

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA

Faculté des sciences Agro-Vétérinaires et Biologie

Département de Biologie

THESE DE DOCTORAT

Spécialité : Biologie

ETUDE DE LA DIVERSITE DES COMMUNAUTES DE
NEMATODES ASSOCIEE AUX CULTURES
MARAICHERES.

Par

Dhaouya HADJ-SADOK NEBIH

Devant le jury composé de :

D. GUETARNI	Professeur	U.S.D.B	Président
H. BELKAHLA	Professeur	U.S.D.B	Directeur de thèse
B. DOUMANDJI - MITICHE	Professeur	E.N.S.A.	Examinatrice
L. ALLAL- BENFEKIH	Professeur	U.S.D.B	Examinatrice
A. MOKABLI	Maitre de Conférences A	C.U.K.M.	Examineur
M. SEKHARA- BAHA	Maitre de Conférences A	E.N.S..K.	Examinatrice

Blida, Juin 2013.

"Celui qui apprend quelque chose de moi enrichit son savoir sans réduire le mien, tout comme celui qui allume sa chandelle à la mienne se donne de la lumière sans me plonger dans l'obscurité"

[Thomas Jefferson]

"L'ignorance, c'est la mort ; le savoir, c'est la vie"

[Proverbe persan]

RESUME

La présente étude ambitionne de faire un point exhaustif des espèces de nématodes présents dans les agro-systèmes maraîchers. Par ailleurs, elle vise une meilleure connaissance sur la composition et la structure des communautés de nématodes associées à ces cultures dans le contexte Algérien.

L'inventaire a révélé la présence de 24 espèces de nématodes dans les sols maraîchers. Parmi ces espèces 78,26% sont parasites des plantes. Le reste fait parti des espèces fongivores. Les abondances moyennes des taxons phytophages varient considérablement sur les cultures maraîchères. Les nématodes qui abondent sur ces spéculations sont représentés par *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchulus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, nématode à Kyste, *Paratrichodorus*, *Amplimerlinus*, *Scutellonema* et *Pratylenchoides*. Alors que, *Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Trophurus* et *Xiphinema* sont observés que rarement et en trop faible effectif.

La distribution des abondances globales des nématodes et des groupes trophiques varie en fonction des secteurs biogéographiques. Le secteur Saharien est le plus peuplé comparé aux secteurs nord (Numidien, Algérois, Oranais et Haut plateaux). Pour les groupes trophiques, quelque soit le secteur les nématodes bactériovores prédominent dans sols maraîchers à l'exception du secteur Numidien où abondent les phytophages. Le nombre de taxons varie selon le gradient Est-Ouest, le plus élevé est signalé dans le secteur numidien (16 taxons), se chiffre diminue en se dirigeant vers les régions du centre, secteur Algérois (11 taxons) et de l'ouest, secteur Oranais (8 taxons). L'étude a montré que 25% des taxons identifiés sont communes aux cinq secteurs biogéographiques et (45%) sont spécifiques soit au secteur Numidien ou Saharien. L'examen de l'analyse du model MOTOMURA a révélé que la nématofaune rencontrée ne présente pas de perturbation quelque soit la wilaya. La diversité des nématodes diffère significativement selon les wilayas.

L'exploitation des différents indices écologique : La richesse spécifique, l'indice Shannon (H'), l'indice d'équitabilité (J), l'indice de maturité (IM) et l'indice de Wasilewska (IW) a dévoilé que ces derniers varient significativement en fonction des secteurs biogéographiques.

L'incidence des cultures pratiquées et du précédent cultural sur la distribution des nématodes phytophages révèle la présence d'une affinité de certains taxons avec ces derniers. En effet, les plantes appartenant aux deux familles solanacées et les cucurbitacées favorisent la prolifération des *Meloidogyne*. Quand aux cultures en place carotte, melon, oignon, fève et pomme de terre et les précédents culturaux graminées, légumineuses et pomme de terre ils semblent contribuer au développement des nématodes à kystes, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*.

L'analyse des corrélations a montré des relations étroites entre la nématofaune rencontrée et les caractéristiques physico chimiques du sol. Ces derniers jouent un rôle important dans l'abondance, la répartition et la structure des communautés de nématodes.

Les variations des communautés de nématodes sur les variétés de chou, dévoilent que les abondances moyennes des nématodes et des groupes trophiques rencontrés sur ces cultures varient dans le temps. Les variétés de chou semblent avoir un effet considérable sur la prolifération des nématodes phytophages.

Mots clés : Nématofaune, sol, diversité, structure, cultures maraîchères, secteurs biogéographiques, facteurs du sol.

ABSTRACT.

Study of the diversity of the nematode communities associated with the crop vegetables.

The present study aims to make an exhaustive species of nematodes in vegetable farming systems. Moreover, it aims at a better knowledge of the composition and structure of nematode communities relate with these cultures in the Algerian context.

The inventory revealed the presence of 24 species of nematodes in the vegetable soil. Among these species 78.26% are plant parasites. The rest is fungivorous species. The mean abundance of plant feeding nematodes taxa vary considerably on vegetable crops. The most abundant nematodes on these crops are represented by *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchulus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, cyst nematode, *Paratrichodorus*, *Amplimerlinus*, *Scutellonema* and *Pratylenchoides*. While, *Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Trophorus* and *Xiphinema* are observed rarely and in small numbers.

The distribution of global nematodes abundances and trophic groups varies according biogeographic areas. Saharan sector is the most heavily populated compared to the north areas (Numidia, Algiers, Oranes and High uplands). For trophic groups, whatever the sector bacterivores nematodes predominate in crop vegetables soil. However, the proportion of plant parasites remains high compared to fungivore particularly in the Numidia sector.

