semi-aride
	Bordj Bou Arreridj	36° 4' 0'' N	4° 46' 0'' E	928m	Aride
<b>Sud</b>	Biskra	34° 40' 0'' N	5° 25' 0'' E	87m	Saharien
	El Oued	33° 10' 0'' N	7° 15' 0'' E	70m	Saharien
	Laghouat	33° 47' 59'' N	2° 52' 59'' E	750m	Aride

### 2. Caractéristiques des zones d'étude.

Notre étude a été réalisée sur un total de 180 échantillons provenant de différentes régions oléicoles. Le tableau VI renferme les caractéristiques des vergers prospectés.

## Partie expérimentale

**Tableau VI** : Caractéristiques des vergers prospectés.

	Paramètres	Age de la culture (an)	Irrigations	Variétés
	Wilayas			
<b>Centre</b>	Boumerdes	+50	Non	Azzéradj
	Tizi ousou	+100	Non	Chemlal
	Blida	5	Submersion	Rougette
	Bouira	60	Non	Chemlal
<b>Ouest</b>	Mascara	+50	Non	Sigoise
	Relizane	15	Submersion	Sigoise
<b>Est</b>	Bejaia	61	Non	Blanquette Guelma
	Batna	6	Goutte à goutte	Chemlal
	Sétif	80	Non	Bouchouk
	Bordj Bou Arreridj	15	Submersion	Chemlal
<b>Sud</b>	Biskra	8	Goutte à goutte	Chemlal
	El Oued	9	Goutte à goutte	Sigoise
	Laghouat	6	Goutte à goutte	Sigoise

### 3. Analyse nématologique.

#### 3.1. Stratégie d'échantillonnage.

Les prélèvements de sol sont réalisés dans la rhizosphère des plantes en respectant la méthode adéquate ; cette dernière se base sur deux aspects : quand et comment échantillonner.

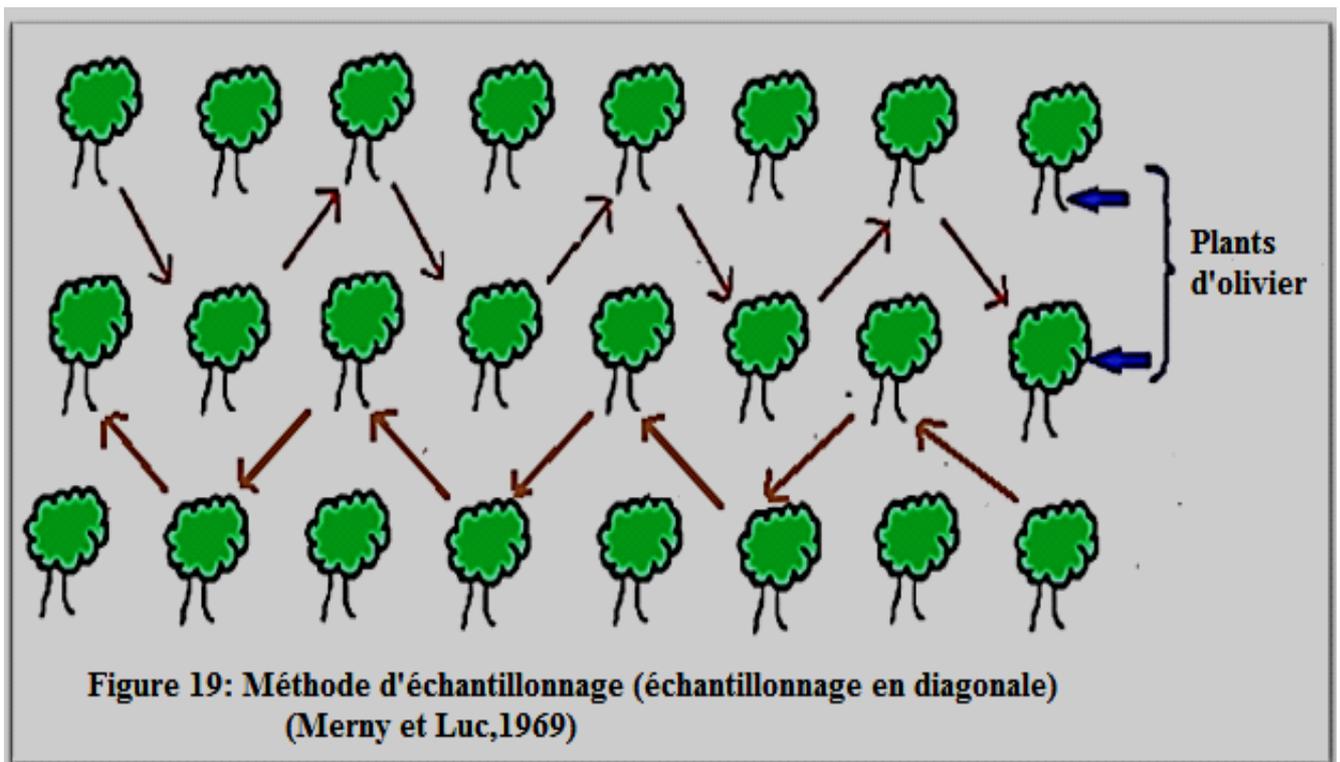
Les nématodes sont rarement répartis uniformément dans un champ, aussi les conditions climatiques, le type de sol, et le type de culture installée influent sur l'effectif de ces populations ; les échantillons de sol sont donc prélevés à environ 30 cm de profondeur à l'aide d'une tarière (Celette, 2006). En conséquence, l'échantillonnage doit être réalisé d'une manière représentative afin d'obtenir des résultats significatifs.

D'après Hermann (2006), un bon échantillonnage consiste à faire au minimum 40 prélèvements par surface homogène de 2 à 3 Ha, pris à distance régulière sur toute la surface à une profondeur de 20 à 30 cm au moyen d'une tarière.

## Partie expérimentale

Dans notre cas, la méthode d'échantillonnage retenue est celle de la diagonale Merny et Luc, 1969 (Figure 19) et qui consiste à prélever 10 à 25 sous échantillons sur une surface de 500 m<sup>2</sup>.

Le mélange de ces sous échantillons constituera l'échantillon global de 1.5 kg de sol environ qui sera mis dans un seul sac en plastique et sera identifié grâce à un code puis conservé au réfrigérateur entre 5 à 10° C. Une fiche de renseignements est établie et comprend toutes les informations sur l'échantillon : la date de prélèvement, le lieu, la variété, la superficie, l'âge de la parcelle etc...



### 3.2. Méthodes d'extraction des nématodes.

Cette opération consiste à séparer les nématodes de la terre ; il existe différentes méthodes qui permettent d'extraire les nématodes comme : la méthode de Bearmann, la méthode de tamisage, la méthode d'incubation, la méthode de centrifugation-flottaison et l'élutriation (Coyne, 2010).

La technique d'extraction que nous avons utilisée est la méthode des seaux de Dalmasso (1966) dite de flottaison sédimentation. Elle consiste à mettre le sol prélevé dans un seau, le remplir avec de l'eau, on laisse décanter pendant 30 secondes puis le contenu est versé à travers 2 tamis de 40µm placés l'un sur l'autre qui servent à retenir les nématodes.

## Partie expérimentale

---

L'opération est répétée 3 à 4 fois, puis on récupère le contenu des tamis dans un bécher.

Enfin, le contenu est versé dans des boîtes de Pétri à travers un tamis avec des grandes mailles et du papier absorbant et 48 heures après on effectue le comptage. Ce dernier sert à déterminer la densité totale de nématodes qui est exprimée en nombre d'individu par  $\text{dm}^3$ , les nématodes sont ensuite placés dans une solution formolée (formol 4%) pour être identifiés.

### 3.3. Dénombrement et identification des nématodes.

Après extraction des nématodes à partir du sol, ces derniers doivent être fixés et montés entre lames et lamelles en vue d'être identifiés, pour cela, la technique que nous avons utilisée est celle de la fixation temporaire :

La solution fixatrice est composée de :

- Formol à (40%) : 10 ml
- Acide acétique : 1ml
- Eau distillée 89 ml

Sur des lames bien nettoyées à l'alcool, on place une goutte du fixateur sur laquelle on dépose 10 nématodes par lame, celle-ci est couverte d'une lamelle, puis luttée avec du glycérol ou du vernis à ongle. Les lames sont ensuite étiquetées portant les renseignements suivants: La date de prélèvement, l'origine de la population et le type de culture, les variétés etc....

-Pour l'identification au rang du genre, nous nous sommes basés sur les critères morphologiques en utilisant un microscope optique (x 400). Les clés d'identification des nématodes de Firoza et Maqbool(1994) et Siddiqi (2000) ont été utilisées. Cependant, l'identification au rang de l'espèce a été complétée à l'aide des clés d'identification de Jepson (1987) et de Castillo et Vovlas (2005 ; 2007) .

les critères utilisés pour l'identification des genres sont les suivants :

**Habitus** : droit, arqué, spiralé etc.

**Stylet** : long, court, étroit arqué avec ou sans renflements basaux.

**Renflements basaux** : forme (pointus, arrondis)

**Structure de l'œsophage** : œsophage avec ou sans bulbe médian.

**Ovaire** : 1 ou 2

**Position de la vulve** : peut se situer à 1/2, 1/4 ou 2/3 du corps.

**Forme de la queue** : effilée, arrondie, pointue, conique, filiforme, hémisphérique.

**Spicules** : droits, arqués, légèrement arqués.

## Partie expérimentale

---

### 4. Analyses des données par des indices écologiques et nématologiques.

La première approche consiste à évaluer la structure générale des peuplements à partir de la qualité d'échantillonnage.

#### 4.1. Qualité de l'échantillonnage.

La qualité de l'échantillonnage correspond au rapport du nombre d'espèces contactées une seule fois (a) au nombre total des relevés (N), elle est donnée par la formule de Blondel (1979) :  $Q = a/N$

Q : Qualité d'échantillonnage

a : Nombre des espèces observées une seule fois

N : Nombre total de relevé

Plus ce rapport est proche de zéro, plus la qualité d'échantillonnage est bonne (Ramade, 1984).

#### 4.2. Indices écologiques de composition : diversité taxonomique.

Une première appréciation de la biodiversité consiste en l'analyse de la richesse spécifique. Appliquée à notre étude, elle désigne soit le nombre total de taxons de nématodes qui coexistent dans un même échantillon, soit la richesse totale du site d'étude.

- **Nombre total de nématodes** : correspond à la densité de nématodes libres et phytoparasites par  $dm^3$  soit :  $N = \text{nombre de nématode}/dm^3$ .

- **Richesse totale** : Cet indice correspond au nombre total des espèces que comportent le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 1984). Elle est donnée par la formule :

$$S = SP1 + SP2 + SP3 + \dots + SPN.$$

#### 4.3. Analyses des données par les indices nématologiques.

##### 4.3.1. Indice de diversité fonctionnelle (c-p value).

C'est l'un des premiers indices nématologiques proposé par Bongers (1990), il exprime la proportion des familles de nématodes du sol selon les classes c-p et varie de 1 à 5. Ces valeurs sont en relation avec les caractéristiques biologiques des nématodes.

La c-p-value ou valeur nématode colonisateur- persistant, correspond à des stratégies adaptatives variées allant de comportements colonisateurs (stratégie r) à des comportements persistants (stratégie k).

Ainsi, les nématodes à (c-p de 1 à 3) sont des colonisateurs à stratégie r qui présentent un cycle de vie court, une fécondité élevée et un développement rapide et une forte capacité de

## Partie expérimentale

---

dispersion, ils sont peu sensibles au stress et abondent avec l'enrichissement du sol tel que la fertilisation organique, certaines familles ont une aptitude à coloniser des milieux nouveaux instables. Ceux avec c-p allant de 4 à 5 sont des espèces persistantes à stratégie k présentant un cycle de vie long et une faible fécondité, ils sont très sensibles au stress et aux perturbations du sol (Bongers et Bongers, 1998).

### 4.3.2. Détermination des groupes trophiques.

Ce type de diversité permet de classer les nématodes en fonction de leurs régimes alimentaires : on parle de diversité trophique de la communauté de nématodes ou groupes trophiques.

- les nématodes phytoparasites.
- les nématodes fongivores.
- les nématodes bactérivores.
- les nématodes prédateurs-omnivores.

### 4.4. Analyses des données par les indices écologiques de structure.

#### 4.4.1. Diversité locale ou indice de diversité de Shannon.

L'indice de diversité de Shannon est un indice de diversité couramment utilisé en écologie (Shannon 1962). Dans notre étude, il peut être calculé assez classiquement sur la base de la diversité des communautés de nématodes.

L'indice de diversité de Shannon est considéré comme le meilleur moyen pour traduire la diversité. Il est défini par la formule suivante :  $H' = -\sum P_i \log_2 P_i$  avec :  $P_i$  : est égale à  $n_i/N$   
 $n_i$  : est le nombre des individus de l'espèce de nématode (i).

$N$  : est le nombre total des individus de nématodes toutes espèces confondues.

Une communauté de nématodes sera d'autant plus diversifiée que l'indice  $H'$  sera grand.

#### 4.4.2. Equitabilité.

Blondel (1979) définit l'indice d'équitabilité comme étant le rapport de la diversité observée ( $H'$ ) à la diversité maximale ( $H'_{max}$ )  $E = H' / H'_{max}$

La diversité max :  $H'_{max} = \log_2 S$

$S$  : est le nombre total des espèces présentes

$E$  : Equitabilité

$H'$  : indice de diversité

## Partie expérimentale

---

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus.

### **5. Analyses statistiques.**

#### **5.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC).**

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique.

Les points d'observation (stations) et les points variables (espèces) jouent dans le cas de l'AFC, des rôles symétriques. Les répartitions sont faites en pourcentages afin que les distances aient un sens (Grall et Hilly, 2003).

L'interprétation des résultats se fait en termes de proximité entre stations, entre espèces ou entre stations et espèces).

#### **5.2. Analyse de la variance.**

L'analyse de la variance est une technique statistique fondamentale, elle vise à comparer des moyennes sur plusieurs échantillons. Le test que nous avons utilisé est celui de Kruskal-Wallis. Cette méthode statistique non paramétrique évite le recours à des transformations de variables, puisqu'il n'y a pas d'hypothèse préalable sur la normalité des distributions ou sur les variances.

### II. Résultats.

#### -Qualité d'échantillonnage.

Concernant la qualité de l'échantillonnage la valeur obtenue est de 0.06, cette dernière nous permis de dire que la qualité de notre échantillonnage est bonne et acceptable.

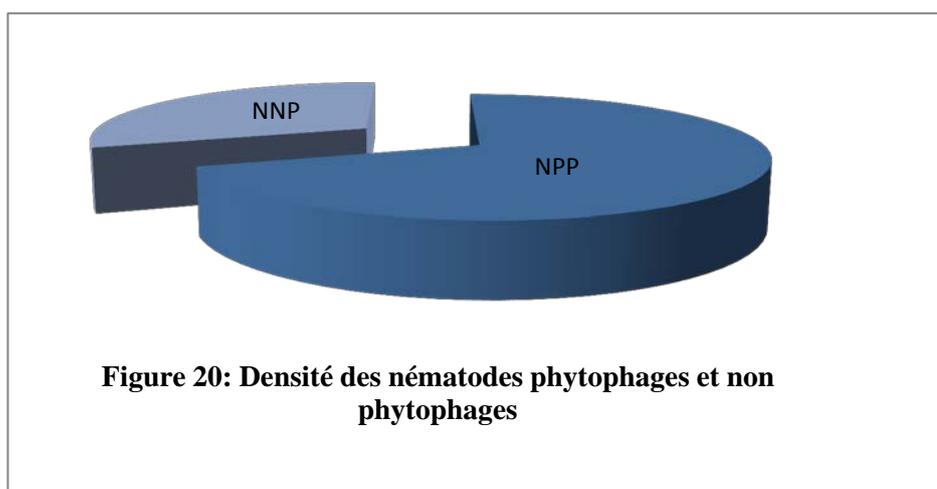
#### 1. Evaluation globale des peuplements de nématodes dans les sols d'oliviers.

La diversité du peuplement nématologique et l'évaluation de la nématofaune du sol ont été analysées dans 180 échantillons à travers différentes zones oléicoles .Les nématodes collectés ont été identifiés soit au niveau du genre et soit de l'espèce ou en fonction des stades (juvéniles / adultes) et des taxons. Les figures représentent quelques genres et espèces de nématodes que nous avons identifiés.

##### 1.1. Composition taxonomique du peuplement de nématodes.

L'analyse des données sur les prélèvements des sols sur olivier dans les zones prospectées fait ressortir la présence d'une nématofaune importante représenté par deux groupes de nématodes : les nématodes libres ou non phytoparasites (NNP) et les nématodes phytoparasites (NPP). La différence entre les deux groupes est basée sur la présence de stylet chez les phytophages qui leur permet de perforer la plante hôte pour se nourrir.

D'après la figure 20, on note que la densité des phytophages est importante dans les sols analysés, elle est de 5500 nématodes/dm<sup>3</sup>, soit un pourcentage de 70%, par contre pour les NNP ce taux est de 30% correspondant à une densité de 2400 nématodes /dm<sup>3</sup>.



## Partie expérimentale

---

Aussi, l'analyse de la nématofaune dans 180 échantillons de sols d'oliviers révèle la présence de 28 genres et 7 espèces répartis dans 17 familles différentes. Chaque nématode a été ensuite alloué à un des chaque groupes trophiques décrits par Yeates et *al.*, (1993) et assigné à l'une des cinq classes c-p définies par Bongers (1990) et sont représentés dans le Tableau VII.

Ainsi, les groupes de nématodes dont la c-p value est entre 1-3 sont classés comme colonisateurs, cependant ceux dont la cp value varie entre 4-5 sont considérés persistants.

Les résultats obtenus montrent que les nématodes de la guildes c-p 2 sont les plus représentés avec dominance du groupe des fongivores avec 9 genres, suivi des phytophages avec 3 genres et en dernier le groupe des bactérivores avec 1 seul genre.

Les nématodes de la guildes c-p 3 sont composés du groupe des phytophages seulement avec 8 genres.

Enfin, la guildes fonctionnelle c-p 1 est la moins représentée avec une seule famille de bactérivores : les Rhabditidae et un seul genre *Rhabditis*.

En ce qui concerne, les nématodes appartenant aux niveaux trophiques supérieurs, ils sont représentés par les prédateurs-omnivores, cette catégorie appartient à la guildes fonctionnelle c-p 4 avec 3 familles: les Dorylaimidae, les Mononchidae et les Mylonchulidae. En revanche la guildes fonctionnelle c-p 5 renferme une seule famille de nématodes phytoparasites : les Longidoridae avec 2 genres *Xiphinema* et *Longidorus* connus comme nématodes vecteurs de virus.

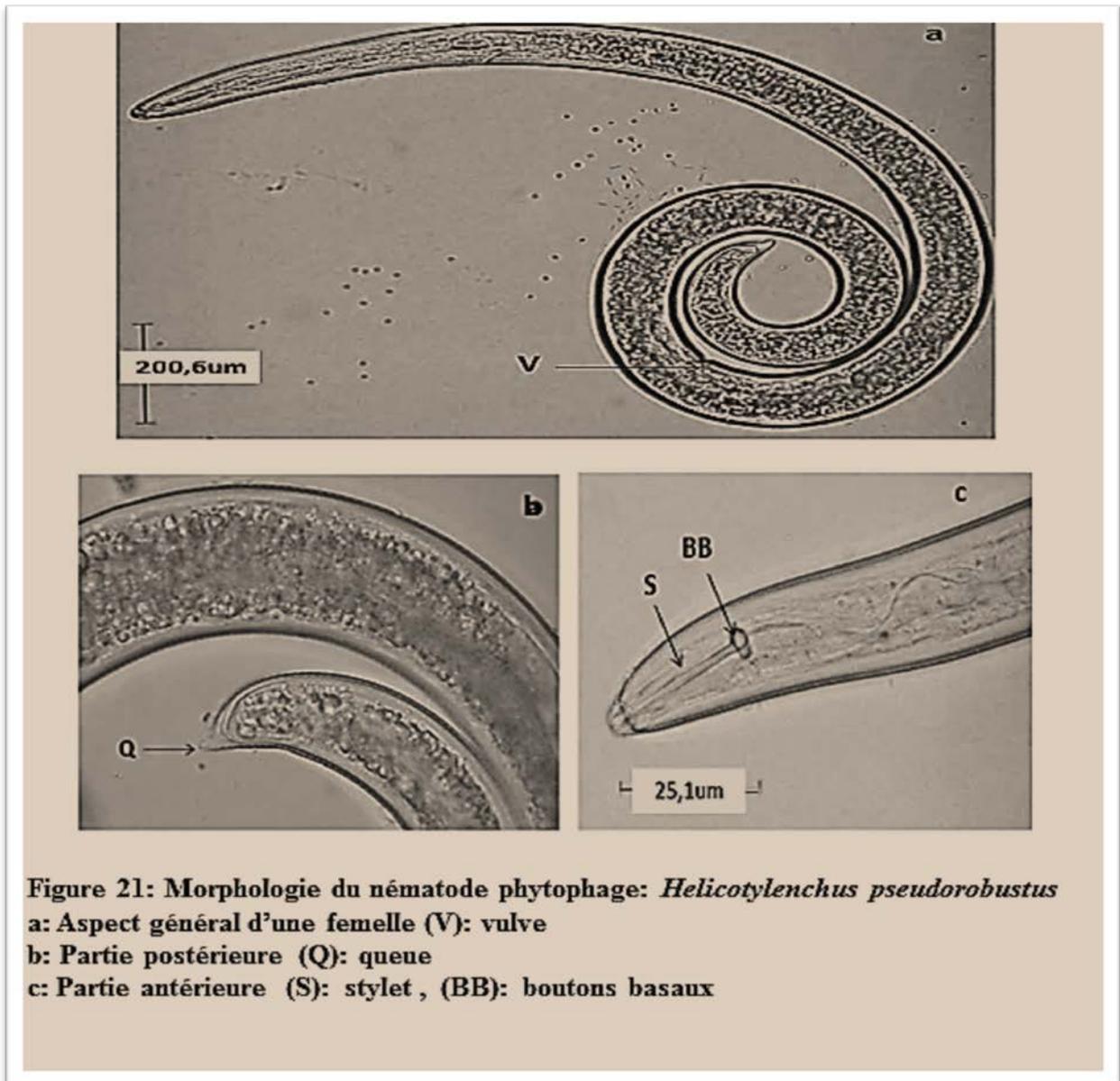
Les groupes dont la c-p value est entre 1-3 sont classés comme nématodes colonisateurs.

## Partie expérimentale

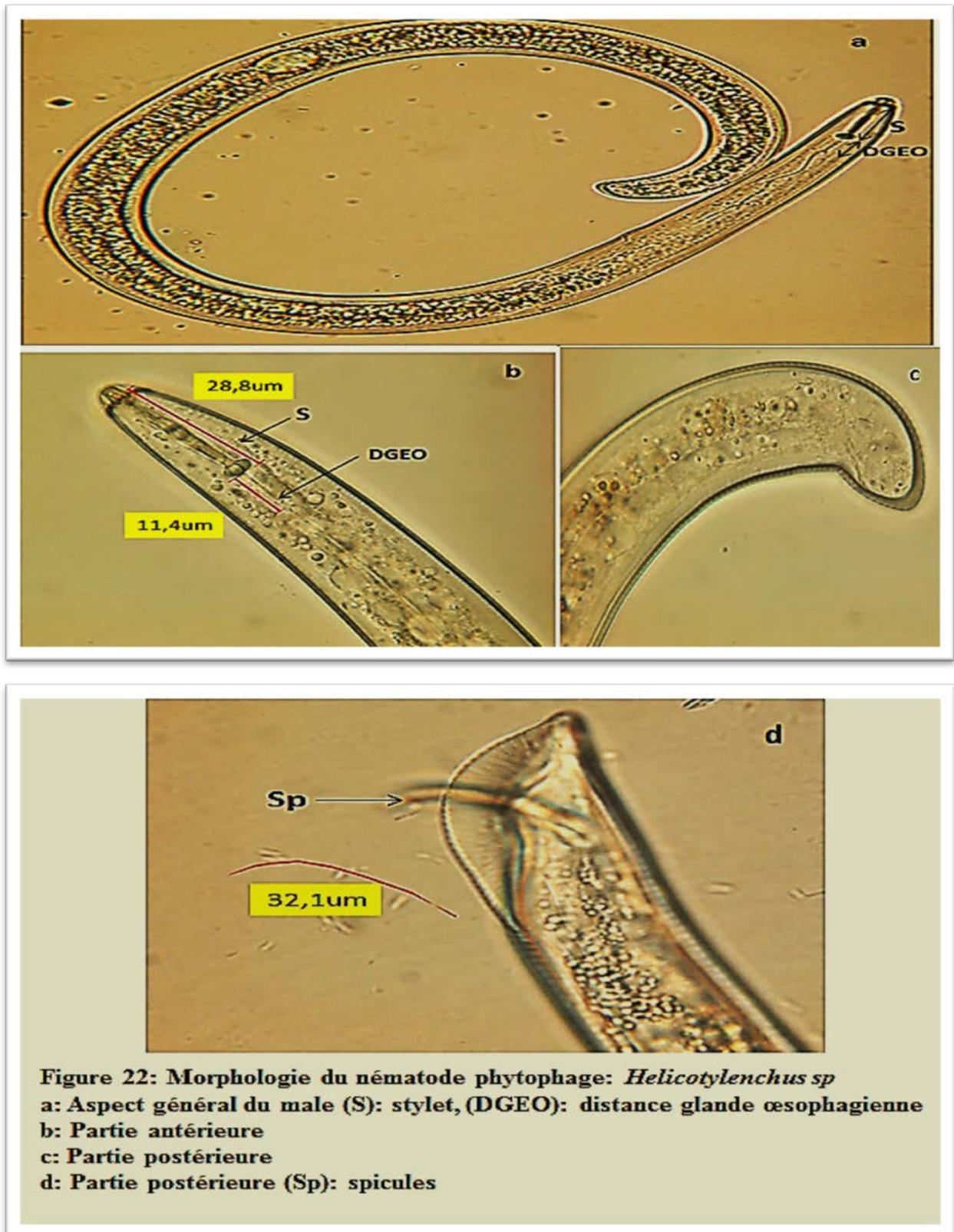
**Tableau VII:** Listes des nématodes inféodés à l'olivier dans les zones d'études

Ordres	Familles	cp-value	Genres	Espèces	Groupes trophiques
Aphelenchida	Aphelenchidae	2	<i>Aphelenchus</i> . Bastian, 1865 <i>Aphelenchoides</i> . Fisher, 1894 <i>Aprutides</i> . Scognamiglio, 1974	<i>A.avenae</i> . Bastian, 1865	Fongivores
	Aphelenchoididae	2			
Dorylaimida	Longidoridae	5	<i>Longidorus</i> . Micoletzky, 1922 <i>Xiphinema</i> . Cobb, 1913	<i>X.macroacanthum</i> . Lamberti et al., 1990	Phytophages
Tylenchida	Anguinidae	2	<i>Ditylenchus</i> . Filipjev, 1936		Fongivores
	Criconematidae	3	<i>Criconema</i> . Hofmann et Menzel, 1914 <i>Hemicriconemoides</i> Chitwood et Birchfield, 1957		Phytophages
	Tylenchidae	2	<i>Coslenchus</i> . Siddiqi, 1978 <i>Filenchus</i> . Andrassy, 1954 <i>Tylenchus</i> . Bastian, 1865 <i>Malenchus</i> . Andrassy, 1968 <i>Boleodorus</i> . Thorne, 1941		Fongivores
					Phytophages
	Haplolaimidae	3	<i>Helicotylenchus</i> . Steiner, 1945 <i>Rotylenchus</i> . Filipjev, 1936	<i>H.pseudorobustus</i> . Waseem, 1961 <i>R.goodeyi</i> . Loof et Oostenbrink, 1958	Phytophages
	Meloidogynidae	3	<i>Meloidogyne</i> . Goeldi, 1892	<i>M.javanica</i> . Treub, 1885 <i>M.arenaria</i> . Neal, 1889	Phytophages
	Paratylenchidae	2	<i>Gracilacus</i> . Raski, 1962 <i>Paratylenchus</i> . Micoletzky, 1922		Phytophages
	Pratylenchidae	3	<i>Pratylenchus</i> . Filipjev, 1936	<i>P.neglectus</i> . Rensch, 1924 <i>P.thornei</i> . Sher et Allen, 1953	Phytophages
	Telotylenchidae	3	<i>Tylenchorhynchus</i> . Cobb, 1913 <i>Telotylenchus</i> .		Phytophages
	Psilenchidae	2	<i>Psilenchus</i> . De Man, 1921		Fongivore
Rhabditida	Rhabditidae	1	<i>Rhabditis</i> . Dougherty, 1953		Bactérivore
	Cephalobidae	2	<i>Acrobeloides</i> . Cobb, 1924		Bactérivore
Dorylaimida	Dorylaimidae	4	<i>Discolaimus</i> , Cobb, 1913 <i>Dorylaimus</i> . Dujardin, 1845		Prédateur Omnivore
Mononchida	Mononchidae	4	<i>Mononchus</i> . Bastian, 1865		Prédateur
Mylonchulida	Mylonchulidae	4	<i>Mylonchulus</i> . Cobb, 1916.		Prédateur

## Partie expérimentale



## Partie expérimentale

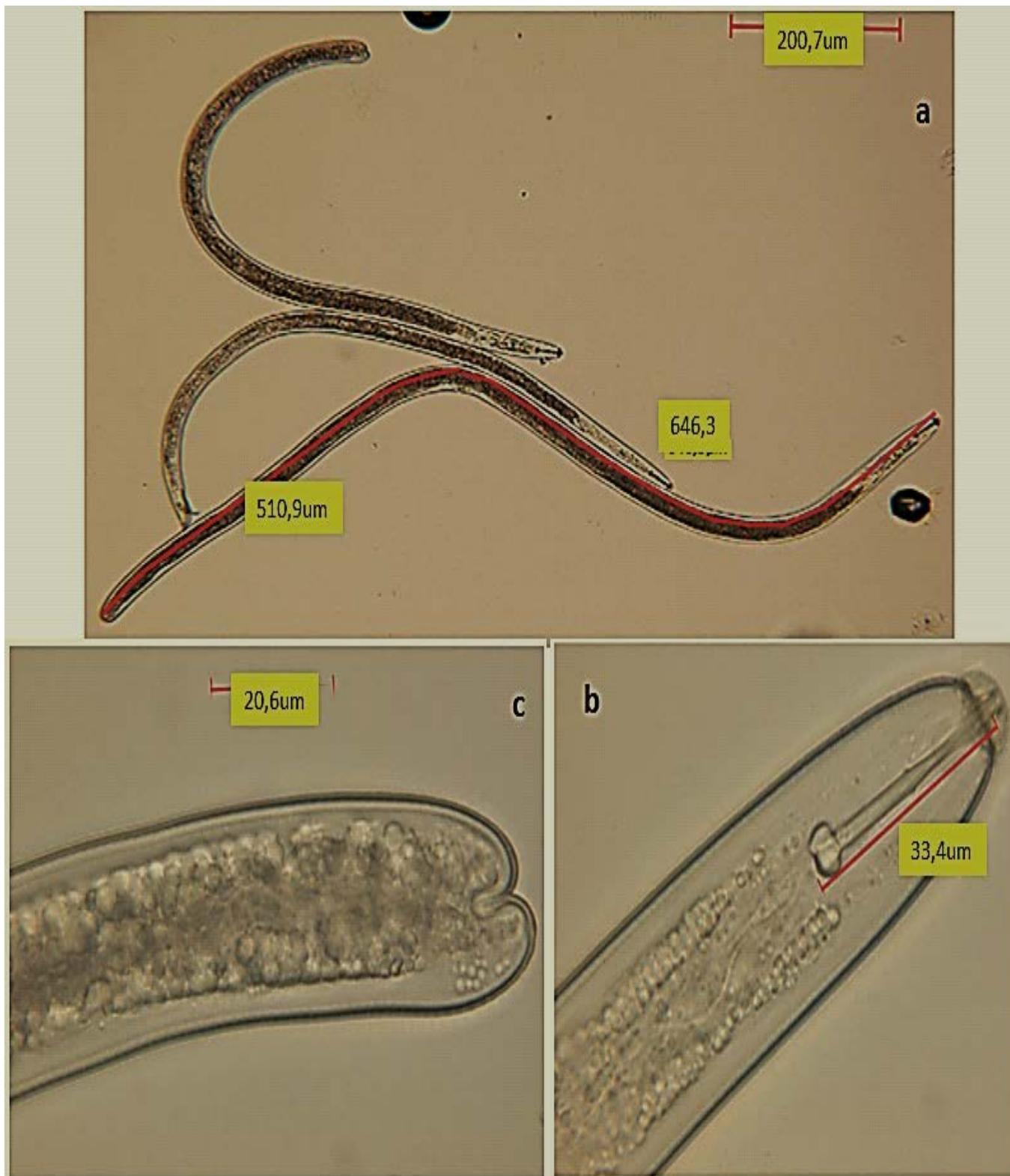


## Partie expérimentale



**Figure 23: Morphologie du nématode phytophage: *Xiphinema macroacanthum***  
**a: Partie antérieure (O): odontostyle**  
**b: Partie postérieure (QM): queue microné**  
**c: (E): épines**

## Partie expérimentale



## Partie expérimentale

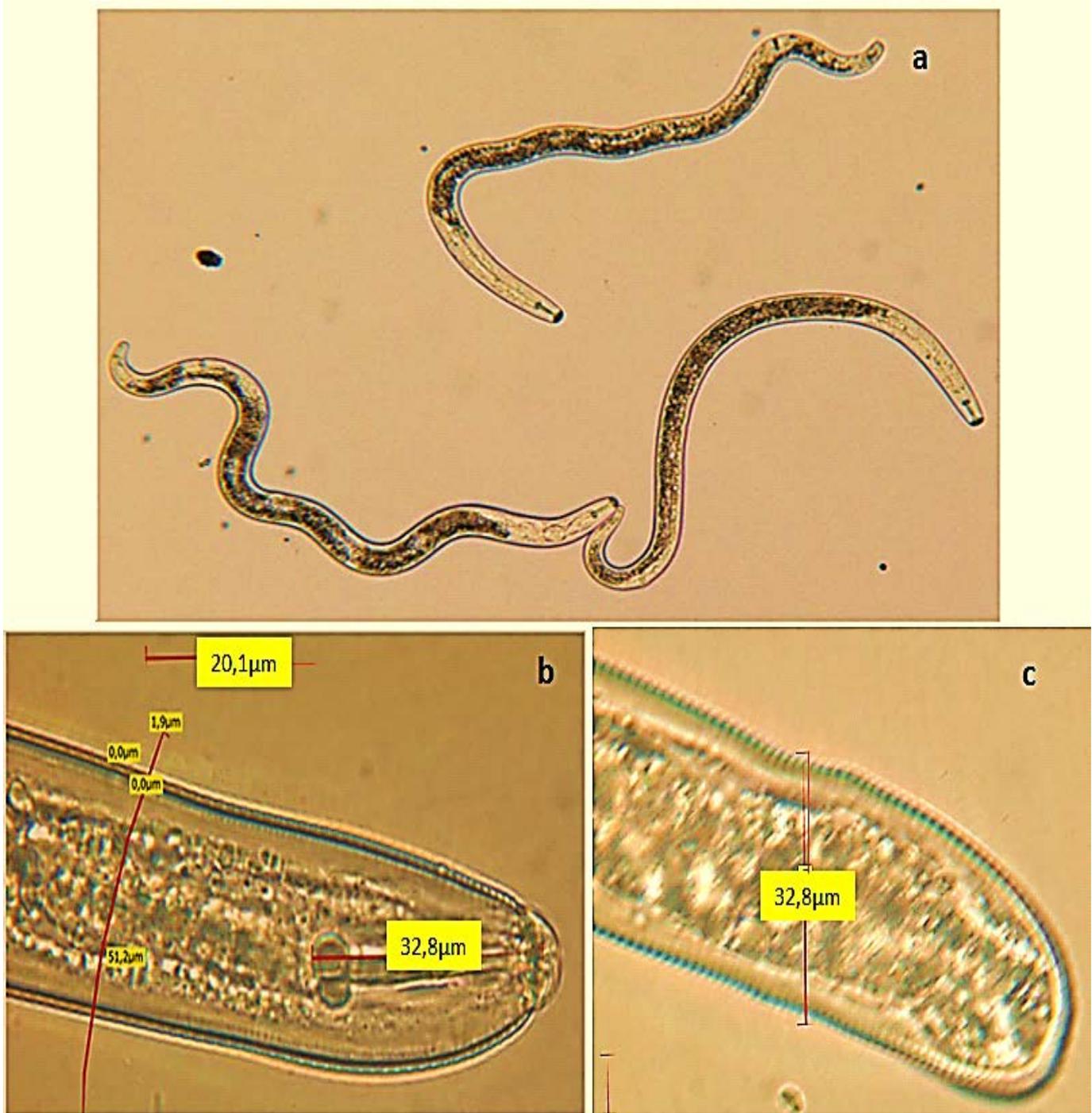


Figure 25: Morphologie du nématode phytophage: *Rotylenchus sp*  
a: Aspect général ; b: Partie antérieure ; c: Partie postérieure

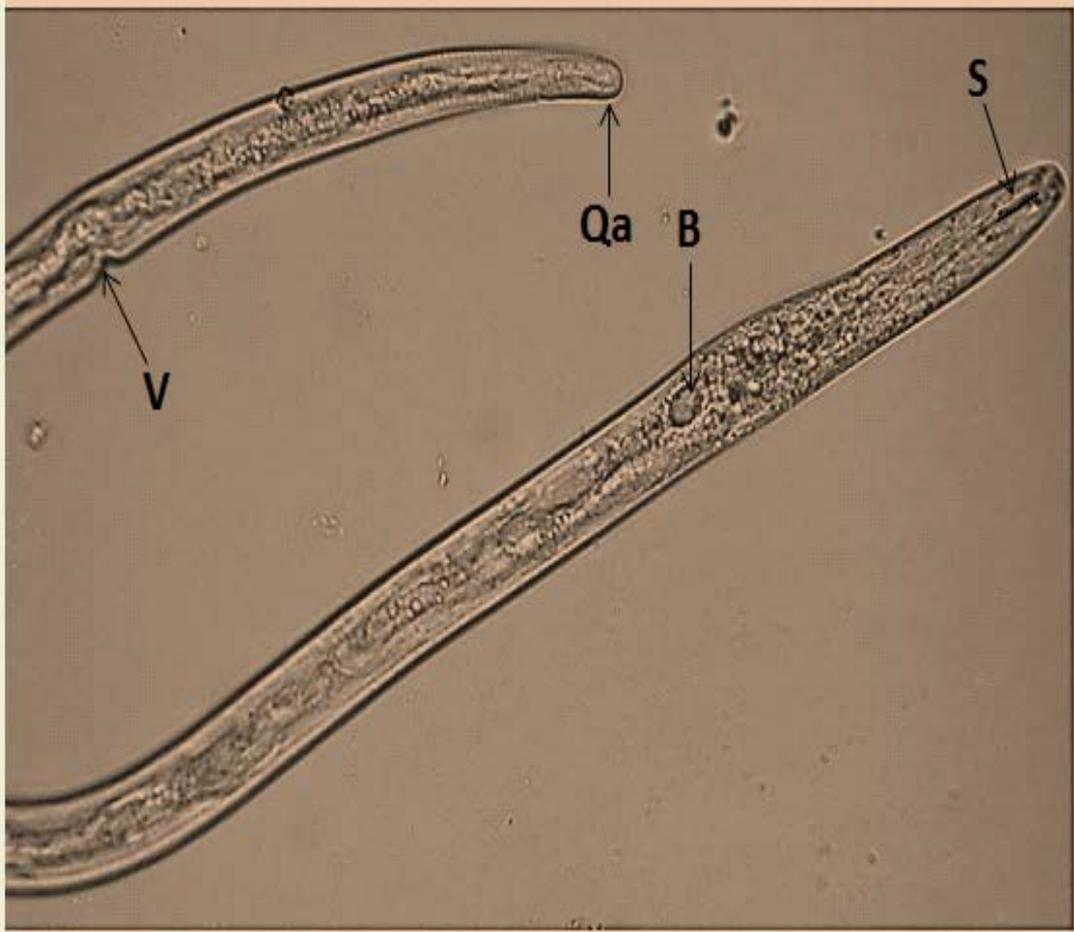
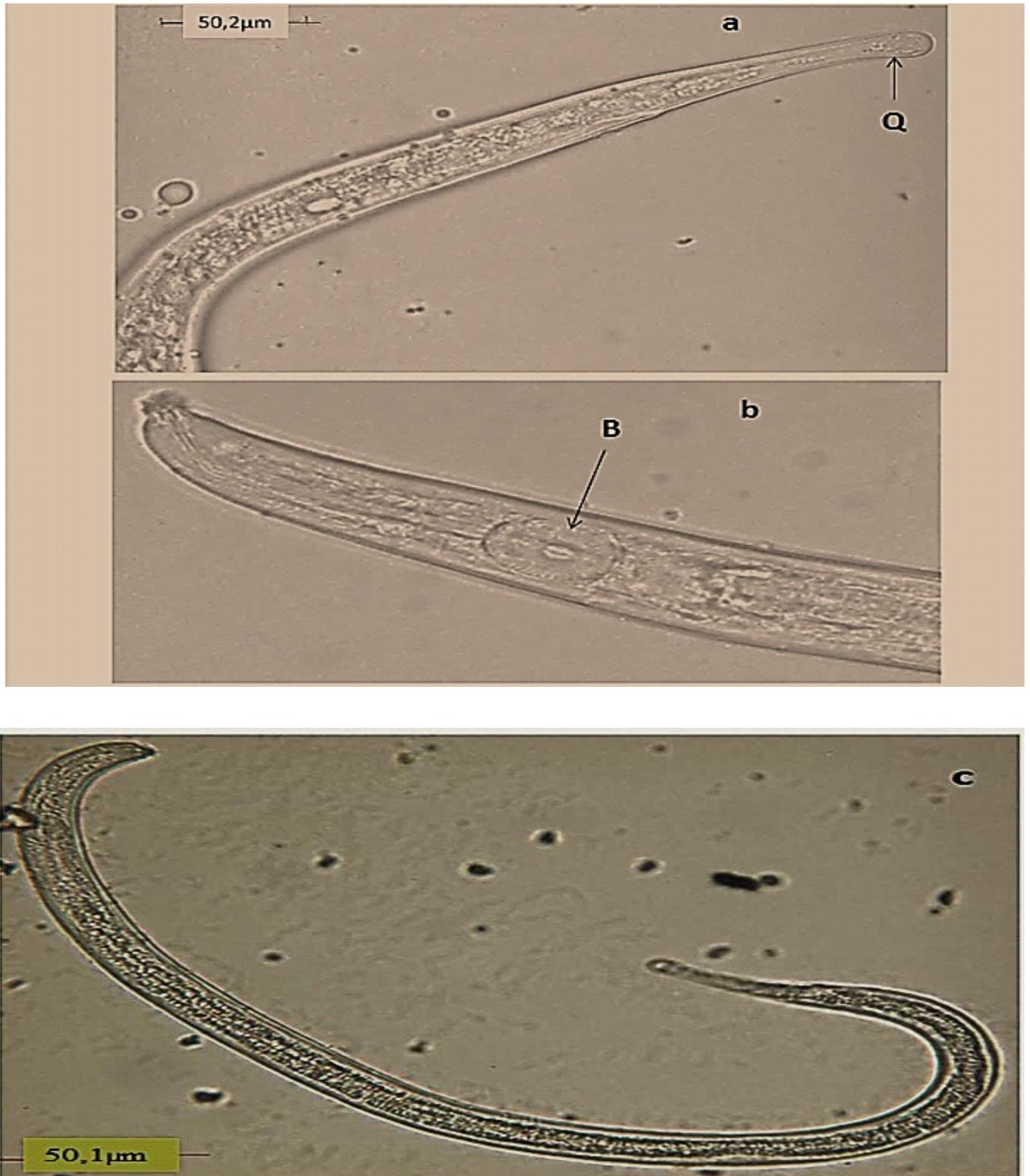


Figure 26: Morphologie du nématode fongivore: *Aphelenchus avenae*  
V: vulve ; Qa: queue arrondie ; B : bulbe median ; S : stylet sans boutons basaux

## Partie expérimentale



## Partie expérimentale

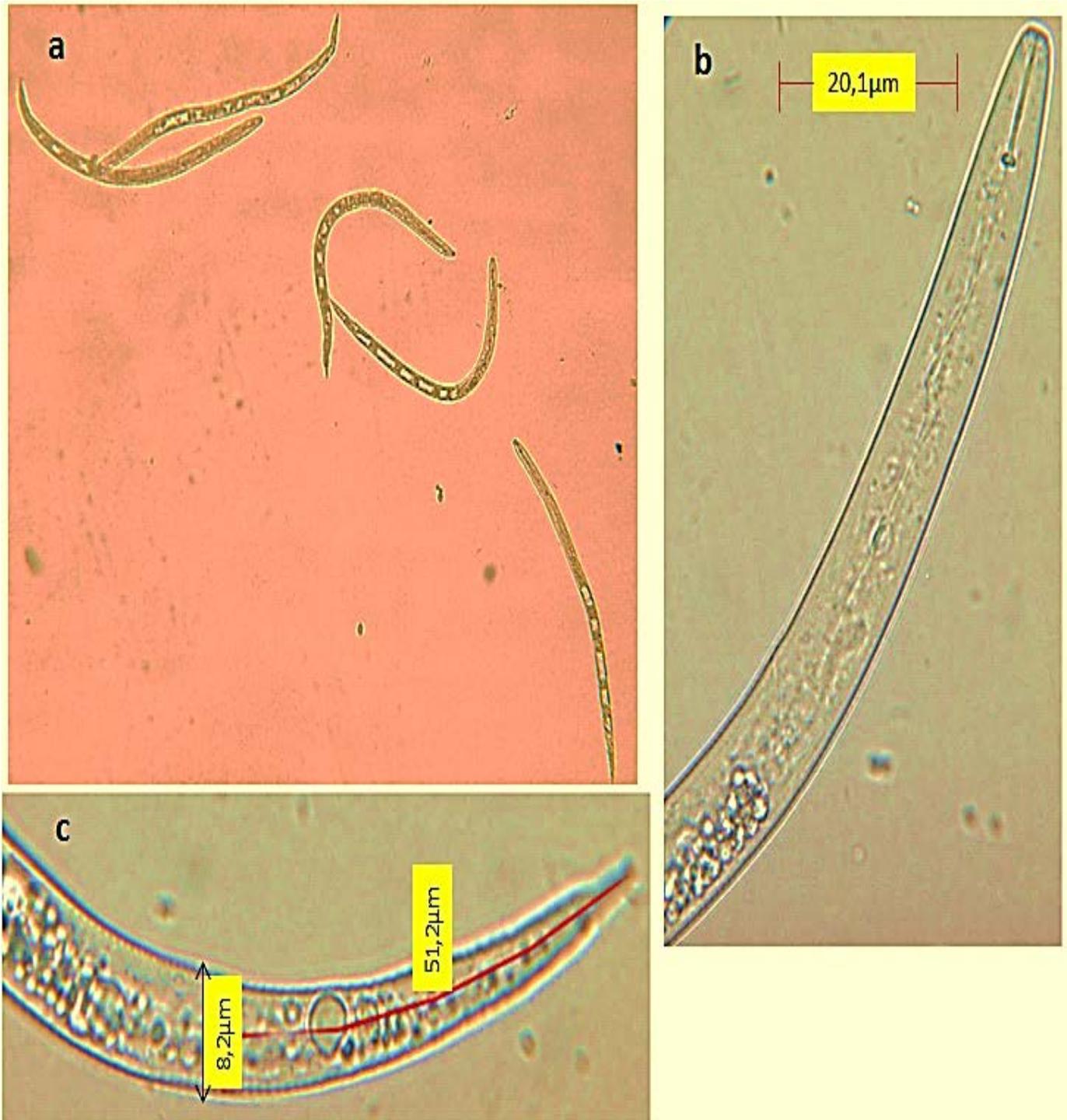


Figure 28 : Morphologie de la larve (L2) de *Meloidogyne javanica*

a: Aspect général

b: Partie antérieure

c: Partie postérieure

## Partie expérimentale



**Figure 29: Morphologie du nématode fongivore: *Malenchus***  
a et b: Aspect général  
c: Partie postérieure  
d: Partie antérieure

## Partie expérimentale

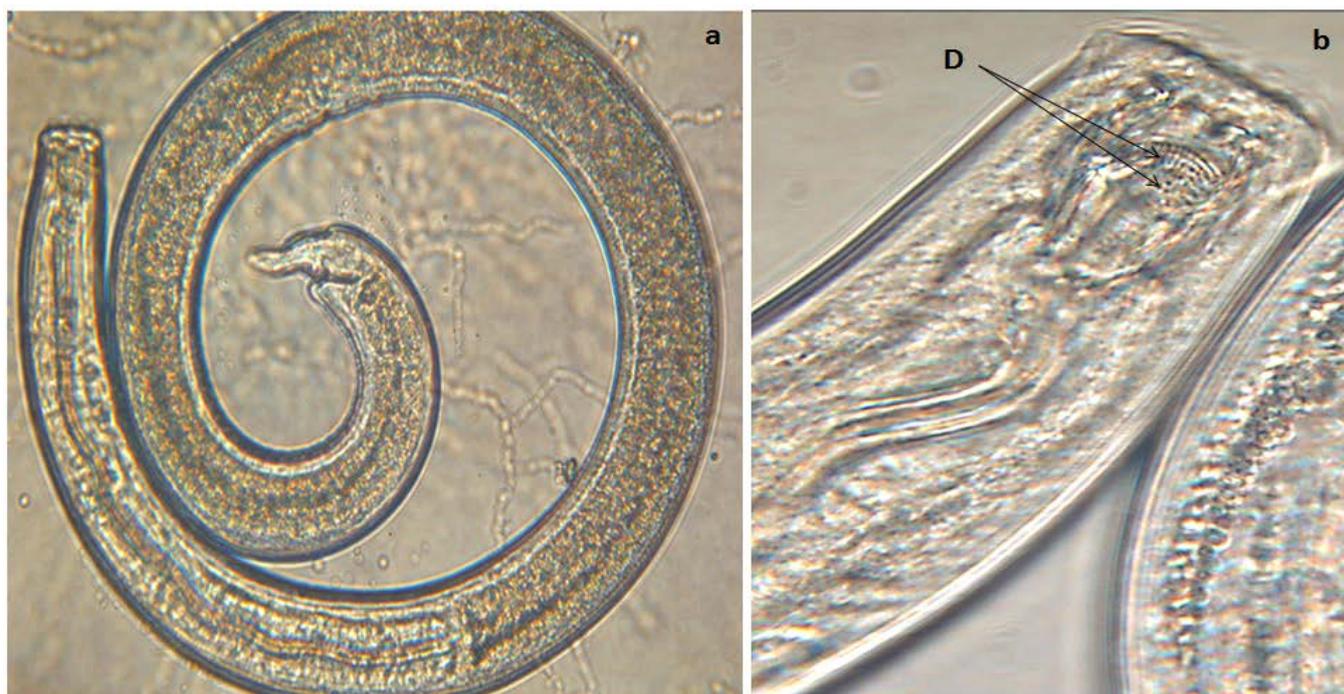


Figure 30: Morphologie du nématode prédateur: *Mylonchulus*

a: Aspect général

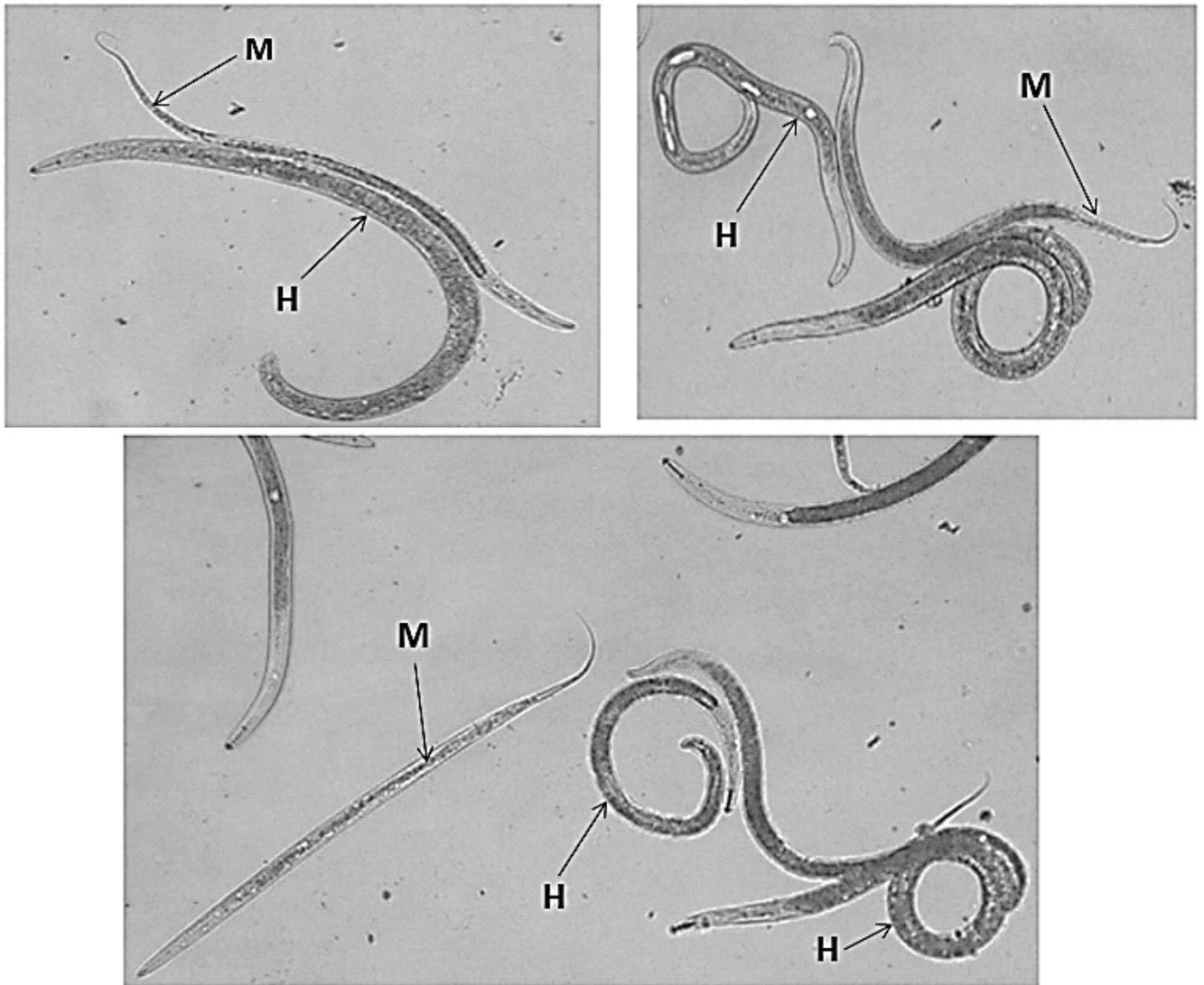
b: Partie antérieure ( D): présence de petites dents



Figure 31: Morphologie du nématode prédateur: *Mononchus*

a: aspect général (M): *Mononchus*

b: Femelle (V): vulve ; (D): Présence d'une dent



**Figure 32: Aspect des nématodes *Helicotylenchus* et *Malenchus***  
**H: *Helicotylenchus* ; M: *Malenchus***

### 1.2. Distribution des groupes trophiques dans les sols d'oliviers.

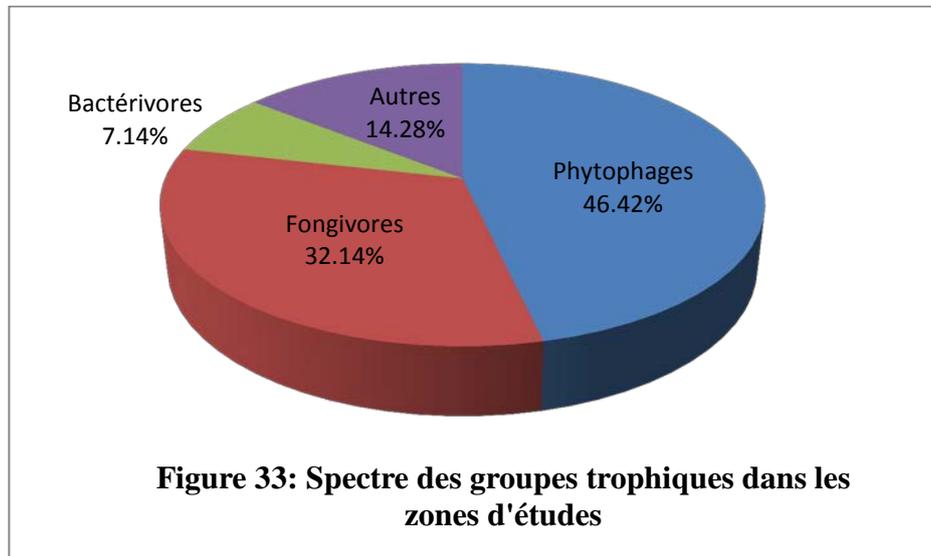
Les nématodes recensés dans les sols d'oliviers des différents sites d'études sont répartis en fonction de leurs régimes alimentaires en 4 groupes fonctionnels : groupes des phytophages (NP), des fongivores (NF), des bactérivores (NB) et le groupe des prédateurs-omnivores ou autres (PO).

**-Nématodes phytophages NP :** cette catégorie renferme les genres : *Xiphinema*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchus*, *Criconema*, *Paratylenchus*, *Hemicriconemoides*, *Telotylenchus*, *Gracilacus*, *Boleodorus* et *Longidorus*.

## Partie expérimentale

- **Nématodes fongivores NF** : représentés par : *Malenchus*, *Tylenchus*, *Filenchus*, *Aphelenchus*, *Psilenchus*, *Coslenchus*, *Ditylenchus*, *Aprutides* et *Aphelenchoides*.
- **Nématodes bactérivores NB** : deux genres caractérisent ce groupe trophique : *Rhabditis* et *Acrobeloides*.
- **Nématodes prédateurs-omnivores** : les genres recensés sont : *Mononchus*, *Mylonchulus*, *Dorylaimus* et *Discolaimus*.

Du point de vue groupe trophique, les résultats obtenus (Figure 33) montrent une variabilité des groupes fonctionnels dans les stations d'oliviers prospectées. En effet les nématodes phytophages dominant comparés aux autres groupes avec 13 genres soit 46.42% suivis par les fongivores avec 32.14% de la nématofaune rencontrée soit 9 genres, par contre les bactérivores et prédateurs-omnivores (autres) sont faiblement signalés, ils frôlent que 14.28% et 7.14% soit respectivement (4 et 2 genres).

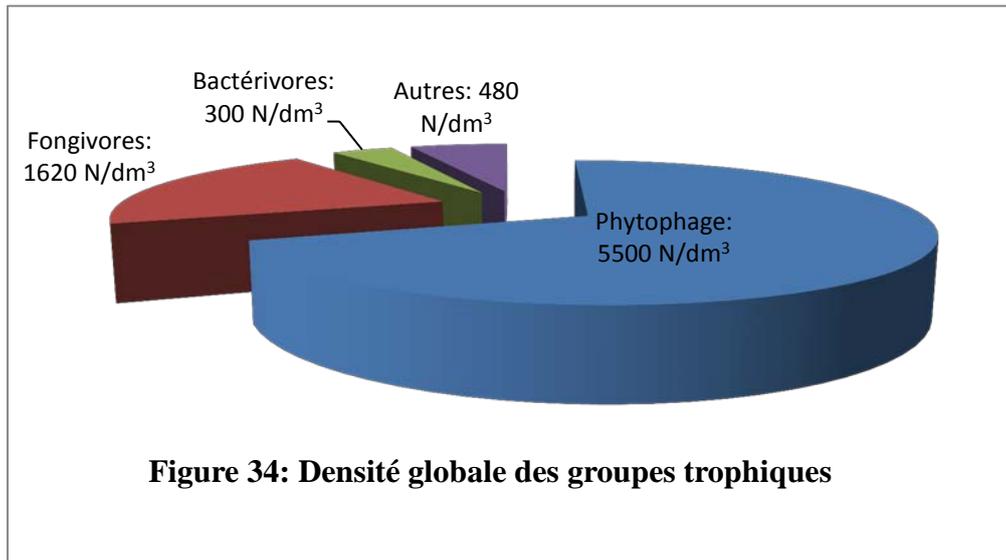


### 1.3. Densité des genres des groupes trophiques dans les sites d'études

Les résultats représentés dans la figure 34 montrent que la densité des nématodes la plus élevée est enregistrée chez les phytophages, elle est de 5500N/dm<sup>3</sup>. Par ailleurs, le groupe des fongivores affichent une densité de 1620N/dm<sup>3</sup>. En dernière position viennent les prédateurs-omnivores (autres) et les bactérivores avec respectivement une densité globale de 480 et 300N/dm<sup>3</sup>.

L'application de l'analyse statistique basée sur le test de Kruskal-Wallis aux résultats obtenus révèle une différence très hautement significative ( $p < 0.05$ ) entre la densité des groupes trophiques (voir annexe).

## Partie expérimentale



La figure 35 montre que chez les phytophages ; le genre *Helicotylenchus* représente la densité la plus élevée avec 1860 N/dm<sup>3</sup> suivie des *Meloidogyne* avec 860N/dm<sup>3</sup>. La plus faible densité est relevée chez les *Longidorus* et *Hemicriconemoides* avec respectivement 60 et 20 N/dm<sup>3</sup>.

Les fongivores représentés par *Tylenchus* et *Malenchus* présentent la densité la plus élevée et elle est approximativement identique pour les deux genres avec respectivement 400 et 380N/dm<sup>3</sup>.

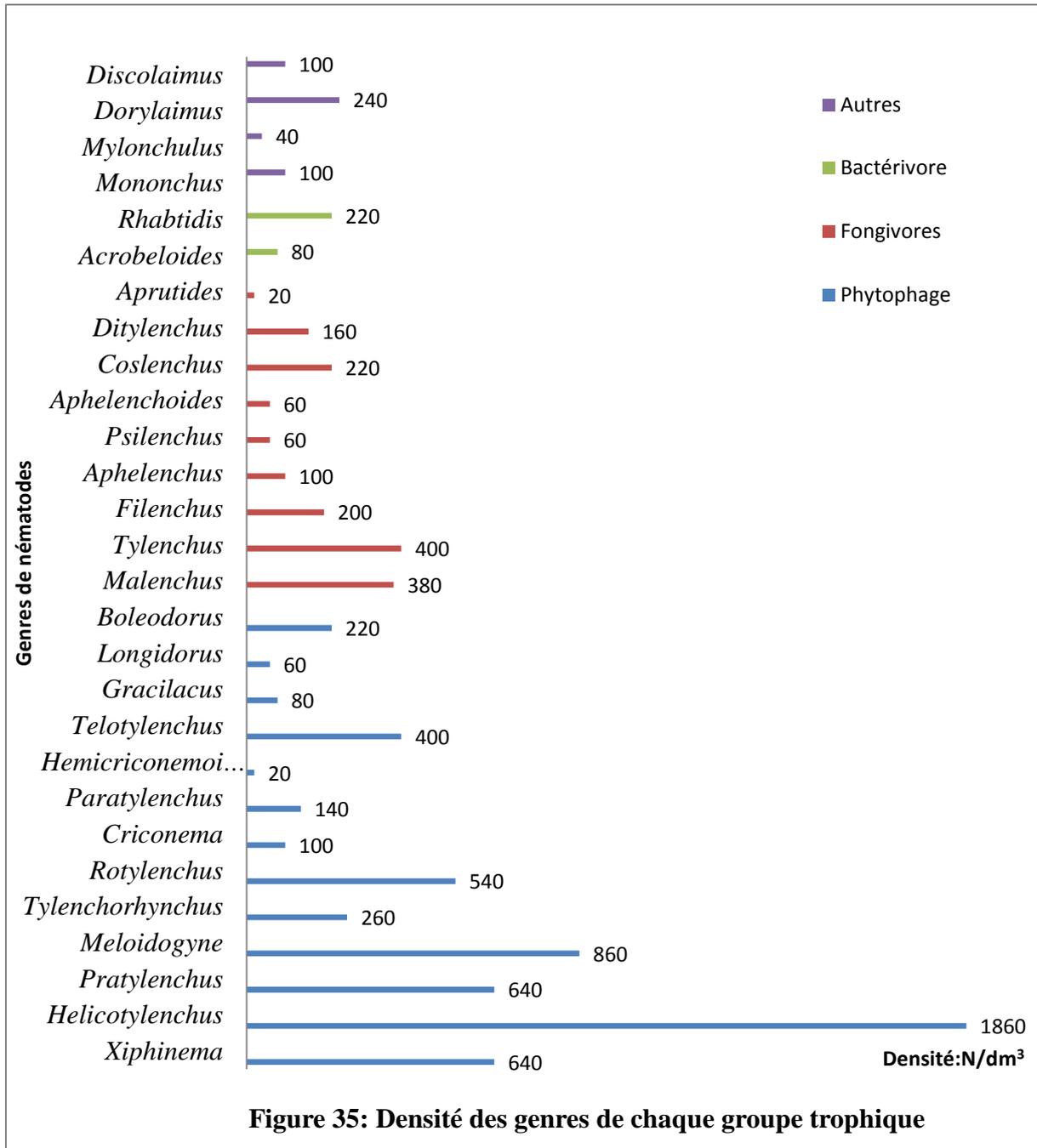
Les densités des genres *Coslenchus* et *Filenchus* sont respectivement de 220N/dm<sup>3</sup> et 200N/dm<sup>3</sup> ; la plus faible densité a été relevée au niveau du genre *Aprutides* avec 40N/dm<sup>3</sup>.

En ce qui concerne, les bactérovores la densité des deux genres *Rhabditis* et *Acrobeloides* est respectivement de 220 et 80 N/dm<sup>3</sup>.

Enfin, le groupe prédateur-omnivore présente une densité de 240N/dm<sup>3</sup> pour le genre *Dorylaimus* et elle est de 100N/dm<sup>3</sup> pour les *Mononchus* et *Discolaimus*, la plus faible densité pour ce groupe a été notée chez les *Mylonchulus* avec 40N/dm<sup>3</sup>.

L'analyse de la variance basée sur le test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative entre les densités des différents groupes trophiques (voir annexe).

## Partie expérimentale



### 1.4. Variation de la densité de la communauté de nématodes dans les zones d'études

La lecture de la variation de la densité des groupes trophiques en fonction des zones d'étude illustrée par la figure 36 montre que les populations des groupes fonctionnels varient selon les sites d'études.

En effet, pour les phytophages, cette densité varie de 40N/dm<sup>3</sup> à 300N/dm<sup>3</sup> pour la zone du centre avec une valeur extrême de 340N/dm<sup>3</sup> obtenue au niveau de la région de Boumerdès pour le genre *Xiphinema*.

## Partie expérimentale

---

Dans les zones de l'Est, l'Ouest et le Sud, nous avons enregistré une densité minimale de  $20\text{N}/\text{dm}^3$ , cependant la densité maximale notée est de  $120\text{N}/\text{dm}^3$  dans les zones Ouest et Est et atteint  $200\text{N}/\text{dm}^3$  dans les zones du Sud.

De même, des valeurs extrêmes ont été notées au niveau des zones du Sud et de l'Est ; elles sont respectivement de  $540\text{N}/\text{dm}^3$  et  $280\text{N}/\text{dm}^3$  pour les genres *Rotylenchus* et *Helicotylenchus*.

Pour le cas des fongivores, nous avons noté pour la zone du centre une densité qui oscille entre  $20\text{N}/\text{dm}^3$  et  $120\text{N}/\text{dm}^3$ . Cette densité est de  $40\text{N}/\text{dm}^3$  à  $80\text{N}/\text{dm}^3$  pour les zones de l'est et le sud, par contre pour l'ouest un seul nématode fongivore a été signalé qui est *Ditylenchus* avec une densité de  $80\text{N}/\text{dm}^3$  dans la région de Relizane.

Il est à signaler que 2 valeurs extrêmes sont enregistrées au niveau de la zone Est (région de Béjaïa) pour les genres *Coslenchus* et *Tylenchus* avec une densité de  $220\text{N}/\text{dm}^3$  à  $280\text{N}/\text{dm}^3$  respectivement.

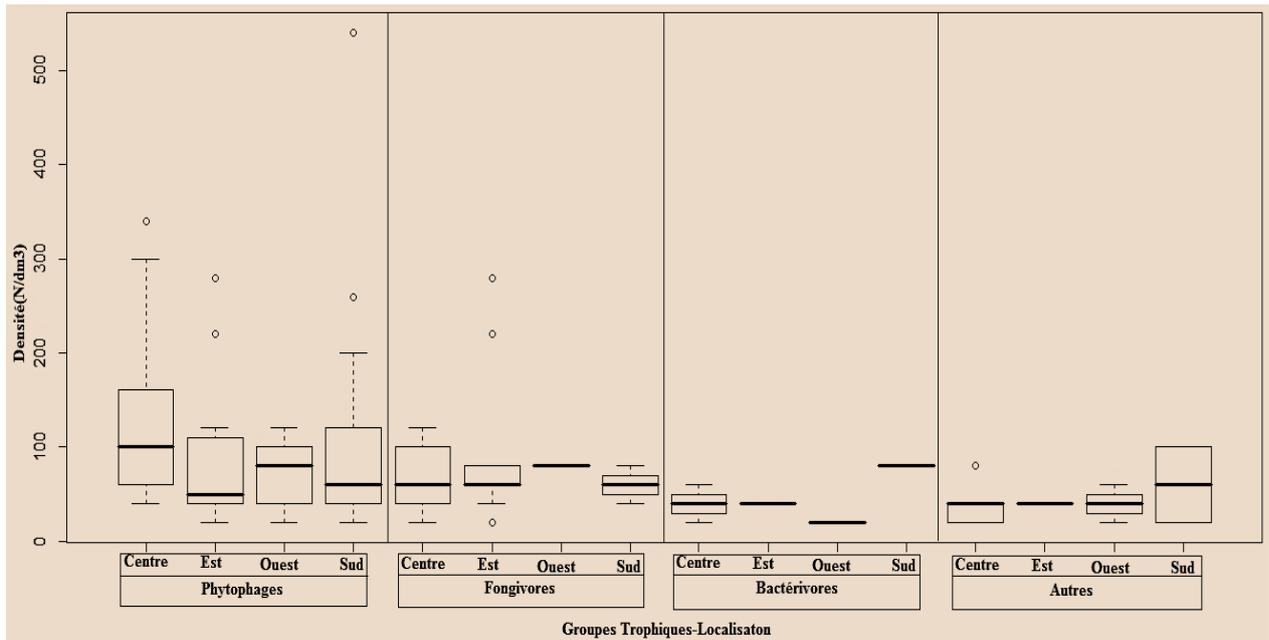
Dans le groupe des bactérivores, le genre *Rhabditis* a été recensé dans les zones du Centre, l'Est et l'Ouest avec une densité variant de  $20\text{N}/\text{dm}^3$  à  $60\text{N}/\text{dm}^3$ . Dans le Sud, nous avons noté la présence du nématode *Acrobeloides* avec une densité de  $80\text{N}/\text{dm}^3$ .

Enfin, dans le groupe trophique prédateur-omnivore, nous avons enregistré une densité de  $20\text{N}/\text{dm}^3$  à  $40\text{N}/\text{dm}^3$  dans la zone Centre avec une valeur extrême de  $80\text{N}/\text{dm}^3$ . A l'Ouest, cette densité varie de  $20\text{N}/\text{dm}^3$  à  $60\text{N}/\text{dm}^3$ . Par ailleurs au Sud, nous avons relevé des valeurs  $20\text{N}/\text{dm}^3$  pour *Dorylaimus* au niveau de Laghouat et  $100\text{N}/\text{dm}^3$  pour le nématode prédateur *Discolaimus*.

La présence du prédateur *Mononchus* a été relevée dans la zone Est avec  $40\text{N}/\text{dm}^3$ .

Les résultats obtenus ont été confrontés à l'analyse de la variance basée sur le test de Kruskal-Wallis. Cette dernière a montré une différence significative entre la densité de chaque groupe trophique par rapport aux régions d'études ( $p < 0.05$ , voir annexe).

## Partie expérimentale



**Figure 36 : Variations de la densité des groupes trophiques en fonction des zones d'études.**

## 2. Analyses écologiques pour les différentes zones d'études.

### 2.1. La richesse totale dans les stations d'études.

L'analyse de la richesse taxonomique représentée par le tableau VIII montre que la valeur de celle-ci varie de 14 genres pour la zone Ouest ; 23 genres pour la zone Sud et de 28 à 31 genres respectivement pour les zones du Sud et du Centre.

Dans les zones du Centre, les régions de Boumerdès, Bouira dominant avec 9 genres suivi de Tizi-Ouzou avec 8 genres ; une faible richesse a été notée au niveau de Blida qui compte uniquement 5 genres.

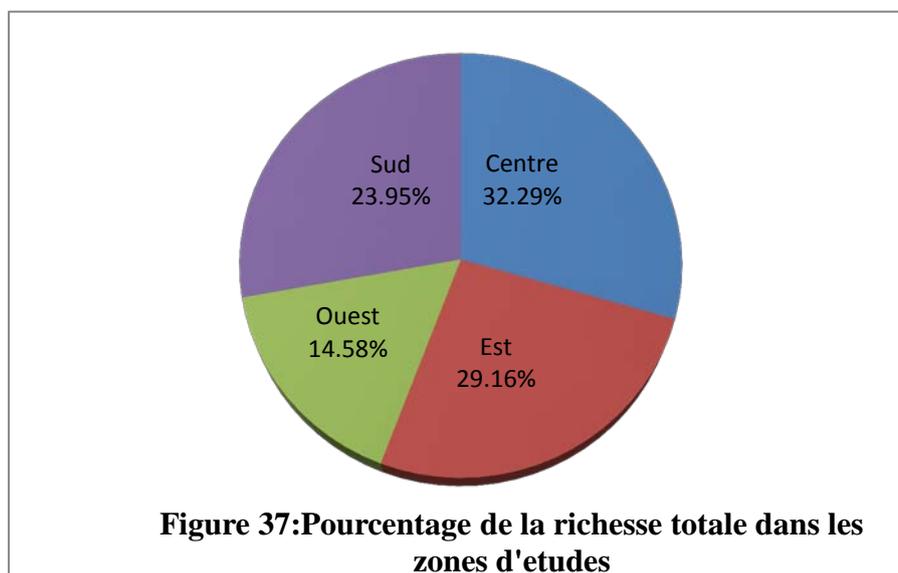
Au niveau du Sud, la région de Biskra abrite une richesse taxonomique importante avec 11 genres suivie d'El Oued avec 7 genres et en fin Laghouat avec seulement 5 genres. Cependant au niveau de Mascara et Relizane (zone Ouest), nous avons recensé 8 et 7 genres respectivement et une même richesse taxonomique a été relevée au niveau des régions de l'Est avec 7 genres.

## Partie expérimentale

**Tableau VIII** : Richesse au niveau des zones d'études

Zones d'études	Richesse totale
Centre	31
Est	28
Ouest	14
Sud	23

A partir de ces résultats, nous notons d'après la figure 37 que la zone du Centre domine avec un pourcentage de 32.29% suivie de celle de l'Est avec 29.16%. Cependant au niveau des zones du Sud et de l'Ouest, nous avons relevé une richesse de 23.95% et 14.58% respectivement.

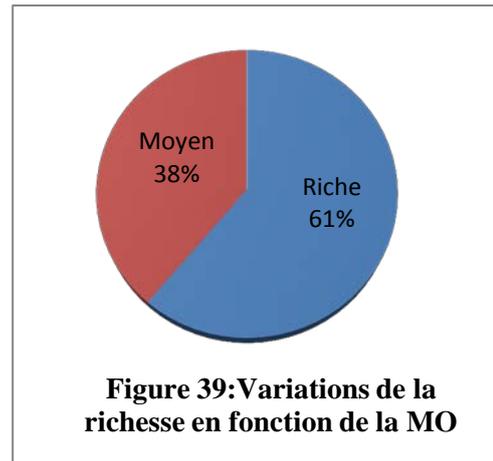
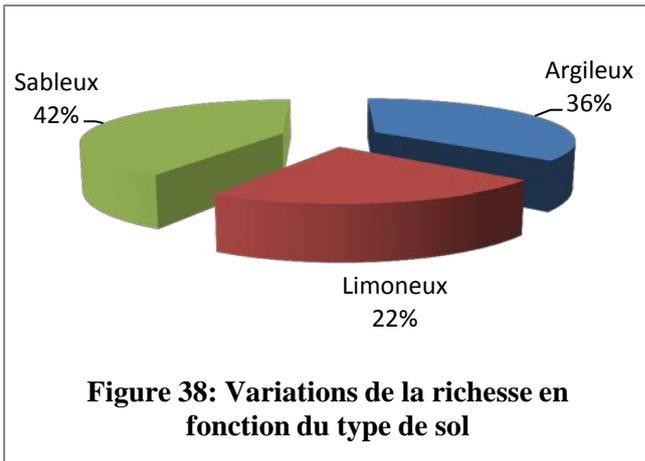


### - Variations de la richesse en fonction du type de sol et de la matière organique (MO)

Les résultats de la variation de la richesse en fonction de la texture du sol et de la MO montrent que celle-ci est importante dans les sols sableux avec un taux de 42% suivie par le sol argileux avec 36% et enfin le sol limoneux avec 22% (Figure 38).

En ce qui concerne la MO, cette richesse est importante dans le sol riche en MO par rapport à un sol moyennement riche, elle est respectivement de 61% et 38% (Figure 39).

## Partie expérimentale

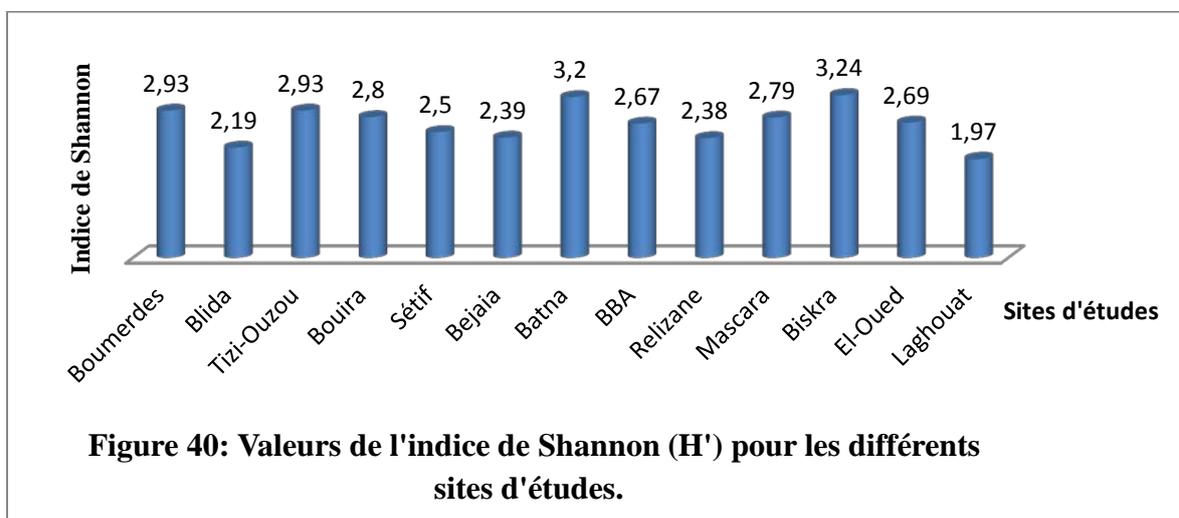


### 2.2. Indices de Shannon et de l'équitabilité.

L'indice de diversité de Shannon est la quantité d'informations apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus se répartissent entre différentes espèces. Une communauté sera d'autant plus diversifiée que l'indice H' sera plus grand.

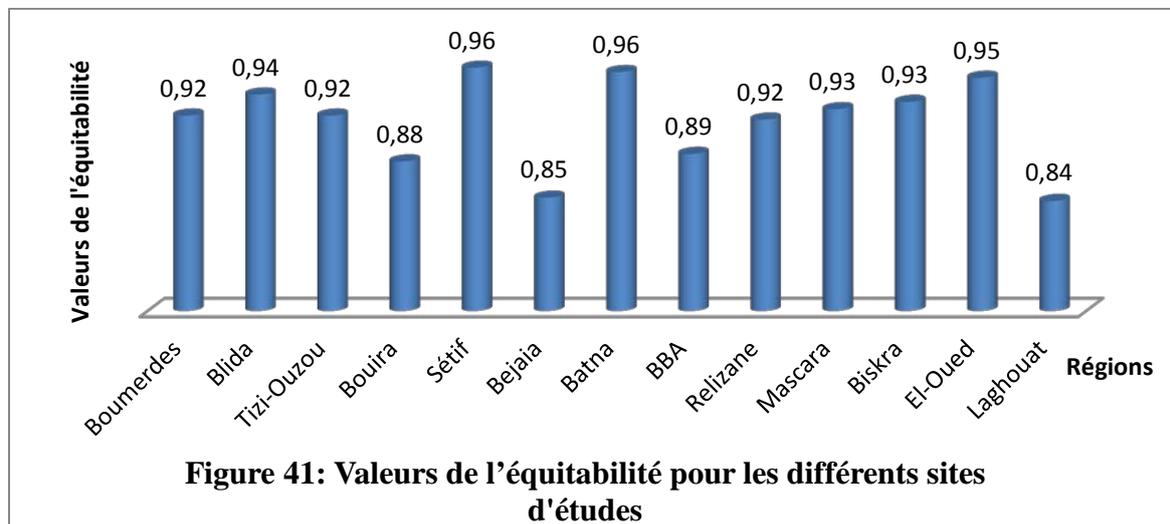
Aussi, l'écosystème est d'autant plus stable qu'il est diversifié, plus il y a d'espèces plus il y a interactions entre elles et plus l'écosystème apparaît apte à résister aux perturbations.

La figure 40 donne un aperçu sur la diversité des peuplements de nématodes dans les 13 stations d'études. Biskra et Batna sont les deux stations qui présentent une diversité élevée avec respectivement 3,24 et 3,2. Par ailleurs, la quasi-totalité des sites présentent un H' sensiblement similaire. Enfin, la région de Laghouat possède la diversité la plus faible avec 1,97. Ainsi, les résultats obtenus ont permis de montrer que la nématofaune est assez diversifiée dans les sites d'études excepté pour la région de Laghouat.



## Partie expérimentale

Les données obtenues concernant l'équitabilité sont consignées dans la figure 41 qui montre des valeurs supérieures se situant dans un intervalle allant de 0,84 à 0,96. Ces valeurs traduisent la présence d'une tendance vers l'instauration d'un équilibre entre les espèces, ce qui signifie que le milieu est stable.



### 3. Analyse multi variée : Analyse factorielle des correspondances : AFC

Afin d'obtenir le maximum d'informations sur l'importance des espèces dans les stations d'études, une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été appliquée, elle s'appuie sur les abondances de ces espèces dans les sites d'études.

Les pourcentages d'inertie des deux axes pris en considération sont : axe1 est de 39,90% et axe2 est de 35,24%. La somme des contributions des deux axes est de 75,14% donc de bonne qualité puisque > 50% (figure 42). La figure 42 montre que les variables sont réparties entre 3 quadrants :

Le quadrant 1 est occupé par la zone du Centre

Le quadrant 3 renferme celle du Sud

Le quadrant 4 réunit les zones de l'Est et l'Ouest

La figure 42 permet de montrer la distribution des nuages de points formés par les espèces en fonction des 4 zones d'études.

Ainsi, l'axe1 permet de caractériser 2 groupes :

Le premier groupe définit positivement les espèces rencontrées dans la zone du Sud (D) nous citons : (26) *Aphelenchoides*, (31) *Discolaimus*, (11) *Rotylenchus*, (32) *Acrobeloides* et (22)

## Partie expérimentale

---

*Hemicriconemoides* qui sont fortement corrélées entre elles et négativement corrélées avec les espèces du quadrant 1 et celui de 3.