The number of taxa varies according East-West gradient, the highest is reported in the Numidia (16 taxa), amounts decreases moving towards the central sector, Algiers (11taxons) and the west sector Oranes (8 taxa). The study showed that 25% of taxa are common to all biogeographic sectors and 45% are specific to Numidia or Saharan area. The analysis with model MOTOMURA shows that the nematofauna is not disturbed in all wilaytes and diversity differ significantly according wilayets.

The exploitation of the various ecological indices: species richness, Shannon Index (H'), equitability index (E), maturity index (IM), and Wasilewska index (IW) shows that these vary significantly according the biogeographic area.

The incidence of crops grown and crop proceeding on distribution of plant parasites nematodes reveals the presence affinity of some taxa with theses. The plants of Solanaceae and Cucurbitaceae families help the proliferation of *Meloidogyne*. When crops as carrot, melon, onion, bean and potato and crop proceeding as Graminae; Leguminosea and poatoes they seem to contribute to the development of cyst nematode, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* and *Paratylenchus*.

The correlation analysis showed strong relationships between the nematofauna and the characteristics physic-chemical of the sol. Theses played a significant role in the abundance, distribution and structure of the communities of nematodes.

The variations of the communities of nematodes on the varieties of cabbage show that average abundances of the nematodes and the trophic groups vary in time. The varieties of cabbage seem to have a considerable effect on the proliferation of plant parasite nematodes.

Key words: nematofauna, soil diversity, structure, vegetables, biogeographic areas, soil factors

ملخص

دراسة التنوع في مجتمعات الديدان الخيطية المرتبطة بمحاصيل الخضروات.

هذه الدراسة تهدف إلى تقديم أنواع من الديدان الخيطية شاملة في النظم الزراعية النباتية. وعلاوة على ذلك، فإنها تهدف إلى معرفة أفضل للتكوين وبنية المجتمعات الديدان الخيطية التي تتصل مع هذه النباتات في المناطق الجزائرية.

كشفت الإحصاء وجود 24 نوعا من الديدان الخيطية في تربة الخضروات. ومن بين هذه الأنواع، 78.26% من الديدان تعتبر طفيليات النباتات (phytophage) والباقي من آكلات الفطريات (fungivore). الوفرة المتوسطة لأنواع الديدان الخيطية المتطفلة على النبات تختلف اختلافا كبيرا. ومن الديدان الخيطية الأكثر وفرة على محاصيل الخضروات فإنها متمثلة في *Tylenchorhynchus* ، *Ditylenchus* ، *Pratylenchus* ، *Rotylenchulus* ، *Meloidogyne* ، *Paratylenchus* ، *Kyste* ، *nématode* ، *Paratrichodorus* ، *Amplimerlinus* ، *Scutellonema* و *Pratylenchoides* . في حين، *Hoplolaimus* ، *Helicotylenchus* ، *Trophorus* و *Xiphinema* نادرا ما تلاحظ و بأعداد قليلة.

توزيع الكميات الديدان الخيطية والمجموعات الغذائية تختلف وفقا للمناطق البيوجغرافية للجزائر. القطاع الصحراوي هو الأكثر كثافة لديدان الخيطية بالمقارنة مع المناطق الشمالية (النوميدي، الجزائري، الوهراني والمرتفعات العليا). للمجموعات الغذائية، مهما كان القطاع تسود النيما تودا آكلات البكتيريا (bacterivores) في التربة زراعة الخضار. ومع ذلك، فإن نسبة من الطفيليات النباتية لا تزال مرتفعة مقارنة بآكلات الفطريات (fungivore) ولا سيما في قطاع النوميدي. عدد الأصناف تختلف حسب التدرج بين الشرق والغرب، ويذكر أعلى عدد في النوميدي (16 أصناف)، تقل هذه الكميات كلما اتجهنا نحو القطاع الأوسط، الجزائري (11 أصناف) و القطاع الغربي الوهراني (8 أصناف). أظهرت الدراسة أن 25% من الأنواع المشتركة بين جميع القطاعات البيوجغرافية و 45% هي محددة للقطاع النوميدي أو الصحراوي. التحليل نموذج MOTOMURA بين أن جامعات الديدان الخيطية المتعرف عليها في هذه الدراسة إنها جد مستقرة في جميع الولايات وتنوع الأصناف يختلف بشكل ملحوظ وفق هذه

استغلال المؤشرات الإيكولوجية المختلفة : *(RS)richesse spécifique* ، *(H) indice Shannon* ، *(E)d'équitabilité indice* ، *(IM) indice de maturité* ، و *(IW) indice de Wasilewska* أن هذه تبدي اختلاف كبير وفقا للمناطق البيوجغرافية.

دراسة مفعول المحاصيل المزروعة والمحاصيل السابقة على توزيع النيما تودا النبات الطفيلي يكشف عن تقارب جود بعض الأصناف مع هذه المزروعات. النباتات أسر الباذنجانية وفرعية تساعد انتشار *Meloidogyne*. عندما المحاصيل المزروعة كالجزر، البطيخ، الفاصوليا، البصل، البطاطس والمحاصيل السابقة كعائلات النجيلية ؛ البقولية و *البطلطس* يبدو أنها تساهم في تطوير الديدان *nématodes à kystes* ، *Paratylenchus* و *Helicotylenchus* ، وأظهر تحليل الارتباط ، علاقات قوية بين *nematofauna* والخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة. لعبت هذه الخصائص دورا هاما في توزيع وفرة وبنية المجتمعات الديدان الخيطية.

الاختلافات في المجتمعات الديدان الخيطية على أصناف من الملفوف تبين أن وفرة الديدان الخيطية ومجموعات الغذائية تختلف حسب الوقت. يبدو أن أصناف من الملفوف يكون لها تأثير كبير على انتشار النيما تودا طفيلي النبات.

الكلمات الأساسية: *nematofauna* ، تنوع، بناء ، الخضروات، المناطق البيوجغرافية ، عوامل التربة.

DEDICACE

A la mémoire de ma chère maman, la plus douce des lumières qui m'a éclairé par son amour et m'a protégé par sa bienveillance permanente que Dieu l'accueille dans son vaste Paradis.

A mon mari et mes enfants Zakaria, Nesma et Akram,

A mes très chers frères et sœurs, neveux et nièces,

A toute ma famille et ma belle famille réunies,

Dhaouya

REMERCIEMENTS

A l'issue de ce travail de recherche je tiens tout d'abord à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à Mme Belkahla H., Professeur à l'Université Saad Dahlab Blida, pour m'avoir guidé jusqu'au bout dans la réalisation de ce travail, pour ses précieux conseils, son soutien, pour sa constante aide, notamment pour les problèmes administratifs, ainsi que sa disponibilité à tout moment.

Il m'est très agréable de remercier Monsieur Guetarni D., Professeur à l'Université Saad Dahlab Blida qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

Je remercie vivement Mme. Doumandji – Mitiche B., Professeur à l'Ecole National Supérieur Agronomique d'El Harrach, Mme Allal – Benfekih L. Professeur à l'Université Saad Dahlab Blida et Mme Sekhara – Baha M. Maître de Conférences à l'Ecole Normale Supérieure de Kouba à Alger qui ont consenti à être examinateurs de ce travail. Que Mr. Mokabli A. Maître de Conférences et Directeur de l'institut des Sciences de la nature et de la vie au Centre Universitaire de Khemis Miliana trouve ici toute ma gratitude et mes sincères remerciements pour ces encouragements et ces conseils lors de la rédaction de l'article et d'avoir accepté de faire partie du jury et d'avoir bien voulu être également examinateur de ce travail.

Mes plus profonds remerciements vont à Mme. Fargette M. et Mr. Mateille T., Docteurs en nématologie à l'unité de CBGP de Montpellier (IRD), pour m'avoir accueillie durant mes stages de courtes durées au laboratoire de nématologie. Grâce à vous j'ai fait connaissance avec le monde des nématodes phytophages et je me suis impliquée dans l'écologie des communautés. Merci de m'avoir fait profiter de vos compétences scientifiques. Je vous remercie vivement et vous assure de ma sincère amitié.

Je ne saurais oublier Mr. Martiny B., et Tavoillot J. du CBGP (nématologie) pour leur accueil, leur amabilité et leurs qualités humaines.

Je tiens à remercier aussi très chaleureusement tout mes amis (e) et collègues du département d'Agronomie pour leurs soutiens leurs encouragements et leurs disponibilités Messieurs Djazouli Z., Aroun M.E.F, Ramdane S. A., Bounaceur F., Abdelhamid D., Ouled Rabah S. et Mazari B., et mesdames Guendouz A., Allal L., Baba Ali A., Mefti H., Telaidji A., Dennas K., Moumene S., Remini L., Sahraoui F., Tail G., Ouanighi H. et Sabri K. sans oublier Yamina., Djamila., Wahiba., Samia, Ghania et Zakia techniciennes des laboratoires dans le département d'Agronomie.

Je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1: Caractéristiques des wilayas prospectées.....	39
Tableau 2. 2:Diagramme de fréquence et abondance.....	46
Tableau 3.1: Inventaire des espèces de nématodes dans les sols maraîchers..	52
Tableau 3.2 Répartition des abondances moyennes globales des nématodes en fonction des secteurs biogéographiques.....	71
Tableau 3.3: Répartition des abondances moyennes des groupes trophiques à travers l'analyse de la variance (ANOVA).....	73
Tableau 3.4: Paramètres descriptifs des peuplements de nématodes par secteur biogéographique.....	78
Tableau 3.5: Diversité des nématodes en fonction des secteurs à travers l'analyse ANOVA.....	79
Tableau 3.6: Variation de l'indice de l'équitabilité dans les différents secteurs à travers l'analyse ANOVA.....	80
Tableau 3.7: Variation de l'indice de maturité dans les différents secteurs à travers l'analyse ANOVA.....	81
Tableau 3.8: Variation de l'indice de Wasilewska dans les différents secteurs à travers l'analyse ANOVA.....	82
Tableau 3.9: Variation des abondances moyennes des nématodes dans les wilayates	83
Tableau 3.10: Variation des abondances moyennes des groupes trophiques.....	84
Tableau 3.11: Comparaison des pentes dans les différents assemblages des communautés de nématodes dans les wilayates prospectées.....	92
Tableau 3.12: Caractéristiques physico-chimiques du sol.....	98
Tableau 3.13: Corrélations entre caractéristiques physiques du sol et groupes trophiques.....	99
Tableau 3.14: Influence des caractéristiques physiques du sol sur les nématodes phytophages.....	101
Tableau 3.15: Corrélations entre caractéristiques chimiques du sol et groupes trophiques.....	102
Tableau 3.16: Corrélations entre caractéristiques chimiques du sol et les nématodes phytophages.....	104
Tableau 3.17: Abondances des taxons identifiés sur les variétés de chou.....	105
Tableau 3.18: Analyse de la variance (ANOVA) des communautés de nématodes sur <i>B.oleracea</i>	108

LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES

Figure 1.1: Représentation des différents modes de parasitisme des racines chez les nématodes.....	24
Figure 1.2. La répartition des secteurs biogéographiques.....	36
Figure 1.3. Les limites des étages bioclimatiques de Stewart (1974).....	37
Figure 2.1: Carte géographique des zones prospectées.....	39
Figure .2.2: Extraction et purification des nématodes.....	40
Figure .2.3: Procédé de purification des nématodes.....	41
Figure 2.4. Schéma d'une lame après montage.....	43
Figure 2.5: Description de la station d'étude	45
Figure 2 6: Dispositif expérimental de la station.....	47
Figure 2.1.Morphologie d' <i>Amplimerlinus sp</i>	53
Figure 2.2 Morphologie de <i>Hoplolaimus...s</i>	54
Figure 2.3 Morphologie de <i>Paratylenchus sp 1 et 2</i>	55
Figure 2.4. Morphologie de nématode à kyste et de <i>Meloidogyne sp</i>	56
Figure 2.5 Morphologie de <i>Pratylenchus sp</i>	57
Figure 2.6 Morphologie de <i>Prtaylenchoides sp</i>	58
Figure 2.7 Morphologie de <i>Scutellonema sp</i>	59
Figure 2.8 Morphologie de <i>Helicotylenchus sp</i>	60
Figure 2.9 Morphologie de <i>Tylenchorhyncus sp1 et 2</i>	61
Figure 2.10 Morphologie de <i>Tylenchorhyncus sp 2</i>	62
Figure 2.11 Morphologie de <i>Paratrichodoros sp</i>	62
Figure 2.12 Morphologie de <i>Xiphinema sp</i>	63
Figure 2.13 Morphologie de <i>Ditylenchus sp</i>	64
Figure 2.14 Morphologie de <i>Coslenchus sp</i>	64
Figure 2.15 Morphologie de d' <i>Aphelenchoides sp et Aphelenchus sp</i>	65
Figure 2.16 Morphologie de <i>Psilenchus sp</i>	66
Figure 2.17 Morphologie de <i>Tylenchus sp1 et 2</i>	67
Figure 3.18: Répartition globales des taxons de nématodes dans les sols maraîchers.....	68
Figure 3.19: Structure des nématodes identifiés dans les sols maraîchers...	69
Figure 3.20: Distribution des groupes trophique sur les cultures maraîchères.....	70
Figure 3.21: Abondance moyenne de la nématofaune dans les différents secteurs.....	71
Figure 3.22: Variation des abondances moyennes des nématodes selon les secteurs.....	72
Figure 3.23: Variation des groupes trophiques dans les secteurs biogéographiques.....	73
Figure 3.24: Distribution des groupes trophiques en fonction des secteurs biogéographiques.....	74

Figure 3.25 Interaction groupes trophiques secteurs biogéographique.....	75
Figure 3.26. Structure des nématodes identifiés dans les différents secteurs.....	77
Figure 3.27: Variation de l'indice de Shannon (H').....	79
Figure 3.28: Variation de l'indice de l'équitabilité (J).....	80
Figure 3.29: Variation de l'indice de maturité (IM).....	81
Figure 3.30: Variation de l'indice de Wasilewska (IW).....	82
Figure 3.31: Abondances des nématodes en fonction des wilayas.....	83
Figure 3.32: Structure des groupes trophique selon les wilayas.....	85
Figure 3.33: Interaction groupes trophiques wilayas.....	85
Figure 3.34: Distribution rang / abondance des espèces de nématodes dans les wilayas nord du pays.....	86
Figure 3.35: Distribution rang / abondance des espèces de nématodes dans les wilayas des hauts plateaux.....	88
Figure 3.36: Distribution rang / abondance des espèces de nématodes dans les wilayas du sud.....	89
Figure 3.37: Répartition des nématodes phytophages sur les cultures pratiquées.....	94
Figure 3.38: Classification ascendante hiérarchique	94
Figure 3.39: Répartition des nématodes phytophages selon les précédents culturaux.....	96
Figure 3.40: Classification ascendante hiérarchique.....	96
Figure 3. 41: Variation saisonnière des nématodes rencontrés sur variétés de chou.....	106
Figure 3.42 : Variations temporelles des groupes trophiques sur les variétés de chou.....	107

TABLE DES MATIERES

RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	
DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES	
LISTE DES TABLEAUX	
TABLES DE MATIERES	
INTRODUCTION.....	15
CHAPITRE 1: SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES.....	19
1.1. Etat des connaissances sur les nématodes.....	19
1.1.1.Généralités sur les nématodes.....	19
1.1.2. Les communautés de nématodes associés aux cultures maraîchères.....	21
1.1.3. Bio écologie des nématodes.....	22
1.1.4. La diversité trophique des nématodes	25
1.1.5. Importance des nématodes dans l'écosystème sol.....	26
1.1.6. Action des facteurs abiotiques et biotiques sur les nématodes.....	28
1.1.6.1. Influence des facteurs abiotiques.....	28
1.1.6.1.1.Type du sol.....	28
1.1.6.1.2. Effet des facteurs chimiques du sol.....	29
1.1.6.1.3. Effet du pH.....	31
1.1.6.1.4. Effet de la température.....	31
1.1.6.1.5. Effet de l'humidité.....	32
1.1.6.2. Influence des facteurs biotiques.....	33
1.1.6.2.1. Effet de la matière organique.....	33
1.1.6.2.2. Effet de la végétation.....	34
1.2. Contexte bioclimatique et biogéographique de l'Algérie.....	34
1.2.1. Situation géographique.....	34
1.2.2. Le cadre géomorphologique.....	35
1.2.2.1. Le littoral et le système tellien.....	35
1.2.2.2. les Hautes Plaines Steppique.....	35
1.2.2.3. Le domaine Saharien.....	36
1.2.3. Les étages bioclimatiques.....	37
CHAPITRE 2: METODOLOGIES.....	38
2.1. Evaluation de la nématofaune associée aux cultures maraîchères.....	38
2.1 1 Sites d'échantillonnage.....	38
2.1.2. Prélèvement des échantillons.....	39
2.1.3. Extraction des nématodes du sol.....	39
2.1.2.2. Procédé d'extraction.....	40
2.1.2.3. Purification des nématodes par passage actif.....	41