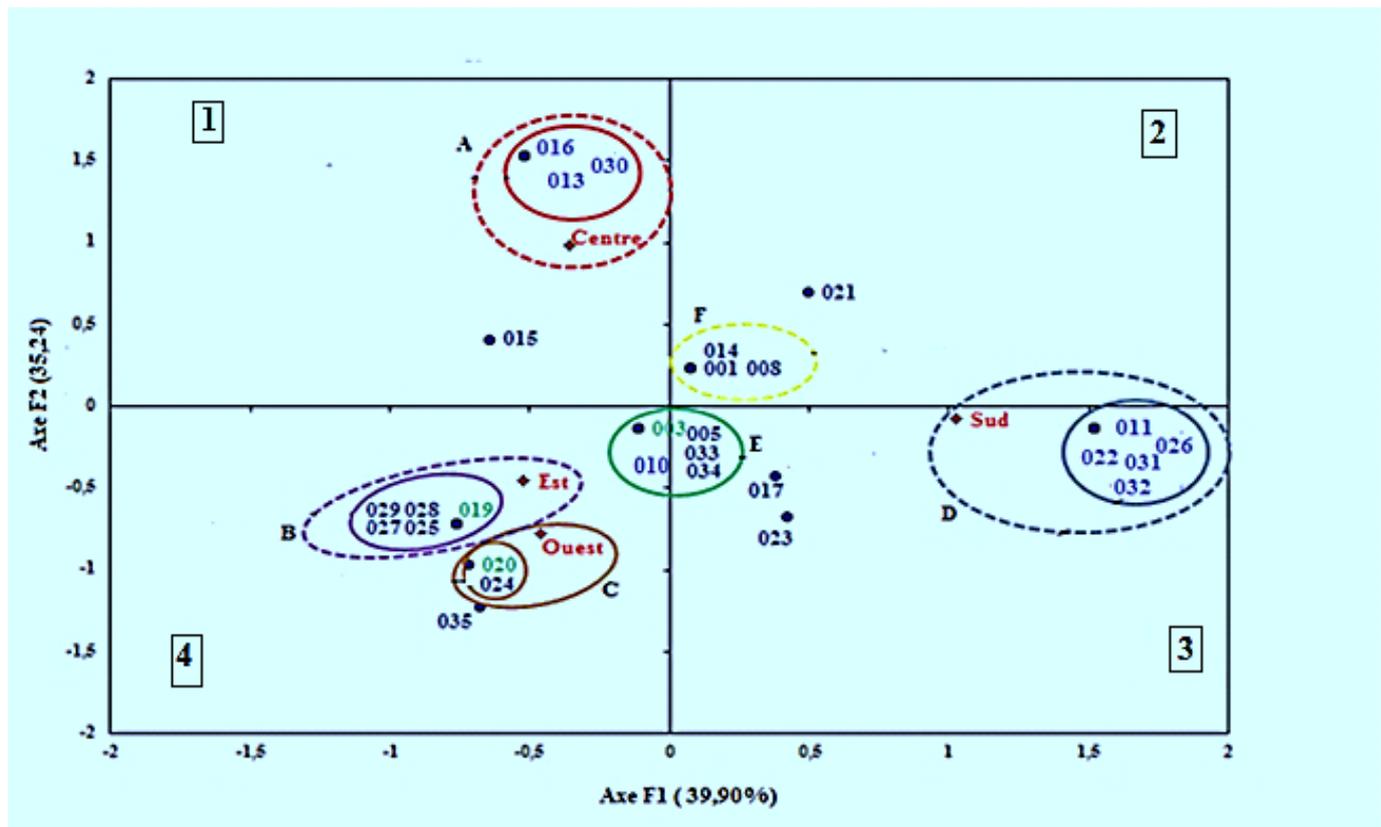
Le deuxième groupe détermine négativement les espèces des groupes (B) et (C) qui caractérisent respectivement les espèces notées dans la zone Est : (19) *Psilenchus*, (25) *Longidorus*, (27) *Coslenchus*, (28) *Boleodorus* et (29) *Mononchus* et celles communes à l'Est et l'Ouest : (20) *Criconema* et (24) *Ditylenchus*. Aussi, négativement sur cet axe, on relève *Gracilacus* recensée seulement dans la zone Ouest. Il est à signaler que les espèces de la zone Est et Ouest sont fortement corrélées entre elles.

Enfin, l'axe 2 détermine positivement les espèces du groupe (A) qui caractérisent la zone du Centre à savoir : (30) *Mylonchulus*, (16) *Filenchus* et (13) *Aprutides*.

De même, les espèces des groupes (E) et (F) qui sont proches de l'axe d'intersection sont des espèces se trouvant soit dans les 4 zones d'études (groupe E) il s'agit de : (3) *Helicotylenchus*, (5) *Pratylenchus*, (33) *Dorylaimus* et (34) *Rhabditis* soit dans au moins 3 zones d'études (groupe F), nous avons : (8) *Meloidogyne*, (1) *Xiphinema*, (10) *Tylenchorhynchus* et (14) *Malenchus*.

Enfin, les espèces qui ne rejoignent aucun groupe et qui s'éloignent de l'axe d'intersection sont des espèces enregistrées seulement dans 2 zones d'études telles que : (21) *Paratylenchus* (Centre et Sud), (15) *Tylenchus* (Centre et Est), (17) *Aphelenchus* (Est et Sud) et (23) *Telotylenchus* (Ouest et Sud).

## Partie expérimentale



**Figure 42: Carte factorielle d'analyse des correspondances des nématodes recensés dans les sites d'études**

La classification Hiérarchique (CHA) établie à partir de l'AFC confirme les résultats de cette dernière, elle est réalisée afin de constituer des groupes d'individus ayant des caractéristiques semblables. Ainsi, les résultats révèlent la présence de 5 classes d'après la figure 43:

- une classe renfermant les nématodes: *Rotylenchus*, *Aphelenchoides*, *Hemicriconemoides*, *Discolaimus* et *Acrobeloides*. Ce sont des nématodes inventoriés dans les stations de la zone Sud.
- une classe qui englobe les nématodes décelés dans la zone du Centre : *Filenchus*, *Aprutides* et *Mylonchulus*.
- une classe spécifique aux nématodes de l'Est, il s'agit de : *Boleodorus*, *Mononchus*, *Psilenchus* et *Longidorus*.
- une classe renfermant les nématodes : *Gracilacus* enregistré dans la zone de l'Ouest, *Ditylenchus* et *Criconema* recensés à l'Est et l'Ouest et *Telotylenchus* noté à l'Ouest et au Sud.

## Partie expérimentale

- enfin, une classe présentant les nématodes communs aux différents sites est enregistrée dans 3 et 4 zones d'études il s'agit de : *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Dorylaimus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Meloidogyne*, *Malenchus* et *Rhabditis*.

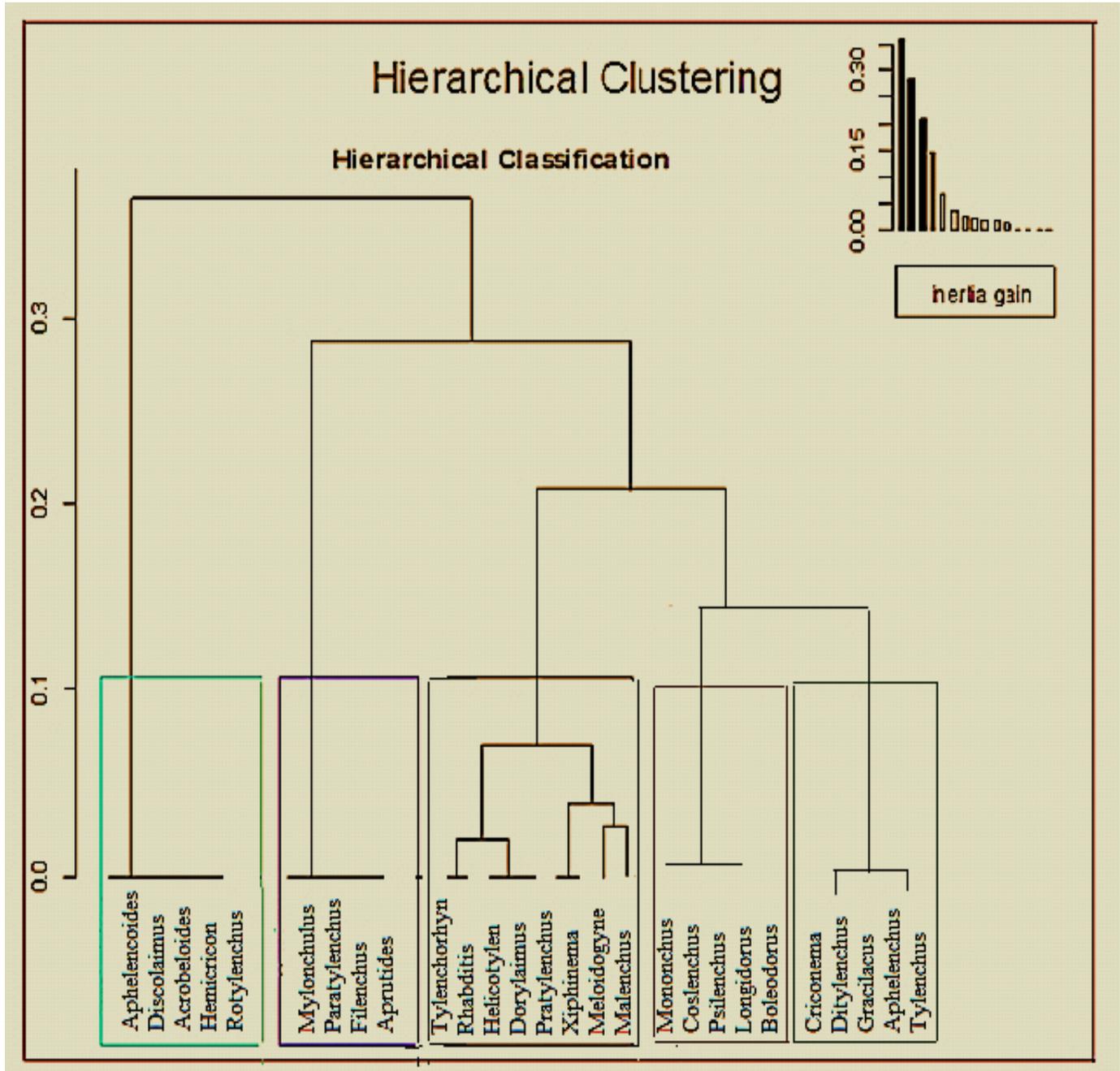


Figure 43 : Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) des espèces de nématodes de l'olivier au niveau des sites d'études réalisée à base de l'AFC.

### III. Discussion

Les sols, ressources de base des sociétés humaines abritent une immense diversité d'organismes qui participent activement à leur fonctionnement. Parmi les organismes du sol, les nématodes représentent le groupe le plus abondant. Ils occupent des positions variées dans le réseau trophique du sol, ce qui leur confère un rôle central dans le fonctionnement des écosystèmes et peuvent donc être pleinement utilisés comme indicateurs de plusieurs processus du sol et des changements des écosystèmes par conséquent des bio-indicateurs écologiques (Neher et *al.*, 1995).

Notre étude sur le peuplement de nématodes inféodé aux oliveraies d'Algérie dans les zones du Centre, l'Est, l'Ouest et le Sud a révélé une diversité assez importante caractérisée par la présence de 28 genres. Toutefois, il est indispensable de décomposer cette donnée en nématodes phytophages et nématodes non phytophages car les premiers interagissent essentiellement avec les racines présentes dans le sol alors que les seconds sont des acteurs dans le fonctionnement du sol.

L'analyse des données relatives aux échantillons effectués sur l'olivier dans les différentes régions a permis de répartir ces taxons selon leur régime alimentaire en quatre groupes trophiques : les phytophages, les fongivores, les bactérivores et les prédateurs- omnivores et elle a fourni des informations concernant les variations spatiale des nématodes associés à cette culture, celles-ci sont expliquées par les modifications liées aux conditions climatiques, qui existent dans les sites prospectés, la fréquence et l'abondance sont attribuées aux propriétés physiques des sols et à la pérennité de la culture.

Ainsi, les nématodes phytoparasites s'attaquent aux racines des végétaux supérieurs à l'aide de leurs pièces buccales munies d'un stylet qui leur permet de piquer les cellules de leur plante hôte, d'injecter des enzymes qui vont digérer le contenu des cellules avant qu'il ne soit absorbé (Bonkowski et *al.*, 2009 ; Quentin et *al.*, 2013).

Le groupe des phytophages occupent un rôle primordial dans la nématofaune par le nombre et la diversité des espèces et ne peuvent survivre qu'au dépend de leur hôte et ils représentent la composante dominante avec 13 genres de la nématofaune dans les sites prospectés. En effet la diversité trophique est affectée par la nature du système de culture : annuelle ou pérenne et que les phytoparasites sont plus abondants dans les sols peu perturbés que dans les milieux fréquemment travaillés (Freckman et Ettema., 1993 ; Yeates et *al.* , 2009). Ceci peut être attribué essentiellement à la présence des systèmes racinaires sur lesquels ils peuvent

## Partie expérimentale

---

satisfaire leurs besoins nutritionnels. Cette hypothèse rejoint les investigations de plusieurs auteurs tels que ceux de Renco (2004) qui montre la dominance du groupe des phytophages sur les céréales (céréales de printemps et blé d'hiver) en Slovaquie avec un pourcentage moyen de 47.15% suivi des groupes des bactérivores et fongivores quant au prédateur, il ne compte que 2.3% de la communauté recensée.

Sur la culture de piment au Vietnam Duong et *al.*, (2012), notent que plus de la moitié de la nématofaune recensée (55.19%) est représenté par les phytoparasites, le reste du pourcentage est déterminé par les bactérivores, fongivores et prédateurs omnivores.

Baujard et *al.*,(1995) et Villenave et *al.*, (2003) ont montré que les agrosystèmes du Sénégal pouvaient héberger une proportion importante de nématodes phytoparasites représentant 60% de l'abondance totale des nématodes. Les phytoparasites et bactérivores sont les plus abondants et représentent respectivement 45% et 35% de la nématofaune du sol.

Aussi, Diakhaté (2014) signale l'abondance des nématodes phytophages dans un sol cultivé de mil au Sénégal avec 45% de la nématofaune du sol.

Dans les terres cultivées, ce sont les formes phytoparasites qui dominent en particulier *Pratylenchus* avec les nématodes fongivores particulièrement *Aphelenchoides*, tandis que les prédateurs sont moins abondants (Yeates et Bird, 1994). En Algérie, dans le peuplement nématologique de la vigne le groupe des phytophages est le plus dominant. Il est présent dans 56% des sites prospectés, suivi par celui des fongivores avec 36% et en dernière position viennent les bactérivores et les prédateurs-omnivores (Hoceini et *al.*, 2014).

Comparé aux autres groupes trophiques, les prédateurs et les omnivores qui sont à un niveau trophique supérieur interviennent avec des proportions faibles dans les sites d'étude. Ce sont des nématodes de grandes tailles et sont plus sensibles aux changements de l'écosystème (Wang et *al.*, 2006) ; ainsi les prédateurs utilisent les macropores pour se déplacer et effectuer leur activité biologique (Ritz et Trudgill, 1999). Enfin, leur pullulation dépend étroitement de la disponibilité de leurs principales proies source de leur nourriture (Villenave et *al.*, 2001). Des observations similaires ont montré que les prédateurs de l'ordre des Mononchida sont peu nombreux par rapport aux autres groupes trophiques (Yeates et Bird, 1994 ; Ndiaye, 1999). Des données identiques ont été obtenues par ce dernier auteur qui affirme que les prédateurs de l'ordre des Mononchida sont peu nombreux dans les sols cultivés. Bien que peu nombreux dans le sol, les nématodes prédateurs peuvent représenter une biomasse très conséquente, participant activement à l'équilibre biologique des sols (Arpin et *al.*, 1980). En

## Partie expérimentale

---

effet, les *Mononchus* et les Dorylaimide sont considérés comme les prédateurs les plus importants en jouant un rôle dans la régulation de plusieurs espèces des nématodes du sol. Cependant, concernant les Mononchus, leur rôle en tant qu'agent de contrôle reste limité. Cette action est attribuée à la difficulté à les cultiver *in vitro*, ils possèdent un cycle de vie long, une fécondité peu élevée et un fort cannibalisme (Bilgrami, 1997 ; Khan et Kim, 2007). En revanche, le deuxième groupe représente le groupe le plus prometteur particulièrement le genre *Discolaimus*, vu les avantages qu'il présente ; il possède un taux de reproduction plus élevé, un cycle de vie plus court, pas de phénomène de cannibalisme et leurs potentialités prédatrices a été rapportée contre les *Meloidogyne*, les *Heterodera* (Khan et *al.*, 1995 ; Bilgrami et Pervez, 2000 ; Bilgrami et *al.*, 2001).

En ce qui concerne le groupe des bactérivores, de nombreux auteurs ont mentionné que les peuplements nématologiques sont dominés par ce groupe trophique plus particulièrement ceux de la famille des Cephalobidae qui constituent le groupe trophique le plus abondant dans le sol (Yeates, 2003 ; Hanel, 2010 ; Djigal et *al.*, 2012). Ils représentent environ 40% de la nématofaune totale (Arpin et *al.*, 1980 ; Villenave et *al.*, 2001). Cette proportion élevée n'a pas pu être décelée et intervient avec le plus faible pourcentage dans les échantillons dans nos sites d'étude. En effet plusieurs facteurs peuvent être responsables de ce faible taux parmi lesquels nous citons la structure du sol et la profondeur. En effet, cette dernière au sein du profil du sol est un déterminant majeur de la distribution verticale des familles de nématode libres. Ces différences dans la distribution verticale sont certainement dues à la variabilité verticale des ressources et des conditions. Ainsi, de nombreuses études, soulignent la dominance des nématodes bactérivores dans les premières couches du sol et sont concentrés dans les 10 premiers centimètres du sol avec un maximum dans les premiers horizons 0–3 cm. Ainsi, 70% sont relevés dans les 3 premiers centimètres dont 38% dans l'horizon 0–1 cm. Par ailleurs, les populations de ces nématodes présentent des densités variables dans l'année, ainsi la connaissance faunistique nécessite donc non seulement l'observation des échantillons importants, mais aussi la possibilité de suivre l'évolution des populations dans le temps. En effet, la diversité peut aussi s'exprimer par les modifications temporelles de la structure des nématocénose (Wasilewska, 1971 ; Arpin et *al.*, 1980 ; Wasilewska, 1997). Par ailleurs, la pullulation de ce groupe dépend étroitement de la disponibilité de leurs principales proies, source de leur nourriture (Wasilewska, 1971 ; Villenave et *al.*, 2001) ce qui pourrait expliquer leur faible abondance. Enfin, Yeates et *al.*, (2009) rapportent que les groupes des bactérivores et des prédateurs-omnivores présentent une faible densité dans les systèmes cultivés par

## Partie expérimentale

---

rapport aux milieux non perturbés tels que les forêts où leur forte densité traduit ou indique une stabilité du milieu et une intense activité bactérienne de décomposition de la matière organique. Ils sont considérés comme indicateurs de la décomposition de la matière organique (Wasilewska, 1997 ; Boag et Yeates, 2004).

Enfin, le reste des groupes fongivores représentent 32,14% de la nématofaune du sol recensés dans les différents sites d'études avec 9 genres. L'abondance de ces fongivores dans les zones d'études pourrait être attribuée à la colonisation des racines par des champignons, ou également serait probablement liée la présence des végétaux qui accroît le nombre des nématodes fongivores et de phytophages, à l'apport d'amendement et à l'activité biologique du sol (Feng *et al.*, 2003; Wasilewska, 2006). Une abondance de ces derniers joue un rôle dans le maintien de la balance vitale microbienne (Morghan-Jones et Rodriguez-Kabana, 1985). Enfin, la majorité des stations d'études ne pratiquent pas les traitements phytosanitaires ce qui pourrait expliquer l'augmentation de la densité de ce groupe de nématodes. En effet, dans les situations sans traitement phytosanitaire la nématofaune présente une composante fongique plus importante (Cluzeau *et al.*, 2009). Enfin, certaines espèces de nématodes fongivores peuvent être utilisées en lutte biologique contre des espèces fongiques phytopathogènes (Anonyme, 2010).

Enfin, la variabilité observée dans l'abondance des groupes trophiques serait probablement liée à divers facteurs. Selon Norton et Niblack, (1991) ; Tabarant, (2011), cette variation est en relation avec les différences dans les cycles de vie des espèces, les processus de compétition, la qualité et la disponibilité des ressources alimentaires, les relations biotiques avec les microorganismes du sol et les facteurs physico- chimiques du milieu.

Pour décrire la diversité fonctionnelle et trophique de la communauté de nématodes associée à l'olivier, différents indices écologiques ont été utilisés ; ce sont des paramètres d'une grande importance qui permettent de mesurer les changements de la structure et de la composition de la communauté de nématodes et jouent un rôle dans le suivi de la qualité des sols et évaluer la durabilité des écosystèmes et de la biodiversité (Neher et Campbell, 1994).

Parmi, ces indices les guildes fonctionnelles, nos résultats montrent la prédominance des nématodes appartenant aux guildes (c-p 2-3) avec 12 familles, cette valeur faible de l'indice indique une pullulation des nématodes opportunistes colonisateurs qui tolèrent les perturbations du milieu tels que : *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Aprutides*, *Coslenchus*, *Aphelenchoides*, *Filenchus*, *Tylenchus*, *Malenchus*, *Boleodorus*, *Helicotylenchus*,

## Partie expérimentale

---

*Rotylenchus*, *Meloidogyne*, *Gracilacus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Telotylenchus*, *Psilenchus*, *Criconema*, *Hemicriconemoides* et *Acrobeloides*. En effet, la présence des nématodes colonisateurs fongivores et bactérivores conduisent au recyclage de l'azote et à une forte activité microbienne au sein du réseau trophique (Djigal, 2003).

Une faible proportion des nématodes de la guildes (c-p1) représenté par une seule famille les Rhabditidae et un seul genre *Rhabditis* a été notée durant cette étude. Ceci peut s'expliquer par sa sensibilité au stress thermique (Venette et Ferris, 1997). En effet, ce groupe est généralement concentré dans la couche supérieure de 0 à 10 cm lié à une activité microbienne plus importante, due à la présence de débris végétaux et à la disponibilité des ressources, leur abondance diminue avec la profondeur (Djigal, 2003). Leur abondance est cependant plus élevée dans les systèmes naturels que dans les systèmes cultivés (Freckman et Caswell, 1985). Aussi, l'augmentation de la c-p (4-5) traduit une richesse du milieu par les nématodes persistants qui sont sensibles aux perturbations du milieu donc important dans un milieu à faible intervention humaine. Ce groupe est moins important et ne compte que 4 familles représenté par les genres : *Longidorus*, *Xiphinema*, *Dorylaimus*, *Mononchus* et *Mylonchulus*. Ainsi, la dominance des nématodes colonisateurs appartenant à la c-p (2-3) sur oliviers cultivés tandis que les nématodes persistants de la guildes c-p (4-5) sont détectés essentiellement sur oliviers sauvages (Ali, 2015).

La même observation a été relevée par Renco (2004) qui note sur 42 genres de nématodes recensés sur la culture de céréale, 27 seulement appartiennent à la guildes (1-3), cependant la guildes (4-5) ne renferme que 15 genres. Par ailleurs, Duong et al., (2012) rapportent la dominance des nématodes de la guildes fonctionnelle (2-3), tandis que la guildes fonctionnelle (4-5) est faiblement représentée. En Algérie, la dominance des groupes sur cultures maraichères de la guildes c-p 2 et c-p 3 tandis que les guildes c-p 4 et c-p 5 sont représentées chacune par un seul genre *Paratrichodorus* et *Xiphinema* respectivement (Hadj Sadouk-Nebih, 2013).

Dans la présente étude, l'exploitation des différents indices écologiques a montré que : L'indice de Shannon varie de 1,97 à 3,24. Cette variation peut s'expliquer par 2 aspects : soit par les conditions climatiques affectant la fréquence des espèces de nématodes, soit par l'effet des facteurs pédologiques sur ces espèces et qui varient d'une région à une autre. Ainsi, de nombreux travaux révèlent que la diversité nématologique varie selon les agrosystèmes et les biotopes (Gomes et al., 2009 ; Coll et al., 2013).

## Partie expérimentale

---

Des valeurs de diversité comparables à nos résultats sont obtenues par Hu et Qi (2010) sur culture de maïs avec une valeur oscillant de 1.98 à 2.26. Par ailleurs une diversité nématologique très élevée de 5.31 est obtenue par Steinberger et *al.*, (2001) dans le désert Jordanien.

Hadj Sadouk- Nebih (2013), note des valeurs de diversité variant de 0.67 pour les secteurs sahariens à 1.23 pour ceux du nord qui considérés comme les plus diversifiés sur cultures maraichères.

Les valeurs de l'indice d'équitabilité obtenues sont supérieures à 0,5, elles oscillent entre 0,84 à 0,96. Ces valeurs traduisent la présence d'une tendance vers l'instauration d'un équilibre entre les espèces. Ainsi, ces indices de biodiversité permettent de révéler d'une manière générale des communautés riches en espèces avec équi-répartition de ces espèces au sein des communautés.

### Chapitre V: Etude de la diversité des nématodes phytophages de l'olivier.

#### Introduction

Les systèmes modernes de production d'olives reposant en grande partie sur la création de nouveaux vergers dans le cadre de schémas d'intrants élevés peuvent créer un environnement plus propice aux bioagresseurs parmi lesquels, les nématodes phytoparasites occupent une place très particulière en raison de leur mode de vie qui dépend étroitement de la présence d'une plante dont ils se nourrissent (Ndiaye, 1994). Ce sont d'importants ravageurs des plantes en agriculture. Ce groupe a une incidence économique très importante à l'échelle mondiale et peuvent occasionner plus de 100 milliards de dollars en perte de production annuellement (Belair, 2005). Ces vers microscopiques, munis d'un stylet mesurent de 300 à 1500  $\mu\text{m}$  de longueur et de 15 à 35  $\mu\text{m}$  de diamètre. Dans leur processus de nutrition, ils ponctionnent à l'aide de leur stylet le système racinaire de la plante, ce qui diminue la capacité d'absorption de l'eau et des éléments nutritifs dans le sol. Des symptômes causés par ce groupe sont très variés et non spécifique comme des réductions du système racinaire, des distorsions de la structure racinaire, défoliations et jaunissement des feuilles etc... (Sasanelli et al., 2002; Nico et al., 2003; Castillo et al., 2010 ). La sévérité des dommages occasionnés est reliée surtout à la combinaison plante-nématode, à des facteurs environnementaux comme les précipitations (humidité du sol), le type de sol et les pratiques culturales (Ex : Cultivar, résistant). Enfin, les blessures causées aux cellules des racines fournissent une opportunité pour l'installation d'autres pathogènes comme les bactéries, les champignons et les virus (Nico et al., 2002 ; Ciancio et Mukerji, 2009 ; Castillo et al., 2010).

Sur olivier, les dommages établis par le parasitisme de ces phytophages peuvent ne pas être perçus par les agriculteurs ou être attribués à d'autres pathogènes végétaux du sol ou à une mauvaise qualité du sol, puisque l'olive est une plante extrêmement vigoureuse capable de prospérer dans des zones relativement sèches, ce qui peut compromettre l'expression des symptômes des attaques NPP. Ainsi, le stress hydrique et les carences nutritionnelles résultant de dommages dans le système racinaire des plantes qui peuvent être des conséquences majeures des attaques NPP. De ce fait, ces dernières années, de nombreuses études ont été consacrées à ces bioagresseurs (Nico et al., 2002 ; Castillo et al., 2003 ; Castillo et al., 2010 ; Palomarès-Rius et al., 2012 ; Ali et al., 2015 ; 2016 ; Ait Hamza et al., 2015 ; 2017).

## Partie expérimentale

---

En Algérie, les travaux concernant ces bioagresseurs sont fragmentaires, ce chapitre va nous permettre de déterminer leur distribution et leur importance dans les zones oléicoles.

### I. Matériel et méthodes.

#### 1. Techniques d'échantillonnage et de prélèvements.

Le protocole utilisé pour la technique d'échantillonnage, la méthode d'extraction et de l'identification des nématodes dans le sol ont été décrites en détail dans le chapitre précédent (chapitre IV).

#### 2. Dominance des taxons dans les échantillons

D'après Fortuner et Merny, (1973), l'évaluation de l'importance d'une espèce dans un écosystème peut se faire grâce à deux critères : sa fréquence et son abondance. Dans le cas d'un nématode phytophage, ces deux critères peuvent nous renseigner sur l'état d'un bioagresseur actif de la plante au voisinage de laquelle il a été détecté. Cette évaluation est déterminée par deux paramètres qui sont :

##### 2.1. Diagramme d'abondance et de fréquence

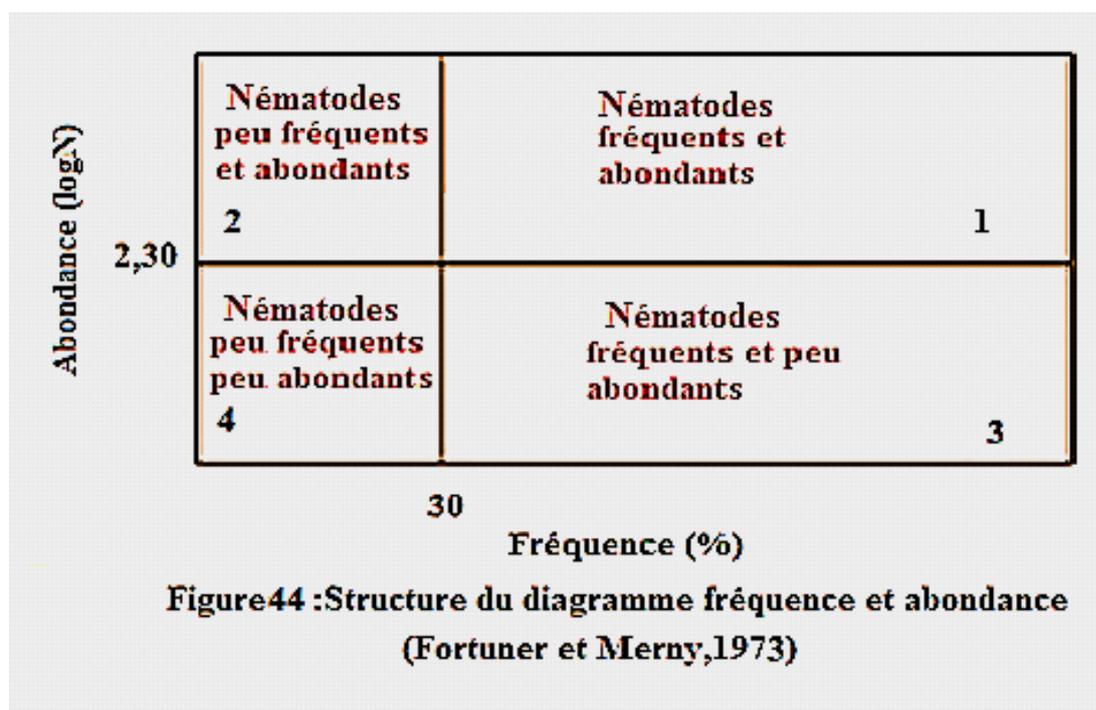
Ce diagramme est une représentation entre l'abondance et la fréquence de chaque genre ou espèce dans les échantillons, il est représenté dans la figure 44.

**a. l'abondance(A) :** correspond au logarithme décimal ( $\log N$ ), où  $N$  est la moyenne des effectifs des genres dans les échantillons où ils ont été décelés.

Le seuil d'abondance est de 200 individus par  $\text{dm}^3$  de sol ( $\log 200=2,30 \text{ N/dm}^3$ ). Pour cela, nous considérons comme peu abondant les espèces pour lesquelles l'indice est inférieure à 2,30, c'est-à-dire dont la population moyenne est inférieure à 200 individus par décimètre cube de sol.

**b. La fréquence (F) :** correspond au pourcentage d'échantillons dans lesquels le genre ou l'espèce a été relevé. Le seuil de fréquence dans le sol est de 30%, et nous considérons comme fréquentes les espèces notées dans au moins 30% des points de prélèvements et comme rares celles pour lesquelles cet indice est inférieure à 30%.

## Partie expérimentale



### 2.2. Détermination des classes d'abondance

Afin de déterminer l'abondance des espèces de nématodes dans un site donné, ces derniers ont été répartis dans cinq classes établies par Fortuner et Merny (1973).

**Tableau IX** : Représentation des classes d'abondance (Fortuner et Merny, 1973)

Classe d'abondance	Dans le sol (par dm <sup>3</sup> )	Dans les racines (gramme)	Infestation
1	0-50	0-5	Très faible
2	51-200	6-20	Faible
3	201-1000	21-100	Moyenne
4	1001-5000	101-500	Forte
5	+ de 5000	+ de 500	Très forte

### 3. Calcul de l'indice de maturité des nématodes phytophages.

Parmi les indices nématologiques proposés par Bongers (1990), l'indice MI ou maturity index est un paramètre potentiel pour évaluer l'impact des perturbations du sol et de surveiller les changements dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes agricoles.

## Partie expérimentale

---

Cet indice représente la stratégie démographique dominante des nématodes et expriment la représentation proportionnelle des familles. Il est particulièrement utile dans les études de gradients de perturbations et un indicateurs des conditions de sol (Ferris et *al.*, 2001).

L'indice de maturité est représenté par les valeurs des (c-p) décrites dans le chapitre précédent et il est calculé par la formule :  $MI = \sum vi \cdot pi$ .

**Vi** : sont les valeurs de c-p rangées entre 1 à 5 pour taxon i"

**Pi** =  $ni / N$  avec (ni) : le nombre d'individus du taxon i" et N : le nombre total des individus.

Ainsi, une faible valeur de MI (inférieure à 1.5) indique un écosystème perturbé ou un milieu perturbé.

### 4. Détermination des indices écologiques.

Les indices écologiques (indice de Shannon et l'équitabilité) appliqués pour la communauté de nématodes ont été décrits dans le chapitre IV et ont été calculés également pour les nématodes phytoparasites.

### 5. Analyses statistiques.

Les résultats obtenus ont été soumis à l'analyse statistique, la méthode adoptée à été décrite dans le chapitre précédent.

### II. Résultats.

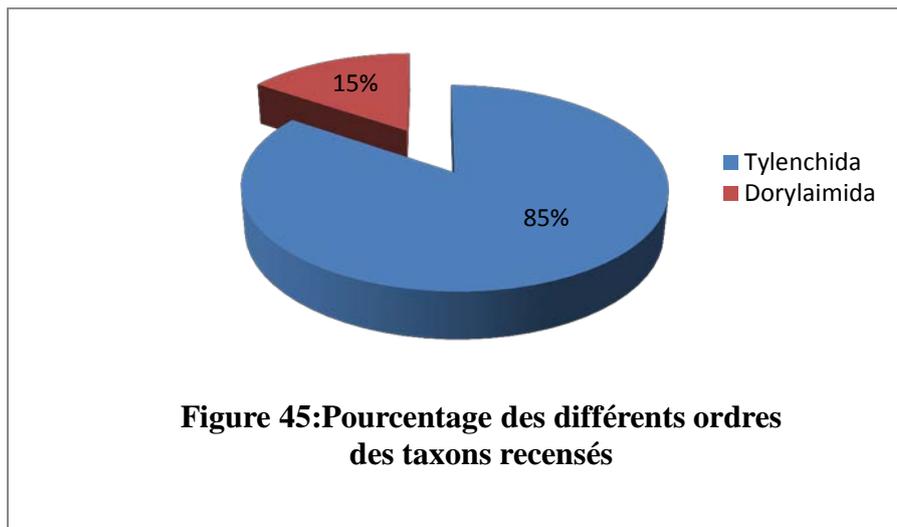
#### 1. Recensement des nématodes phytophages sur l'olivier dans les sites d'études.

L'inventaire faunistique a permis le recensement de 13 genres et 6 espèces de nématodes phytoparasites appartenant à 8 familles associés à la culture de l'olivier à travers les zones d'études.

#### 2. La diversité taxonomique

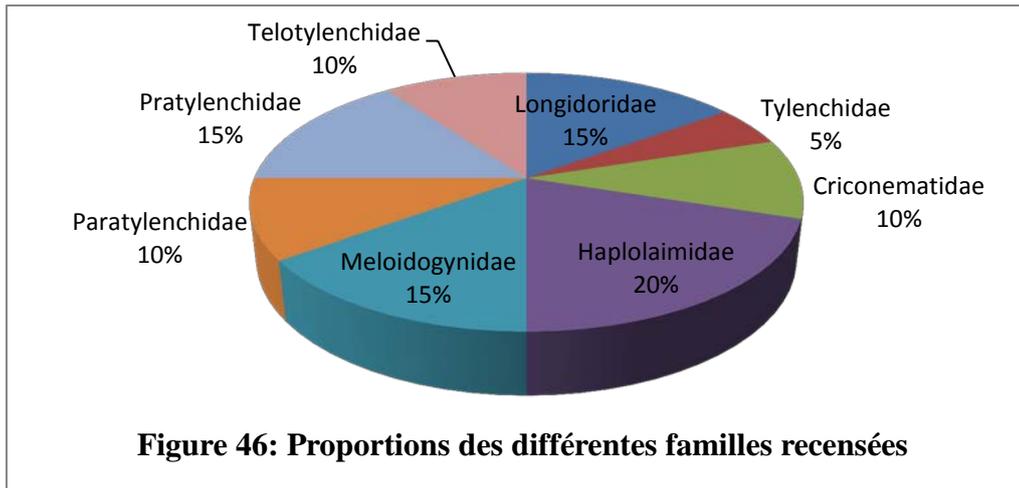
##### 2.1. Proportion des différents taxons recensés.

Les résultats représentés dans la figure 45 montrent que les taxons recensés appartiennent à 2 ordres : les Tylenchida et les Dorylaimida. Ainsi, le premier renferme la majorité des taxons avec un pourcentage de 85%. En revanche, celui des Dorylaimida compte 15% des effectifs enregistrés.



Au niveau des Tylenchida, la famille des Haplolaimidae domine dans avec un pourcentage de 20% suivi des familles de Longidoridae, Meloidogynidae et Pratylenchidae avec 15%. Cependant, on compte un pourcentage de 10% pour les familles des Criconematidae, des Paratylenchidae et des Telotylenchidae, la famille des Tylenchidae présente un pourcentage de 5% (Figure 46).

## Partie expérimentale



### 2.2. Influence des facteurs abiotiques et biotiques sur la densité des nématodes phytophages.

La variation de la densité des nématodes phytophages a été étudiée en tenant compte de plusieurs paramètres.

#### 2.2.1. Variation de la densité des nématodes phytophages en fonction des zones d'études et l'étage bioclimatique.

La variation de la densité des nématodes phytophages selon les zones d'études représentée par la figure 47A montre qu'elle est importante dans la zone du Centre, elle oscille entre 40 et 280N/dm<sup>3</sup>, suivie de celle du Sud avec une densité allant de 20 à 160N/dm<sup>3</sup>. En ce qui concerne les zones Est et Ouest, les résultats révèlent une densité sensiblement similaire variant de 20N/dm<sup>3</sup> à 130N/dm<sup>3</sup>.

Aussi, l'analyse de la variance basée sur le test de Kruskal-Wallis a révélé une différence significative de la densité des nématodes phytophages par rapport aux zones d'études ( $p < 0.05$ ).

En effet, dans la zone du Centre, la station de Bumerdes est dominée par *Xiphinema* avec l'espèce *X.macroacanthum* enregistrée uniquement dans cette station, nous notons également la dominance des *Meloidogyne*, des *Pratylenchus* et des *Helicotylenchus* tandis que le genre *Tylenchorhynchus* est faiblement représenté.

En ce qui concerne le site de Tizi Ouzou le genre *Helicotylenchus* avec l'espèce *H. pseudorobustus* abonde les sols de l'olivier de cette région. Nous avons noté aussi la présence

## Partie expérimentale

---

de *Meloidogyne* et *Pratylenchus* avec deux espèces *P.neglectus* et *P.thornei*, le genre *Xiphinema* est faiblement représenté dans cette station.

Le nématode spiralé *Helicotylenchus* colonise les sols de Blida et Bouira, cependant *Paratylenchus*, *Xiphinema*, *Pratylenchus* et *Meloidogyne* ont une fréquence moindre

Dans la zone Est, le genre *Boleodorus* est signalé au niveau de la station de Bejaia, cependant *Criconema* et *Longidorus* n'ont été décelés que dans la région de Batna. Le genre *Helicotylenchus* domine dans cette zone et il est signalé dans la quasitotalité des sites .

Dans les zones sahariennes : Biskra, El-Oued et Laghouat, nous avons enregistré la présence de *Telotylenchus* et *Helicotylenchus* avec des densités élevées. Le genre *Rotylenchus sp* et *R.goodeyi* ont été rélevés que dans la zone de Biskra avec de fortes densités en comparaison avec les autres zones d'études. De même, une faible densité est notée pour le genre *Hemicriconemoides* dont la présence est rapportée uniquement dans la zone de Laghouat. Le genre *Paratylenchus* est décelé uniquement dans la d'El-Oued.

Enfin, dans la zone Ouest, nous avons recensé 7 taxons : *Pratylenchus*, *Tylenchorynchus* et *Telotylenchus* qui affichent des densités importantes suivis de *Gracilacus* qui a été relevé à Mascara. En dernier, viennent les genres : *Helicotylenchus*, *Criconema* et *Meloidogyne* vue leur faible densité.

Concernant, la région de Relizane, nous avons enregistré 3 genres de nématodes phytophages avec de faibles densités il s'agit de : *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* et *Tylenchorynchus*.

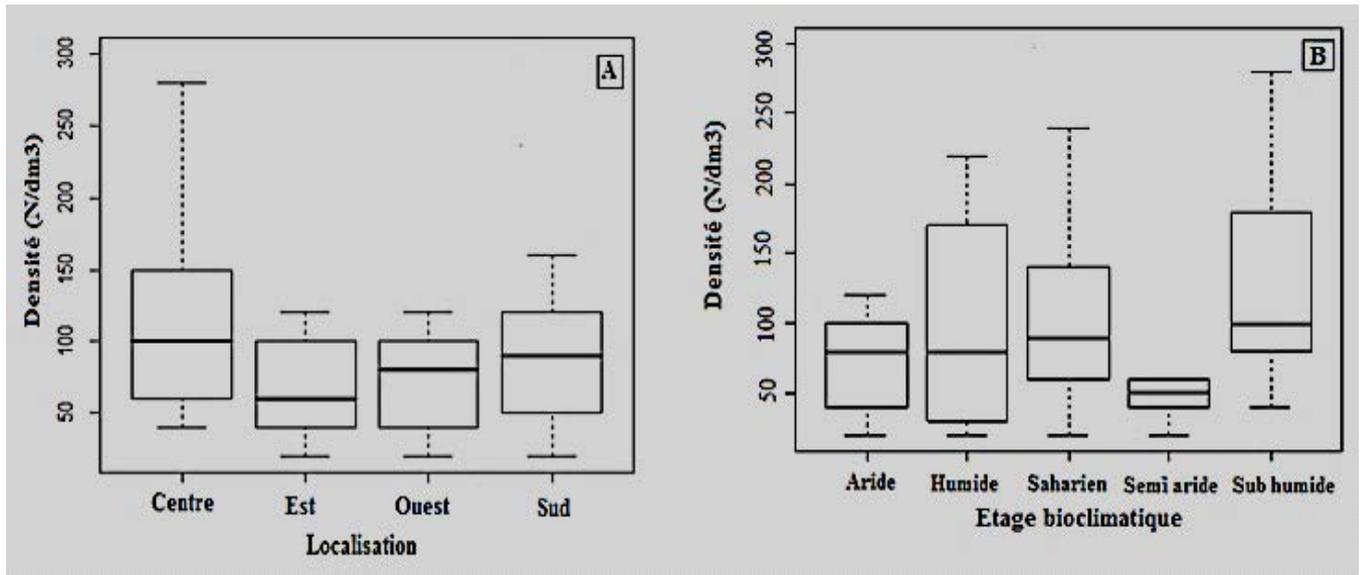
Les relations des nématodes phytophages et les étages bioclimatiques montrent des variabilités de la densité de chaque groupe trophique en fonction de l'étage bioclimatique.

La figure 45B révèle que l'étage subhumide présente la densité la plus élevée avec 280N/dm<sup>3</sup>, suivi de l'étage saharien avec 240N/dm<sup>3</sup> et l'étage humide avec 220N/dm<sup>3</sup>.

Cependant, les plus faibles densités sont enregistrées au niveau de l'étage semi-aride et l'étage aride avec une densité respectivement de 60 et 120N/dm<sup>3</sup>.

Une différence hautement significative de la densité des nématodes phytophages par rapport à l'étage bioclimatique est notée suite à l'analyse de la variance basée sur le test de Kruskal-Wallis.