2.1.2.4. Dénombrement et identification des taxons.....	41
2.1.2.5. Fixation et montage.....	42
2.1.2.5.2. Fixation des nématodes.....	42
2.1.2.5.3. Déshydratation des nématodes.....	42
2.1.2.5.4. Montage des nématodes.....	43
2 2. Effet de quelques facteurs physico–chimiques du sol sur la diversité des nématodes rencontrés.....	43
2.2.1. Analyses pédologiques.....	43
2.3. Variations temporelles et structure trophique des communautés de nématodes associés à la culture de chou (<i>Brassica oleracea</i>).....	44
Introduction.....	44
2.3.1. Description du site d'étude.....	44
2. 3.2.Echantillonnage du sol et identification des nématodes.....	45
2.4. Exploitation des résultats.....	46
2.4.1. Exploitations des indices écologiques.....	46
2.4.1.1. Diagramme des Fréquences-abondances.....	46
2.4.1.2. Indice de diversité (H') Shannon-Weaver.....	47
2.4.1.3. l'Indice d'équitabilité.....	47
2.4.1.4. La richesse totale.....	47
2.4.1.5. l'indice de Maturité (IM).....	48
2.4.1.6. Indice de Wasilewska.....	48
2.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 7.0, SPSS 1997).....	49
2.3. Comparaison des pentes au modèle Motomura (1932).....	49
2.4. Corrélations-régressions (PAST, ver. 1.81) et Excel™).....	49
2.4.5. L'analyse en composantes principale (ACP).....	50
CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION.....	51
3.1. Evaluation Globale de la diversité et la structure des nématodes dans les sols maraîchers.....	51
3.1.1. Composition taxonomique du peuplement des nématodes.....	51
3.1.2. Répartition et structure globale des taxons de nématodes dans les sols maraîchers.....	68
3.1.3.Distribution globale des groupes trophique dans les sols maraîchers.....	70
3.2. Diversité et structure des nématodes en fonction des secteurs biogéographiques.....	71
3.2.1. Variation des abondances moyennes (N/dm ³) de la nématofaune....	71
3.2.2. Variation des groupes trophiques dans les différents secteurs.....	72
3.2.3. Structure des nématodes identifiés en fonction des secteurs. Biogéographiques.....	75
3.3. Diagnostic écologique pour les différents secteurs biogéographiques.....	77
3.3.1. Richesse spécifique (RS).....	78
3.3.2. Indice de diversité de Shannon (H').....	78

3.3.3. Indice d'équitabilité (J).....	79
3.3.4. Indice de maturité (IM)	80
3.3.5. Indice de Wasilewska (IW)	81
3.4. Structure des nématodes en fonction des wilayates prospectées.....	82
3.4.1. Variations des abondances globales des populations de nématodes	82
3.4.2. Structure des groupes fonctionnels de nématodes.....	83
3.4.3. Distribution rangs / abondances des espèces de nématodes.....	85
3.4.4. Comparaison de la diversité des communautés dans les wilayates prospectées	90
3 5. Influence des facteurs anthropiques et édaphiques sur les communautés de nématodes.....	93
3.5.1. Effet des facteurs anthropiques sur la communauté phytophage...	93
3.5.1.1. Cultures pratiquées.....	93
3.5.1.2. Précédents cultureux.....	95
3.5.2. Effet des facteurs édaphique sur les communautés de nématodes...	97
3.5.2.1. Effet des caractéristiques physiques sur les groupes fonctionnels..	98
3.5.2.2. Effet des caractéristiques physiques sur les nématodes phytophages.....	99
3.5.2.3. Effet des caractérisations chimiques sur les groupes trophiques.....	102
3.5.2.4. Effet des caractérisations chimiques sur les nématodes phytophages.....	103
3.6. Variations temporelles et structure des communautés de nématodes associés à la culture de chou (<i>Brassica oleracea</i>).....	105
3.6.1. Inventaire des nématodes rencontrés sur culture de chou.....	105
3.6.2. Variations saisonnière des abondances moyennes de la nématofaune sur chou.....	106
3.6.3. Variation des groupes trophiques sur les variétés de chou en fonction du temps.....	106
3.7. Discussion.....	108
3.7.1. Diversité et structure des communautés de nématodes des cultures maraîchères.....	108
3.7.2. Diversité et structure des communautés de nématodes en fonction des secteurs biogéographiques.....	110
3.7.3. Exploitation écologique des peuplements nématologiques dans les secteurs biogéographiques.....	112
3.7.4. Structure des nématodes en fonction des wilayates prospectées....	115
3.7.5. Influence des facteurs anthropiques et édaphiques sur les communautés de nématodes.....	116
3.7.5.1. Facteurs anthropiques.....	116
3.7.5.2. Facteurs édaphiques.....	119

3.7.6. Variations temporelles et structure des communautés de nématodes associés à la culture de chou (<i>Brassica oleracea</i>).....	121
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	124
APPENDICES.....	128
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	139

INTRODUCTION

Les produits maraîchers constituent une part importante de l'alimentation humaine dans le monde, en particulier dans les pays du Maghreb et les pays sahéliens. Ils représentent également un produit d'exportation substantiel pour ces pays. En Algérie le maraîchage occupe la seconde place après les céréales dans la consommation quotidienne. Les cultures de pomme de terre et la tomate sont considérées comme aliment de base. Les superficies consacrées à ces cultures évoluent progressivement, mais l'explosion démographique a fait que ces surfaces s'avèrent insuffisantes, pour cela, la politique algérienne a opté pour l'intensification des cultures légumières, en introduisant la plasticulture.