## Partie expérimentale



**Figure 47 : Variation de la densité des nématodes phytophages en fonction de la localisation (A) et l'étage bioclimatique (B).**

### 2.2.2. Variation de la densité des nématodes phytophages en fonction des variétés, l'irrigation et le type de verger.

La figure 48 (A,B) représente l'effet de l'irrigation et le type de verger sur les nématodes phytophages.

Concernant le type de verger (âgé et jeune) et l'irrigation, les résultats montrent que ces deux paramètres n'ont pas d'influence sur la densité des nématodes. Celle-ci est presque similaire par rapport à ces paramètres.

En effet, nous avons enregistré une densité de 20 à 210N/dm<sup>3</sup> dans un verger âgé avec une valeur extrême de 260N/dm<sup>3</sup>, dans un jeune verger cette densité varie de 20 à 240N/dm<sup>3</sup> avec une valeur extrême de 300N/dm<sup>3</sup>.

Dans un verger irrigué et non irrigué, la densité minimale enregistrée est de 20N/dm<sup>3</sup>, cependant la densité maximale est de 250 et 210N/dm<sup>3</sup> respectivement pour verger irrigué et verger non irrigué.

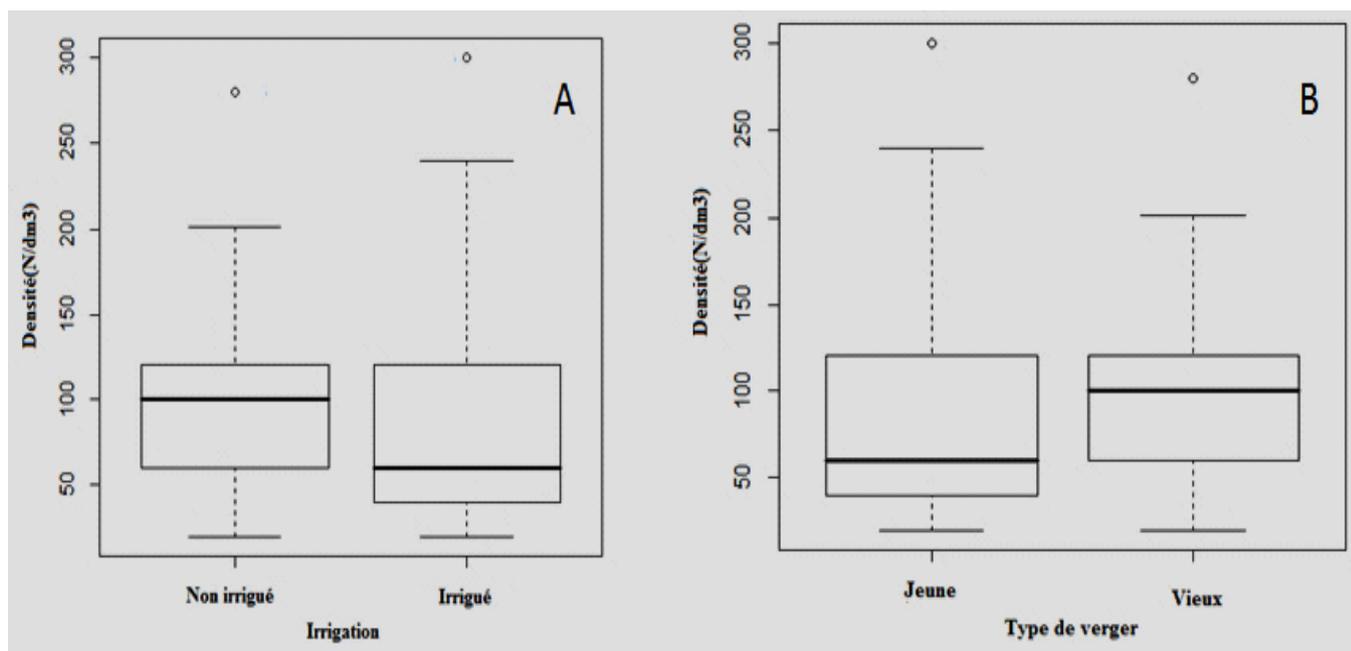
En effet, une différence non significative a été notée suite à l'analyse de la variance basée sur le test de Kruskal-Wallis concernant la densité par rapport à ces deux paramètres où la valeur p est > 5%.

## Partie expérimentale

De même, la figure (49) montre la variation de la densité en fonction des variétés d'olivier. D'après les résultats, la variété Azzeradj est la plus infestée avec  $280\text{N}/\text{dm}^3$  suivie par la variété Blanquette avec  $225\text{N}/\text{dm}^3$ , puis la Chemlal avec une densité de  $210\text{N}/\text{dm}^3$ .

Les variétés Rougette et Sigoise enregistrent une densité de 150 et  $120\text{N}/\text{dm}^3$  respectivement. Enfin la variété Bouchouk est représentée par les plus faibles effectifs de l'ordre de  $60\text{N}/\text{dm}^3$ .

L'analyse de la variance basée sur le test de Kruskal-Wallis a donné une différence de la densité de nématodes par rapport aux variétés avec  $p \text{ value} < 5\%$ .



**Figure 48 : Variation de la densité des nématodes phytophages en fonction:  
(A) : Irrigation ; (B) : Type de verger**

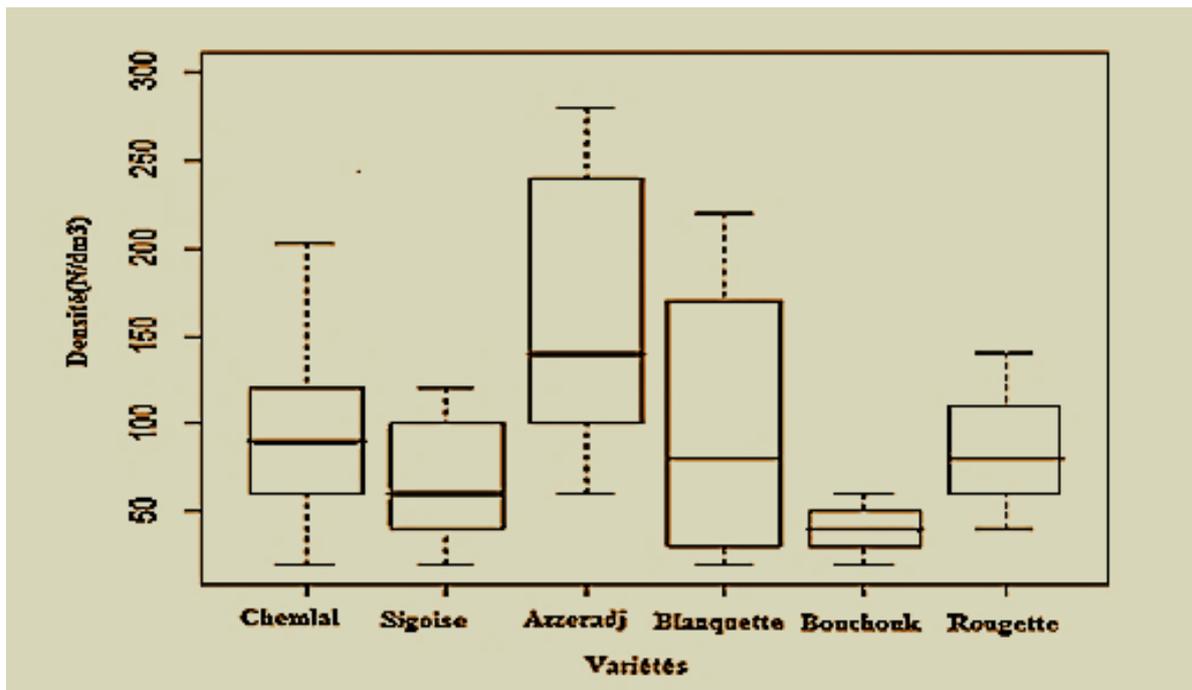


Figure 49 : Variation de la densité des nématodes phytophages en fonction des variétés d'olivier

### 3. Classification des nématodes phytophages selon le mode de parasitisme.

Le mode de parasitisme a permis de subdiviser les nématodes phytoparasites trouvés dans les zones d'études selon leur comportement alimentaire en quatre grands groupes:

**3.1. Les nématodes ectoparasites:** ce sont des nématodes qui ne pénètrent jamais dans les racines. Ils se nourrissent sur les cellules se trouvant à la périphérie ou à l'apex des racines. Ils sont capables de se déplacer d'une racine à une autre.

Ce groupe est le plus dominant avec 8 genres et 3 espèces : *Longidorus*, *Criconema*, *Gracilacus*, *Tylenchorhynchus*, *Boleodorus*, *Helicotylenchus* (*H.pseudorobustus*), *Rotylenchus*, (*R.goodeyi*), *Xiphinema* et *X.macroacanthum*.

**3.2. Les nématodes endoparasites migrants:** ce groupe de nématodes pénètrent dans les racines, s'y déplacent de racine peuvent en ressortir et changer de racine. Nos échantillons nous ont permis de détecter un seul genre et 2 espèces qui sont : *Pratylenchus*, *P.thornei* et *P.neglectus*.

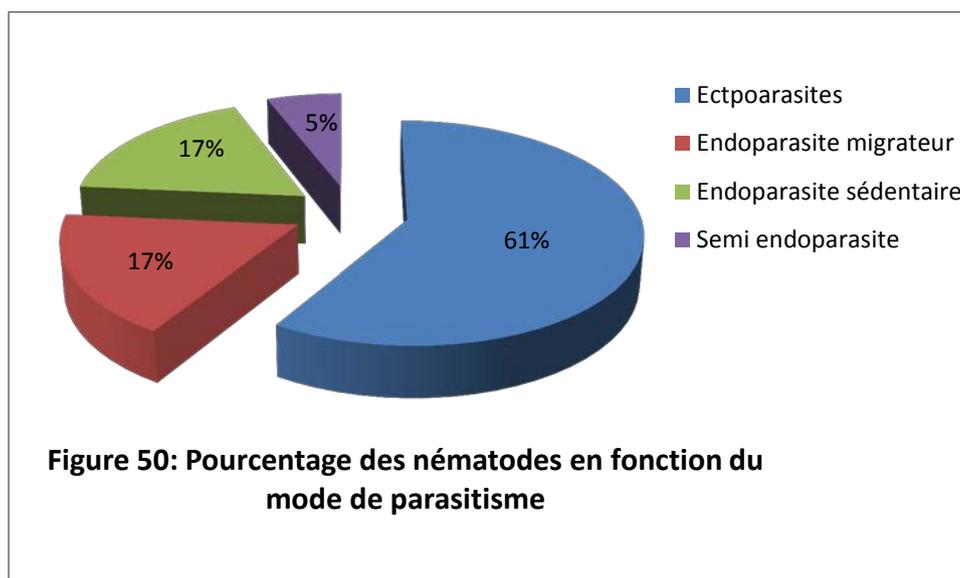
**3.3. Les nématodes endoparasites sédentaires:** ce sont des nématodes qui pénètrent totalement dans la racine s'y fixent et ne quittent plus le site choisi. Les *Meloidogyne* est le

## Partie expérimentale

genre caractéristique de ce type. En ce qui concerne ce mode de parasitisme, nous avons noté la présence du genre *Meloidogyne* avec les deux espèces : *M.arenaria* et *M.javanica*.

**3.4. Les nématodes semi endoparasites:** ils se fixent en un point de la racine. Seule une partie du corps, la tête, pénètre dans la racine, le reste du corps se trouvant à l'extérieur. C'est le cas de *Telotylenchus* recensé dans les échantillons.

Les résultats obtenus pour chaque mode de parasitisme sont illustrés dans la figure 50. Nous notons une dominance des ectoparasites suivis des endoparasites migrants et sédentaires, en dernière position nous avons les semi endoparasites avec respectivement un pourcentage de 61% ; 17% ,17% et 6%.



## 4. Structure et composition de la communauté de nématodes phytoparasites.

La structure et la composition de la communauté de nématodes phytophages dans les zones prospectées ont été réalisées en tenant compte de deux aspects établis par Fortuner et Merny(1973) qui sont : les classes d'abondance et le diagramme fréquence/abondance.

### 4.1. Les classes d'abondance.

Les populations ont été réparties dans des classes d'abondance établit par Fortuner et Merny (1978). Les résultats obtenus mentionnés dans le tableau IX montrent que les classes d'abondance varient de 1 à 3 ce qui traduit une infestation du sol avec 50N/dm<sup>3</sup> à 1000N/dm<sup>3</sup> respectivement, que le degré d'infestation du sol varie d'un genre à un autre et d'une région à une autre.

## Partie expérimentale

Ainsi, la classe d'abondance 3 renferme les genres : *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* et *Meloidogyne* qui abondent les sols d'oliviers et sont rencontrés dans les 4 zones d'études.

L'absence du genre *Xiphinema* est relevé dans la zone de l'Ouest, cependant, il est décelé dans zone Sud avec une faible densité de 40N/dm<sup>3</sup> de ce fait, il fait partie de la classe d'abondance 1. Dans la zone du Centre, il est détecté avec une densité de 280N/dm<sup>3</sup> il appartient à la classe 3 ; à l'Est, il est présent dans la classe 2 avec une densité de 80N/dm<sup>3</sup>.

Les genres *Rotylenchus* et *Boleodorus* sont signalés respectivement dans les zones du Sud et de l'Est. Ces deux genres font partie de la classe d'abondance 3 avec une densité respectivement de 540 et 220N/dm<sup>3</sup>.

Les genres *Longidorus* et *Gracilacus* sont signalés dans les sols d'oliviers de l'Est et l'Ouest respectivement, avec une densité de 60N/dm<sup>3</sup> pour *Longidorus* et 80N/dm<sup>3</sup> pour *Gracilacus* ce qui les caractérisent de la classe d'abondance 2.

Enfin, le genre *Hemicriconemoides* est le moins représenté dans les sols d'oliviers, en effet il est signalé seulement dans la zone du Sud avec une faible densité de 20N/dm<sup>3</sup> de ce fait il est présent dans la classe d'abondance 1.

**Tableau X** : Les classes d'abondance des nématodes dans les zones d'études

Les genres de Nématodes	Classes d'abondance			
	Centre	Est	Ouest	Sud
<i>Helicotylenchus</i>	3	3	2	-
<i>Pratylenchus</i>	3	2	2	2
<i>Meloidogyne</i>	3	3	1	2
<i>Xiphinema</i>	3	2	-	1
<i>Tylenchorhynchus</i>	2	1	2	-
<i>Rotylenchus</i>	-	-	-	3
<i>Boleodorus</i>	-	3	-	-
<i>Telotylenchus</i>	-	-	2	3
<i>Criconema</i>	-	1	2	-
<i>Paratylenchus</i>	2	-	-	2
<i>Longidorus</i>	-	2	-	-
<i>Gracilacus</i>	-	-	2	-
<i>Hemicriconemoides</i>	-	-	-	1

- : Signifie absence de nématodes dans la zone

## Partie expérimentale

---

### 4.2. Le diagramme de la fréquence / abondance.

Le diagramme de l'abondance et de fréquence nous a permis de classer les genres de nématodes recensés dans nos sites d'études en 4 groupes figure 51.

**-Nématodes abondants et fréquents** : c'est le cas de *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* et *Tylenchorhynchus*. Ce sont les principales espèces qui forment l'essentiel de la faune des nématodes phytophages, ils sont considérés comme des parasites actifs et peuvent se multiplier rapidement sur cette culture.

**-Nématodes abondants et peu fréquents** : ce type est représenté par *Rotylenchus* et *Boleodorus*, ils peuvent être considérés comme des parasites actifs mais nécessitent des conditions particulières, de ce fait leur dissémination est difficile et ce qui explique leur faible fréquence.

**-Nématodes peu abondants et fréquents** : représenté par les genres *Telotylenchus* et *Xiphinema*. Ce sont en général des espèces ubiquistes, rencontrés dans plus de 30% des sites d'études.

**-Nématodes peu abondants et peu fréquents**: ils sont rencontrés dans moins de 30% des sites examinés et leur densité est inférieure à 220N/dm<sup>3</sup>. Ces nématodes sont considérés comme des parasites mineurs.

## Partie expérimentale

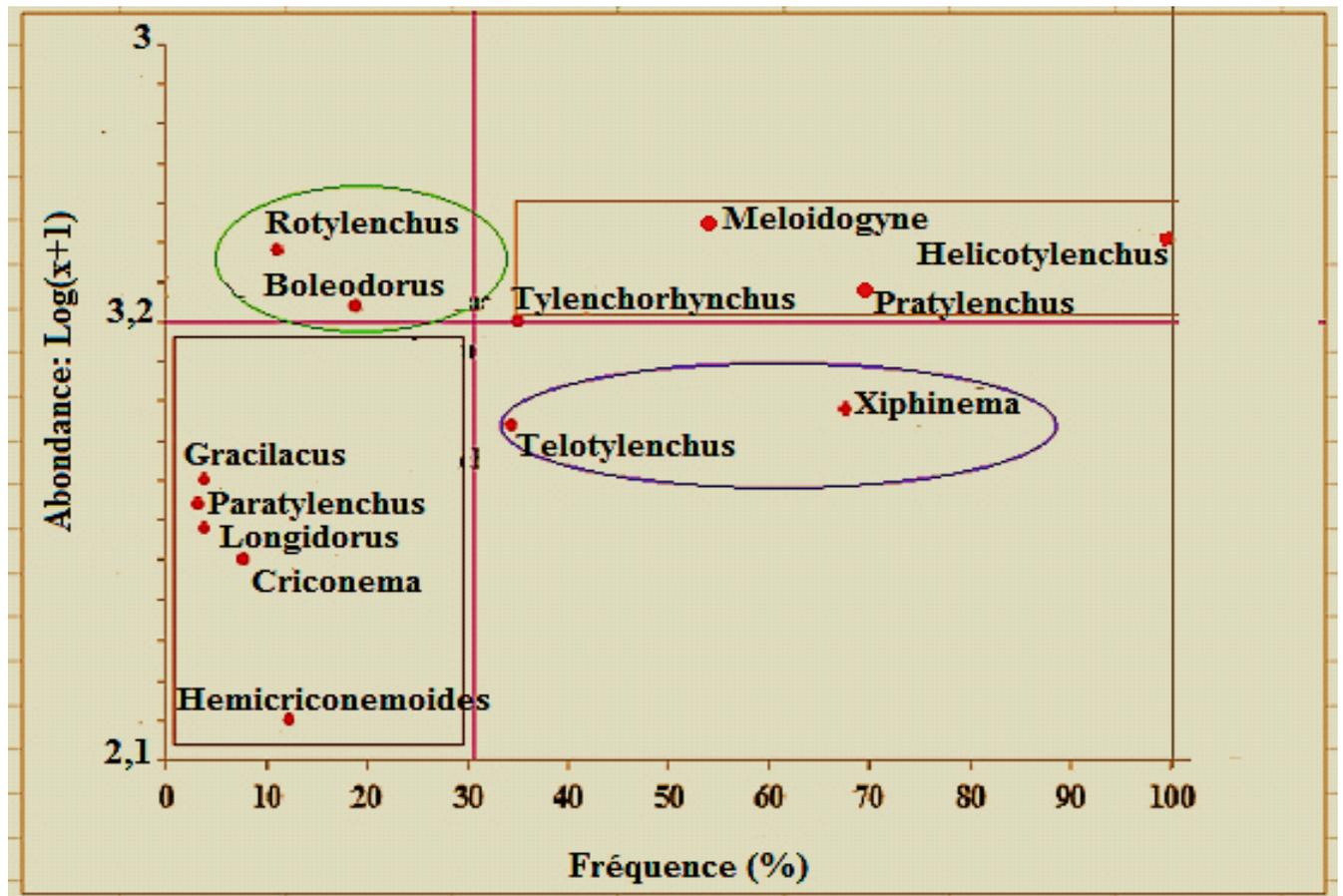


Figure 51 : Structure des nématodes enregistrée dans les stations d'études

### 5. L'indice de maturité (IM).

L'indice de maturité est l'un des paramètres potentiels qui permet de mesurer l'impact des perturbations et de surveiller les changements dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes agricoles.

Les résultats concernant cet indice dans les 4 zones d'études varient de 2,79 à 4,98.

La valeur la plus élevée est signalée dans la zone du centre 4,98 suivi de la zone du sud avec un indice de 3 contrairement aux zones de l'ouest et l'est où nous avons relevé des valeurs de 2,86 et 2,79 respectivement.

L'analyse de ces données montre que les stations du Centre et du Sud sont très structurées, cependant les zones de l'Est et l'Ouest ont une valeur presque identique et peuvent être considérées comme des zones non perturbées.

## Partie expérimentale

### 6. La diversité du peuplement de nématodes phytoparasites dans les stations d'études.

#### - La richesse, l'indice de Shannon et de l'équitabilité.

Les résultats des indices écologiques : indice de Shannon et l'équitabilité dans les régions d'études sont consignés dans le tableau X.

Dans notre cas, nous avons calculé l'indice de diversité pour toutes les stations ; ce dernier prend en compte la richesse taxonomique, nous avons également calculé l'indice de l'équitabilité E (variant de 0 à 1) qui traduit la distribution des peuplements récoltés.

On remarque que les variations de la diversité spécifique ( $H'$ ) des espèces de nématodes suivent relativement la même tendance que celle de la richesse.

D'après le tableau X, la valeur de l'indice de Shannon oscille entre 1.37, et 2.8.

La plus grande diversité est obtenue au niveau des stations Biskra, Mascara et Batna avec respectivement : 2.8 ; 2.65 et 2.61, celle-ci décroît au niveau des stations de Relizane, Blida et Sétif avec  $H'$  de: 1.37 ; 1.41 et 1.45 respectivement.

Concernant, l'indice d'équitabilité les résultats consignés dans le tableau X montrent que celui-ci ne présente pas de différence entre les sites, il se situe dans un intervalle de 0.86 à 0.96. En effet, ces valeurs sont proche de 1 ce qui signifie que les espèces sont distribuées d'une manière équitable et qu'il existe un certain équilibre entre les genres de nématodes dans les stations d'études.

**Tableau XI** : Etude écologiques des nématodes phytophages dans les régions prospectées

Stations	Indice de Shannon (H)	Indice d'équitabilité
Boumerdès	2.4	0.92844674
Blida	1.41	0.88961095
Tizi-Ouzou	2.24	0.96471549
Bouira	1.72	0.86
Sétif	1.45	0.91484814
Béjaia	1.54	0.77
Batna	2.61	0.92970076
BBA	1.77	0.885
Relizane	1.37	0.86437376
Mascara	2.65	0.94394905
Biskra	2.8	0.93333333
El-Oued	1.88	0.94
Laghouat	1.72	0.86

## Partie expérimentale

---

### 7. Répartition des nématodes phytophages selon le biotope.

Afin de compléter nos observations et pour mieux comprendre les liens qui peuvent exister entre les espèces de nématodes phytophages et l'étage bioclimatique (biotope) nous avons opté pour une analyse factorielle pour des données multiples. Cette dernière permet sur un graphique une représentation visuelle la plus fidèle possible qui existe entre les variables biologiques (espèces de nématodes) et environnementales (étage bioclimatique). A l'issue de cette analyse, nous avons choisi les deux axes F1x F2 qui totalisent le maximum d'informations, soit 21.31% et 19.36% respectivement.

La projection des descripteurs montre selon l'axe1 que les espèces du nuage 1 (figure 52A) : *Gracilacus* (G), *Hemicriconemoides* (Hm), *Criconema* (Cr), *Pratylenchus* (P), *Tylenchorhynchus* (Ty) et *Longidorus* (L) sont corrélées positivement entre eux et négativement avec les espèces du nuage 3 : *Xiphinema macroacanthum* (Xm), *Meloidogyne arenaria* (Ma), *Pratylenchus thornei* (Pt) et *Pratylenchus neglectus* (Pn).

Ainsi, au niveau de la 2<sup>ème</sup> projection qui caractérise la matrice de corrélation entre les étages bioclimatiques classes ces espèces (nuage 1) dans l'étage aride et semi-aride. Une corrélation positive s'établit entre ces deux étages au niveau de l'axe1 (Figure 52B).

Quant aux espèces du nuage 3 ils forment un groupe appartenant à l'étage humide et sub humide. Ce dernier se trouve corrélé positivement avec l'étage humide.

Selon l'axe 2 on note une corrélation positive entre les espèces du nuage 2 : *Telotylenchus* (Te), *Rotylenchus* (R) et *Meloidogyne javanica* (Mj). La projection au niveau de la matrice de corrélation des étages bioclimatiques place ces derniers dans le biotope saharien.

Enfin les espèces du nuage 4 forment un groupe homogène qui n'a pas de préférence bioclimatique et donc enregistrer dans au moins 3 étages bioclimatiques il s'agit de :

*Helicotylenchus* (H), *Meloidogyne* (M), *Pratylenchus* (P) et *Xiphinema* (X).

## Partie expérimentale

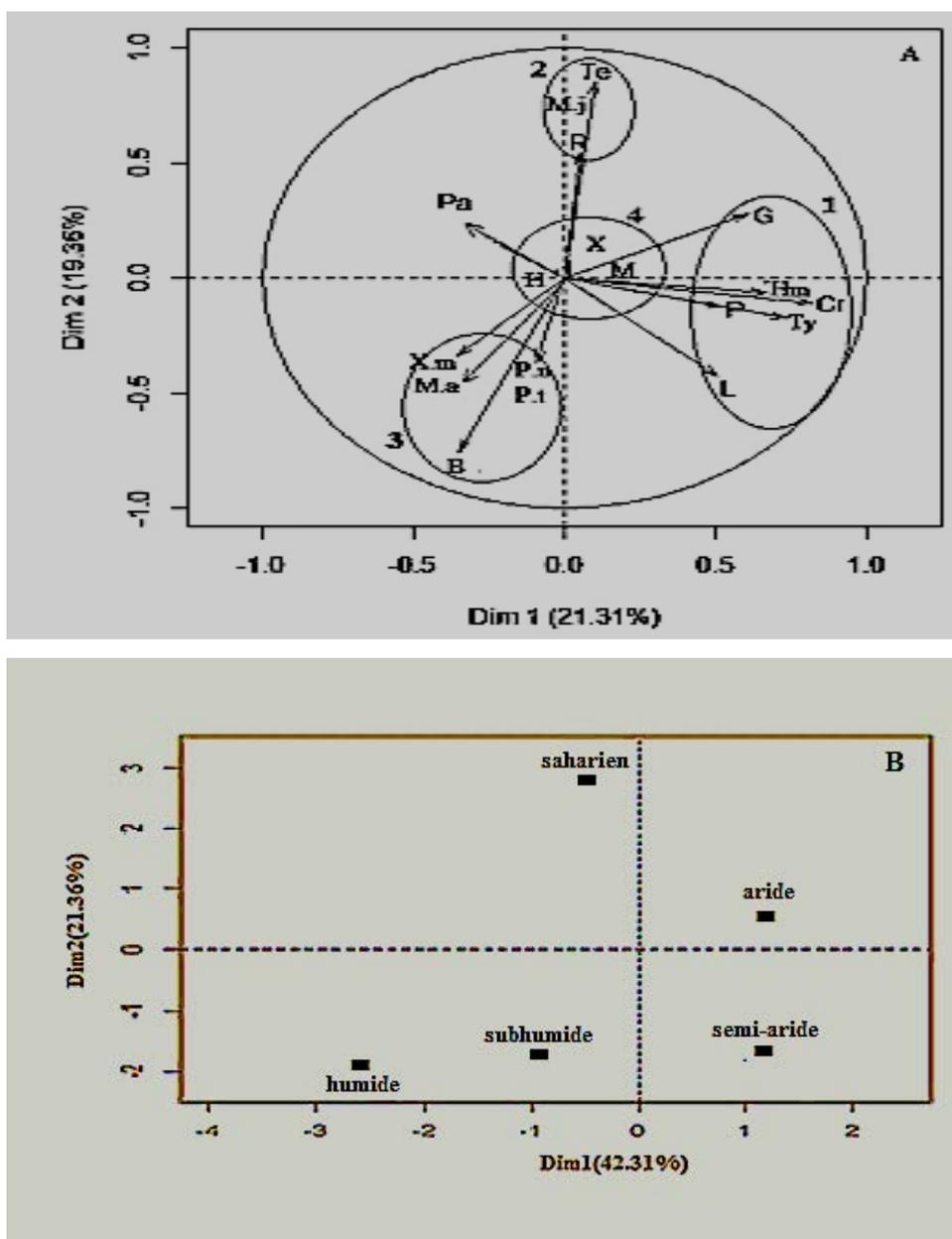


Figure 52 : Analyse factorielle pour des données mixtes

### III. Discussion.

La nématofaune des sols est constituée de nématodes phytoparasites, bien connus par les dégâts qu'ils peuvent occasionner sur les cultures. La connaissance de l'abondance et la composition de ce groupe trophique est importante car elle permet de mesurer le risque de phytopathogénicité lié à ces organismes.

La présente étude a permis de recenser 13 genres et 8 espèces de nématodes phytophages appartenant à 8 familles dans les vergers dans différentes zones oléicoles de l'Algérie dont 85 % du peuplement appartiennent à l'ordre des Tylenchida et 15 % à celui des Dorylaimida qui sont les deux principaux ordres de la classe des nématodes. En effet, ces données correspondent avec celles enregistrées dans des investigations menées par Pena-Santiago (1990) dans les vergers d'oliviers en Espagne qui constate que 9,3% des nématodes phytoparasites appartenaient à l'ordre des Dorylaimida tandis que 90,7% du peuplement font partie de celui des Tylenchida. Egalement en Espagne, dans une étude réalisée dans une pépinière d'Andujar (Jaén) par Talavera et *al.*, (1999) , ces auteurs avancent que 87,5% des espèces relevées appartenaient à l'ordre des Tylenchida tandis que l'ordre des Dorylaimida ne compte que 12,5%. Enfin, dans les vergers d'oliviers en Andalousie, 13% du peuplement nématologique est composé des genres de l'ordre des Dorylaimida et 87% à celui des Tylenchida (Castillo et *al.*, 2010).

Nous avons également noté que l'ordre des Tylenchida compte la majorité des taxons et dominé par les familles des Haplolaimidae (20%), des Meloidogynidae (15%), des Pratylenchidae (15%), des longidoridae (15%) tandis que celle des Tylenchidae est faiblement représentée avec 5%.

Ces données sont similaires à celles rapportées par Talavera et *al.*, (1999) , qui soulignent que les Tylenchida renferment en majorité les familles des Pratylenchidae (25%), des Belonolaimidae (12,5%), des Criconematidae (12,5%), des Heteroderidae (12,5%), des Haplolaimidae (12,5%), des Longidoridae (12,5%) et des Tylenchulidae (12,5%).

Par ailleurs, en Turquie, la majorité des taxons recensés sont des Tylenchida dominée par les familles des Haplolaimidae, des Telotylenchidae, des Meloidogynidae et des Tylenchidae. (Cilbricioglu, 2007).

De même, En Espagne, la majorité des taxons inventoriés appartiennent à l'ordre des Tylenchida avec dominance des familles des Belonolaimidae (24%) et Pratylenchidae (22%),

## Partie expérimentale

---

suivie de la famille des Haplolaimidae (14%) tandis que les Longidoridae ne comptent que (5%) (Nico, 2002).

Enfin, Au sud du Maroc, Ait-Hamza et *al.*,(2015) note que l'ordre des Tylenchida avec les familles des Dolichoridae et Haplolaimidae sont les mieux représentées par rapport à celles des Tylenchidae, Pratylenchidae, Criconematidae et Anguinidae.

Nos résultats sur le peuplement des nématodes sur olivier rejoignent d'un point de vue taxons ceux établis dans différents pays du monde par plusieurs auteurs. Ainsi, en Italie, Lamberti et Vovlas (1993) notent plus de 70 espèces de nématodes appartenant à 33 genres en association avec l'olivier dans le monde.

En Espagne., dans ses travaux Nico (2002) a recensé 37 espèces de nématodes phytoparasites (NPP) dans les vergers d'oliviers en Andalousie.

En Turquie, les travaux préliminaires de Kepenekçi (2001) révèlent la présence de 32 espèces de nématodes phytophages appartenant à 23 genres appartenant à 8 familles sur olivier.

En Iran, Sanei et Okhovvat (2011) rapportent la présence de 8 genres de nématodes affectant l'olivier en pépinières. Ces mêmes auteurs rapportent que *Pratylenchus* et *Meloidogyne* sont les plus dominants et provoquent des dommages considérables.

Au sud du Maroc, Ait hamza et *al.*, (2015) notent la présence de 14 genres de nématodes sur l'olivier sauvage et cultivé. De même au Maroc, Ali (2015) note une grande diversité taxonomique de nématodes avec 48 genres et 122 espèces sur oliviers.

Dans le monde , plus d'une centaine d'espèces de nématodes phytoparasites ont été signalées en association avec l'olivier (Lamberti et Vovlas, 1993 ; Nico et *al.*, 2002 ; Sasanelli, 2009 ; Castillo et *al.*, 2010 ; Ali et *al.*, 2016) , seulement quelques genres et espèces peuvent affecter la croissance des oliviers tels que : *Pratylenchus vulnu*, *P.penetrans*, *Tylenchus semipenetrans*, *Gracilacus peratica*, *Rotylenchulus macrodoratus*, *Xiphinema elongatum* et *X.index*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchulus* , *Heterodera* (Abrantes et *al.*, 1987 ; Sasanelli et *al.*, 1999 ; Sasanelli et D'Addabbo, 2002 ; Nico et *al.* , 2002 ; Castillo et *al.*, 2010 ; Ali et *al.*, 2014 ; Ait Hamza et *al.* , 2015 ).

La comparaison de la nématofaune au niveau des zones d'études révèle une variation d'une zone à une autre. La zone la plus peuplée est celle du Centre suivie du Sud comparée à celles de l'Est et l'Ouest qui présentent une densité presque similaire et moins importante. Diverses études confirment nos résultats et signalent que le peuplement de nématodes varie en fonction des milieux prospectés.

## Partie expérimentale

---

De même, l'analyse des données nous ont permis le classement et la caractérisation des taxons selon les stations d'études. En effet, les nématodes des genres *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Helicotylenchus* sont les plus dominants sur culture de l'olivier et décelés dans la majorité des sites prospectés et par conséquent au niveau de différents étages bioclimatiques étudiés.

En ce qui concerne les *Meloidogyne*, cet endoparasite sédentaire est représenté dans notre étude par deux espèces *M. arenaria* et *M. javanica* avec des densités importantes dans la quasi-totalité des sites étudiés avec des densités variant de 180 à 860 nématode/100g de sol, les fortes densités sont notées dans zones les plus humides. En effet, ce dernier facteur constitue, un élément déterminant de la densité et dans sa large distribution dans la quasi-totalité des sites, celle-ci est aussi attribué essentiellement à leur adaptation et leur reproduction parthénogénétique mitotique (Castagnone et al., 2013), à leur capacité à infecter différentes espèces végétales (Chitwood et Perry, 2009) ; en effet, ces endoparasites sont très polyphages et possèdent une gamme d'hôtes très large regroupant de nombreuses familles botaniques cultivées ou spontanées, ainsi Block et al., (2009) ont recensé 5500 espèces végétales infestées par ces nématodes. Ces *Meloidogyne* sont considérés comme les bioagresseurs les plus redoutables et constituent une des principales contraintes des cultures dans les pays méditerranéens où les conditions climatiques leurs sont favorables (Giannakou et al., 2007). Ils provoquent des dommages considérables dans les pépinières et réduisent la croissance des oliviers dans les vergers (Hashim, 1982 ; Nico et al., 2002 ; Jaharashahi al., 2014).

Ce genre comprend plus de 150 espèces dont plusieurs espèces sont inféodées à l'olivier aussi bien en vergers qu'en pépinières dans le monde (Nico et al., 2002).

Enfin, Les *Meloidogyne* sont aussi considérés comme dangereux essentiellement par leur statut d'organisme de quarantaine classés dans la liste A2. Les principales espèces fréquemment rencontrés sont *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. lusitanica* et *M. baetica*, cette dernière appelée également «Mediterranean olive root-knot nematode» inféodée uniquement à l'olivier a la capacité de se reproduire sur olivier sauvage ou cultivé. Cette espèce a été signalée sur l'olivier sauvage en Espagne (Castillo et al., 2003) où elle provoque le jaunissement des feuilles suivi de défoliations partielles (Nico et al., 2003). Les investigations menées par Jahanshahi et al.,(2014) en Iran enregistrent une densité importante de *Meloidogyne* dans le sol et les racines d'oliviers. En effet ce genre peut

## Partie expérimentale

---

entraîner une réduction de 37,6% et 10,7% de la croissance des plants à des densités de 0.1 et 12,8 juvéniles/cm<sup>3</sup> de sol respectivement pour *M. javanica* et *M. incognita*.

Selon, Castillo et *al.*, (2010). *M. javanica* est l'une des principales espèces avec une incidence élevée sur des oliviers et présente des symptômes de dessèchement en Argentine. De même, *M. incognita* a été signalée en Espagne sur toutes les variétés de l'olivier avec une fréquence très élevée sur Manzanilla avec un taux de 18,5%; cette espèce est faiblement représentée sur Cornicabra et Picual avec respectivement un taux de 4,8% et 5,9% (Nico et *al.*, 2002). Récemment, Ait Hamza et *al.*, (2017) rapportent la présence de *M. javanica* et *M. incognita* avec un pourcentage de 52,1% et 23,2% respectivement en pépinière et verger d'olivier. Ali et *al.*, (2016) rapportent la dominance de *M. javanica* dans les zones cultivées du Maroc. Enfin, dans des systèmes de production d'olives, le statut des espèces envahissantes a été être attribué à *M. javanica* (Singh et *al.*, 2013).

En ce qui concerne le genre *Pratylenchus*, cet endoparasite migrateur est abondant et fréquent (dans 68% des sites d'études), il est considéré comme dangereux et classé comme organisme de quarantaine en Algérie. Ce sont des nématodes redoutables causant de dégâts considérables en vergers et en pépinières d'olivier dans le monde, ils provoquent des lésions sur les racines (Abrantes et *al.*, 1992 ; Castillo et Vovlas, 2002 ; Nico et *al.*, 2002 ; Ali et *al.*, 2016 ).

Il renferme de nombreuses espèces inféodées à l'olivier, les principales et les plus fréquemment relevées comme étant très redoutables sur l'olivier à l'échelle mondiale sont: *Pratylenchus penetrans* et *P. vulnus*. Cette dernière a été signalée en Espagne sur les variétés Manzanilla, Arbequina et Cornicabra. Des fréquences élevées ont été enregistrées sur les variétés Manzanilla et Arbequina avec 22,2% et 20,6% respectivement et avec un faible taux était sur Cornicabra de 4,8% (Nico et *al.*, 2002). Elles causent une sévère défoliation, une chlorose des feuilles, un raccourcissement des entre-nœuds, des lésions et des nécroses sur les racines (Nico et *al.*, 2003). *P. coffeae* ont été signalées sur les vergers jeunes d'olivier en Australie. En Algérie, l'espèce *P. thornei* a été signalée au niveau du sol et des racines de l'olivier dans la région de Boufarik (Blida) (Troccoli et *al.*, 1992). Récemment, une nouvelle espèce, *P. olea* a été signalée à partir de racines d'olivier en Tunisie et en Espagne (Palomares-Rius et *al.*, 2014).

## Partie expérimentale

---

En ce qui concerne les semi endoparasites, les nématodes appartenant à ce mode de parasitisme sont faiblement représentés dans notre étude. En revanche, *Tylenchulus semi penetrans* a été signalé en pépinières d'oliviers en Algérie (Sellami et al., 2014).

Parmi, les nématodes phytophages recensés, les ectoparasites occupent la première place avec un pourcentage très élevé de 61%, Cette catégorie renferme deux genres *Xiphinema* et *Longidorus* sont considérés comme les plus redoutables. Malgré, leur faible abondance, ces ectoparasites sont considérés comme dangereux par leur responsabilité dans la transmission des maladies virales, ils peuvent causer des dommages très sévères sur olivier (Castillo et al., 2010). Les espèces *Xiphinema diversicaudatum*, *X. index* et *X. elongatum* ont été signalées association avec une nécrose racinaire sur olive dont les dégâts ont été observés notamment en pépinière (Sassanelli et al., 1999; Ciancio et Mukerji, 2009 ; Castillo et al., 2010).

Cette dernière espèce affecte également la croissance des plantes en Egypte avec une réduction de 65% du poids des olives et peut causer des tâches nécrotiques sur le système racinaire (Diab et El Eraki, 1968). D'autres espèces comme *X. italiae*, *X. pachtaicum*, *X. ingens* ont été isolées dans les oliveraies non irriguées (Hashim, 1982). De même, *X. aequum*, et *X. index* ont été signalées en Italie et en Grèce sur la variété FS17 et le porte-greffe DA 12I (Ciancio et Mukerji, 2009).

Il est à signaler d'après les résultats obtenus durant notre étude que le nématode du genre *Helicotylenchus* est décelé dans la quasi-totalité des sites prospectés où il colonise les sols de l'olivier. Selon, Schrec-Reis et al., (2010), certaines espèces de ce genre peuvent se comporter comme des ectoparasites ou endoparasites. Ces bioagresseurs sont très cosmopolites et répandus dans les sols cultivés et non cultivés. En effet, ce genre est ubiquiste et très polyphage possède sur une large gamme de plantes hôtes et présent dans tout type d'habitat et en toute saison (Ndiaye, 1999 ; Abrantes et al., 1987 ; Nico, 2002 ; Ali et al., 2016). Selon Inserra et al.,(1979) ; Firoso et Maqbool, (1994) plusieurs espèces du genre *Helicotylenchus* peuvent être présentes en forte densité dans un même échantillon du sol. Ces derniers auteurs signalent la présence de deux espèces d'*Helicotylenchus* sur les racines d'oliviers en Italie, il s'agit de : *H. oleae* et *H. neopaxilli*.

Cependant, l'espèce *H. dihystera* signalée en Egypte et en Italie cause la réduction de la croissance des racines tandis que *H. erythrinae*, *H. digonicus* et *H. oleae* provoquent des nécroses sur les racines, des chloroses et la dessiccation des feuilles en Grèce et en Jordanie (Sassanelli, 2009). Les travaux de Kepenekçi (2001), révèlent la dominance de

## Partie expérimentale

---

*Helicotylenchus digonicus*, et *Helicotylenchu spseudorobustus* sur olivier. En Espagne, 7 espèces de *Helicotylenchus* sont inféodées à l'olivier il s'agit de *H. canadensis*, *H. digonicus*, *H. dihystra*, *H. exallus*, *H. oleae*, *H. pseudorobustus*, and *H. vulgaris* (Peña-Santiago et al., 2004).