La plasticulture a connu un essor spectaculaire en Algérie. Elle a été introduite sur 20 ha en 1970, les statistiques en 2009 estiment les superficies à 779 472 ha [1]. En général, Les superficies occupées par les cultures maraîchères n'ont cessé d'accroître d'une année à l'autre. Les statistiques agricoles publiées par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural au cours des années de 1998 à 2009 signalent ces augmentations aussi bien pour les cultures maraîchères de plein champ que ceux sous abris serres. Les cultures en plein champ les superficies sont passées de 267440 ha en 1998 à 393594 ha en 2009. Alors que pour ceux sous serres, elles sont passées de 3921,13 ha en 1998 à 7794,72 ha en 2009 [2 ,1].

Les nématodes phytophages occasionnent des dégâts qui se manifestent à l'examen microscopique par l'apparition de cellules nécrosées dans les tissus végétaux [3;4]. Au niveau macroscopique, à l'exception des rares espèces qui provoquent la formation de galles, les symptômes sont atypiques [5]. Les conséquences de cette action pathogène sur la plante sont extrêmement difficiles à quantifier cependant, les nématodes agissent sur la fonction assimilatrice du système racinaire et peuvent limiter l'absorption des éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante [6]. Ils contribuent ainsi à la baisse de la production des cultures et provoquent des maladies de dépérissement

accompagnées de différents symptômes; nanisme, retard végétatif, voir même la mort des plantes [7].

Parmi tous les parasites des cultures maraîchères, les nématodes phytoparasites causent des dégâts considérables. L'impact économique mondial des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* est évalué à 60% des pertes de récolte [8].

Les nématodes sont largement distribués dans le sol, et leur communautés sont constituées de diverses espèces qui, selon à leurs habitudes alimentaires, peuvent être classées en cinq grands groupes: les parasites des plantes, les bactérivores, les fongivores, les prédateurs et les omnivores [9]. Ils occupent une position importante dans la chaîne trophique des détritiques [10;11], en agissant significativement sur la décomposition de la matière organique du sol et la minéralisation des éléments nutritifs des plantes [12]. Ces organismes peuvent être utilisés comme des indicateurs sensibles aux modifications des écosystèmes [13]. Les analyses des communautés de nématodes combinées aux fonctions des écosystèmes s'avèrent intéressantes dans l'évaluation de l'écologie du sol [14, 15, 16]. Aussi bien dans des secteurs naturels qu'agricoles les communautés des nématodes sont utilisées pour estimer les effets de pollution [17], et également comme des indicateurs d'enrichissement et de déséquilibre [13, 18].

Les relations «nématodes – type de sol» nommé relation mésologique, connu depuis longtemps et étudiés par de nombreux auteurs qui ont observé que la répartition des nématodes phytophages et en relation avec le sol [19]. La présence de la plante ne détermine pas obligatoirement celle des espèces de nématode qui sont capable de la parasiter [19]. Pour une même plante les espèces de nématodes présentent dans les sols sableux sont souvent différentes de celles des sols argileux [20].

D'après Kandji et *al.* [21] les corrélations entre les propriétés physico-chimiques du sol jouent un rôle important dans l'abondance, la distribution et la structure des communautés de nématode. Fiscus et Neher, [22] rajoutent que les rapports entre les caractéristiques du sol et l'abondance des différents groupes fonctionnels ont été utilisés pour élaborer des critères d'évaluation du sol.

Dans les domaines agricoles, l'abondance et la diversité des nématodes sont employées pour comprendre le degré d'évolution du sol [23;24], son fonctionnement [25] et l'importance des perturbations de la faune qu'il abrite [14].

Les caractéristiques chimiques du sol peuvent être utilisées pour contrôler les populations des nématodes. Certains éléments physico chimiques des horizons superficiels du sol pourrait intervenir dans la répartition des nématodes dans le sol [19].

En Algérie, les premières recherches sur les nématodes sont celles citées par Scotto La Massèse [26]. En effet ce dernier affirme que Debray et Maupas en 1896 ont identifié (*Tylenchus devastarix* = *Ditylenchus dipsaci*) sur fève; Trabut en 1919 a signalé *Tylenchulus semipenetrans* dans les vergers de *Citrus*; Delassus en 1928 ; 1931 et 1932 a déterminé les nématodes à galles (*Meloidogyne*) sur divers solanacées; Frezal en 1954 a identifié le nématode doré (*Globodera rostochiensis*) sur la pomme de terre. Dans les années 60 [26] a remarqué plusieurs espèces phytophages comme, *Xiphinema* dans les sols d'agrumes, vigne et palmeraie; *Criconemoides* sur *Citrus*, vigne et cultures maraîchères; *Tylenchorhynchus* dans divers sols cultivés; *Pratylenchus* sur céréales et plantes fourragères; *Helicotylenchus*, *Rotylenchus* et *Tylenchus* rencontrés en faibles effectifs dans la rhizosphère de certaines plantes

Au cours de ces dernières décennies divers nématologistes Algériens ont évoqué les problèmes phytosanitaires causés par les nématodes phytoparasites sur les cultures nous citons:

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, qui sont capables de se développer aux dépens d'un grand nombre de plantes [27]. Parmi les plantes cultivées diverses familles peuvent être infestées tels que les Cucurbitacées, les Solanacées, les Légumineuses [28, 27 et 29], les Crucifères, les Composées, les Ombellifères, les Chénopodiacées [27]. Les attaques de ce parasite ont été constatées aussi sur les cultures maraîchères des systèmes oasiens [30, 31, 28 et 32].