Les *Tylenchorynchus* spp sont des ectoparasites, polyphages et très fréquents dans les sols des plantes cultivées. Ils ont été signalés dans la majorité des pays oléicoles : en Algérie, en Espagne, en Grèce, à Chypre, en Turquie et en Jordanie (Castillo et al., 2010 ; Sellami et al., 2014 ; Ali et al., 2016). Leur nuisibilité à l'égard des plantes n'a jamais été mise en évidence. En Espagne, ce genre est peu fréquent en pépinières avec des densités non négligeables de 87 nématodes par 100 cm<sup>3</sup> de sol (Nico et al., 2002). Plusieurs espèces appartenant à ce genre ont été signalées comme *T. aduncus* , *T. claytoni* , *T. clarus*, *T. dubius* , *T. cylindricus* *T. goffarti* , *T. huesingi* , *T. mamillatus*, *T. penniseti* , *T. striatus* , *T. tenuis* et *T. tritici* (Nico et al ., 2002 ; Castillo et al., 2010).

Les *Paratylenchus* spp. Ce sont des ectoparasites qui ont été signalés en Espagne, en Italie et en Turquie (Castillo et al., 2010). Ce genre a été détecté dans le sol et dans les racines de l'olivier avec des densités non négligeable variant de 22 à 779 nématodes par 100 cm<sup>3</sup> de sol (Nico et al., 2002). Plusieurs populations de *Paratylenchus arcuatus* (synonyme *P. nainianus*), provenant d'échantillons de sol sableux et de racines ont été collectées dans des pépinières d'olivier du sud de l'Espagne et en Australie (Nico et al., 2002).

Le genre *Criconema* spp, est un nématode ectoparasite recensé seulement au niveau de l'étage semi-aride et aride. Il est très voisin du genre *Criconemoides*. Ce nématode a été détecté dans la rhizosphère de l'olivier en Grèce. (Vlachopoulos, 1991). Au Portugal, une seule espèce a été décelé sur olivier *C. princeps* (Castillo et al., 2010).

Les nématodes du genre *Gracilacus* sont des ectoparasites enregistrés dans l'étage aride. Ils sont d'une importance économique mineure mais qui possèdent une large gamme d'hôtes. Les deux espèce signalées sur olivier est *G. peratica* et *G. teres* respectivement en Italie avec une densité assez importante de 280 à 360 nématodes par gramme de racines en Espagne (Nico et al., 2002 ; Castillo et al., 2010). Ces deux genres ectoparasites présentent une faible importance économique.

Enfin, le genre *Rotylenchus* est relevé uniquement dans l'étage saharien, avec l'espèce *R. goodeyi* au niveau de la station de Biskra où elle abonde sur l'olivier.ces résultats

## Partie expérimentale

---

rejoignent ceux de Hadj Sadouk-Nebih (2013) qui note la présence du genre *Rotylenchus* uniquement dans la région de Biskra.

Le genre *Hemicriconemoides* est largement distribué dans le sud et le sud-est asiatique. Il s'attaque à un certain nombre de cultures et les arbres fruitiers (Chen et al., 2007). Les dégâts occasionnés par ce nématode se traduisent par un rabougrissement, un flétrissement prématuré, jaunissement des feuilles et une malformation des racines (Dian-Yih et al., 2011). Enfin, les autres ectoparasites comme le genre, *Boleodorus*, leur importance est difficile à apprécier, car ce groupe est constitué de nombreuses espèces appartenant à des genres qui renferment aussi des mycophages, leur pathogénéicité n'a pas été mise en évidence sur olivier. C'est un genre qui a été décelé uniquement dans l'étage humide dans le site de Bejaia.

La variation des proportions d'infestations dans les différents sites peut être expliquée par les différences des types de sol (McSorley et Frederich, 2002) et par les conditions climatiques.

Dans ce contexte, Arpin et al., (2011) mentionnent que certains genres de nématodes comme : *Trichodorus*, *Tylenchorhynchus* et *Paratylenchus* se développent et préfèrent les sols secs. Cependant, les travaux de Ndiaye (1999) révèlent que les nématodes du genre *Gracilacus* et les Longidoridae n'apparaissent qu'en saison humide, alors que les genres *Helicotylenchus* et *Tylenchorhynchus* prolifèrent en toute saison.

En ce qui concerne les paramètres comme l'irrigation et le type de verger (âgé ou jeune), notre étude a montré qu'ils n'ont pas d'influence sur la densité des nématodes. En effet, les vergers non irrigués sont majoritairement des vergers traditionnels (vieux vergers) qui correspondent à la modalité pluviale tandis que les vergers irrigués sont déterminés par les vergers modernes (jeune verger) qui pratiquent l'irrigation goutte à goutte où la submersion. Ces données confirment ceux d'Ali (2015) sur culture d'olivier au Maroc qui signale que la variable de l'irrigation n'a pas d'effet notable sur la densité des nématodes

Par ailleurs, le facteur " variété " agit sur la densité de ces derniers. Ainsi, nous avons relevé que les variétés Azzeradj, Blanquette et Chemlal les plus utilisées par les agriculteurs sont les plus infestées.

par rapport aux variétés Rougette, et Bouchouk dont l'utilisation est restreinte, celles-ci présentent les plus faibles densités. En effet, au sud de l'Espagne Palomares-Rius et al., (2015) rapportent que la variété est un facteur déterminant de la densité de nématodes, ainsi les variétés Picudo et Gordal favorisent leur multiplication contrairement à la variété

## Partie expérimentale

---

Nevadillo où leur multiplication est moindre. Toutefois, pour les paramètres de l'irrigation et l'âge du verger, ces auteurs n'observent aucun effet sur la densité des nématodes.

De même, Inserra et *al.*, (1976) notent la présence des nématodes *Rotylenchulus*, *Pratylenchus* et *Paratylenchus* dans les vergers irrigués et non irrigués d'oliviers au sud de l'Italie, cependant le nématode *Tylenchulus semipenetrans* n'a été décelé que dans les vergers irrigués.

Afin de déterminer l'importance des phytophages recensés ceux qui abondent la culture de l'olivier, nous avons examiné le diagramme fréquence- abondance. Ce dernier révèle que 46,14% des espèces identifiées dépassent le seuil d'abondance établi par Fortuner et Merny (1973), toutefois on distingue dans ce groupe :

-les nématodes abondants et fréquents qui représentent 30,76% des taxons : il s'agit de *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* et *Tylenchorhynchus*. On suppose que cette catégorie peut se multiplier rapidement sur l'olivier et est susceptible de provoquer des dégâts.

De Guiran et Netscher (1970) affirment que *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* sont extrêmement polyphages et sont parmi les genres les plus redoutables aux cultures dans les régions méditerranéennes.

-le groupe de nématodes abondants et peu fréquents avec 15,38% caractérisé par les genres : *Rotylenchus* et *Boleodorus* qui présentent une répartition moins large ceci pourrait probablement être due aux conditions climatiques mais l'olivier est une plante qui peut favoriser leur pullulation.

Enfin, les nématodes du genre *Xiphinema* et *Telotylenchus* sont peu abondants mais fréquents sur la culture de l'olivier. Toutefois ces nématodes sont capables de provoquer de dommages sur d'autres cultures tels que la vigne pour *Xiphinema* (Demangeat, 2007 ; Chovelon et Avignon 2006).

L'indice de maturité (MI) est une mesure basée sur la composition de la communauté de nématodes. C'est un indicateur d'enrichissement et de perturbations des écosystèmes (Bongers, 1990 ; Ferris et *al.*, 2001).

La valeur la plus élevée est notée dans les zones sahariennes avec 4,98 et la plus faible valeur est observée dans la zone de l'Est avec 2,79. Les valeurs faibles de MI indiquent la pullulation des nématodes opportunistes colonisateurs, tandis que l'augmentation de cet indice indique une richesse du milieu par les nématodes persistants (Bongers et Bongers, 1998).

## Partie expérimentale

---

Nos résultats sont similaires à ceux de Hadj Sadouk-Nebih (2013) sur cultures maraichères en Algérie et qui signale un MI variant entre 2,27 à 2,66 respectivement dans le secteur des Hauts Plateaux et le secteur saharien. Un MI oscillant entre 2,52 et 3,40 est obtenu dans un sol cultivé en mil au Sénégal par Diakhaté (2014).

Renco (2004), observe une variation de l'indice de maturité (MI) sur culture de céréales. Celui-ci est de 2.36 sur les céréales de printemps et de 2.53 sur blé d'hiver.

Par ailleurs, il est à noter que plusieurs travaux de recherche affirment que MI varie en fonction des agro systèmes. Celui-ci est de 2,50 dans les plantations de soja (Freckman et Ettema, 1993) cependant, une valeur supérieure est obtenue de cet indice (IM= 3,10) sur la même culture par Gomes et *al.*,(2003).

Dans les champs de maïs les valeurs de MI sont rangées entre 1,40 et 1,58, cependant cet indice est plus élevé dans un milieu naturel la forêt au Cameroun, il est de IM= 5 (Bloemers et *al.*, 1997 ; Hu et Qi, 2010 ).

### **Chapitre VI: Interaction de la communauté de nématodes avec les facteurs pédologiques.**

#### **Introduction.**

Tout organisme est soumis dans le milieu où il vit à des actions simultanées des différents agents climatiques, édaphiques et biotiques contrôlant ses diverses activités. Parmi ces agents, les facteurs pédologiques jouent un rôle important dans la détermination de la densité des nématodes. Ainsi, Norton (1979;1989) montre que les caractéristiques du sol telles, la profondeur, la texture, la composition minéralogique, l'humidité, l'aération et la matière organique ont une influence sur l'importance des communautés de nématodes. Ce même auteur rapporte que l'apport de compost ainsi que le travail du sol, induit une modification des caractéristiques du sol ainsi qu'une modification de la structure des nématodes. Enfin, Quénéhervé, (1988), la répartition des nématodes phytoparasites est en relation avec le sol et chaque espèce présente une sensibilité propre à ces propriétés. Les nématodes phytophages de l'olivier n'échappent pas à la règle et montrent également une forte sensibilité aux conditions abiotiques. L'étude présentée dans ce chapitre a pour but de décrire l'interaction des facteurs pédologiques avec le peuplement de nématodes recensé sur la culture de l'olivier. Ainsi, des analyses multi variées ont été appliquées afin de décrire et de déterminer les corrélations existantes entre les taxons des nématodes recensés et les variables du sol afin de noter les réponses des nématodes à ces facteurs.

#### **I. Matériel et méthodes.**

##### **1. Techniques de prélèvement du sol.**

La technique d'échantillonnage retenue dans cette étude est celle préconisée par Lambert (1975), c'est une opération qui consiste à réaliser des prélèvements au niveau de la couche superficielle. Les échantillons prélevés dans les sites d'études sont séchés pendant 48 heures à l'air libre. Ces analyses permettront de connaître les caractéristiques générales du sol. Elles apporteront des informations concernant la texture du sol et les éléments chimiques afin de dresser l'état de fertilité du sol.

##### **2. Méthodes d'analyse du sol.**

Le sol de chaque site a subi des analyses physico-chimiques : (granulométrie, mesure du pH, dosage de la matière organique, de l'azote total, du phosphore assimilable, de la conductivité électrique et les bases échangeables ( $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ )).

## Partie expérimentale

### 2.1. L'analyse physique ou granulométrique du sol.

#### - Principe de la méthode.

L'analyse granulométrique a pour but de définir qualitativement et quantitativement la répartition des particules minérales d'un sol. La texture est déterminée par la méthode de la pipette de Robinson.

Le sol séché est passé à travers un tamis de 2mm puis traité à l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pour détruire la matière organique. Il subit une agitation en présence de l'hexaméthaphosphate de sodium qui a pour rôle de disperser les particules qui ont tendance à s'agglomérer.

Le mélange est laissé au repos pour permettre la sédimentation des particules ; par la suite on évalue le pourcentage des fractions par rapport au poids du sol séché à 105°.

#### - Mesure du pH.

Le pH est un indicateur de fertilité du sol. Il fournit des informations sur l'activité microbienne du sol et sur le degré d'assimilabilité des éléments par la plantes (Gobat, 2003). Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre selon la méthode électrométrique à l'électrode de verre.

20 g de sol séché est ajouté à 50 ml d'eau distillée, le contenu est agité pendant quelques minutes puis laisser reposer pendant 24 heures. Le classement de chaque échantillon de sol a été fait selon les normes internationales de Scollenberger 1978 in : Daoud (2011).

**Tableau XII:** Les normes du pH selon Scollenberger 1978 in : Daoud (2011).

	< 3,5	3,5- 5	5- 6,5	6,5-7,5	7,5- 8,7	> 8,7
pH sol	Hyper-acide	Très acide	Acide	Neutre	Basique	Très basique

### 2.2. Analyses chimiques des sols.

#### - Mesure de la conductivité électrique.

La conductivité électrique d'un sol renseigne sur sa salinité, elle est mesurée selon la méthode de Schollenberger(1978) in : Daoud (2011) ; elle permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous telles que les chlorures, les sulfates et les carbonates. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un conductimètre.

## Partie expérimentale

**Tableau XIII:** Les normes de la salinité du sol

Conductivité : mmhos / cm (ds/m)	0-0,25	0,25- 0.5	0,5- 1	1-2	> 2
	Non salin	Légèrement salin	Salin	Très salin	Extrêmement salin

### - Dosage de la matière organique.

La méthode utilisée pour le dosage de la matière organique est celle de Malkley-Black (Lambert, 1975). La teneur de celle-ci s'obtient en dosant la teneur en carbone, elle consiste à une oxydation de ce dernier au moyen d'une solution de bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ).

**Tableau XIV :** Les normes de la matière organique (MO)

Matière organique ( % )	< 1	1-2	>2
	Pauvre	Moyen	Riche

### - Dosage de l'azote minéral.

Le dosage de l'azote a été déterminé par la méthode de Kjeldahl (Lambert, 1975) ,son principe consiste à minéraliser l'échantillon en présence du cuivre et d'un catalyseur (oxyde de titane) .ainsi l'azote organique est attaqué et transformé en ammoniacque.

### - Dosage du phosphore( $P_2O_5$ ).

La méthode utilisée est celle de d'Oslén, son but est d'estimer la part du phosphore présent dans le sol et susceptible de participer à l'alimentation des végétaux.

Pour cela, le phosphore est extrait par agitation avec une solution d'hydrogénocarbonate de sodium à pH=8,5 ; ainsi la concentration des ions phosphates augmente en conséquence le phosphate assimilable qui peut être extrait de l'échantillon de terre grâce à la solution hydrogénocarbonate et filtration.

### - Dosages $k^+$ ; $Mg^{2+}$ et $Ca^{2+}$ .

Les dosages de ces éléments ont été effectués selon la méthode de Schollen-Berger pour la mise en évidence du  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  .Le principe utilisé est la spectrophotométrie d'absorption atomique, tandis que pour le  $k^+$  la méthode est celle de la spectrophotométrie de flamme.

### **3. Analyses nématologiques.**

Les méthodes d'échantillonnage, d'extraction et d'identification des nématodes recensés dans les sites d'études ont été décrites dans les chapitres précédents.

### **4. Analyses multi variées : Analyse en composante principale (ACP).**

Les corrélations existantes entre les communautés de nématodes et les paramètres pédologiques au niveau des zones d'études ont été mises en évidence par l'analyse en composantes principales (ACP), qui a pour principe la représentation d'un phénomène multidimensionnelle par un graphique à deux ou plusieurs dimensions. L'interprétation de l'ACP se fait à partir de l'examen du cercle de corrélation et la position des variables sur les axes factorielles (Phillippeau, 1986).

### II. Résultats.

#### 1. Caractérisation pédologiques des zones d'études.

Les données concernant les caractéristiques pédologiques et chimiques des sols des zones d'étude sont :

##### 1.1. Type, pH et conductivité des sols échantillonnés.

###### a-Texture du sol.

La détermination des différentes fractions granulométriques : Argiles, Limons (grossiers et fins) et Sables (grossiers et fins) des échantillons de sols prélevés nous a révélé que les sols de Boumerdès, Mascara et BBA sont limono-argileux ; ceux de Tizi-Ouzou et Bejaia argilo-limoneux, tandis que Blida et Bouira ont un sol limono-argileux fins, enfin Relizane présente un sol argileux.

Les régions de Laghouat et Sétif ont un sol limoneux fins argileux, celle de Batna présente un sol limoneux fins ; enfin les régions de Biskra et El Oued ont un sol respectivement sablo-limoneux et sableux.

Ces résultats nous permettent de classer les sols de ces régions d'après le triangle de texture donné par (U.S. département de l'Agriculture) en 3 textures (voir annexe) :

-**texture argileuse** : elle concerne les régions de Boumerdès, Tizi-Ouzou, Bouira, Bejaia, Blida, BBA, Mascara et Relizane.

-**texture limoneuse** : cette texture a été rencontrée dans les régions de Batna, Sétif et Laghouat.

-**texture sableuse** : ce type concerne deux zones de Sud il s'agit de Biskra et El Oued.

###### b-Réaction des sols.

Le pH du sol des parcelles d'études indiquent des valeurs qui varient de 7.2 à 8,4 c'est à dire : neutre pour les régions de Blida et Bouira qui est de 7,2 et 7,3) et alcalin concernant les autres régions.

Cependant, concernant la conductivité les sols de Boumerdès et Laghouat sont non salin avec un taux de 0.22 et 0.25 ds/m respectivement.

Le reste des régions ont des sols légèrement salins avec un taux de conductivité allant de 0.2 à 0.4ds/m.

En revanche, les sols de Mascara présentent un taux de 1.06ds/m ; de ce fait ils sont classés comme des sols salins.

## Partie expérimentale

---

### 1.2. Matière organique et éléments chimiques du sol.

#### a- Matière organique.

Les données sur la matière organique des échantillons de sol nous ont permis de retenir 2 catégories, ceux qui sont riches, comme Boumerdès, Mascara, Relizane, Biskra, El Oued, BBA et Laghouat avec un pourcentage respectivement de : 4.8 ; 5.3 ; 3.8 ; 5.1 ; 4.1 ; 2.75 et 2. Les autres régions sont moyennement pourvues en MO, il s'agit de Tizi-Ouzou avec 1.4%, Blida avec 1.5%, Bouira avec 1.9%, Béjaia avec 1.3%, Batna avec 1.13% et Sétif avec 1.89%.

#### b- Eléments chimiques du sol.

L'azote élément de base de la fertilisation, composé fondamental de la matière vivante, il détermine la composition des enzymes qui dirigent le métabolisme des arbres, le classement des sols d'étude, nous permis de relever trois catégories :

-les sols pauvres en azote, cas des régions de Blida avec 0.17% ; Bouira avec 0.5%, Batna avec 0.72%, Tizi-Ouzou et Sétif avec 0.8%.

-les sols moyennement riches en azote : tels que Boumerdès, Béjaia, Mascara, Relizane, et Laghouat avec respectivement 1.1 ; 1.75 ; 4.6 ; 2.1 et 1.7%.

-les sols riches en azote : caractérisant les sols de Biskra avec un pourcentage de 5.5, BBA avec 5.65% et El Oued avec 6.5%.

Le phosphore est un élément important pour les plantes, il intervient dans la formation de l'ATP (composé nécessaire au déroulement des réactions biochimiques). En cas de carence, la croissance est ralentie et la fructification est faible.

Les résultats relatifs à cet élément ont révélé que Bejaia présente un sol pauvre avec une teneur de 0,83 meq/100g sol, cependant les sols de Batna, Blida, Sétif, BBA, Mascara, Relizane et Biskra présentent une teneur qui varie de 1,02 à 1,72 meq/100g sol ce qui les caractérisent de sols moyennement pourvues en phosphore.

Les régions de Boumerdès, Tizi-Ouzou, Bouira, El Oued et Laghouat ont des sols riches en phosphore avec des teneurs de 4,03 ; 4 ; 3,80 ; 5,36 et 4,21 meq/100g de sol respectivement.

#### c- Dosage des bases échangeables.

Les cations basiques ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) jouent un rôle dans le maintien de l'activité biologique, la structure du sol et sa stabilité. La lecture des données du tableau X a montré que les teneurs en  $K^+$  dans les sols de Boumerdès, Tizi-Ouzou, Sétif et Mascara sont faibles, ils sont de 0,18 ; 0,30 ; 0,33 et 0,15meq/100 g de sol respectivement. En revanche, ceux de Blida, Bouira ont une teneur de 0,44meq/100g de sol, cette teneur est de 0,43 pour le sol BBA et 0,42 meq/100g

## Partie expérimentale

---

pour celui de Laghouat par conséquent, ils sont considérés comme des sols moyennement pourvus en potassium.

Enfin, les régions de Bejaia, Batna, Relizane, Biskra et El-Oued ont des sols riches en potassium. Ce dernier est considéré comme un agent catalytique de la synthèse des protéines, des glucides et des protides.

L'élément calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) possède une fonction de régulateur de croissance et intervient dans le développement racinaire des plantes. Deux catégories sont retenues:

- les régions avec des sols faiblement calcaires : comme Boumerdès, Tizi-Ouzou, Bouira, Sétif, BBA, Mascara, Relizane, El-Oued et Laghouat.
- les régions avec des sols fortement calcaires : Cas des sols de Blida, Bejaïa et Batna.

Le magnésium (Mg) : il est indispensable à la vie de la plante. C'est un élément constitutif de la chlorophylle et activateur de certains enzymes. Les résultats obtenus concernant cet élément a permis de classer les sites d'études en 3 classes :

- des régions présentant des sols pauvres en magnésium : Cas de Biskra avec 0.05 meq/100g de sol, Mascara avec 0.07 meq/100g et 0.08 meq/100g de sol pour Laghouat et El Oued.
- des régions présentant des sols avec une teneur moyenne : Comme celles : de Tizi- Ouzou et Sétif avec respectivement 1.49 et 1.40 meq/100g de sol.
- le reste des sites présentent des sols riches en cet élément.

## Partie expérimentale

**Tableau XV** : Les caractéristiques pédologiques des stations d'étude.

Localisation	Régions	Texture du sol	pH	Salinité	MO	Azote	Phosphore	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Centre	Boumerdès	Argileux	Alcalin	Non salé	Riche	Moyen	Riche	Pauvre	F.calcaire	Riche
	Tizi- Ouzou	Argileux	Alcalin	Peu salé	Moyen	Pauvre	Riche	Pauvre	F.calcaire	Moyen
	Blida	Argileux	Neutre	Peu salé	Moyen	Pauvre	Moyen	Moyen	Calcaire	Riche
	Bouira	Argileux	Neutre	Peu salé	Moyen	Pauvre	Riche	Moyen	F.calcaire	Riche
Est	Béjaia	Argileux	Alcalin	Peu salé	Moyen	Moyen	Pauvre	Riche	Calcaire	Riche
	Sétif	Limoneux	Alcalin	Peu salé	Moyen	Pauvre	Moyen	Pauvre	F.calcaire	Moyen
	BBA	Argileux	Alcalin	Peu salé	Riche	Riche	Moyen	Moyen	F.calcaire	Riche
	Batna	Limoneux	Alcalin	Peu salé	Moyen	Pauvre	Moyen	Riche	Calcaire	Riche
Ouest	Mascara	Argileux	Alcalin	Salé	Riche	Moyen	Moyen	Pauvre	F.calcaire	Faible
	Relizane	Argileux	Alcalin	Peu salé	Riche	Moyen	Moyen	Riche	F.calcaire	Riche
Sud	Biskra	Sableux	Alcalin	Peu salé	Riche	Riche	Moyen	Riche	F.calcaire	Faible
	El- Oued	Sableux	Alcalin	Peu salé	Riche	Riche	Riche	Riche	F.calcaire	Faible
	Laghouat	Limoneux	Alcalin	Non salé	Riche	Moyen	Riche	Moyen	F.calcaire	Faible

## 2. Effet des paramètres pédologiques sur la densité des groupes trophiques.

L'influence des facteurs du sol sur la densité de la nématofaune a été étudiée.

### 2.1. Effet de la texture du sol.

L'effet de la texture du sol sur la densité des nématodes des différents groupes trophiques est représenté dans la figure 53, nous notons que le groupe des phytophages est présent dans les trois types de sol, avec une densité importante dans le sol sableux par rapport aux sols

## Partie expérimentale

limoneux et argileux, elle varie de 20N/dm<sup>3</sup> à 280N/dm<sup>3</sup> avec une valeur extrême de 540N/dm<sup>3</sup>.

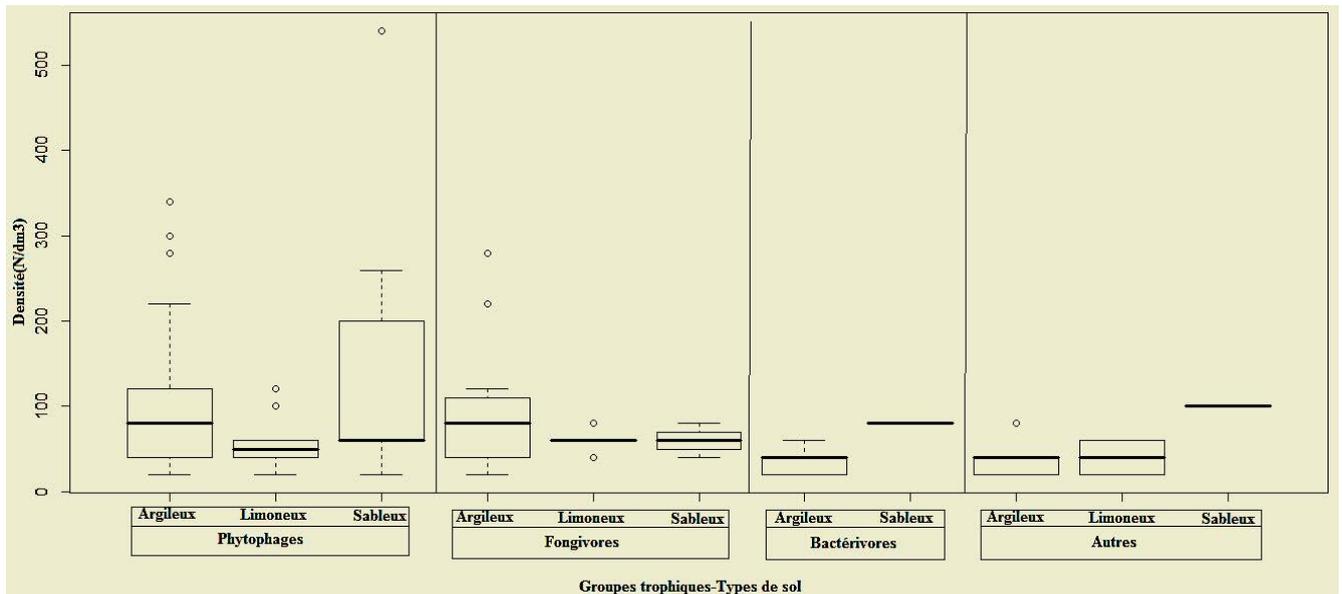
Pour les sols argileux et limoneux, cette densité est respectivement de 20N/dm<sup>3</sup> à 220N/dm<sup>3</sup> et de 20N/dm<sup>3</sup> à 80N/dm<sup>3</sup>.

En revanche, le groupe des fongivores a été décelé dans les trois types de sol avec une densité plus élevée dans les sols argileux de l'ordre de 120N/dm<sup>3</sup>, elle oscille de 40N/dm<sup>3</sup> à 80N/dm<sup>3</sup> dans les sols sableux, et elle est de l'ordre 60N/dm<sup>3</sup> dans les sols limoneux.

Les bactériovores sont présents uniquement dans les sols argileux et sableux.

Enfin, le groupe des prédateurs-omnivores (Autres), la densité la plus élevée est notée dans les sols sableux, elle est de 100 nématodes/dm<sup>3</sup>. Au niveau des sols argileux et limoneux, cette densité est de 40N/dm<sup>3</sup>.

Une différence significative a été notée entre la densité des groupes trophiques et la texture du sol grâce à l'analyse de la variance ou la valeur de  $p < 5\%$ .



**Figure 53 : Densité des groupes trophiques en fonction de la texture du sol.**

### 2.2. Effet de la matière organique.

Les résultats de l'incidence de la MO sur la densité des groupes trophiques sont représentés dans la figure 54. Cette dernière affiche que la densité des nématodes varie en fonction de la teneur de la matière organique. Elle est élevée dans le sol riche par rapport au sol

## Partie expérimentale

moyennement pourvu, elle varie de  $10\text{N}/\text{dm}^3$  à  $120\text{N}/\text{dm}^3$  pour les phytophages et atteint  $280\text{N}/\text{dm}^3$  dans les sols riches en MO.

En ce qui concerne les fongivores, les densités minimales sont de  $10\text{N}/\text{dm}^3$  à  $20\text{N}/\text{dm}^3$  respectivement dans les sols moyen et riche en MO. Par ailleurs, la densité maximale relevée est de  $100\text{N}/\text{dm}^3$  dans les sols riches en MO et de  $80\text{N}/\text{dm}^3$  ceux moyennement pourvus en MO.

Dans le cas des bactériovores, les résultats montrent une densité de  $60\text{N}/\text{dm}^3$  dans les sols moyennement pourvus en MO.

Enfin, le groupe des prédateurs-omnivores présentent une densité variant de  $10\text{N}/\text{dm}^3$  à  $80\text{N}/\text{dm}^3$  dans les sols riches en MO.

L'application de l'analyse de la variance basée sur le test de Kruskal-Wallis aux résultats obtenus révèle une différence significative ( $p < 0.05$ ) de la densité des groupes trophiques par rapport à la matière organique.

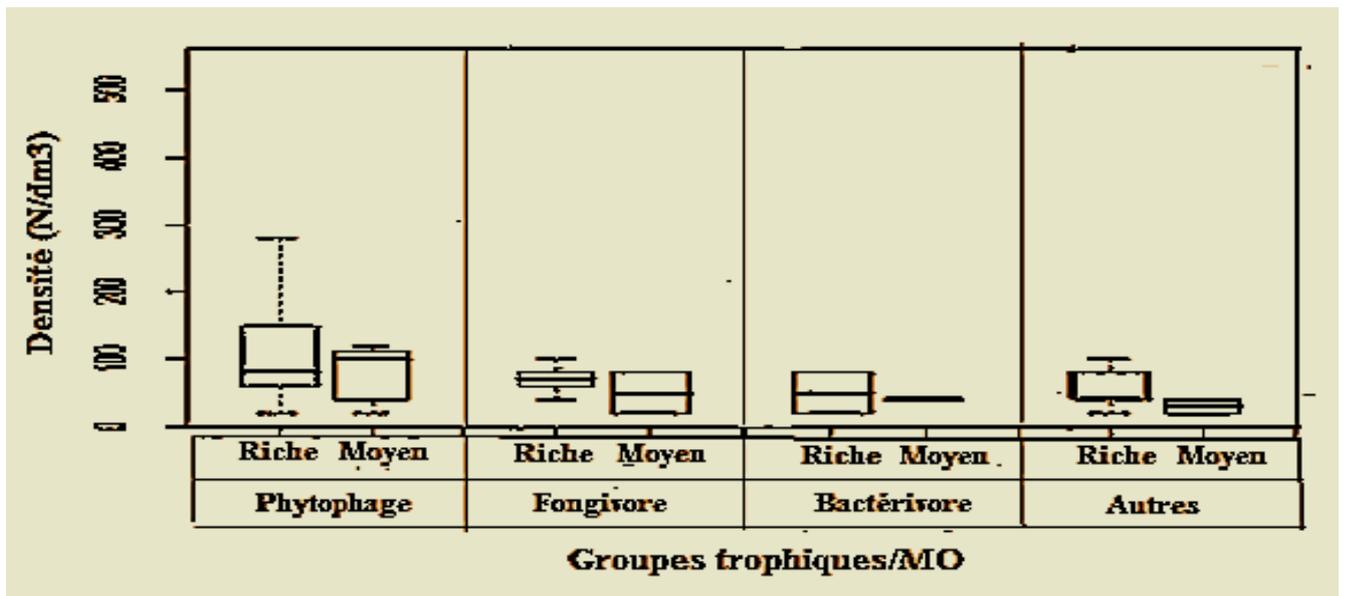


Figure 54 : Variations de la densité des groupes trophiques en fonction de la MO.

### 2.3. Effet de l'azote.

La densité maximale de l'ordre de  $280\text{N}/\text{dm}^3$  des phytophages est notée dans les sols riches en azote, elle est suivie des sols moyennement pourvus en azote avec  $220\text{N}/\text{dm}^3$  et diminue à  $160\text{N}/\text{dm}^3$  dans les sols faiblement azotés.

## Partie expérimentale

Dans le cas des fongivores, la plus forte densité de 280N/dm<sup>3</sup> a été enregistrée dans un sol moyennement pourvu en azote, cependant, elle est de 120N/dm<sup>3</sup> dans les sols pauvres en azote.

Enfin, les données obtenues chez les groupes des bactériovores et des prédateurs-omnivores indiquent que la densité la plus importante est relevée dans les sols riches en azote et les faibles densités sont notées dans les sols moyennement et faiblement pourvus en azote. Les résultats montrent une différence significative entre la densité des groupes trophiques et l'azote (Figure 55).

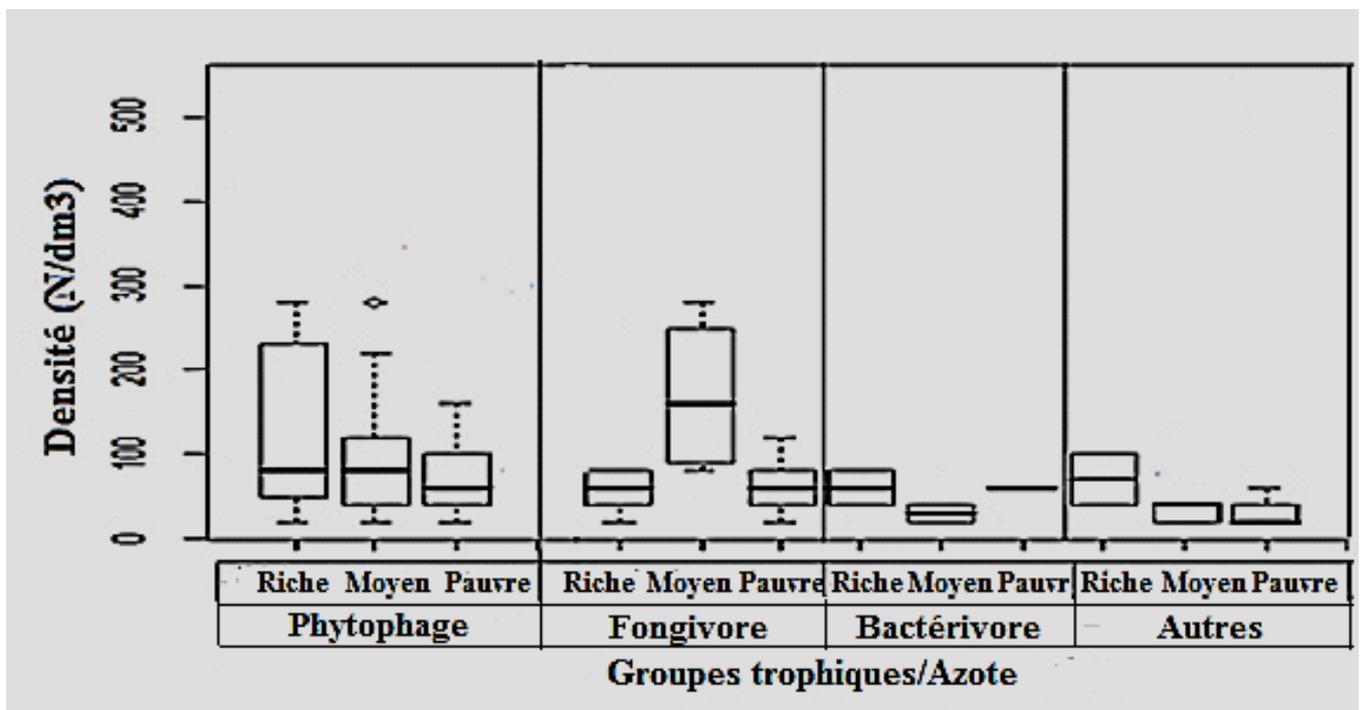


Figure 55 : Variations de la densité des groupes trophiques en fonction de l'azote

### 2.4. Effet du pH.

La figure 56 regroupe les résultats de la densité des groupes fonctionnels dans 2 types de sol : sols à pH alcalins et à pH neutres, celle-ci est importante dans les sols légèrement alcalins chez les phytophages; elle est respectivement de 220N/dm<sup>3</sup> et 120N/dm<sup>3</sup> chez les fongivores et prédateurs-omnivores.

Chez les bactériovores, cette densité est de l'ordre de 60N/dm<sup>3</sup> dans les sols à pH alcalins.

L'analyse statistique basée sur le test Kruskal-Wallis montre une différence significative entre le type de pH et la densité des groupes trophiques ou la valeur de  $p < 0,05$ .

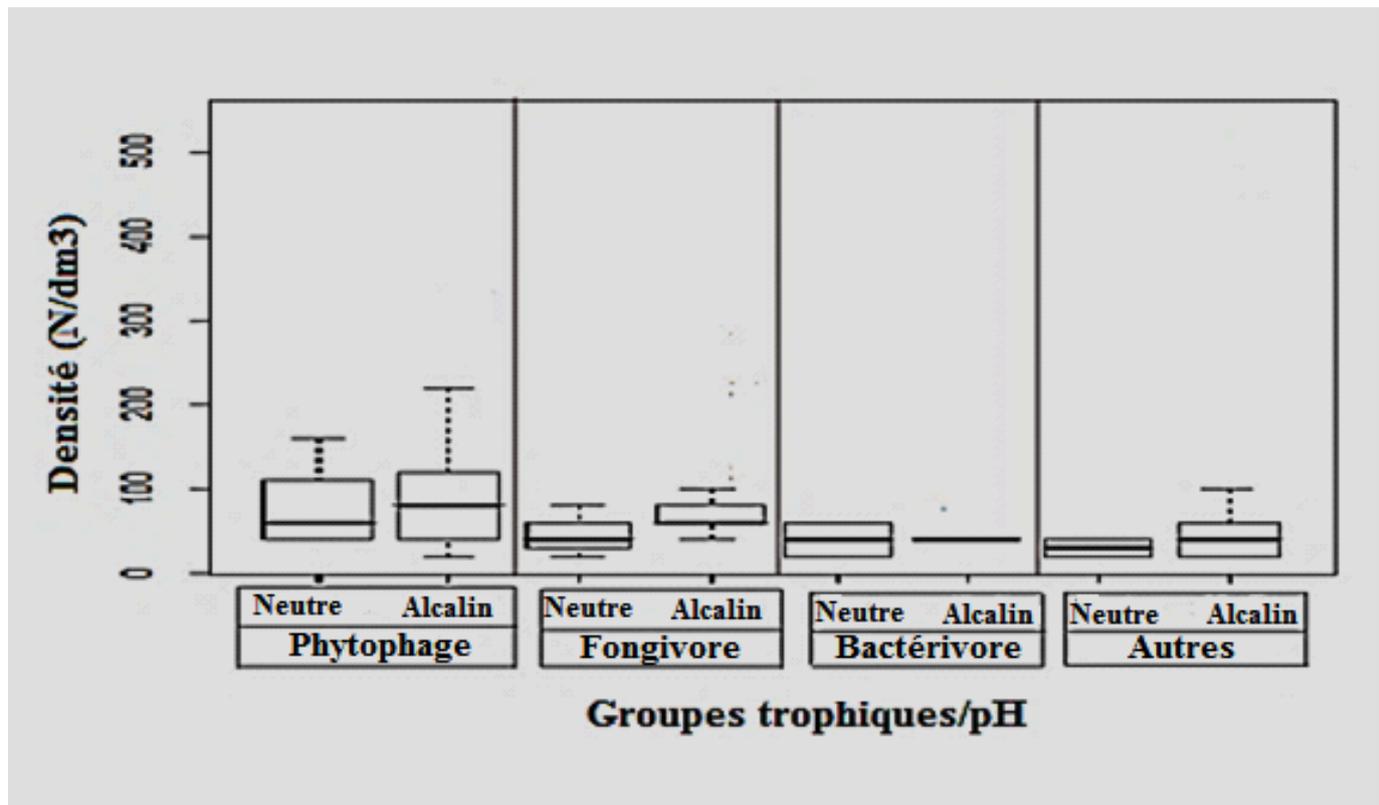


Figure 56 : Variations de la densité des groupes trophiques en fonction du pH.

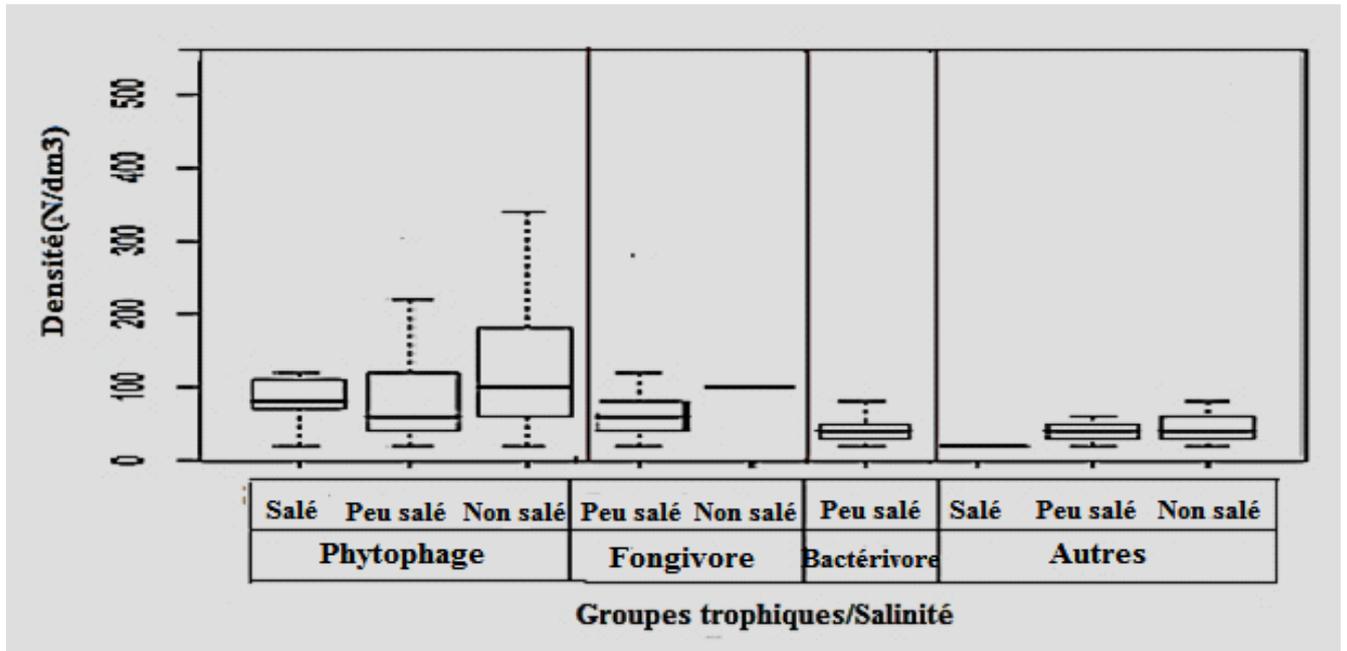
### 2.5. Effet de la salinité.

La figure 57 montre que le sol non salé enregistre la densité maximale pour les phytophages, avec  $340\text{N/dm}^3$ , elle est de  $220\text{N/dm}^3$  les sols peu salés et diminue  $120\text{N/dm}^3$  dans les sols salés.