Le nématode à kyste du genre *Heterodera* a été signalé sur les céréales [33, 34, 35 et 36].

Le nématode des tiges et des bulbes *Ditylenchus dipsaci* (Kühn, 1857) Filipjev, 1936, est considéré comme l'espèce la plus répandue et la plus redoutable sur

fève. Il est présent dans la quasi totalité des parcelles de fève dans toutes les zones de production, il demeure une menace sérieuse sur cette culture [37, 38].

Les connaissances sur les nématodes associés aux cultures maraîchères sont fragmentaires. Actuellement la diversité nématologique dans les systèmes maraîchers en Algérie est mal évaluée. Ce travail ambitionne de faire un point exhaustif des espèces présentes sur ces spéculations dans différents biotopes. Il aspire également à dépasser l'approche populationnelle une espèce parasite cas des (*Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera*, *Ditylenchus*) pour appréhender les communautés de nématodes, véritable enjeu pour une gestion écologique durable des agro écosystèmes.

Les objectifs visés par cette étude ce résumant comme suit :

- Inventorier le peuplement des nématodes associés aux cultures maraîchères. Quelles sont les espèces dominantes sur ces spéculations?
- Évaluer l'abondance, la structure et les groupes fonctionnels des nématodes dans les secteurs biogéographiques. Quels sont les genres abondants et fréquents dans ces biotopes?
- Variation des indices écologiques des peuplements de nématodes phytophages (obligatoires et facultatifs) dans les secteurs étudiés.
- Estimer l'effet des quelques facteurs biotiques et abiotiques sur les peuplements de nématodes des cultures maraîchères.
- Influence des cultures de chou sur les variations temporelles des communautés de nématodes dans le sol.

CHAPITRE 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Etat des connaissances sur les nématodes

1.1.1. Généralités sur les nématodes

Les Nématodes ou Anguillules sont de petits vers ronds. Ils forment un groupe zoologique homogène par ces caractères anatomiques mais très diversifié par leur mode de vie [39]

Beaucoup vivent en parasites, des animaux en particuliers les strongles, ankylostomes et autres ascaris, sont des ennemis de l'homme et des animaux domestiques bien connus. D'autres sont des composants importants de l'écosystème du sol comme les nématodes libres (fungivores, bactériophages, omnivores ou prédateurs). Ils interviennent dans la décomposition de la matière organique, la transformation des nutriments et le transfert de l'énergie [40, 11, 41, 42, 43].

Ceux qui se nourrissent de végétaux, appelés nématodes phytophages, sont des parasites obligatoires puisent leur nourriture du cytoplasme des cellules végétales; ces nématodes mesurent presque tous moins d'un (1) mm de long [44].

Morphologiquement, les nématodes sont constitués d'un tube externe (cuticule) enveloppant deux tubes internes superposés, le tube digestif et le tractus génitale [39]. Les nématodes phytoparasites se caractérisent par la présence dans la cavité buccale d'un stylet performant; c'est cet organe en forme d'aiguille creuse que l'animal enfonce dans les tissus du végétal pour absorber le contenu prédigéré des cellules. Il est suivi d'un canal œsophagien qui comprend une partie musculaire nommée bulbe musculaire médian et une partie glandulaire formant le bulbe glandulaire ou glande œsophagienne. La partie musculaire, véritable pompe aspirante et refoulante, injecte le produit des glandes œsophagiennes dans les cellules végétales à travers le stylet, puis en absorbe le contenu prédigéré [45].

Les nématodes possèdent un appareil excréteur, mais chez les phytoparasites, la seule partie habituellement visible est le segment de tube excréteur aboutissant au pore excréteur. Ce dernier se présente comme un orifice rond sur la face ventrale [46].

Le système nerveux est très complexe, mais peu visible à l'exception de l'anneau nerveux et de l'hémizonide. L'anneau nerveux entoure l'œsophage immédiatement en arrière du bulbe médian. En général, la paroi ventrale présente à ce niveau un léger renflement représentant l'hémizonide [46].

Les méthodes d'identification des nématodes sont liées à l'examen morphologique des caractéristiques phénologiques. Les critères comme: la longueur et la largeur du corps, la forme de la tête et de la queue, la longueur du stylet, position de la vulve, le type de recouvrement de la glande œsophagienne par rapport à l'intestin sont tous utilisés pour l'identification des genres de nématode.

Pour identifier les espèces, d'autres caractéristiques additionnelles sont nécessaires comme la structure de la cuticule avec ces marques transversales et longitudinales, la présence ou l'absence de soies céphalique, bursa caudale, phasmides, la structure œsophagienne et le nombre des ovaires [47, 48].

La reconnaissance d'environ 20000 espèces décrites est basée principalement sur les caractéristiques morphologiques et anatomiques complétée par les marqueurs moléculaires qui sont de plus en plus importants dans l'identification et la classification des nématodes [49, 50].

Les conséquences du parasitisme des nématodes sur les plantes sont extrêmement difficiles à quantifier. Elles établissent avec la plante hôte des relations diverses. Si les relations parasitaires sont faibles, les nématodes sont peu nuisible sauf s'ils s'attaquent à des végétaux déficient ou en état de stress, (hydrique, thermique, parasitaire) [51].