De même, la figure révèle l'absence totale des fongivores dans les sols salés tandis que les bactériovores leur présence est signalée uniquement dans les sols peu salés.

Enfin, le groupe des prédateurs-omnivores sont présents dans les 3 types de sol.

Une différence significative de la densité des groupes trophiques par rapport à la salinité a été relevée suite à l'analyse de variance basée sur le test de Kruskal-Wallis avec  $p < 5\%$ .



**Figure 57 : Variations de la densité des groupes trophiques en fonction de la salinité.**

### 2.6. Effet du phosphore et des bases échangeables.

L'analyse des résultats représentés dans les figures 58E, 58H et 58F révèle que les populations des groupes fonctionnels ne varient pas selon l'élément phosphore et les bases échangeables ( $K^+$  et  $Mg^{2+}$ ). Cette densité est presque similaire dans les 3 types de sol (faible, moyen et riche). L'analyse de la variance a montré une différence non significative de la densité des groupes trophiques par rapport aux bases échangeables.

Cependant, les résultats montrent que cette densité varie selon le calcium (figure 58G) où une différence hautement significative est obtenue entre ces éléments et la densité. En effet, la figure 58G montre une densité importante dans les sols faiblement calcaires chez les phytophages et celui des prédateurs-omnivores contrairement aux groupes des fongivores et bactériovores où la densité la plus élevée est enregistrée dans le sol calcaire.

## Partie expérimentale

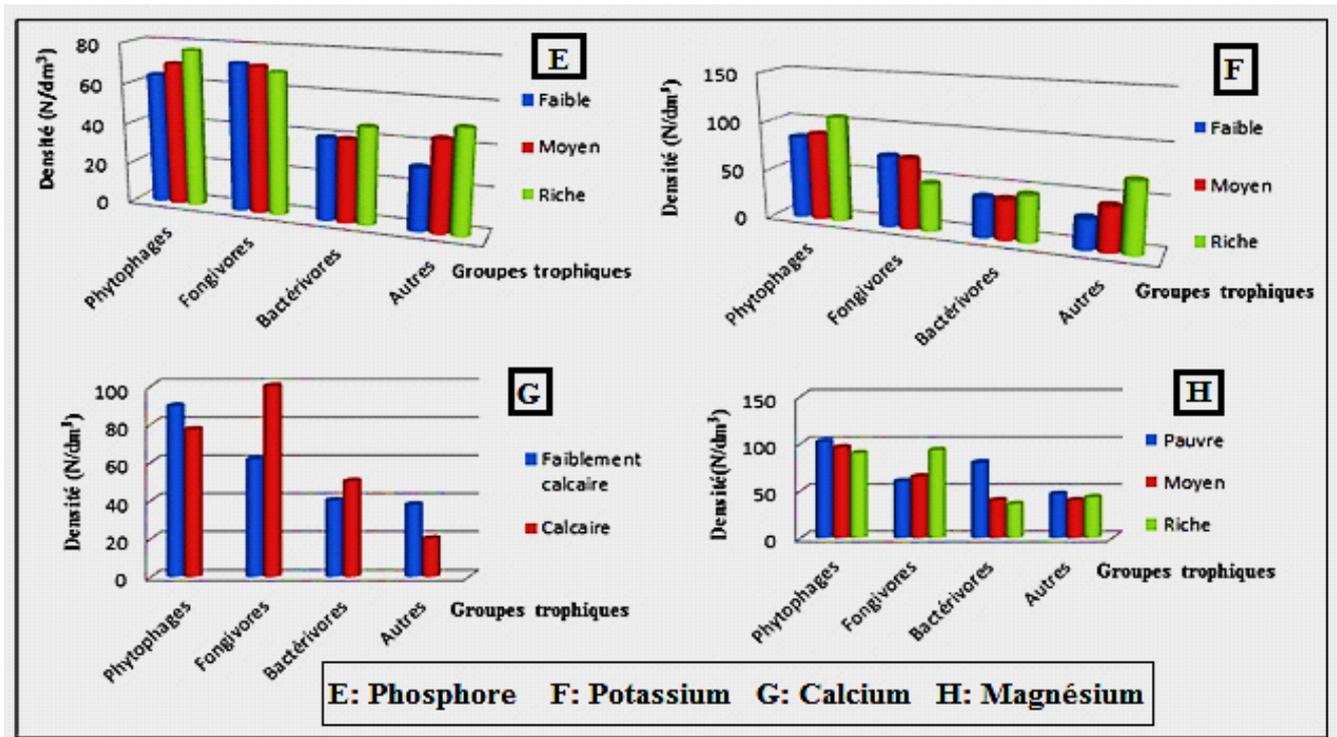


Figure 58 : Variations de la densité des groupes trophiques en fonction des éléments chimiques du sol.

### 3. Relation propriétés physico-chimiques du sol et les nématodes phytophages.

Plusieurs investigations ont montré que la répartition des nématodes est en relation avec les paramètres du sol, cette relation est dite mésologique. Ainsi pour une même plante les espèces de nématodes diffèrent selon les facteurs pédologiques.

Vu l'importance et l'abondance des nématodes phytophages dans les échantillons analysés, nous nous sommes intéressés seulement à l'interaction de ce groupe avec les facteurs du sol. C'est dans ce contexte que nous avons réalisé l'analyse en composantes principales qui permet d'analyser des données multi variées. La première analyse donne les résultats des paramètres pédologiques et les sites prospectés. La deuxième analyse permet de préciser et d'établir les relations qui existent entre les facteurs du sol et les nématodes phytophages.

#### 3.1. L'analyse en composantes principales : ACP

Cette analyse est établie en croisant des données des stations d'études et des variables quantitatives à savoir des facteurs pédologiques.

## Partie expérimentale

---

Dans notre étude, l'ACP (Figure 59) a été effectuée sur une matrice de corrélation entre 9 variables pédologiques et 13 stations d'études.

Cette analyse révèle que les axes F1 et F2 absorbent respectivement 36.88% et 21.80% de la variabilité totale ce qui explique pour un total de 58.68% d'informations,

La figure 59 (A) donne le cercle de corrélation des paramètres pédologiques étudiés à savoir : la texture du sol, le pH, la salinité, la matière organique, l'azote, le phosphore, le calcium, le potassium et le magnésium.

D'après cette figure, les variables texture du sol, le pH et l'azote sont fortement corrélés aux valeurs positives de l'axe1. Cette corrélation est nettement démontrée entre le pH et l'azote où la probabilité associée est de  $p=0.02$ .

Ces variables s'opposent au groupe des éléments chimiques  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$  ainsi que la MO positionnées sur les valeurs négatives de l'axe1 ; ces deux derniers éléments sont fortement corrélés entre eux présentant une  $p=0.05$ .

L'axe 2 fait ressortir une corrélation positive entre le potassium ( $K^+$ ) et la salinité du sol qui présentent une corrélation négative avec le phosphore.

Enfin, nous enregistrons une forte corrélation négative entre l'azote et la MO ( $p=0.004$ ), la texture du sol et le magnésium ( $p=0.01$ ) et le phosphore et le calcium avec ( $p=0.03$ ).

La figure (59B) intègre les informations apportées par les sites d'études, la projection des descripteurs (stations) montre que les 13 variables se répartissent dans quatre quadrants différents.

L'axe1 intègre les informations apportées par les sites de Biskra et El Oued ainsi que les sites de Relizane et BBA qui sont positivement corrélés à cet axe.

Quant à l'axe 2, il apporte les informations concernant les autres sites à savoir : Bejaia et Laghouat qui sont corrélés positivement à cet axe et Laghouat, Boumerdès, Bouira et Tizi Ouzou qui sont négativement corrélés à cet axe.

La projection de ces stations sur le cercle de corrélation des paramètres pédologiques montre une corrélation positive entre les stations de Biskra et d'El Oued avec la texture du sol, le pH et l'azote et négative avec le magnésium. Ces sites se caractérisent par des sols sableux à pH alcalin, riches en azote et une faible teneur en  $Mg^{2+}$ .

## Partie expérimentale

La même observation est notée pour les sites de Bouira, Boumerdès, Tizi Ouzou et de Laghouat où la projection sur le cercle des facteurs pédologiques établit une relation positive avec le phosphore.

Dans les régions de Bejaia et de Batna, nous avons noté une corrélation positive entre les facteurs pédologiques : calcium, salinité et le potassium et négative avec le phosphore. En effet, ces stations d'études présentent des sols calcaires riches en potassium et pauvre ou moyennement pourvu en phosphore.

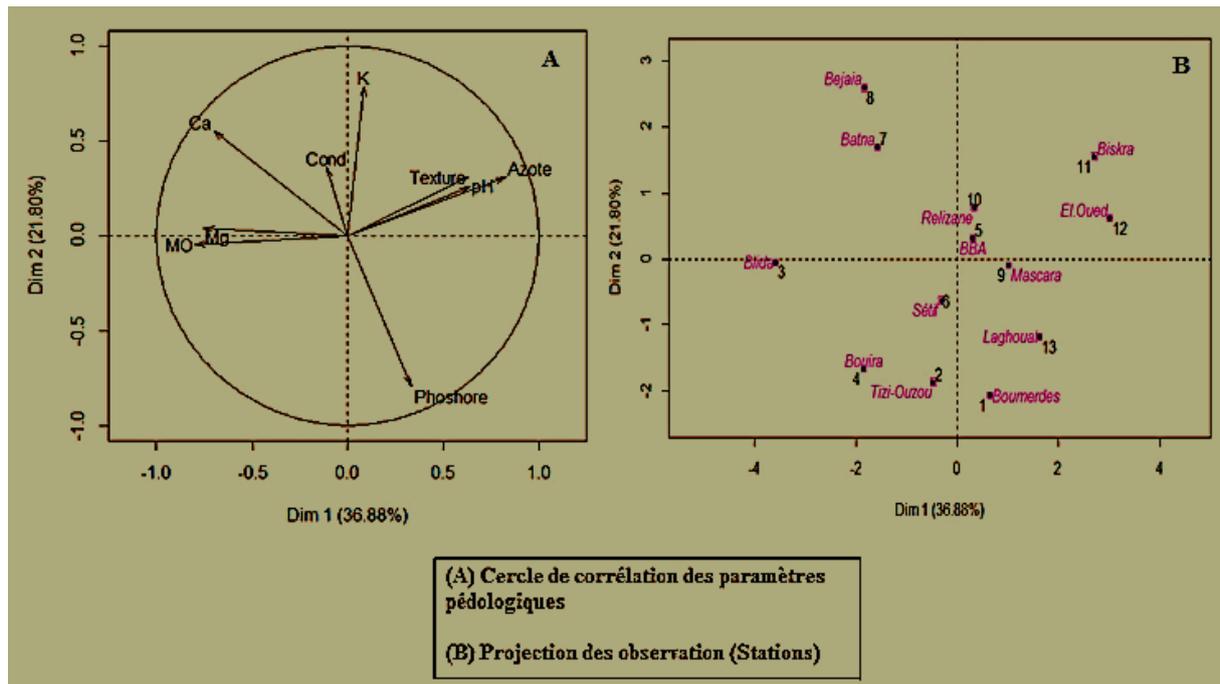


Figure 59: Analyse des composantes principales (ACP) dans les sites d'études

### 3.2. Effet des facteurs édaphiques sur les nématodes phytophages.

Afin de mieux interpréter les résultats concernant l'interaction des nématodes du sol avec les facteurs pédologiques, une analyse en composante principale a été appliquée afin de déterminer l'effet de ces derniers sur ces nématodes. Dans cette étude nous nous sommes intéressés aux nématodes qui présentent une importance économique et qui causent un problème aux cultures il s'agit: *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* et *Rotylenchus*.

L'ACP appliquée aux données faunistiques révèle que les axes F1 et F2 absorbent respectivement 40.79% et 24.65% de la variabilité totale (figure 60A).

Sur le cercle de corrélation (figure 60A), *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, et *Meloidogyne* occupent les valeurs positives de F1.

## Partie expérimentale

L'axe F2 caractérise positivement l'espèce : *Xiphinema*.

Le nématode *Helicotylenchus* est proche de l'axe d'intersection.

Cependant, l'ACP a été aussi appliqué aux données pédologiques et les deux axes absorbent 65.44% de la variabilité totale.

Les variables du sol fortement corrélés aux valeurs positives de F1 sont la texture du sol, pH et l'azote. Elles s'opposent au groupe caractérisant les variables : MO, Mg<sup>2+</sup> et Ca<sup>2+</sup>.

L'axe F2 caractérise positivement les variables salinité et K<sup>+</sup> et s'oppose à la variable phosphore.

La projection des variables pédologiques dans le plan F1 X F2 des données nématologiques montre que la texture du sol, pH et l'azote caractérisent les nématodes *Meloidogyne*, *Pratylenchus* et *Rotylenchus* car ils sont situés sur la branche positive de F1, tandis que la branche positive de F2 caractérise le nématode *Xiphinema*.

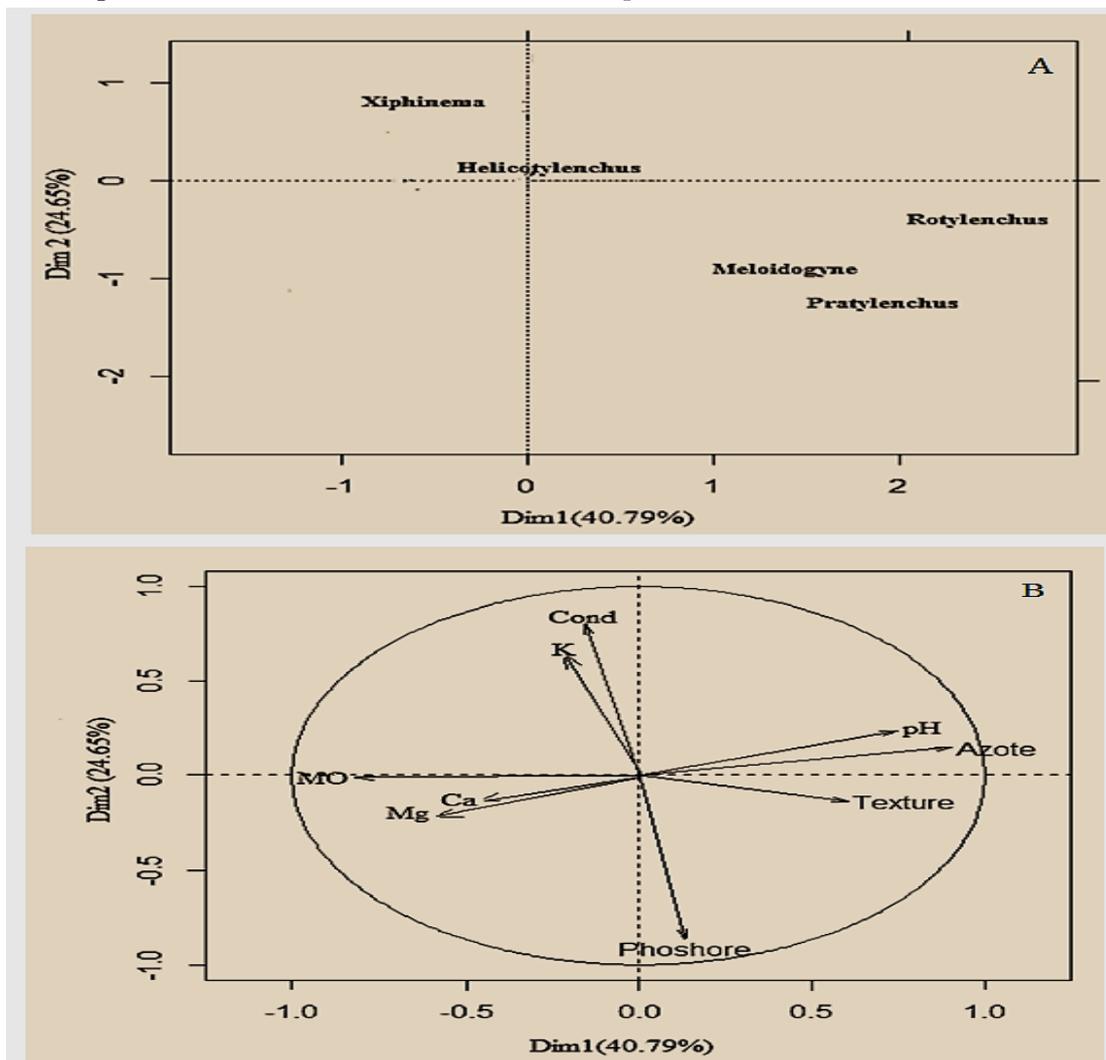


Figure 60 : Analyse en composantes principales des données nématologiques (A) et pédologiques (B).

### III. Discussion.

Les nématodes jouent un rôle important dans le cycle des nutriments du sol, ils contribuent de 4 à 22 % du total de la minéralisation dans le sol. Parmi, eux les phytoparasites représentent une menace phytosanitaire sur une gamme très large de cultures, principalement dans les pays où règne un climat favorable à leur multiplication. Ces parasites affectent les rendements des cultures, d'où leur importance économique.

Selon, Neher et *al.*, (1995) , la plante est la principale force conductrice au sein de ces peuplements, mais les facteurs abiotiques sont importants pour le maintien d'un état stable et influencent leur développement.

Tixier et *al.*,(2006), notent que les propriétés physiques du sol sont des déterminants importants de la composition spécifique des nématodes phytoparasites. Selon, Cadet (1998), les corrélations entre les propriétés physico-chimiques du sol jouent un rôle important dans l'abondance, la distribution et la structure du peuplement de nématodes.

De nombreux travaux ont mis en évidence, l'effet de la texture du sol et les éléments chimiques sur les populations des nématodes, cependant les résultats sont dans la plupart des cas contradictoires.

La texture du sol a une influence importante sur l'abondance et la diversité de ces nématodes. Nos résultats révèlent que les *Meloidogyne* et les *Rotylenchus* se développent préférentiellement dans les sols sableux par rapport aux sols argileux et limoneux contrairement aux *Pratylenchus* et *Xiphinema* qui préfèrent les sols argileux. Ce dernier nématode est absent dans les sols sableux.

En effet, de nombreux auteurs ont observé que la répartition des nématodes phytoparasites est en relation avec le sol et la granulométrie agit directement sur les peuplements de nématodes. Ainsi, Cadet (1998) rapporte de fortes densités de *Pratylenchus pseudopratensis* dans les sols limoneux à sableux, *Pratylenchus zae* se rencontre préférentiellement dans les sols argileux tandis que *Meloidogyne sp* est plutôt observé dans les sols sableux en côte d'Ivoire.

Ainsi, Cadet et *al.* (2004) et Jaraba et *al.* (2007) rapportent que le genre *Meloidogyne* présente une fréquence et une abondance dans les sols sablonneux. Cependant, Avendaño et *al.* (2004) indiquent que ce genre est associé à des sols ayant une forte teneur en argile.

Aussi, d'après Huettel et *al.*, 1990 in : Evans et *al.*, (1993), les *Pratylenchus* préfèrent les sols ayant une texture grossière tel que les sols argilo-limoneux. De même, Ndiaye (1999) signale

## Partie expérimentale

---

que *Pratylenchus pseudopratensis* et *Xiphinema* sont positivement liés aux limons et aux sables cependant aucune corrélation n'existe avec l'argile.

La répartition des espèces de *Xiphinema* montre ses plus grandes fréquences et abondances dans les sols à texture argileuse plus nettement soumis aux conditions climatiques méditerranéennes avec un taux élevé en argile (Jimenez-Guirado et al., 1995).

De même, l'influence de la texture du sol sur la présence de certaines espèces de *Pratylenchus* a été soulignée par de nombreux auteurs. Ainsi Szczygieł et al., (1983) ; Szczygieł et Zepp (2004) rapportent la présence de *P. penetrans*, dans les sols sableux limoneux que dans les sols lourds. En revanche, Brzeski (1969) signale la présence de ce genre dans les sols argileux et limoneux.

Les données concernant l'influence du pH sur les nématodes sont relativement peu nombreuses et parfois contradictoires, le développement des populations étant favorisé par l'augmentation du pH et parfois par sa baisse. Certaines études indiquent que le pH du sol est un facteur écologique sans importance pour les nématodes cependant d'autres travaux le considère comme étant un paramètre important influençant leur développement.

L'analyse des résultats montre que les nématodes des genres: *Meloidogyne*, *Pratylenchus* et *Rotylenchus* préfèrent pour leur développement un pH alcalin, cependant, ce dernier agit faiblement sur le nématode *Xiphinema*.

Ritter (1971), note que les larves de *Meloidogyne incognita* présentent une éclosion maximale à pH de 6.5. En revanche, Reddy (1983), constate que l'infestation des *Meloidogyne* est moins sévère en sol acide qu'en sol neutre ou alcalin et les nématodes à galles survivent, éclosent et se reproduisent à des pH variables entre 4 et 8.

Aussi, l'abondance des populations de *Pratylenchus* décroît dans des sols fortement acides (Melakeberhan et al., 2000). Ce genre se développe mieux dans un intervalle de pH de 5,2-6,4 (sols modérément acides).

Les travaux de Hadj Sadouk-Nebih (2013) en Algérie sur cultures maraichères montrent une corrélation positive entre le pH du sol et les nématodes phytophages. Ces résultats ont révélé que les genres *Pratylenchoides*, *Meloidogyne* et *Scutellonema* préfèrent les sols à pH basique, ce même auteur rapporte que ce type de pH agit faiblement sur *Tylenchorhynchus* et *Pratylenchus*.

## Partie expérimentale

---

De même, la distribution des nématodes du genre *Xiphinema* est nettement liée aux sols acides (pH compris entre 4,5 et 6,4) (Jimenez-Guirado et al., 1995).

De même, la dépendance entre la présence de nématodes *Pratylenchus* et l'acidité du sol a été vérifiée par de nombreux auteurs (Brzeski, 1969; Willis, 1972). En revanche, Szczygieł et Zepp (2004), rapportent la présence de ce genre dans les sols à pH supérieur à 6,5.

En ce qui concerne la salinité, plusieurs investigations révèlent que celle-ci agit différemment sur les espèces de nématodes du sol, certaines se trouvent stimulées tandis que d'autres au contraire leur développement est freiné en présence de cet élément.

Les résultats obtenus lors de notre étude ont montré que les nématodes, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus* et *Xiphinema* se développent aussi bien dans les sols non salés à peu salés.

Les données obtenues concernant la MO montrent que les *Meloidogyne*, *Pratylenchus* et *Xiphinema* pullulent aussi bien dans les sols moyennement pourvus en Mo que dans des sols riches en MO, toutefois les *Rotylenchus* préfèrent les sols riches en MO.

Par ailleurs, le nématode *Rotylenchus* pullule dans les sols riches en azote et pauvres en magnésium, en revanche *Xiphinema* présente une corrélation positive avec les sols riches en magnésium et potassium mais pauvres en phosphore. Toutefois, les *Meloidogyne* et les *Pratylenchus* préfèrent pour leur développement un sol pauvre en azote.

Ndiaye (1999) au Sénégal montre que les nématodes observés dans le sol sableux sont négativement liés à l'élément chimique du sol ( $Mg^{2+}$ ) et positivement lié au potassium ( $K^+$ ).

D'après, Florini et al., (1987) les teneurs en bases ( $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$ ) sont associées aux fortes densités des populations de *Pratylenchus sp* dans le sol.

Enfin, le nématode *Helicotylenchus* pullule dans les différents types de sol. C'est un nématode ubiquiste. Ndiaye (1994), rapporte que le genre *Helicotylenchus* se développe dans tous les types de sol.

Les investigations de Graham, (1980) ; Mateille et al., (2008) et Duyck et al., (2012) montrent que les variations de peuplement nématologique relevées par les différents travaux sur l'effet des facteurs du sol sur ces nématodes peuvent être attribuées à plusieurs paramètres pouvant agir ensemble pour induire un changement dans la communauté de nématodes ainsi qu'aux actions spécifiques dues aux uns et aux autres. Ces facteurs influencent leur distribution et leur abondance dans le sol. .

## Partie expérimentale

---

D'après Norton et *al.*, (1971) ; Cadet (1998) ; De Pelsmaeker et Coomans (1987) et Wang et *al.*, (2004), les caractéristiques physico-chimiques du sol influencent la mobilité, la distribution et la dynamique des populations de nématodes ; ces auteurs rapportent l'existence d'une corrélation entre le type du sol, sa teneur en azote, en matière organique et son pH et la répartition et l'abondance de plusieurs espèces de nématodes.

Enfin, cette enquête préliminaire a fourni un faible aperçu des associations de certains nématodes avec les propriétés du sol, cependant des investigations plus détaillées méritent une attention particulière, vu l'impact profond et durable de ces propriétés sur la communauté des nématodes.

# Conclusion

## Conclusion

---

### Conclusion.

Les nématodes du sol jouent un rôle important dans le bio fonctionnement d'un sol, ils constituent un groupe d'organismes très diversifiés au sein de la microflore ; représenté à différents niveaux trophiques de la chaîne alimentaire du sol et organisé sous forme de communauté.

Au terme de cette étude, l'analyse des données a révélé une grande diversité et une richesse taxonomique de nématodes associées à la culture de l'olivier. Nous avons recensé 28 genres répartis en quatre groupes fonctionnels, il s'agit des phytophages, des fongivores, des bactérivores et des prédateurs- omnivores représentés par les genres suivants : *Xiphinema*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchus*, *Criconema*, *Paratylenchus*, *Telotylenchus*, *Gracilacus*, *Boleodorus*, *Longidorus*, *Hemicriconemoides*, *Malenchus*, *Tylenchus*, *Filenchus*, *Aphelenchus*, *Psilenchus*, *Coslenchus*, *Ditylenchus*, *Aprutides*, *Aphelenchoides*, *Rhabditis*, *Acrobeloides*, *Mononchus*, *Mylonchulus*, *Dorylaimus* et *Discolaimus*. En effet, ces taxons sont des composants habituels de la nématofaune présents dans les sols agricoles et les milieux naturels.

Ainsi, les groupes des bactérivores, prédateurs-omnivores sont représentés dans notre étude sur olivier avec des proportions moindres. Ces ensembles, malgré leurs faibles taux dans le sol peuvent représenter une biomasse très importante participant ainsi activement à l'équilibre biologique des sols. En effet, le rôle des Mononchides et des Dorylaimides dans la régulation a été suggérée par de nombreux travaux. Ils sont susceptibles d'être des agents potentiels dans le bio contrôle des nématodes phytoparasites, les perspectives de leur utilisation dans la bio gestion des nématodes semblent très prometteuses, principalement ceux du genre *Discolaimus* qui présentent beaucoup d'avantages en raison de leur caractéristiques biologiques. En revanche, les bactérivores, qui représentent la composante dominante de la nématofaune interviennent faiblement dans cette étude. Ceci est probablement attribué à plusieurs facteurs particulièrement la profondeur et la période des prélèvements qui peuvent conduire à un balancement de la structure nématologique entre certains ensembles. De ce fait, une approche disynchrone des sols et de sa faune s'avère nécessaire.

Le reste des groupes comme les fongivores, notre étude a révélé qu'ils interviennent avec une proportion importante, une abondance de ces derniers joue un rôle dans le maintien de la balance vitale microbienne, de plus certaines espèces peuvent être utilisées en lutte biologique contre des espèces fongiques phytopathogènes.

## Conclusion

---

L'étude a révélé que la communauté phytophage occupe un rôle primordial dans la nématofaune et représente la composante dominante, due principalement à la présence permanente des systèmes racinaires qui leur permettent de satisfaire leur besoin. Elle est composée de 13 genres appartenant aux deux ordres : les Dorylaimida et les Tylenchida avec respectivement des taux de 15% et 85% renfermant des taxons dominés par les genres *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* (Tylenchida) et *Xiphinema* (Dorylaimida) représentant une dominance avec des densités importantes dans la quasi-totalité des zones prospectées.

Parmi ces taxons, les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* représentés par deux espèces : *M. javanica* et *M. arenaria* et le nématode des lésions des racines *Pratylenchus* également présents par deux espèces : *P. penetrans* et *P. vulnus* qui sont respectivement des nématodes endoparasites sédentaires et migrateurs très polyphages et les plus redoutables causant de graves dommages sur olivier dans le monde. Les niveaux élevés de ces nématodes dans le sol suggèrent qu'ils peuvent présenter un risque potentiel pour les plantules d'oliviers aussi bien dans les pépinières qu'en vergers. Ainsi, leur parasitisme peut potentiellement contribuer à la baisse de la production de l'olivier sachant que ces deux bioagresseurs ont été signalés en pépinières en Algérie. En conséquence des études doivent être entreprises pour déterminer leur pathogénicité et des mesures de contrôle chez les oléiculteurs sont recommandées pour éviter les risques des contaminations et une contrainte dans les nouvelles plantations.

Le genre *Helicotylenchus* est présent également dans toutes les stations d'études, ce bioagresseur est très ubiquiste peut éventuellement constituer une menace vue sa fréquence importante et son abondance et peut affecter la croissance l'olivier.

Parmi les ectoparasites recensés, les genres *Tylenchorhynchus*, *Boleodorus*, *Paratylenchus*, *Telotylenchus*, *Criconema*, ne posent pas de problème majeur malgré leurs fréquences leur pathogénicité n'est pas connue sur olivier. En revanche, certains genres comme *Rotylenchus* et *Gracilacus* possèdent des localisations préférentielles et colonisent les sols d'oliviers méritent une attention particulière. Dans ce mode de parasitisme, seuls les *Xiphinema*, peuvent être considérés comme dangereux en raison de leur part dans la responsabilité dans certaines transmissions des maladies virales, un intérêt particulier doit être porté sur ce nématode. Enfin, un contrôle phytosanitaire rigoureux au niveau des pépinières est une priorité pour prévenir l'introduction d'autres espèces et contrôler celles qui existent déjà et qui peuvent s'avérer redoutables et affecter la production de l'olivier. Enfin, une

## Conclusion

---

gestion de ces bioagresseurs s'avère nécessaire pour améliorer la production de l'olivier, sachant que les pertes mondiales dues aux nématodes phytophages se chiffrent à des Millions de dollars chaque année. L'objectif est d'assurer une production durable d'olives et d'huiles de très haute qualité en donnant la priorité aux méthodes alternatives et en minimisant l'usage et les effets secondaires des produits chimiques permettant ainsi à la culture de jouer son rôle social, écologique et culturel.

Concernant les variétés d'oliviers, l'étude a montré que les variétés Azzeradj, Blanquette et Chemlal semblent être favorables à la multiplication des nématodes phytophages contrairement à la variété Bouchouk qui s'est révélée moins multiplicatrice. De ce fait, il serait souhaitable de tester les variétés disponibles particulièrement contre les nématodes des genres : *Meloidogyne* et *Pratylenchus*. Cette voie de recherche constitue un axe important notamment comme méthode alternative contre ces bioagresseurs.

De même, les indices écologiques ont permis de montrer que la nématofaune est assez diversifiée dans les sites d'études et les espèces présentent une distribution équilibrée.

Par ailleurs, il ressort de la présente étude que des corrélations existent entre la l'interaction des éléments physico-chimiques et la nématofaune. D'autres paramètres physico-chimiques et fonctionnels méritent d'être étudiés à une échelle plus détaillée, ces analyses complémentaires permettraient de mieux comprendre et de quantifier certains processus afin de mieux évaluer le potentiel des sols à fournir les services recherchés dans un écosystème.

Enfin, ces données nous permettent de dresser pour l'instant une liste non exhaustive des genres de la nématofaune de l'olivier. En outre, ces aspects ouvrent des champs de recherche stratégiques considérables.

Nous tenons à préciser que peu d'études ont été consacrées à cet aspect nutritionnel, de ce fait il est important d'en approfondir l'étude pour préciser leur rôle au sein des biocénoses, notamment par la caractérisation des espèces ainsi qu'une meilleure connaissance des exigences trophiques et écologiques des représentants de ces groupes.

Enfin, l'analyse de la structure des nématocénoses basée sur un plan trophique serait un faisceau d'étude intéressant à approfondir et ferait de l'analyse nématologique un moyen très performant de diagnostic écologique des milieux telluriques qui permet d'envisager leur utilisation comme indicateurs de la fertilité ou de la durabilité d'un système de culture, notamment par le caractère universel et leur présence ubiquiste.

# **Références bibliographiques**

## Référence bibliographique

---

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abdelguerfi A., 2003** – Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité pour l'agriculture. Rapport de synthèse. Projet ALG/97/G31 FEM/PNUD, Alger, (Algérie), 22-23/01/2003, pp: 13 -20.

**Abrantes I.M., 1980** – Nematodes problems of olive trees. Abstracts of the 15<sup>th</sup> International Nematology Symposium of the European Society of Nematologists. Bari, Italy. 24-30 August, pp: 27-28.

**Abrantes I.M., Vovlas N., Santos M.S.N., 1987** – Morphological studies on six Tylenchid nematodes species associated with olive in Portugal. *Ciencia Biologica Ecology and Systematics*. Vol.7, N° 2, pp: 1-9.

**Abrantes I.M., Santos M.S.N., 1991** – *Meloidogyne lusitanica* (Nematoda: Meloidogynidae) a root –knot Nematode parasitizing olive tree (*Olea europaea* L). *Journal of nematology* 23 (2), pp: 210-224.

**Abrantes I.M., Vovlas N., Santos M.S.N., 1992** - Host parasite relationships of *Meloidogyne javanica* et *Meloidogyne lusitanica* with *Olea europea*. *Nematologica* 38, pp : 320-328.

**AFIDOL., 2012** - Association Française Interprofessionnelle de l'olive : Economie de la filière olive. Rapport d'activités, 7p.

**AFIDOL., 2013** -Association Française Interprofessionnelle de l'olive : Géographie de l'olivier. Fiche technique, 16p.

**Agrios G.N., 2005** – Plant diseases caused by nematodes. *Plant pathology*, 4, pp: 565-597.

**Aït Hamza M., Ferji Z., Ali N., Tavoillot J., Chapuis E., El Oualkadi A., Moukhli A., Khadari B., Boubaker H., Roussos S., Mateille T., El Mousadik A., 2015** - Plant-parasitic Nematodes Associated with Olive Tree in Morocco. *Int. J. Agric.Biol*, Vol.17, N°4, pp: 719-726.

## Référence bibliographique

---

**Aït Hamza M., 2016** - Communautés de nématodes phytoparasites et de champignons nématophages en pépinières oléicoles au Maroc : caractérisation et gestion microbiologique. Abstract. Th. Doctorat. Biologie des Interactions: Université Ibn Zohr .Agadir. Maroc.

**Aït Hamza M., Ali N., Tavoillot J., Fossati-Gaschnard O., Boubaker H., El Mousadik A., Mateille T., 2017** - Diversity of root-knot nematodes in Moroccan olive nurseries and orchards: does *Meloidogyne javanica* disperse according to invasion processes. BMC Ecology, vol 17, pp: 41-42.

**Ali N., Chapuis E., Tavoillot J., Aït Hamza M., El Mousadik A., El Oulkadi A., Besnard G., El Bakkali A., Moukhli A., Khadari B., El Modafar C., Ater M., Ferji Z., Mateille T., 2013** - Plant-parasitic nematode associated with olive in Morocco. The 1<sup>st</sup> International Moroccan Agricultural Sciences Conference - AMAS Conference March 18-19, Rabat Morocco: 20p.

**Ali N., Chapuis E., Tavoillot J., Mateille T., 2014** – Plant parasitic nematodes associated with olive tree (*Olea europaea* L) with a focus on the Mediterranean Basin: A review comptes rendus Biologies 337, pp: 423-442.

**Ali N., 2015-** Communautés de nématodes phytoparasites associées à l'olivier: réponses aux forçages anthropiques et environnementaux. Thèse. Doct. Centre. Inter. Etud. Sup. Scien. Agron. Montpellier (SUPAGRO), 318p.

**Ali N., Tavoillot J., Mateille T., Chapuis E., Besnard G., El Bakkali A., Cantalapiedra-Navarrete C., Liébanas G., Castillo P., Palomares-Rius J., 2015** - A new root-knot nematode *Meloidogyne spartelensis* n. sp (Nematoda: Meloidogynidae) in Northern Morocco. Eur. J .Plant .Pathol.143, pp: 25-42.

**Ali N., Chapuis E., Tavoillot J., Mateille T., 2016** – Trend to explain the distribution of root-knot nematodes *Meloidogyne spp.* associated with olive trees in Morocco. Agriculture. Ecosystems and Environment 22, pp: 22-32.

**Almeida M., De Waele., Santos M.D., Sturhan D., 1989** – Species of *Trichodorus* (Nematoda: Trichodoridae) from Portugal, Rev.Nematol.12, pp: 219-233.

**Amarni B., 2011** – Algérie : Production d'huile d'olive, pas de place pour les nouvelles techniques de transformation / la Tribune / 17 /01/2011.

## Référence bibliographique

---

- Anastasiadis I.A., Giannakou I.O., Prophetou-Athanasidou D.A., Gowen S.R., 2008** – The effect of the application of a biocontrol agent *Paecilomyces lilacinus*, for the control of root-knot nematodes. *Crop Protection* 27, pp: 352-361.
- Anderson J-P., Domsch K-H., 1978** – Mineralization of bacteria and fungi in chloroform-fumigated soils. *Soil Biology and Biochemistry*.10, pp: 207-213.
- Anonyme., 2009** – Analyses statistiques de l'évolution de la culture de l'olivier durant la période 1998-2006. Ministère de l'agriculture. Direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques, 60p.
- Anonyme., 2010** – Atlas Européen de la biodiversité des sols. Deuxième section : les organismes du sol. Publications office of the European Union, Luxembourg, 128p.
- Anonyme., 2013** – Pédologie (5<sup>ème</sup> version), chapitre V : chimie du sol, 42p.
- Arpin P., 1975** - Etude systématique et dynamique de deux nématocénoses en climat tempéré. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 12, pp: 493-521.
- Arpin P., Kilbertus F., Ponge G., Vannier G., 1980** – Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. In : *Actualités d'écologie forestier : Sol, Flore et Faune*. Ed. Presson P., Villars G, Paris, pp : 87-150.
- Artaud M., 2008** – L'olivier : sa contribution dans la prévention et le traitement du syndrome métabolique, 30p.
- Avendaño F., Pierce F.J., Schabenberger O., Melakeberhan H., 2004** - The spatial distribution of soybean cyst nematode in relation to soil texture. *Agronomy Journal* 96, pp: 181-194.
- Babouche N., Kellouche A., 2012** - Etude de l'entomofaune de l'olivieraie de la région de Tizi-Ouzou. Laboratoire d'entomologie. Département de Biologie. Fac. Scien. Biol. et scien. Agron.Univ.Tizi-Ouzou. Algérie, 6p.
- Baldy CH., 1990** – Le climat de l'olivier (*Olea europaea*). Volume jubilaire du professeur P Quazel. Ecole méditerranéenne XVI, pp: 113-121.

## Référence bibliographique

---

**Bardgett R.D., Griffiths B.S., 1997-** Ecology and biology of soil Protozoa, Nematodes and Microarthropods, in: Van Elsas J.D, Trevors J.T and Wellington E.M (eds). Modern soil microbiology. Marcel Dekker. New York, pp: 129-163.

**Baujard P., Bour E., Martiny B., 1995** – Incidence des nématodes phytoparasites sur la culture de sorgho dans la zone sahélienne du Sénégal, Afrique de l’Ouest. Afro-Asian Journal of nematology 5, pp: 1-10.

**Bélaïr G., 2005** - Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes. Phytoprotection, Vol 86, N°1, pp: 65–69.

**Bellaïhcène M., Assigbetsé K., Fortas Z., Geiger J.P., Nicole M., Fernandez D., 2005** – diversity of *Verticillium dahliae* isolates from live trees in Algeria. Phytopathol. Mediter 44, pp: 266-274.

**Benai M., Hamadache A., 2012** – Protection phytosanitaire des arbres fruitières et de la vigne, Alger, 144p.

**Bensemmane, 2009** - L’oléiculture : Développons le secteur de l’Huile d’Olive en Algérie, Revue Filaha Innove, N°4 (Avril-Mai), Algérie, 23 p.

**Benyahia H.D., 2009** – Aperçu sur l’entomofaune de l’olivier à la station de l’ITAF de Boufarik. Mem, Ing, Agro, ENSA, El Harrach, 54p.

**Bey Zekoube N., 2015** – Programme de développement de l’oléiculture (ITAF), 12p.

**Biche M., Sellami M., 2011** – Biology of *Parlatoria oleae* (Homoptera, Diaspididae) in the area of Cap Djinet, Algeria, Agri, Biol, J.N 2 (1), pp: 52-58.

**Bilgrami A.L., 1997** – Nematode bio pesticides. Aligarh. India. Aligarh Muslim University Press, 262 p.

**Bilgrami A.L., Pervez R., 2000** – Prey searching and attraction behaviours of *Mesodorylaimus bastiani* and *Aquatides thornei* (Nematoda: Dorylaimida). ). International Journal of Nematology 10, pp: 199-206.

**Bilgrami A.L., Pervez R., Ondo K., Oshiga T., 2001** - Attraction and aggregation behaviour of *Mesodorylaimus bastiani* and *Aquatides thornei* (Nematoda: Dorylaimida). Applied Entomology and Zoology 36, pp: 243-249.

## Référence bibliographique

---

**Bispo A., Gattin I., Hedde M., Bodin J., Villenave C., Peres G., 2012** - Quels bioindicateurs pour la gestion durable des sols agricoles et forestiers : In Compte rendu des journées de restitution du projet « Bioindicateur pour la caractérisation des sols » 16 octobre 2012, Ed ADEME, Paris, 38p.

**Bloem J, De Ruiter P., Bouwman L., 1997-** Soil food and nutrient cycling in agroecosystems, In: Van Elsas J.D, Trevors J.T and Wellington E.M (eds). Modern soil microbiology. Marcel Dekker. New York, pp: 245-278.

**Block V.C., Jones J.T., Phillips M.S., Trudgill D. L., 2009** - Parasitism genes and host range disparities in biotrophic nematodes. *Bioessays* 30, pp : 249–255.

**Blondel J., 1979** – Biogéographie et écologie de l’olivier. Ed, Masson, Paris, 173p.

**Bongers T., 1990** – The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition: *Oecologia* 83, pp: 14-19.

**Bongers T., Bongers B., 1998** –Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10, pp: 225-239.

**Bongers T., Ferris H., 1999** - Nematode community structure as a bio indicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 14, pp: 224-228.

**Boudi M, Chehat F., Cheriet F., 2013** – Compétitivité de la filière huile d’olive en Algérie : cas de la wilaya de Bejaia. Les cahiers du CREAD, N° 105 / 106, 24p.

**Bonkowski M., Villenave C., Griffiths B., 2009** - Rhizosphere fauna: The functional and structural diversity of intimate interactions of soil fauna with plant roots. *Plant and Soil* 321, pp: 213–233.

**Boukhari R., 2014** – Contribution à l’analyse génétique et caractérisation de quelques variétés d’olivier et l’influence de l’environnement sur leurs rendements au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou. Mem. Magistère. Univ. Aboubeker Belkaid. Tlemcen, 110p.

**Boukhezna B., 2008** – Contribution à l’étude de l’oléiculture dans les zones arides : cas de l’exploitation de Dhaouia (wilaya d’El- Oued). Mémoire de Fin d’Etudes. Ing, d’Etat. Fac. Sciences et Sciences de l’Ing. Univ. Kasdi Merbah. Ouargla.68p.

## Référence bibliographique

---

**Boumaraf- Saadi I., 2008** – Analyses des semences de fève (*Vicia faba*) infestées par *Ditylenchus dipsaci* (Nematoda : Aguinidae) et recherche d'une méthode de lutte contre ce nématode. Mem. Magistère en Scien. Agron. Inst. Nat. Agron. El Harrach, 82p.

**Boutkhil S., 2012** – Les maladies fongiques de l'olivier (*Olea europaea*,L) en Algérie : Répartition géographique et importance. Mém. Magistère en Biotechnologie. Faculté des Sciences. Univ. Oran, 79p.

**Breton C., Medail F., Pinatel C., Berville A., 2006** – De l'olivier à l'oléastre : origine et domestication de l'*Olea europaea* L dans le bassin méditerranéen. Cahiers Agriculture .Vol 14, n°4, pp 329-336.

**Brzeski M., 1969** - Nematodes associated with cabbage in Poland. II. The effect of soil factors on the frequency of nematode occurrence. Ekologia Polska, seria A 17, pp: 205–225.

**Cadet P., 1989** – Les nématodes et la fatigue des sols sous culture sucrière au Burkina Faso. Nematologica 35, pp : 355-365. .

**Cadet P., 1998** - Gestion écologique des nématodes phytoparasites tropicaux. Cahiers Agricultures 7, pp: 187-194.

**Cadet P., Berry S.D., Spaul W., 2004** - Mapping of interactions between soil factors and nematodes. European Journal of Soil Biology 40, pp: 77-86.

**Castagnone- Sereno P., Dijan –Caporalino C., 2011** – Lutte contre les nématodes à galles en cultures maraichères : des recherches pour promouvoir la durabilité des résistances variétales. Innovations Agronomiques 15, pp: 55-64.

**Castagnone-Sereno P., Danchin E.G., Perfus-Barbeoch L., Abad P., 2013** - Diversity and evolution of root-knot nematodes, genus *Meloidogyne*: new insights from the genomic. Annu. Rev Phytopathol 51, pp: 203–220.

**Castillo P., Vovlas N, Nico A., Jimenez-Diaz R.M., 1999** – Infection of olive trees by *Heterodera mediterranea* in orchards in Southern Spain. Plant disease 83, pp: 710-713.

## Référence bibliographique

---

**Castillo P., Vovlas N., 2002** - Factors affecting eggs hatch of *Heterodera mediterranea* and differential responses of olive cultivars to infestation. *J.Nematol.*34, pp: 146-150.

**Castillo P., Vovlas N., Troccoli A., 2002** – The reniform nematode *Rotylenchulus macrosoma* infecting olive in southern Spain, *Nematology* 5: pp 23-29.

**Castillo P., Vovlas N., Subbotin S., Troccoli A., 2003** – A new root-knot *Meloidogyne baetica* n.sp (Nematode: Heteroderridae) parasitizing wild olive in southern Spain. *Phytopathology* 93, pp 1093-1102.

**Castillo P., Vovlas N., 2005** – Bionomics and identification of the genus of *Rotylenchus* (Nematoda: Haplolaimidae). Vol 3. Ed Brill. Leiden- Boston, 377p.

**Castillo P., Nico A., Azcon-Aguilar C., Del Rio Rincon C., Calvet C., Jimenez-Diaz R.M., 2006** – Protection of olive planting stocks against parasitism of root- knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi, *Plant. Pathol.*55, pp: 705-713.

**Castillo P., Vovlas N., 2007** - *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and management. *Nematology monographs and perspectives*. Vol 6. Ed Brill. Leiden- Boston, 529p.

**Castillo P., Nico A., Vovlas N., Navas- Cortes J., Landa B., 2010** – Plant parasitic nematodes attacking olives trees and their management: *Plant disease* 94, pp: 148-162.

**Cecillon L., 2008** – Quels indicateurs pour évaluer la qualité des sols forestiers soumis à des contraintes environnementales. Th. Doctorat, Univ. Joseph Fourier de Grenoble. *Science du sol*, 245p.

**Celette M.J., 2006** – Echantillonnage du sol et des racines visant le dénombrement des nématodes. Fiche technique, 20p.

**Chaussoud R., 2002** – La qualité biologiques des sols: des concepts aux applications. *Comptes rendus de l'académie d'agriculture de France* 88, pp : 61- 68.

**Chenaoua M., 2010** – Inventaire de l'entomofaune de l'olivier. Eude Préliminaire de *Bactrocera oleae* GMEL (Diptera : Tephritidae) et de *Saissetia oleae* (Homoptera : Lecanidae) dans la région de Blida. Th. Ing. Agron. ENSA. El Harrach, 62p.

## Référence bibliographique

---

**Chen D.Y, Ni H.F., Tsay T.T., 2007** – Identification of Hemicriconemoides (Nematoda : Criconematoidae) among Tea planting in Taiwan. Plant Pathology. Bull 16, pp: 181-192.

**Chitwood D.J., Perry R.N., 2009** -Reproduction, Physiology and Biochemistry. In: Perry RN, Moens M, Starr JL, editors. Root-knot nematodes. CAB International. Pp : 182–200.

**Chovelon M., Avignon G., 2006** - Contrôle de *Xiphinema index*, nématode vecteur du court noué de la vigne. Viticulture, 11p.

**Ciancio A., Mukerji K.G., 2009** – Integrated management of fruit crops and forest nematodes. Ed Springer, pp: 275-308.

**Cilbircioglu C., 2007** – Plant- Parasitic Nematodes Associated with *Olea europaea*,L .Fauna of Turkey, J. Agric. Urban. Entomo 24, pp: 227-231.

**Cluzeau D., Pérès G., Guernion M., Chaussod R., Cortet J., Fargette M., Martin-Laurent F., Mateille T., Pernin C., Ponge J-F., Ruiz-Camacho N., Villenave C., Rougé L., Mercier V., Bellido A., Cannavacciuolo M., Piron D., Arrouays D., Boulonne L., Jolivet C., Lavelle P., Velasquez E., Plantard O., Walter C., Foucaud-Lemercier B., Tico S., Giteau J-L., Bispo A., 2009** - Intégration de la biodiversité des sols dans les réseaux de surveillance de la qualité des sols: exemple du programme pilote à l'échelle régionale, le RMQS BioDiv. Étude et Gestion des Sols, Volume 16, pp : 187- 201.

**COI., 2000** – Conseil oléicole international: olive nursery production and plant production techniques. ([www.internationaloliveoil.org/projects/paginas/Section-a.htm](http://www.internationaloliveoil.org/projects/paginas/Section-a.htm)).

**Coll P, Le Cadre E, Merot A., Villenave C., 2013** – La caractérisation du fonctionnement biologique du sol en viticulture biologique peut être réalisée par l'analyse de la nématofaune. Innovations Agronomiques 31, pp: 391-400.

**Coyne D.L, Nicol J.M., Cole C., 2010** – Les nématodes des plantes : Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Inst. Intern. Agric.Tropicale, 82p.

**Culman D.L., Plowright R.A., 1998** – Use of solarisation to control nematodes. Ann. Rev. Phytopathol. N° 40, pp: 221-249.

## Référence bibliographique

---

**Dalmasso A., 1966** - Méthodes simples d'extraction des nématodes du sol. Rev. Ecol. Sol 3, pp: 473-478.

**Daoud Y., 2011** – Méthodes d'analyses des sols. Document photocopié. Département de pédologie. ENSA, 99p.

**De Guiran,G .et Netscher C.,1970** - Les nématodes du genre *Meloidogyne* parasites de cultures maraîchères au Sénégal. Cahiers ORSTOM, Série Biologie, 11, pp: 151-158.

**Decraemer W., Hunt D.J., 2006** - Structure and classification of nematodes. In: Plant nematology, Perry, R.N., Moens, M. (Eds). CABI Publishing, Wallingford, pp: 3–32.

**Decraemer W., Palmores Rius J.E., Cantalapiedra-Navarrete C., Landa B.B., Duarte I., Almeida T., Vovlas N., Castillo P., 2013** – Seven new species of *Trichodorus* (Diphtherophorina, Trichodoridae) from Spain. Nematology 15, pp: 57-100.

**De Ley., 1991** – The nematode community of a marginal soil at Camberene, Senegal with special attention to functional morphology and niche partitioning in the family Cephalobidae. In Academiae. Ana. Leda. Bruxelles, pp: 109-153.

**De Luca F, Lazarova S, Troccoli A, Vovlas N and Vlada P.,2013** – Morphological and molecular characterization of *Xiphinema macroacanthum* Lamberti, Roca and Agostinelli,1989 (Nematoda: Longidoridae) from olive orchards in southern Italy. Systematic Parasitology, An International Journal, Vol 85, N 2, pp: 157-171.

**Demangeat G., 2007** - Transmission des Nepovirus par les nématodes Longidoridae. Revue Virologie 11 (4), pp : 309-321.

**De Pelsmaeker M., Coomans A., 1987** - Nematodes in potato fields and the relation to some biotic and abiotic factors. Journal of Nematology 52, pp: 261-269.

**De Ruiter P.C, Van Veen J.A, Moor J.C, Brussaard L and Hunt H.W., 1993** – Calculation of nitrogen mineralization in soil food. Plant and Soil 157, pp : 263-273.

**Diab K.A., El-Eraki S., 1968** - Plant-parasitic nematodes associated with olive declines the United Arab Republic .Plant Disease.52: 150-154.

## Référence bibliographique

---

**Diakhaté S., 2014** – Influence de l'arbuste *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst (Caesalpinoideae) sur les communautés de microorganismes et de nématodes d'un sol cultivé en mil au Sénégal (Nioro). Th. Doctorat. Fac.Scién.Tech. Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 103p.

**Diongue A., 1996** – Initiation à la nématologie : application aux cultures maraichères. Rapport de stage ORSTOM/ Laboratoire de nématologie. Dakar, Sénégal, 52p.

**Djian-Caporalino C, Védie H et Arrufat A., 2009** - Gestion des nématodes à galles : Lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges. PHYTOMA, pp: 1-18.

**Djigal D., 2003** – Interactions entre la communauté microbienne du sol (Bactéries et champignons mycohriziens) et les nématodes bactérivores : Effet sur la nutrition minérale et la croissance de différentes plantes. Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle : Biologie végétale Faculté des Sciences et Techniques.Univ, Dakar, 157p.

**Djigal D., Chabrier C., Duyck P.F., Achard R., Quénéhervé P., Tixier P., 2012** - Cover crops after the soil nematode food web in banana agro ecosystems. Soil Biol. Biochem 48, pp: 142-150.

**Doran J.W., Sarrantonio M., Liebig M.A., 1996** – Soil health and sustainability. Adv.Agron.56, pp: 1-54.

**Doran J.W., 2002** - Soil health and global sustainability: translating science into practice Agriculture, Ecosystems and Environment 88, pp: 119-127.

**DSA, 2014** – Statistiques Agricoles : superficies et production, Série B, Direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information, 90p.

**Duong D.H; Bui-Thi T; Tran T.T; Nguyen T.M; Nguyen H.H; Nguyen V.T., 2012** - Analysing the characteristics of soil nematode communities at pepper (*Piper nigrum* L.) cultivation area in Loc Hung commune, Loc Ninh district, Binh Phuoc province. J. Viet. Env, Vol 3, N°2, pp : 60-65.

**Duyck P.F., Dortel E., Tixier P., Vinatier F., Loubana P.M., Chabrier C., Quénéhervé P., 2012** - Niche partitioning based on soil type and climate at the landscape scale in a community of plant-feeding nematodes. Soil Biology and Biochemistry 44, pp: 49 -55.

**Edongali E., 1989** – Plant parasitic nematodes associated with olive trees in Libya. Inter.Nematol.Netw.Newslett 6, pp: 36-37.

## Référence bibliographique

---

- Ekschmit K., Griffiths B.S., 1998** – Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning and variable environment. *Appl. Soil. Ecol* 10, pp: 201-215.
- FAO., 2014-2015** – Food Agricultural Organization of the United Nations. Statistical database (FAOStat). Production statistics of crops online. [http:// www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)
- Ferris H., Bongers T., De Goede R.G., 2001** – A framework for soil food diagnostics: Extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18, pp: 13-29.
- Ferris H., Venette R.C., Scow K.M., 2004** – Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization function. *Applied Soil Ecology*, 25, pp: 19-35.
- Ferris H., 2010** – Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web. *J.Nematol* 42, pp : 16-25.
- Fiorino P., Nizzi G.F., 1992** - La oleicultura y su expansión. (éd) *Espagnole* 44, 9p.
- Firoza K., Maqbool M.A., 1994** - A diagnostic compendium of the genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Nematoda: Hoplolaimidae). *Pakistan Journal of Nematology* 12, pp: 11-50.
- Fortuner R., Merny G., 1973** - Les nématodes parasites des racines associés au riz en Base-Casamance (Sénégal) et en Gambie. *Cah. ORSTOM. Ser. Biol*, N°21, pp : 3-20.
- Frah N., Baala H., Loucif A., 2015** - Etude de l'arthropodofaune dans un verger d'olivier à Sefiane (Batna Est Algérien). *Lebanese Science Journal*, Vol.16, N°2, pp : 37- 45.
- Francl L.J., 1993** – Interaction of nematodes with mycorrhizal fungi. In Khan M.W (ed). *Nematodes interactions*. Chapman et Hall, London, pp: 204-216.
- Freckman D.W., Caswell E.P., 1985** – The ecology of nematodes in agro ecosystems. *Ann. Rev. Phytopath* 23, pp: 275-296.
- Freckman D.W., Ettema C.H., 1993** - Assessing nematode communities in agro ecosystems of varying human intervention. *Agriculture ecosystems and environment* 45, pp: 239-261.

## Référence bibliographique

---

**Gadani F., Marte M., Savino V., Rugini E., 1986** - Strawberry Latent Ringspot Virus associated with a new disease of olive in central Italy. *Plant Disease*. 70:171-172.

**Galet P., 1982** – Les maladies et les parasites de la vigne. Tome II, Montpellier, France, 240p.

**Gaouar A., 1980** - Contribution à l'étude de l'infection de l'olivier *Dacus olea gmel* dans la région de Tlemcen. Th. Magistère. Université de Tlemcen, Algérie, 104p.

**Gaur H., Perry R.N., 1991** – The use of soil solarization for control of plant parasite nematodes. *Nematological abstract*. Vol 60, N°4, pp: 154-167.

**Geraert E., 1967** - Results of a study on the ecology of plant-parasitic and free living soil-nematodes. *Annal. Soc. Zool. Belgique*. 97, pp: 59-64.

**Giannakou I.O., Anastasiadis I.A., Gowen S.R., Prophetou-Athanasiadou D.A., 2007** - Effects of a non-chemical nematicide combined with soil solarization for the control of root-knot nematodes. *Crop Protection*, Vol 26, Issue 11, pp : 1644-1654.

**Gobat J-M, Aragno M., Matthey., 2003** - **Le sol vivant**. Bases de pédologie, Biologie des sols : Géographie physique et Quaternaire, vol. 57, pp : 255-260.

**Gomes G.S., Huang S.P., Cares J.E., 2009** – Nematode community trophic structure and population fluctuation in soybean field. *Fitopatologia Brasileira* 28, pp: 258-266.

**Gowen R.S., 1979** – Some considerations of problems associated with nematodes pests of banana. *Nematropica* 9, pp: 79-91.

**Guechi A., Girre L., 2002** - Recherche et analyse d'un effet mutagène des extraits de feuilles d'olivier parasitées par le champignon *Cyloconium oleaginum* : Cat. Sciences et Technologie, Algérie, 18, pp : 96-100.

**Guesmi I., Horrigue-Raouani N., Kallel S., 2009** – Etude préliminaire de la nématofaune de l'olivier dans quatre localités de la Tunisie. *Olivebioteq* du 15-19 septembre, Sfax, pp : 137-138.

## Référence bibliographique

---

**Guesmi I., Archidona-Yuste A., Cantalapiedra-Navarrete C., Palomares-Rius J.E., Regaieg H., Horrigue-Raouani N., Castillo P., (2016a)** – First report of nematode *Rotylenchus incultus* (Nematoda : Haplolaimidae) from cultivated olive in Tunisia, with additional molecular data on *Rotylenchus eximius*. Journal of Nematology, Vol 48, N°3, pp: 136-138.

**Guesmi I., Hadj-Nacer F., Horrigue-Raouani N., Cantalapiedra-Navarrete C., Castillo P., Palomares-Rius J.E., (2016)** – First report of plant parasitic nematode *Tylenchorynchus mediterraneus* on olive trees in Tunisia. Tunisian journal of plant protection 11, pp: 171-177.

**Guesmi I., Archidona-Yuste A., Cantalapiedra-Navarrete C., Palomares-Rius J.E., Regaieg H., Horrigue-Raouani N., Castillo P., (2017)** – Integrative identification and molecular phylogeny of dagger and needle nematodes associated with cultivate olive in Tunisia. European Journal of Plant Pathology, Vol 147, pp: 389-414.

**Grall J., Hilly C., 2003** – Traitement des données stationnelles (Faunes). REBENT, 10p.

**Hadjou L., Lamani O., Cheriet F., 2013** - Labellisation des huiles d'olive algériennes : contraintes et opportunités du processus. NEW MEDIT, N° 2, 12p.

**Hadj Sadouk- Nebih D., 2013** – Etude de la diversité des communautés de nématodes associée aux cultures maraichères. Th. Doctorat. Faculté. Scien. Agro-vétérinaires et Biologie. Univ. Saad Dahleb Blida, 159p.

**Hanel L., 2010** - An outline of soil nematode succession on abandoned fields in South Bohemia. App. Soil. Ecol 46, pp: 355–371.

**Hashim Z., 1982** – Distribution, pathogenicity and control of nematodes associated with olive, Rev.Nematol.5, pp: 169-181.

**Hashim Z., 1983** – Plant parasitic nematodes associated with olive on Jordan, Nematol. Mediter 11, pp : 27-32.

**Henry S., 2003.**- L'huile d'olive: son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et en cosmétique. Thèse Doct. D'Etat. Pharmacie. Univ. Henry Poincaré, Nancy 1 (France), 190p.

**Hermann O., 2006** – Une nouvelle méthode d'analyse de nématodes. NEMA-CHECK : Techniques culturales, N°424, 21p.

## Référence bibliographique

---

**Hobaya O., Bendimerad M., 2012** – Contribution à l'étude des ravageurs de l'olivier (*Olea europaea*) à Tlemcen. Th.Ing. Agronomie. Univ. Abou Bekr Belkaid .Tlemcen, 87p.

**Hoceini F., Bounaceur F., Berrabah D., Doumandji-Mitiche B., Nebih H., 2014** – Diversité et structure de trophique des nématodes dans quelques zones viticoles en Algérie. Dixième Conférence International sur les ravageurs en agricultures. Montpellier, 22 et 23 Octobre, 8p.

**Hugot J.P., Baujard P., Morand S., 2001** – Biodiversity in helminthes and nematodes as a field of study. *Nematology* 3, pp: 199-208.

**Hu C., Qi Y., 2010** – Effect of compost and chemical fertilizer on soil nematode community in a Chinese maize field. *European Journal of Soil Biology* 46, pp: 230-236.

**Hunt D J., 1993** – Aphelenchidae, Longidoridae and Trichodoridae. Their systematics and bionomics. Ed. CAB. International, 325p.

**Ingham R E, Trofymow J A., Coleman D C., 1985** – Interactions of bacteria, fungi and their nematodes grazers: effects on nutriment cycling and plant growth. *Ecological monographs* 55, pp: 119-140.

**INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie), 2006.** – Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. El Harrach, Algérie. URL: <http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/Algeria.pdf>.

**Inserra R N., Zepp A., Vovlas N., 1979** – *Pratylenchus* dell Italia Meridionale. *Nematol. Medit* 7, pp: 137-162.

**Inserra R N., Vovlas N., O'Bannon J H., 1980** – A classification of *Tylenchulus semipenetrans* biotypes. *J. Nematol* 12, pp: 79-102.

**Inserra R N., Vovlas N., 1981** – Indagine sulla distribuzione nematodi : geografica dei nematodi parassiti dell olive in Italia. *Fitopatologia* 1, pp: 117- 119.

**Inserra R N., Stanley J D., Ochoa A., Schubert T S., Subbotin S A., Crow T., Mc Sorly R., 2014** - *Hemicriconemoides* species as crop damaging parasitic nematodes in Florida. *Nematology circular* N° 223. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Division of Plant Industry, 5p.

## Référence bibliographique

---

**Jahanshahi Afshar F., Sasanelli N., Hosseininejad S A., Tanha Maafi Z., 2014** - Effects of the root-knot nematodes *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on olive plants growth in glasshouse conditions. *Helminthologia* 51, pp: 46–52.

**Jaraba J., Lozano Z., Espinosa M., 2007** - Nematodos agalladores asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Agronomía Colombiana* 25, pp: 124-130.

**Jepson S., 1987** – Identification of root knot nematodes: *Meloidogyne* species. Ed. CAB. International, 265p.

**ITAFV (Institut technique d'arboriculture fruitière et de la vigne), 2013** - 1<sup>er</sup> Salon international de l'oléiculture. La culture de l'olivier. Alger, Algérie, 5p.

**Kepenekci I., 2001** – Preliminary list of Tylenchida (Nematoda) associated with olive in The Black Sea and the Mediterranean Regions of Turkey, *Nematol.Mediter.*29, pp: 145-147.

**Kerbaoua M., 2008** – Intensification de l'oléiculture en Algérie. Symposium International sur la Protection intégrée de l'olivier Sousse, Tunisie 25-27 Nov, pp: 35-36.

**Kerry B R., 2000** - Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant parasitic nematodes. *Annual of Phytopathology* 38, pp: 423-441.

**Khan Z., Bilgrami A L., Jairajpuri M S., 1995** - Comparative study on the predation by *Allodorylaimus americanus* n. sp. and *Discolaimus silvicolus* (Nematoda: Dorylaimida) on different species of plant-parasitic nematodes. *Fundamental and Applied Nematology* 18, pp: 99-108.

**Khan Z., Kim Y., 2007** - A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology* 35(2), pp: 370-379.

**Koenning S., Walters S., Barker K., 1996** - Impact of soil texture on the reproductive and damage potentials of *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne incognita* on cotton. *J. Nematol* 28, pp: 527–536.

**Lambert F., 1975** – Analyses des sols et des végétaux. Manuel d'informations et de travaux pratiques, 46p.

## Référence bibliographique

---

**Lamberti F, Bleve-Zacheo T., Martelli P., 1975a** – Un case intersesso in *Xiphinema ingens* (Nematoda, Longidoridae), *Nematol.Mediterr.*3, pp: 181- 183.

**Lamberti F., Greco N., Zaouchi H., 1975b** – A nematological survey of date palms and other major crops in Algeria. *FAO Plant Protection Bulletin* 23, pp: 156-160.

**Lamberti F., vovlas N., 1993** – Plant parasitic nematodes associated with olive. *EPPO Bulletin*, Vol 23, Issue 3, pp: 481- 488.

**Lamberti F., Sassanelli N., D’Addabbo A., Ambrico A., Ciccicarese., Schiavone D., 2001** – Relationship between plant parasitic nematodes and *Verticillium dahliae* on olive (*Olea europaea*,L).*Nematol. Mediterran.*29, pp: 3-9.

**Legay J M., 1986** – Diversification des modèles de développement rural : Méthodes et modèles dans l’étude des systèmes complexes, Colloque national du Ministère de la Recherche et de la Technologie, Paris 17-18 Avril, 10p.

**Lekikot K., 2014** – la teigne de l’olivier (Prays oleae). *INPV, SRPV Constantine Bulletin* N°19, 3p.

**Loussert R., Brousse G ,1978** – L’olivier : Techniques agricoles et production méditerranéenne. Ed. Maison neuve et Larousse, Paris, 480p.

**Luc M., Sikora R A., Bridge J., 2005** – Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Ed. Wallingford, UK: CAB. International Institute of Parasitology, pp: 467- 492.

**McSorley R., Frederick J J., 2002** - Effect of subsurface clay on nematode communities in a sandy soil. *Applied Soil Ecology* 19, pp: 1-11.

**Melakeberhan H., Jones A L., Bird G W., 2000** – Efect of soil pH and *Pratylenchus penetrans* on the mortality of “Mazzard” cherry seedlings and their susceptibility to *Pseudomonas syringae*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 22, pp: 131- 137.

**Mendil M., Sebai A., 2006** – l’olivier en Algérie. *Catalogue des variétés de l’olivier en Algérie. Aperçu sur le patrimoine génétique autochtone.* ITAF, 104p.

**Mendil M., 2009** – L’oléiculture : Expériences algériennes. *Revue Filaha* N° 4, pp.6.

## Référence bibliographique

---

**Menzer N, Aroua K, Mokabli A, Benzahra A et Biche M., 20166** – Biological data on *Pollinia pollini* (Coccoidae: Asterolecaniidae) on Olive tree in Mitidja (Algeria). *Wulfenia journal*, Vol 23, N° 3, pp: 162-167.

**Merny G., Luc M ., 1969** – les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. In problèmes d'écologie, Ed. Masson, Paris, France, pp : 237-272.

**Minuto A., Spadaro D., Garibaldi A., Gullino M L., 2006** – Control of soilborne pathogens of tomato using a commercial formulation of *Streptomyces griseoviridis* and solarization. *Rev. Crop. Prot* 25, pp: 468-475.

**Morghan-Jones G., Rodriguez-Kabana R., 1985** - Phytonematode pathology: Fungal modes of action. A perspective. *Nematropica* 15, pp: 107-114

**Moussouni A, 2009** – Etude de faisabilité de nouvelles techniques pour la valorisation des déchets dans le secteur agroalimentaire au Maghreb sous-secteur : Huile d'olive : Rapport membre du REME Algérie, 12p.

**Ndiaye A., 1994** – Influence de facteurs abiotiques et biotiques sur la multiplication et la morphologie de quelques nématodes phytoparasites de la région Soudano-Sahélienne. Th. Doct. 3<sup>ème</sup> cycle de biol. Anim. Fac. Scien. Tech. Univ. Cheick Anta Diop de Dakar, 82p.

**Ndiaye N., 1999** – Les Nématodes du sol dans les systèmes de cultures à jachères du Sénégal : Dynamique des peuplements et relations avec les facteurs abiotiques et biotiques telluriques. Th. Doct. 3<sup>ème</sup> cycle de biol. Anim. Fac. Scien. Tech. Univ. Cheick Anta Diop de Dakar, 156p.

**Neher D A., Peck S.L., Rawlings J O., Campell C L., 1995** – Measures of nematode community structure and sources of variability among and within agricultural fields. *Plant and Soil* 170, pp: 187-201.

**Neher D A., 2001** – Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *J. Nematology* 33, pp: 161-168.

**Neher D A., Wu J., Barbercheck M E., Anas O., 2005** – Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. *Appl. Soil Ecol* 30, pp: 47-64.

## Référence bibliographique

---

**Neher D A., Campbell C L., 1994** - Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*1, pp: 17-28

**Neher D A., 2010** – Ecology of plant and free–living nematodes in natural and agricultural soil. *Annu. Rev. Phytopathol* 48, pp: 371- 393.

**Nico A., 2002** - Incidencia y patogenicidad de nematodos fitopatógenos en plantones de olivo (*Olea europaea* L.) en viveros de Andalucía, y estrategias para su control. Tesis Doctoral. Protección de Cultivos. Instituto de Agricultura Sostenible CSIC. Universidad de Córdoba. 237p.

**Nico A I, Rapoport H F, Jimenez-Diaz R M., Castillo P., 2002** – Incidence and population densities of plant parasitic nematodes associated with olive planting stocks at nurseries in southern Spain. *Plant Disease* 86, pp: 1075-1079.

**Nico A I, Jimenez.Diaz R., Castillo P., 2003** – Host suitability of olive cultivars arbequina and picual for plant parasitic nematodes. *Journal of Nematology* 35, pp: 29-34.

**Noe J P., Barker K R., 1985** – Relation of within field spatial variation of plant parasitic nematode population densities and edaphic factors. *Phytopathology* 75, pp: 247- 252.

**Norton D C., 1979** – Relationship of physical and chemical factors to populations of plant parasitic nematodes. *Annu. Rev. Phytopathol* 17, pp: 279- 299.

**Norton D C., Frederick L R., Ponchillia P E., Nyhan J W., 1971** – Correlations of nematodes and soil properties in soybean fields. *Journal of Nematology* 3, pp: 154-163.

**Norton D C., 1989** – Abiotic soil factors and plant parasitic nematodes communities. *Nematol* 21, pp: 299- 307.

**Oka Y., Nacar S., Putievsky E., Ravid U., Yaniv A., Spiegel Y., 2006** – Nematicidal activity of essential oils and their component's against the root knot nematode. *Phytopathology*, Vol 90, N°7, pp: 710-715.

**Okada H., Harada H., 2007** - Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Applied Soil Ecology*. Vol 35, pp: 582-598.

**Pagnol J., 1975** – Olivier. Ed. Aubanel, 70p.

## Référence bibliographique

---

**Palomares-Rius J., Guesmi I., Horrigue-Rouani N., Cantalapedra-Navarrete C., Liebanas G., Castillo P., 2014** – Morphological and molecular characterisation of *Pratylenchus oleae* n.sp (Nematoda: Pratylenchidae) parasitizing wild and cultivated olives in Spain and Tunisia. *European Journal of Plant Pathology*, Vol. 140, pp. 53-59.

**Palomares-Rius J., Castillo P., Borrego M., Landa J.A., 2015** – Soil properties and olive cultivar determine the structure and diversity of plant parasitic nematodes communities infesting olive orchards soils in Southern Spain. In *Plant parasitic nematode communities in olive rhizosphere*. *Plos one* 10 (1), 26p.

**Pena-Santiago R., 1990** - Plant-parasitic nematodes associated with olive (*Olea europea* L.) in the province of jaen, Spain. *Revue de Nématol* 13, pp: 113-115.

**Pena Santiago R., Geraert E., 1990** – New data on *Aorolaimus perscitus* (Doucet, 1980) and *Gracilacus teres* (Raski, 1976) (Nematoda:Tylenchida) associated with olive (*Olea europaea*,L) in the province of Jaén, Spain. *Nematologica* 36, pp: 408 - 416.

**Peña-Santiago R., Castillo P., Escuer M., Guerrero P., Talavera M., 2004** - Tylenchid species (Nematoda, Tylenchida) recorded in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands: A Compendium. Jaén: Servicio de Publicaciones, Universidad de Jaén, Spain: 127p.

**Quentin M., Abad P., Favery B., 2013** - Plant parasitic nematode effectors target host defense and nuclear functions to establish feeding cells. *Plant Science* 4, pp: 53-54.

**Ramade F., 1984** – Élément d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc-Graw. Hill, Paris, 397p.

**Regnault- Roger C., Philogene B., Vincent C., 2005** – Bio pesticides d'origine végétale. Ed, Tec and Doc, New-York, 323p.

**Renco M., 2004** – Communities of nematodes in cereal fields following sugar beet. *Helminthologia* 41(2), pp: 109-112.

**Ridolfi M., Patuni M., D'Addabbo T., Sasanelli N., Lemos R., 2001** – Enzymatic response of olive varieties to parasitism by *Xiphinema index* (Nematode: Longidoridae). *Russ. J. Nematol* 9, pp: 25-32.

## Référence bibliographique

---

**Riou V., Ceremonie H., 2017** - Les nématodes : Bio indicateurs des sols : Bulletin Sol et Agronomie des Chambres d'agriculture des Pays de la Loire, SOLAG N°2, 2p.

**Ritz K., Trudgill D L., 1999** - Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspective and challenges. *Plant and Soil*, pp : 1-11.

**Saeedizadeh A., Kheiri M., Okhovat A., Hoseininejad A., 2003** – Study on interaction between root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and wilt fungus *Verticillium dahlia* on olive seedlings in greenhouse. *Agric. Appl. Biol. Sci* 68, pp: 139- 143.

**Sahli Z., 2009** - Produits de terroir et développement local en Algérie : Cas des zones rurales de montagnes et de piémonts, Options méditerranéennes, Série A. Séminaires Méditerranéens; N°89, pp : 305-338.

**Sanei S J., Okhovvat S M., 2011** - Incidence of Plant-Parasitic Nematodes Associated with Olive Planting Stocks at Nurseries in northern Iran. *International Journal of Applied Science and Technology* 1 (5), pp: 79-82.

**Sasanelli N., Coiro M I., D'Addabbo T., Lemos R J., Ridolfi M., Lamberti F., 1999** - Reaction of an olive cultivar and an olive rootstock to *Xiphinema index*. *Nematologia mediterranea* 27, pp: 253-256.

**Sasanelli N., D'Addabbo T., 2002** - Reaction of olive to *Pratylenchus vulnus* infections in Italy, *Nematology* 4, pp: 259-264.

**Sasanelli N., 2009** - Olive nematodes and their control. Integrated management of plant pests and diseases. Vol 4, Sect 2, pp: 275-315.

**Sellami F., 2014** – Contribution à l'étude de la nématofaune de l'olivier au Nord de la Tunisie. Th. Ing. Agron. Inst. Nat. Agron. Tunisie (INAT), 65p.

**Sellami S., Lounici M., 2011** – Control of root knot nematode by solar heat on tomato. Seven Arab Congress of Plant Production. Amman, Jordanie: 22-26 Oct.

## Référence bibliographique

---

**Shawky S M., El-Sawi M A M., Nabi Y M., 2004** - Effect of some nematicides on controlling nematodes and determine their residues in olive fruits and soil. Ann. Agric. Sci. Cairo, Egypt, pp: 389-399.

**Siddiqi M R., 1986** – Tylenchida. Parasites of plants and insects. Common wealth Institute of Parasitology. S<sup>t</sup> Albans. United Kingdom, 645p.

**Siddiqi M R., 2000** – Tylenchida. Parasites of plants and insects. 2<sup>ème</sup> Ed. CAB, 833p.

**Sidhoum M., 2011** – Contribution à l'étude phénologique et génétique de quelques variétés de l'olivier dans la wilaya de Tlemcen. Mem. Mag. Scien. Agron et forêts. Univ. Aboubekr Belkaid. Tlemcen, 108p.

**Singh S., Hodda M., Ash G., Banks N., 2013** - Plant-parasitic nematodes as invasive species: characteristics and biosecurity implications. Ann. Appl Biol 163, pp: 323–350.

**Stapleton J., 2000** – Soil solarization in various agricultural production systems. Statewide Integrate Pest Management Project. Univ. California. USA, pp: 309-322.

**Steinberger Y., Liang W.J., Savkina E., Mesh T., Barness G., 2001** - Nematode community composition and diversity associated with a topoclimatic transect in a rain shadow desert. Eur. J. Soil Biol 37, pp: 315-320.

**Stotzky G., 1997** – Soil as an environment for microbial life. Soil microbiology. New York, pp: 1-20.

**Stukenbrock E H., Mc Donald B., 2008** – The origins of plant pathogens in agro ecosystems. Phytopathology 46, pp: 75-100.

**Swift M J., Heal O., Wand Anderson J M., 1979** – Decomposition in terrestrial ecosystem. Vol 5. Univ. California. USA, 372p.

**Szczygiel A., Soroka A., Zepp A., 1983** - Effect of soil texture on population and pathogenicity of *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus penetrans* and *Longidorus elongatus* to strawberry plants. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 278, pp: 77–86.

**Szczygiel A., Zepp A., 2004** – The association of plant parasitic nematodes with fruit crops in Poland as related to some soil properties. Fragmenta Faunistica 47, pp: 7–33.

## Référence bibliographique

---

**Tabarant P., 2011** – Effets d'apport de matières organiques sur le contrôle biologiques des nématodes parasites du bananier en Guadeloupe. Th. Doct. Inst. Scien. Indust. du vivant et l'environnement, Paris, 171p.

**Talavera M., Tobar A., Magunacelya J C., 1999** – Plant parasitic nematodes from a forest tree nursery in Southern Spain with some notes about the influence of soil storage to *Meloidogyne*. Nematology 1, pp: 261-266.

**Thanassoulopoulos C C., Biris D A., Tjamos E C. 1979** - Survey of Verticillium wilt of olive trees in Greece. Plant. Dis. Rep 63, pp: 936-940.

**Thanassoulopoulos C C., 1993** – Spread of Verticillium wilt by nurse plants in olive groves in the Halkidiki area (Greece). OEPP/ EPPO. Bull 23, pp: 517-520.

**Tixier P., Risede J M., Dorel M., Malezieux E., 2006** – Modelling population dynamics of banana plant- parasitic nematodes: A contribution to the design of sustainable cropping systems. Ecological Modelling 198, pp: 321-331.

**Troccoli A, Lamberti M., Greco N., 1992** – *Pratylenchus* species occurring in Algeria (Nematoda, Pratylenchidae), Nematol.Medit 20, pp: 97-103.

**Venette R., Ferris H., 1997** – Thermal constraints to population growth of bacterial feeding nematodes. Soil Biol. Biochem 29, pp: 63-74.

**Villenave C., Bongers T., Ekschmit K., Djigal D., Chotte J L., 2001** – Changes in nematodes communities following cultivation of soils after fallow periods. Appl. Soil. Ecol 17, pp: 43- 52.

**Villenave C., Ba A.O., Rabary B., 2009** – Analyse du fonctionnement biologique du sol par l'étude de la nématofaune : Semis direct versus labour sur les hauts terres près d'Antsirabe (Madagascar). Etude et gestion des sols 16, pp : 369-378.

**Villenave C., 2015** – La nématofaune : Analyses biologiques du sol. Journées nationales de l'innovation agricoles (JIAG), 2-3 novembre, pp : 1-8.

**Vovlas N., Lamberti F., 1974** – Observations on morphology and histopathology of *Haplolaimus pararobustus* attacking coffea in Sao-Tomé. Nematologica mediter 13, pp: 73-80.

## Référence bibliographique

---

**Walker G E., 1984** – Feeding trials of *Aphelenchus avenae* on soil bacteria and actinomycetes. Plant Soil 78, pp: 431-432.

**Wardle D A., Yeates G W., Watson R N., Nicholson K S., 1995** – The detritus food web and the diversity of soil fauna as an indicators of disturbance regimes in agro ecosystems. Plant and Soil 170, pp: 35-43.

**Wang K H., Mc Sorley R., Gallahar R., 2006** – Relationship of soil management history and nutrient status to nematode community structure. Nematropica 34, pp: 84-93.

**Wasilewiska L., 1997** – Soil invertebrates as bio indicators, with special reference to soil inhabiting nematodes. Russian Journal of Nematology 5, pp: 113-126.

**Wasilewiska L., 2006** – Changes in the structure of soil nematode community over long term secondary grassland succession in drained fen peat. Applied soil ecology 32, pp: 165-179.

**Wesemael W M L., Nicole V M., 2011** - Root-knot nematodes (*Meloidogyne spp*) in Europe. Nematology 13(1), pp: 3-16.

**Willis C B., 1972** - Effects of soil pH on reproduction of *Pratylenchus penetrans* and forage yield of alfalfa. Journal of Nematology 4, pp: 291–295.

**Whitehead A G., 1998** – Plant nematode control. CAB. Wallingford, UK, 384p.

**Yeates G W., 1979** – Soil nematodes in terrestrial ecosystems. Journal of nematology, 11, pp: 213-228.

**Yeates G W., 1987** – How plants affect nematodes. Adv.Ecol.Res.17, pp: 61-113.

**Yeates W G., Bongers T., De Goede R G., Freckman D W., Georgieva S., 1993** – Feeding habits in nematode families and genera: an outline for soil ecologists. J.Nematol 25, pp: 315-331.

**Yeates G W., 1994** – Modification and qualification of the nematode maturity index. Pedobiologia 38, pp: 97- 101.

**Yeates G W., Bird A F., 1994** - Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunae of some South Australian soils. Fundamental and applied nematology 17, pp: 133-145.

## Référence bibliographique

---

**Yeates G W., King K L., 1997** – Soil nematodes as indicators of the effect of management on grassland and improved grassland. *Pedobiologia* 41, pp: 526- 536.

**Yeates G W., Bongers T., 1999** – Nematode diversity in agro ecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment* 74, pp: 113-135.

**Yeates G W., 2003** – Nematodes as soil indicators: Functional and biodiversity aspects. *Biol. Fertil. Soils* 37, pp: 199-210.

**Yeates G W., Scott M B., Chown S L., Sinclair B J., 2009** - Changes in soil nematode populations indicate an annual life cycle at Cape Hallett, Antarctica. *Pedobiologia* 52, pp: 375–386.

# **Annexes**

## Annexe 1 : Résultats de l'analyse multi variées.

### Résultats de l'AFC- localisation (zone d'études).

	Codes	Axis 1	Axis 2
Xiphinema	001	0,34086	-0,45575
Helicotylenchus	003	3,358	0,63475
Pratylenchus	005	0,56904	0,15009
Meloidogyne	008	1,9836	0,51781
Tylenchorhynchus	010	-0,27266	-0,20542
Rotylenchus	011	-0,50862	2,4682
Aprutides	013	-1,1365	-0,26231
Malenchus	014	0,33982	0,63147
Tylenchus	015	0,41395	-2,9408
Filenchus	016	-0,32261	-0,31631
Aphelenchus	017	-1,2114	-0,26157
Psilenchus	019	-0,9381	-0,33893
Criconema	020	-0,78952	-0,27265
Paratylenchus	021	-0,81315	0,30113
Hemicriconemoides	022	-1,2114	-0,26157
Telotylenchus	023	0,16302	1,5373
Ditylenchus	024	-0,4575	-0,29892
Longidorus	025	-1,1802	-0,29748
Aphelenchoides	026	-1,1428	0,27223
Coslenchus	027	-0,49787	-2,3403
Boleodorus	028	-0,62147	-2,0228
Mononchus	029	0,26524	-0,30035
Mylonchulus	030	-0,64208	-0,21897
Discolaimus	031	-1,0371	0,63823
Acrobeloides	032	-0,93138	1,0042
Dorylaimus	033	6,0533	-0,48329
Rhabtidis	034	4,4409	0,0094863
Gracilacus	035	-0,94177	-0,21602

### - Valeurs propres et pourcentage de variance.

	F1	F2	F3
Valeur propre	0,461	0,407	0,287
% variance	39,898	35,244	24,858
% cumulé	39,898	75,142	100,000

**- Contributions des points-colonnes (%).**

	F1	F2	F3
Centre	7,34	63,83	1,85
Est	16,81	14,32	40,30
Ouest	6,60	21,38	57,73
Sud	69,25	0,48	0,11

**2- AFC- étage bioclimatique.**

	Codes	Humide	Sub humide	Semi-aride	Aride	Saharien
Xiphinema	001	20	120	120	80	0
Helicoty	003	120	320	240	220	200
Pratylen	005	40	0	120	180	80
Meloidog	008	0	380	160	120	80
Tylenchoryn	010	0	60	40	120	0
Rotylenchus	011	0	0	0	0	300
Criconema	020	0	0	40	60	0
Paratylench	021	0	80	0	0	60
Hemicricon	022	0	0	0	20	0
Telotylenchu	023	0	0	0	220	180
Longidorus	025	0	0	20	0	0
Boleodorus	028	220	0	0	0	0
Gracilacus	035	0	0	0	80	0

	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5
Humide	0,4274	-0,6845	0,5799	0,1	0,04933
Subhumide	0,8304	0,04539	-0,3435	0,4309	0,06907
Semi-aride	0,9509	-0,1015	-0,07979	-0,1227	-0,2533
Aride	0,9103	0,0959	-0,08562	-0,3473	0,1849
Saharien	0,3497	0,7551	0,5465	0,09236	-0,01695

### 3 - Analyse en composantes principales :ACP.

#### - Facteurs pédologiques

	Dim.1	Dim.2
Texture	0.63169705	0.31234826
pH	0.63615084	0.26065828
MO	-0.80028638	-0.04338173
Cond	-0.11178487	0.36555247
Azote	0.82602621	0.31201199
Phosphore	0.33325295	-0.79419397
K	0.09036071	0.79045953
Mg	-0.75469931	0.04445746
Ca	-0.70099073	0.55338692

	Azote	Ca	Cond	K	Mg	MO	pH	Phosphore	Texture
Azote		0.1025	0.8915	0.2604	0.1553	0.0044	0.0276	0.9716	0.1544
Ca	0.1025		0.7728	0.1878	0.1025	0.0507	0.3678	0.0379	0.6232
Cond	0.8915	0.7728		0.9610	0.6479	0.9648	0.8223	0.1198	0.7442
K	0.2604	0.1878	0.9610		0.7945	0.7228	0.8978	0.2357	0.1415
Mg	0.1553	0.1025	0.6479	0.7945		0.1233	0.2156	0.3645	0.0161
MO	0.0044	0.0507	0.9648	0.7228	0.1233		0.1431	0.5536	0.3441
pH	0.0276	0.3678	0.8223	0.8978	0.2156	0.1431		0.6592	0.3062
Phosphore	0.9716	0.0379	0.1198	0.2357	0.3645	0.5536	0.6592		0.6386
Texture	0.1544	0.6232	0.7442	0.1415	0.0161	0.3441	0.3062	0.6386	

#### - Zones d'étude.

Dist	Dim.1	Dim.2
1	3.159	0.976
2	2.419	0.540
3	3.919	29.707
4	3.189	7.982
5	1.990	0.219
6	2.160	0.237
7	2.816	5.775
8	3.434	7.814
9	3.386	2.405
10	2.173	0.264
11	2.810	0.210
12	3.430	0.230
13	3.450	0.876

**- les nématodes phytophages.**

	<b>Dim1</b>	<b>Dim2</b>
<b>X</b>	0.146	0.624
<b>H</b>	0.008	0.075
<b>P</b>	0.781	0.480
<b>M</b>	0.870	0.310
<b>R</b>	0.920	0.407

**Annexe 2 : Analyse de variance.**

**1 -Groupes trophiques.**

<b>Groupes trophiques</b>	<b>Moyenne ± se</b>
Autres	43.63±8.00
Bactérovores	42.85±8.08
Fongivores	81±14.25
Phytophages	103.92±13.01
Kruskal-Wallis : <b>(p-value) =0.01067</b>	

**2- Groupes trophiques- localisation (zone).**

<b>Groupes trophiques - localisation</b>	<b>Moyenne±Se</b>	<b>Kruskal-Wallis (p-value)</b>
Phytophage-Centre	88,57±11,99	0.021
Phytophage-Est	67,50±13,02	
Phytophage-Ouest	72,00±11,62	
Phytophage-Sud	90,77±20,95	
Fongivore-Centre	66,67±16,06	0.046
Fongivore-Est	100±29,44	
Fongivore-Ouest	80	
Fongivore-Sud	60±8,16	
Bactérovore-Centre	40±11,55	0.030
Bactérovore-Est	40	
Bactérovore-Ouest	20	
Bactérovore-Sud	80	
Autres-Centre	40±10,95	0.037
Autres-Est	40	
Autres-Ouest	40±11,55	
Autres-Sud	60±40	
Kruskal-Wallis : <b>(p-value) = 0.021</b>		

### 3 -Groupes trophiques-type de sol.

Groupes trophiques-type de sol	Moyenne $\pm$ Se
Phytophage.Argileux	110,91 $\pm$ 14,88
Phytophage.Limoneux	57,14 $\pm$ 9,10
Phytophage.Sableux	151,11 $\pm$ 55,39
Fongivore.Argileux	98,18 $\pm$ 24,93
Fongivore.Limoneux	60,00 $\pm$ 6,32
Fongivore.Sableux	60,00 $\pm$ 8,16
Bactérovore.Argileux	36,67 $\pm$ 6,15
Bactérovore.Sableux	80
Autres.Argileux	37,50 $\pm$ 7,01
Autres.Limoneux	40 $\pm$ 20
Autres.Sableux	100
Kruskal-Wallis ( <b>p-value</b> )= <b>0.0194</b>	

### 4 -Groupes trophiques-matière organique (MO).

Groupes trophiques-MO	Moyenne $\pm$ se
Autres.Moyen	35.00 $\pm$ 9.57
Autres.Riche	30.00 $\pm$ 10.00
Bactérovore.Moyen	40.00 $\pm$ 8.16
Bactérovore.Riche	40.00 $\pm$ 00
Fongivore.Moyen	91.66 $\pm$ 22.89
Fongivore.Riche	50.00 $\pm$ 30.00
Phytophage.Moyen	83.20 $\pm$ 13.35
Phytophage.Riche	100.00 $\pm$ 33.23
Kruskal-Wallis ( <b>p-value</b> ) = <b>0.01884</b>	

### 5 -Groupes trophiques- Azote.

Groupes trophiques-Azote	Moyenne $\pm$ se
Autres.Moyen	40 $\pm$ 10.95
Autres.Pauvre	33.33 $\pm$ 13.33
Autres.Riche	70 $\pm$ 30
Bactérovores.Moyen	30 $\pm$ 5.77
Bactérovores.Riche	60 $\pm$ 20
Fongivores.Moyen	170 $\pm$ 47.95
Fongivores.Pauvre	60 $\pm$ 8.94
Fongivores.Riche	56.66 $\pm$ 9.54
Phytophages.Moyen	102.60 $\pm$ 17.39
Phytophages.Pauvre	78.88 $\pm$ 15.71
Phytophages.Riche	148.33 $\pm$ 43.72
Test Kruskal-Wallis ( <b>p-value</b> ) = <b>0.04427</b>	

### 6- Groupes trophiques-pH.

Groupes trophiques-pH	Moyenne $\pm$ se
Autres.alcalin	46.66 $\pm$ 9.42
Autres.neutre	30 $\pm$ 10
Bactérivores.alcalin	44 $\pm$ 20
Bactérivores.neutre	40 $\pm$ 20
Fongivores.alcalin	87 $\pm$ 16.17
Fongivores.neutre	46.66 $\pm$ 17.63
Phytophages.alcalin	107.34 $\pm$ 14.61
Phytophages.neutre	80 $\pm$ 19.02
Test Kruskal-Wallis <b>(p-value)= 0.04451</b>	

### 7- Groupes trophiques-salinité.

Groupes trophiques-salinité	Moyenne $\pm$ se
Autres.nonsalé	46.66 $\pm$ 17.63
Autres.peusalé	45.71 $\pm$ 10.43
Autres.salé	20.00
Bactérivores.-peusalé	42.85 $\pm$ 8.08
Fongivores.nonsalé	100.00
Fongivores.peusalé	80 $\pm$ 14.98
Phytophages.nonsalé	137.77 $\pm$ 36.43
Phytophages.peusalé	100 $\pm$ 16.10
Phytophages.salé	82.85 $\pm$ 13.40
Test Kruskal-Wallis <b>(p-value) = 0.0409</b>	

### 8- Groupes trophiques- Ca<sup>2+</sup>.

Groupes trophiques-Ca <sup>2+</sup>	Moyenne $\pm$ se
Phytophage.fcalcaire	113.33 $\pm$ 16.45
Phytophage.calcaire	75.71 $\pm$ 14.99
Fongivore.fcalcaire	61.33 $\pm$ 7.42
fongivore.calcaire	140.00 $\pm$ 46.04
Bactérivore.fcalcaire	40.00 $\pm$ 10.95
Bactérivore.calcaire	50.00 $\pm$ 10.00
Autres.fcalcaire	44.00 $\pm$ 8.84
Autres.calcaire	40.00
Kruskal-Wallis <b>(p-value) = 0.03216</b>	

### 9- Groupes trophiques- Mg<sup>2+</sup>.

Groupes trophiques- Mg <sup>2+</sup>	Moyenne ± se
Autres	22.51±0.57
Bactérivores	23.13±0.64
Fongivores	21.67±0.38
Phytophages	22.31±0.25
Test Kruskal-Wallis (p-value)= <b>0.6524</b>	

### 10- Groupes trophiques- K<sup>+</sup>.

Groupes trophiques- K <sup>+</sup>	Moyenne ± se
Autres	20.34± 0.04
Bactérivores	30.48± 0.05
Fongivores	25.46± 0.03
Phytophages	23.40± 0.02
Test Kruskal-Wallis (p-value)= <b>0.187</b>	

### 11- Groupes trophiques- Phosphore.

Groupes trophiques- phosphore	Moyenne ± se
Autres	25.36± 0.36
Bactérivores	27.90± 0.43
Fongivores	22.58± 0.22
Phytophages	29.27± 0.14
Test Kruskal-Wallis (p-value)= <b>0.539</b>	

### 12-Etage bioclimatique.

Etage bioclimatique	Moyenne ± se
subhumide	130.07± 18.74
humide	100.00 ± 45.46
semi-aride	58.57 ± 10.15
aride	79.05± 11.01
saharien	113.33± 24.16
Kruskal-Wallis (p-value) = <b>0.02688</b>	

### 13-Variétés.

Variétés	Moyenne ± se
Azzeradj	160.00 ± 35.77
Blanquette	100.00 ± 45.46
Bouchouk	40.00 ± 11.54
Chemlal	103.71 ± 12.72
Rougette	86.66 ± 29.05
Sigoise	65.55 ± 8.52
Kruskal-Wallis (p-value) = <b>0.05654</b>	

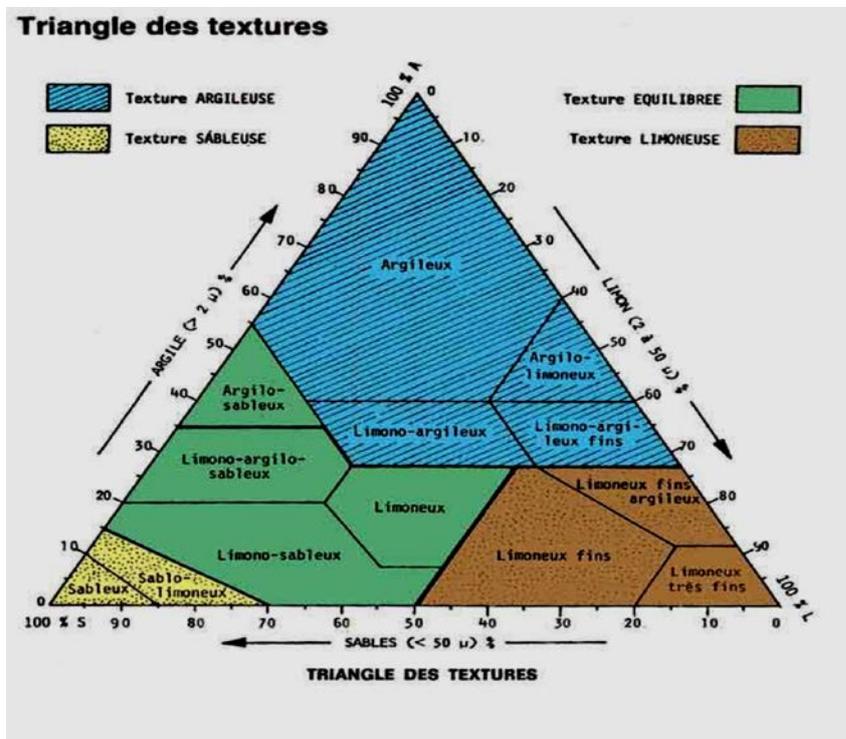
### 14- Type de verger.

Type verger	Moyenne ± se
jeune	86.75± 11.23
vieux	102.10 ±12.61
Kruskal-Wallis (p-value) = <b>0.3124</b>	

### 15- Irrigation.

Irrigation	Moyenne ± se
irrigué	85.75± 12.23
Non irrigué	100.10 ±10.61
Kruskal-Wallis (p-value) = <b>0.313</b>	

### Annexe 3 : Triangle de texture.



## Annexe 4 : superficie et production d'olivier par wilaya

Superficie et Production d'oliviers par wilaya (DSA ,2014)

WILAYA	SUPERFICIE (ha)	PRODUCTION (Qx)
ADRAR	-	-
CHLEF	4 310	47 320
LAGHOUAT	1 907	36 619
O.E.BOUAGHI	1 211	2 831
BATNA	12 610	287 175
BEJAIA	51 874	573 500
BISKRA	4 154	101 550
BECHAR	2 651	1 360
BLIDA	1 542	35 765
BOUIRA	34 245	118 611
TAMANRASSET	49	-
TEBESSA	7 175	26 000
TLEMCEM	8 939	338 000
TIARET	6 491	36 000
TIZI-OUZOU	34 315	288 000
ALGER	65	2 250
DJELFA	9 809	118 690
JIJEL	14 183	182 812
SETIF	19 409	165 570
SAIDA	3 812	72 280
SKIKDA	10 624	162 100
S.B.ABBES	6 748	184 638
ANNABA	594	14 124
GUELMA	8 398	72 680
CONSTANTINE	903	7 072
MEDEA	6 630	23 015
MOSTAGANEM	7 593	117 387
M'SILA	7 520	63 000
MASCARA	13 014	498 975
OUARGLA	226	2 650
ORAN	6 635	97 119
EL-BAYADH	1 693	5 920
ILLIZI	104	5
B.B.ARRERIDJ	23 885	121 228
BOUMERDES	7 455	51 072
EL.TAREF	4 876	39 500
TINDOUF	124	30
TISSEMSILT	5 868	33 200
EL-OUED	2 913	16 080
KHENCHELA	6 500	42 000
SOUK-AHRAS	4 604	63 000
TIPAZA	3 834	27 582
MILA	9 947	87 218
AIN-DEFLA	6 436	136 875
NAAMA	2 400	2 820
A.TEMOUCHENT	4 006	101 085
GHARDAIA	1 236	18 642
RELIZANE	9 926	405 250
<b>TOTAL ALGERIE</b>	<b>383 443</b>	<b>4 828 600</b>

## Annexe 5 : fiche de renseignements

### Fiche de Renseignements (prospection sur les nématodes de l'olivier)

N° de l'échantillon :

date de prélèvement :

Wilaya : Medea

Commune :

Nom de l'Agriculteur, EAI ou EAC :

Adresse: /

Verger ou pépinière :

Surface de la parcelle :

Nature physique du sol : ( lourd, battant, léger) :

Humidité du sol : (insuffisante, moyenne, excessive) :

Age de la culture en plantation :

Variété : .

porte greffe :

Irrigation :

Fertilisation : type :

période :

Taille : type :

période :

#### Nature de cultures intercalaire :

Depuis combien de temps pratiquez vous ces cultures ?

Symptômes :

#### Traitements chimiques :

(Précisez dans la mesure du possible le produit utilisé)

Nématicide

insecticide

fongicide

#### Présence de mauvaises herbes :

#### Autres maladies :

Verticilliose :

Tuberculose de l'olivier :

#### Autres observations :

**Titre : Contribution à l'étude des communautés de nématodes inféodées à la culture de l'olivier (*Olea europaea* . L) : Diversité Spécifique.**

**Résumé :** La présente étude contribue à faire le point exhaustif sur les espèces de nématodes peuplant les zones de l'olivier en Algérie. Elle vise une meilleure connaissance de la composition et de la structure des communautés de nématodes inféodées aux vergers oléicoles.

L'analyse des données a révélé une grande diversité et une richesse taxonomique des nématodes associées à la culture de l'olivier avec la présence de 28 genres et 7 espèces de nématodes appartenant à 17 familles représentant les différents groupes trophiques: les fongivores, les bactériovores, les prédateurs, les omnivores et les phytophages. Ces derniers représentent la composante dominante suivis des fongivores avec respectivement 46,42% et 32,14%, les autres groupes sont faiblement représentés.

En ce qui concerne les phytophages, l'étude a montré la dominance des *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* et *Pratylenchus*. Ces trois derniers avec le genre *Xiphinema* malgré sa faible abondance peuvent constituer une menace et affecter la croissance de l'olivier.

La distribution spatiale des populations des groupes fonctionnels en fonction des zones d'étude montre que celle-ci varie selon les sites d'études. Cependant, une variation des fréquences et densités des populations de ces groupes fonctionnels est notée selon les facteurs abiotiques et agronomiques.

L'exploitation des résultats par l'indice nématologique a dévoilé que les stations du Centre et celle du Sud sont très structurées, cependant celles de l'Est et l'Ouest sont considérées comme des zones non perturbées.

Les valeurs obtenues concernant les indices écologiques : richesse spécifique, l'indice de Shannon et l'équitabilité varient en fonction des zones d'études.

L'étude de la diversité des nématodes phytophages sur l'olivier révèle que les taxons recensés appartiennent aux 2 principaux ordres : les Tylenchida renfermant la majorité des taxons avec un taux de 85%, tandis que celui des Dorylaimida ne compte que 15% .

L'analyse de la corrélation a montré des relations étroites entre la répartition et la structure de nématodes et les caractéristiques physico-chimiques du sol

**Mots clés : Olivier, communautés de nématodes, groupes trophiques, diversité, facteurs biotiques et abiotiques du sol, Algérie.**

**Title : Contribution to the study of nematode communities associated to olive orchards (*Olea europaea* L): Specific Diversity.**

**Summary :** The present study contributes to the exhaustive point on the species of nematodes associated on olive tree in Algeria. It aims at a better knowledge of the composition and the structure of the nematode communities infesting to olive orchards.

The analysis of the data revealed a great diversity and a taxonomic richness of the nematodes associated on olive tree with the presence of 28 genera and 7 species of nematodes belonging to 17 families representing the different trophic groups: the fungivorous, the bacteriores, predators, omnivores and phytophagous nematodes. The latter, represent the dominant component followed by fungivores with respectively 46.42% and 32.14%, the other groups are weakly represented.

About phytophagous nematodes, the study revealed the dominance of *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* and *Pratylenchus*. These last three, with the genus *Xiphinema* despite its low abundance can pose a serious menace and affect the growth of the olive tree.

The spatial distribution of the populations of the functional groups according to the zones of study shows that this one varies according to the sites of studies. However a variation of the frequency and densities populations of these functional groups is noted according to abiotic and agronomic factors.

The exploitation of the results by the nematological index revealed that the stations of the Center and that of the South are very structured; however those of the East and the West are considered as undisturbed zones.

Values obtained for ecological indices: species richness, Shannon index and fairness vary by study area.

The study of the diversity of phytophagous nematodes on the olive tree reveals that the listed taxa belong to the 2 main orders: the Tylenchida containing the majority of the taxa with a rate of 85%, while that of the Dorylaimida counts only 15%.

Correlation analysis showed close relationships between nematode distribution and structure and soil physico-chemical characteristics.

**Key words: Olivier, nematode communities, trophic groups, diversity, biotic and abiotic factors of the soil, Algeria.**

## المساهمة في دراسة مجتمعات الديدان النيماتودا التي تعتمد على زراعة شجرة الزيتون (*Olea europaea*): تنوع محدد.

تهدف الدراسة الحالية إلى وضع قائمة شاملة من أنواع الديدان النيماتودا الموجودة في زراعة أشجار الزيتون. وبالإضافة إلى ذلك، فإنه يهدف إلى فهم أفضل لتكوين وهيكل مجتمعات الديدان النيماتودا التي تعتمد على هذا المحصول في بساتين olivier الجزائرية.

وكشف الجرد عن وجود 28 جنسا و 7 أنواع من الديدان الخيطية تنتمي إلى 17 عائلة. من بين هذه الديدان الخيطية، 46.42% هي phytoparasites، والباقي موزعة بين omnivores، bacterivores، fungivores، و prédateurs.

أما بالنسبة لمجموعة phytophages، فإن الديدان النيماتودا التي تكثر في هذه التكهانات هي *Meloidogyne*، *Helicotylenchus*، *Rotylenchus*، *Xiphinema*، *Pratylenchus*، *Tylenchorhynchus*، *Telotylenchus*، و *Boleodorus* في حين لوحظ *Hemicriconemoides*، *Gracilacus*، و *Longidorus* أن تكون صغيرة جدا.

التوزيع المكاني للسكان من المجموعات الوظيفية لا تختلف كثيرا وفقا لمنطقة الدراسة. والواقع أن متوسط كثافة الديدان النيماتودا متشابهة إلى حد كبير على مستوى هذه المناطق (الوسط والشرقي والغرب والجنوب) أيا كانت المجموعة الغذائية.

ومع ذلك، لوحظ الاختلاف في كثافة هذه المجموعات الوظيفية بوصفها وظيفة من نسيج التربة، وأهمها يتم تسجيلها على مستوى التربة الرملية فيما يتعلق التربة الطينية والتربة، والأخيرة لديها أقل كثافة.

وكشفت نتائج البحث عن مؤشر الديدان النيماتودا (مؤشر النضج) أن محطتي المنطقة الوسطى ومنطقة الجنوب منظماتان جدا، إلا أن مناطق الشرق والغرب تعتبر مناطق دون عائق.

القيم التي تم الحصول عليها للمؤشرات البيئية: ثراء معين، مؤشر شانون و إكتابيليتي تختلف وفقا لمنطقة الدراسة.

وتكشف دراسة تنوع الديدان الخيطية النباتية على شجرة الزيتون أن الأصناف التي تم تحديدها تنتمي إلى أمرين: تيلنشيديا التي تحتوي على غالبية الأصناف بنسبة 85%، في حين أن ترتيب دوريلاميدا يحسب أن 15% من الأصناف الموظفين وجدت

وأظهر تحليل الارتباط وجود علاقة وثيقة بين توزيع وهيكل الديدان النيماتودا والخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة

الكلمات الدالة : شجرة الزيتون، المجتمعات، الديدان النيماتودا، المجموعات الغذائية، التنوع، العوامل الحيوية في التربة والعوامل غير الحيوية

## Plant Parasitic Nematodes Associated with Olive in Algeria

M. BELAHMAR<sup>1</sup>, F. ELKFEL<sup>1</sup>, M. MIHOUB<sup>3</sup>, S. ABDEWAHAB<sup>3</sup>,  
M. MATEILLE<sup>2</sup> and S. SELLAMI<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>University of Science and Technology, Houari Boumedienne, Algiers, Algeria

<sup>2</sup>Institute of Research and Development (IRD), Montpellier, France

<sup>3</sup>Department of Botany, High National School Agronomy El Harrach, Algiers, Algeria

(Received: 25 March 2015; accepted: 13 May 2015)

Surveys were conducted during 2010–2013 in olive growing areas of south and north of Algeria to identify plant parasitic nematodes associated with this crop. Sixteen genera of plant-parasitic nematodes were identified. Among them four are considered as having economic importance for olive. Among these the endoparasites *Pratylenchus* spp. were detected in the majority of the sampled areas and were the most frequent. *Meloidogyne* spp. were also present in some areas. *Helicotylenchus* spp. were present with a high frequency in almost all surveyed sites. Among the ectoparasites, only *Xiphinema* spp. have potential to damage olive. Other nematodes of less importance were poorly represented. Nematode densities varied according to taxa identified and areas surveyed. Excepted *Pratylenchus* spp. and *Helicotylenchus* spp., the others taxa are reported for the first time on olive in Algeria.

Keywords: olive, plant parasitic nematodes, nursery, orchard.

In Algeria, olive crop is one of the most important revenue for the economy of the rural population. The crop covers an area of 312,000 hectares planted with 34 million trees, resulting in an annual production of about 193,000 tons of table olives and 400,000 tons of oil olive in 2011 (MADR, 2011). Revitalized by the National Plan for Agricultural and Rural Development (PNDAR) in 2000, the Algerian olive cultivation has increased from 165,000 ha in 1999 to 312,000 ha in 2011, with the eastern regions and centre of the country being the most important olive-growing areas, representing 23% and 49%, respectively, of the national olive orchard. Cultivation of olive has gained particular interest in recent years nationwide. Besides, the crops have socio-economic and environmental value and olives, especially olive oil, have peculiar nutritional qualities (COI, 2009). According to preliminary surveys carried out by staff of the Plant Protection Institute and farmers complaints, olive plants are prone to diseases and pests (Bennai and Hamadache, 2012). Nico et al. (2002) and Castillo et al., (1999, 2010) reported that plant-parasitic nematodes can be very damaging to olive crop. Among these nematodes *Pratylenchus* spp. (root lesion nematodes) and *Meloidogyne* spp. (root-knot nematodes) must be mentioned. Other nematodes having potential to damage olive are *Heterodera mediterranea*

\* Corresponding author; e-mail: s.sellami@hotmail.fr

(cyst nematodes), *Rotylenchulus* spp. (reniform nematodes) and *Helicotylenchus* spp. (spiral nematodes).

Unfortunately, data on nematodes associated with olive trees are not available in Algeria, except the report on *Pratylenchus* spp. by Troccoli et al. (1992). Information on plant parasitic nematodes of olive in Algeria is necessary to limit yield losses. Therefore, our objective was to identify plant-parasitic nematodes associated with olive trees in some olive production areas.

## Materials and Methods

The survey was conducted in the main olive-growing regions of western (Mascara), central (Boumerdes, Blida) and eastern (Bejaia), in the north and south (Biskra, El Oued and Laghouat) regions of Algeria during 2010–2013 (Fig. 1). The characteristics of the surveyed areas are reported in Table 1. The soil samples were collected with an auger from the rhizosphere of both olive orchards and nurseries, between 20 and 30 cm deep. Each soil sample was composite of several soil cores for a total of 1.5 kg. To extract vermiform nematodes, the soil samples were processed according to the Baermann's funnel method as modified by Dalmasso (1966). The identification of the nematodes to genus level was based on the morphological characters as observed after fixation according to De Grisse (1969). Nematodes were counted using Petri dishes divided in different sectors, under a binocular stereoscope. The frequency was determined according the formula:

Frequency = Number of samples containing a species / number of samples collected.

**Table 1**

Geo-ecological description of the study sites

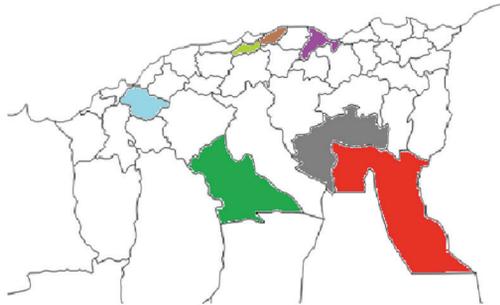
Criteria	Bioclimatic	Average annual rainfall (mm)	Average temperatures °C	Longitude	Latitude	Soil texture
<b>Localities</b>						
<b>North of country</b>						
Blida	Subhumid	791	17.9	2°50'00" East	36°29'00" North	Clay-loam
Boumerdes	Humid	739	18	3°28'0" East	36°46'0" North	Clay-loam
Bejaia	Subhumid to humid	839	17.6	5°04'00" East	36°45'00" North	Clay-loam
Mascara	Semi-arid	486	16.7	0°08'24" East	35°23'47" North	Sandy
<b>South of country</b>						
Biskra	Hot, dry desert	141	21.8	5°0'0" East	34°0'0" North	Sandy-loam
El Oued	Desert	74	21.8	6°52'03" East	33°22'06" North	Sandy
Laghouat	Desert	176	17.4	2°51'54" East	33°47'59" North	Loam-sandy

## Results and Discussion

The sites selected for sampling (Table 1) belong to very different bioclimatic zones ranging from desert floor (El Oued, Biskra, Laghouat) to semi-arid (Mascara) and humid and subhumid (Boumerdes and Blida). In the north, average temperatures and rainfall were 16.7 °C and 18 °C and 400–839 mm, respectively; in the south of the country (El Oued, Biskra and Laghouat), they are 17.4 °C and 21.8 °C and from 74 to 176 mm, respectively. The soil texture of the study sites vary greatly: at Biskra, El Oued and Laghouat it is sandy-loam to loam-sandy; in the north, it is clay except in Mascara where it is sandy.

The results showed a significant diversity of several genera of nematodes (Tables 2 and 3). Indeed, the survey revealed the presence of 16 genera of nematodes belonging to the two main order (Dorylaimida and Tylenchida): *Xiphinema* (*Longidoridae*), *Meloidogyne* (*Meloidogynidae*), *Pratylenchus* (*Pratylenchidae*), *Helicotylenchus* (*Hoplolaimidae*), *Paratylenchus*, *Tylenchulus semipenetrans*, *Gracilacus* (*Tylenchulidae*), *Tylenchorhynchus* (*Telotylenchidae*), *Aphelenchoides* (*Aphelenchidae*), *Criconema*, *Criconemoides* and *Hemicriconemoides* (*Criconematidae*), *Boleodorus*, *Coslenchus*, *Tylenchus* (*Tylenchidae*), *Telotylenchus* (*Belonolaimidae*).

Among these lists, *Pratylenchus* spp. are the most dangerous, frequent and dominant both in nurseries and orchards with a frequency ranging from 34.22 to 36.92%, respectively, and population densities ranging from 12–60 to 2–485 individuals/100 cm<sup>3</sup> of soil. These migratory endoparasites are considered as quarantine pests for Algeria. Also, these nematodes have potential to cause considerable damage both to olive orchards and nurseries all over the world (Abrantes et al., 1992; Nico et al., 2002; Castillo and Vovlas, 2002).



Scale:1/250000



Fig. 1. Study sites where soil samples were collected during 2010–2013

**Table 2**

Density and frequency of plant parasitic nematodes associated with olive orchards in Algeria

Nematode genus	Density /100 cm <sup>3</sup>	Frequency (%)
<i>Aphelenchoides</i>	3–25	1.5
<i>Gracilacus</i>	2–14	3.07
<i>Criconema</i>	1–13	1.5
<i>Helicotylenchus</i>	2–441	58.46
<i>Hemicriconemoides</i>	1–5	1.5
<i>Meloidogyne</i>	10–102	27.69
<i>Paratylenchus</i>	2–6	7.69
<i>Pratylenchus</i>	2–485	36.92
<i>Telotylenchus</i>	2–5	6.11
<i>Tylenchus</i>	2–5	9.20
<i>Tylenchorynchus</i>	20–110	10.52
<i>Xiphinema</i>	1–25	24.62

**Table 3**

Density and frequency of plant parasitic nematodes associated with olive nurseries in three regions of Algeria

Nematodes genus	Density /100 cm <sup>3</sup>	Frequency (%)
<i>Boleodorus</i>	1–24	2.63
<i>Coslenchus</i>	2–38	2.63
<i>Criconemoides</i>	1–3	2.63
<i>Helicotylenchus</i>	2–75	23.6
<i>Meloidogyne</i>	33–98	31.57
<i>Paratylenchus</i>	10–15	7.89
<i>Pratylenchus</i>	12–60	34.22
<i>Tylenchulus</i>	12–46	13.15
<i>Tylenchorynchus</i>	1–13	7.89
<i>Xiphinema</i>	1–10	23.68

Of the genus *Pratylenchus* the most common and severe species to olive are *P. penetrans* and *P. vulnus* (Nico et al., 2002; Sasanelli and D'Abbado, 2002) causing severe defoliation, leaf chlorosis, shortening of internodes, lesions and necrosis on roots (Lamberti and Baines, 1969; Nico et al., 2003).

Recently, a new species, *P. olea* was reported from olive roots in Tunisia and Spain (Palomares-Rius et al., 2014). In Algeria, the species *P. thornei* was reported in the soil rhizosphere and roots of olive tree in the Boufarik region (Blida) (Troccoli et al., 1992).

The root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. are also considered dangerous to olive and are listed in plant quarantine organisms for Algeria. They are present in the regions of Mascara and Boumerdes, both in olive nurseries and orchards with frequencies of 31.57% and 27.69% and soil population densities of 33–98 and 10–102 juveniles/100 cm<sup>3</sup> soil, respectively. Outside Algeria, several species are reported associated to olive orchards and nurseries (Nico et al., 2002). The main species most frequently encountered are *Meloid-*

*ogyne arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. lusitanica* and *M. baetica* (Castillo et al., 2003; Nico et al., 2003). The symptoms caused by these nematodes are more severe when due to infections by *M. javanica* and *M. arenaria* followed by infections by *M. incognita* (Sasanelli et al., 2002; Nico et al., 2003).

Therefore, it is necessary to identify these nematodes at species level and extend the survey in other olive growing areas of Algeria, especially in the Saharan region where environmental conditions (soil texture and temperatures) are conducive to their infections.

*Helicotylenchus* spp. were detected in all samples of the surveyed sites with a frequency of 58.46% and soil population density in the range 2–441 nematodes /100 cm<sup>3</sup> soil. In nurseries, they were present with a frequency of 23.6% and soil population densities of 2–75 nematodes/100 cm<sup>3</sup>. Species of this genus can behave both as ectoparasites or endoparasites; they are cosmopolitan and common in cultivated and uncultivated soils (Schrec-Reis et al., 2010).

They include several species found associated with olive trees on which they cause necrosis on the roots and affect tree growth (Inserra et al., 1979). The species *Helicotylenchus dihystrera*, reported in Egypt and Italy, reduces root growth. *Helicotylenchus erythrinae*, *H. digonicus* and *H. oleae* cause root necrosis, chlorosis and desiccation of the leaves have been reported from Greece and Cyprus (Philis and Siddiqui, 1976) and Jordan (Bridge, 1978 in Sasanelli, 2009; Hashim, 1979).

The genera *Pratylenchus* and *Helicotylenchus* were the most dominant and present in high soil population densities in almost all areas sampled. However, *Meloidogyne* sp. was only noted in the Mascara and Boumerdes regions.

Among the ectoparasites, *Xiphinema* sp. was also detected in the olive rhizosphere; despite it occurred at low densities, it can be damaging. It was found with frequencies of 23.68% and 24.62% and soil population densities of 1–25 and 1–10 nematodes per 100 cm<sup>3</sup> in nurseries and orchards, respectively, in the Laghouat and Blida regions on the cultivar Chemlel (the olive cultivar mostly cultivated in Algeria).

According to Castillo et al. (2010), these nematodes cause severe damage to olive. The species *Xiphinema diversicaudatum*, *X. elongatum* and *X. index* were reported in association with root necrosis on olive whose damage were observed especially in nurseries (Ciancio and Mukerji, 2009), they also affect plant growth in Egypt (Diab and El-Eraki, 1968).

*Tylenchulus* sp. was detected only in the nurseries of the Blida region with a frequency of 13.15% and soil population densities of 12–46 individual/100 cm<sup>3</sup> soil. The species was identified as *T. semipenetrans*; its presence is probably related to the citrus vocation of this area and therefore, it would be interesting to determine the biotype, because the “citrus biotype“ can reproduce on olive (Baines et al., 1974), and ascertain the pathogenicity of the nematode to olive. The variation in frequency and soil population density in different sites can be explained by differences in soil type (McSorley and Frederick, 2002) and weather conditions (Tzortzakakis and Trudgill, 2005).

The other ectoparasites encountered, *Paratylenchus* spp., *Telotylenchus* spp., *Criconema* spp., *Criconemoides* spp., *Hemicriconemoides* spp., *Aphelenchoides* spp., *Gracilacus* spp., *Tylenchorynchus* spp., *Boleodorus* spp., *Coslenchus* spp. and *Tylenchus* spp. were poorly represented, with frequencies lower than 10% and low soil population

densities, and are not supposed to cause problems as their pathogenesis top olive has not been ascertained. However, the method used to extract nematodes is not the best to extract poorly motile nematodes.

The genus *Criconema* was detected in the rhizosphere of olive trees in Greece (Mani et al., 2014). In Portugal, only the species *C. princeps* was detected in olive (Castillo et al., 2010). *Gracilacus* spp. are ectoparasites with a low economic importance but have large host ranges. The species *G. peratica*, *G. teres* are reported on olive in Italy with a density of 280–360 nematodes per gram of roots (Nico et al., 2002) and Spain (Castillo et al., 2010).

These two genera of nematodes were detected in the Mascara region; they are known to be very damaging if present at high densities. However, they are poorly represented in our samples.

*Tylenchorynchus* spp. are very common polyphagous ectoparasites. They were reported in the majority of olive-growing countries, such as Spain, Greece, Cyprus, Turkey and Jordan (Castillo et al., 2010), but their economic importance has not been assessed. In Algeria, they were detected in all surveyed regions but at low frequencies (7.89–10.52%). However, evidence of their pathogenicity is still lacking.

## Conclusion

Finally, we feel that surveys must be extended to the other olive-growing areas of Algeria not yet explored. The extraction of the endoparasitic nematodes from the roots and the observation of them on the roots are suggested to ascertain their parasitism to olive. Also, the identification of the nematodes to species level is necessary to adopt proper control measures to limit damages caused by nematodes and their spread from nurseries to farmers' fields.

## Acknowledgement

We thank Dr Greco Nicola of the Institute of Agrarian Nematology of C. N. R. Bari, Italy for the English revision of the manuscript.

## Literature

- Abrantes, I. M., Vovlas, N. and Santos, M. S. N. (1992): Host parasite relationships of *Meloidogyne javanica* et *Meloidogyne lusitanica* with *Olea europea*. *Nematol.* 38, 320–328.
- Baines, R. C., Cameron, W. and Soost, R. K. (1974): Four biotypes of *Tylenchulus semipenetrans* in California identified, and their importance in the development of resistant citrus rootstocks. *J. Nematol.* 6, 63–66.
- Bennai, M. and Hamadache, A. (2012): Protection phytosanitaire des arbres fruitiers et de la vigne. Alger, 144 p.
- Castillo, P. and Vovlas, N. (2002): Factors affecting eggs hatch of *Heterodera mediterranea* and differential responses of olive cultivars to infestation. *J. Nematol.* 34, 146–150.
- Castillo, P., Vovlas, N., Nico, N. and Jimenez-Diaz, R. M. (1999): Infection of olive trees by *Heterodera mediterranea* in orchards in southern Spain. *Plant Dis.* 83, 710–713.

- Castillo, P., Vovlas, N., Sergei, S. and Troccoli, A. (2003): A new root-knot nematode, *Meloidogyne baetica* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) parasitizing wild olive in Southern Spain. *Nematol.* 93, 1093–1101.
- Castillo, P., Nico, A. I., Navas-Cortes, A., Landa, B. B., Jimenez-Diaz, R. M. and Vovlas, N. (2010): Plant parasitic nematodes attacking olive trees and their management. *Plant Dis.* 94, 148–162.
- Ciancio, A. and Mukerji, K. G. (eds) (2009): *Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes*. Springer Science + Business Media B. V., 317 p.
- COI (2009): Cinquante d'évolution du secteur oléicole, *Olivae*. 112, 5–12.
- Dalmasso, A. (1966): Méthode simple d'extraction des nématodes du sol. *Rev. Ecol. Biol. Soil* 3, 473–478.
- De Grisse, A. T. (1969): Redescription ou modification de quelques techniques utilisées dans l'étude des nématodes phytoparasitaires. *Meded. Rijk. Landbouw chappen Gent.* 34, 351–369.
- Diab, K. A. and El-Eraki, S. (1968): Plant-parasitic nematodes associated with olive decline in the United Arab Republic. *Plant Dis.* 51, 50–154.
- Hashim, Z. (1979): A preliminary report on the plant parasitic nematodes in Jordan. *Nematol. Medit.* 7, 177–186.
- Insera, R. N., Vovlas, N. and Morgan, G. A. (1979): *Helicotylenchus oleae* n. sp. and *H. neopaxilli* n. sp. Haplolaimidae, two new spiral nematodes parasitic on olive trees in Italy. *J. Nematol.* 11, 56–62.
- Lamberti, F. and Baines, R. C. (1969): Pathogenicity of four species of *Meloidogyne* on three varieties of olive trees. *J. Nematol.* 1, 111–115.
- MADR (2011): *Statistiques du Ministère de l'Agriculture et du développement rural*, 33 p.
- Mani, M., Shivaraju, C. and Srinivasa Rao, M. (2014): Pests of grapevine: A worldwide list. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*. Vol. 20, 170–216.
- McSorley, R. and Frederick, J. J. (2002): Effect of subsurface plant root-knot nematodes. *Proceeding of Fla. State Hort. Society* 107, 430–432.
- Nico, A. I., Rapport, H. F., Jimenez-Diaz, R. M. and Castillo, P. (2002): Incidence and population density of plant-parasitic nematodes associated with olive planting stocks at nurseries in southern Spain. *Plant Dis.* 1075–1079.
- Nico, A. I., Jimenez-Diaz, R. M. and Castillo, P. (2003): Solarisation of soil in piles for the control of *Meloidogyne incognita* in olive nurseries in southern Spain. *Plant Pathol.* 52, 770–778.
- Palomares-Rius, J. E., Guesmi, I., Horrigue-Rouani, N., Cantalapeida, C., Liebanas, G. and Castillo, P. (2014): Morphological and molecular characterization of *Pratylenchus olea* (Nematoda: Pratylenchidae) parasitizing wild and cultivated olives in Spain and Tunisia. *Eur. J. Pathol.* 140, 53–67.
- Philis, J. and Siddiqui, M. R. (1976): A list of plant parasitic nematodes in Cyprus. *Nematol. Medit.* 4, 171–174.
- Sasanelli, N. (2009): Olive nematodes and their control. In: A. Ciancio and K. G. Mukerji (eds): *Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes*. Springer Science + Business Media B. V., Dordrecht, the Netherlands, 275–315.
- Sasanelli, N. and D'Abbado, T. (2002): Reaction of olive to *Pratylenchus vulnus* infections in Italy. *Nematol.* 4, 259–264.
- Sasanelli, N., D'Abbado, T. and Lemos, R. M. (2002): Influence of *Meloidogyne javanica* on growth of olive cuttings in pots. *Nematopica* 32, 59–63.
- Schrec-Reis, C., Vieira dos Santos, M. C., Marais, M. N., De Santos, M. S., Duyts, H., Freitas, H., Van der Putten, W. H. and Abrantes, I. M. (2010): First record of *Helicotylenchus varicaudatus* Yuen, 1964 (Nematoda: Haplolaimidae) parasitizing *Ammophila arenaria* (L.) Link in Portuguese coastal sand dunes. *Phytopathol. Medit.* 49, 212–226.
- Troccoli, A., Lamberti, F. and Greco, N. (1992): *Pratylenchus* species occurring in Algeria (Nematoda, Pratylenchidae). *Nematol. Medit.* 20, 97–103.
- Tzortzakakis, E. A. and Trudgill, D. L. (2005): A comparative study of the thermal time requirements for embryogenesis in *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne incognita*. *Nematol.* 7, 313–315.