Les nématodes agissent sur la fonction assimilatrice du système racinaire et peuvent limiter l'absorption des éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante [6]. Ils contribuent ainsi à la baisse de la production des cultures, en cas de forte infestation des sols, ils entraînent des altérations caractéristiques ou des déformations typiques de l'ensemble du végétal. Ils provoquent des maladies

de dépérissement accompagnées de différents symptômes; nanisme, retard végétatif, voir même la mort des plantes [7].

1.1.2. Les communautés de nématodes associés aux cultures maraîchères

Des études réalisées sur l'inventaire des nématodes associés aux cultures légumières en Mauritanie [52] et au Niger [53] ont signalé la présence de divers genres de nématodes phytophages dans les sols maraîchers. Ils sont représentés par *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Meloidogyne*, *Psilenchus* et *Heterodera*.

La structure d'une communauté de nématodes, y compris les espèces phytophages, reflète l'état sanitaire d'un sol. Dans les régions tempérées, tropicales et subtropicales, les systèmes fortement anthropisés présentent des communautés peu diversifiées: moins de 10 espèces phytoparasites dans un même échantillon de sol [54, 5]

Les nématodes phytophages et les nématodes libres sont extrêmement nombreux dans les sols cultivés. Le type, le nombre et la répartition des espèces de nématodes dans les sols cultivés dépendent du climat, de la nature du sol, du type de culture, pratiques culturales et autres [55]. Dans les cultures pérennes ou dans un milieu naturel tel que la forêt ou la prairie, la communauté de nématodes est un peu plus stable, mais toujours sujette à des fluctuations qui sont fonction de la croissance des racines, de la température et de l'humidité [46]. Selon Mateille *et al.* [56], l'effet pathogène d'une communauté est inversement proportionnel au nombre d'espèces qui la constituent. Certaines espèces deviennent fortement colonisatrices en l'absence de compétition et par conséquent très agressives ce qui engendre des dégâts importants [54, 5]. Cette situation a été observée dans le cas des infestations des nématodes à galles (*Meloidogyne spp*). En absence de compétition ils sont très agressifs et provoquent des dégâts considérables sur les cultures [56]

Dans certains cas, le concept fondamental du rapport entre diversité nématologique et la pathogénie d'une communauté peut être considérée comme un auxiliaire de gestion des nématodes [57].

Les populations de nématodes ne restent pas stationnaires Elles subissent l'influence des cultures, des engrais organiques et des traitements de désinfection du sol. Parmi ces facteurs, la nature de la plante cultivée affecte fortement ces fluctuations [46]. Selon Villenave et *al.* [58], la préparation du sol et l'apport de compost permettent d'améliorer le statut organique du sol, en conséquence, un meilleur développement de la plante cultivée. Par ailleurs ces traitements induisent des modifications de la structure spécifique des communautés de nématodes phytoparasites en augmentant l'abondance d'une espèce peu pathogène qui pourra limiter les dégâts dus aux nématodes.les travaux de Cadet *et al.* [59] dans la zone soudano sahélienne ont montré que dans les jachères d'âges croissants augmentent régulièrement la diversité du peuplement et l'abondance des nématodes.

1.1.3. Bio écologie des nématodes

A l'origine vivant dans l'eau, les nématodes ont colonisé tous les milieux. Ils constituent un des ensembles zoologiques les plus importants du sol [60, 61, 62] Actuellement, 25000 espèces sont décrites [63]. Les estimations indiquent qu'il y aurait plus de 100 000 espèces de nématodes du sol [61].

De nombreux travaux ont montré des différences importantes de densités des peuplements de nématodes selon les régions et les milieux prospectés [64, 65], mais également selon la période de l'année [66]. Arpin et *al.* [64], signalent des densités de l'ordre de 10^5 à $5 \cdot 10^6$ individus m^{-2} .

Les nématodes sont présents sous toutes les latitudes et dans tous les milieux (désert, fonds marins, forêts). Les milieux aquatiques constituent leurs habitats de prédilection. Très nombreux dans le sol, ils vivent dans les pores inter-agrégats, dans le film d'eau qui entoure les particules de sol [67, 64, 68].

La nématofaune est généralement concentrée dans les 10 premiers cm du sol, avec un maximum dans l'horizon 0-3 cm pour les forêts [64]. Cette distribution verticale des nématodes est variable et elle dépend chez les nématodes phytoparasites de la présence des racines et chez les nématodes libres de la distribution de la ressource [67]. Dans la pinède près de 90% des nématodes sont concentrés dans la litière [69]

L'aptitude des nématodes à se maintenir en vie au ralenti leur permet de résister aux périodes sèches, mais aussi aux périodes où la nourriture est rare [13]. Ils sont tolérants aux stress, aux conditions anaérobies, à la déshydratation et au gel [67, 70].

La distribution ubiquiste de beaucoup d'espèces reflète leur longue évolution et leur remarquable tolérance aux différents climats et aux conditions extrêmes de salinité [67]. Si 85% environ des espèces peuvent être considéré comme eurytopes, c'est-à-dire sans exigence spécifique [64], certaines espèces sont très sensibles à la dessiccation comme par exemple celles appartenant à l'ordre des Mononchida [71]. D'autres ont des localisations préférentielles, c'est le cas d'un bon nombre de Rhabditidae et de Cephalobidea qui prolifèrent dans les milieux où la matière organique est rapidement décomposée [64].

Selon leur mode de nutrition ils sont classés en trois catégories les ectoparasites, les endoparasites et les semi endoparasites chacune d'elles étant subdivisée en deux groupes sédentaire et migrateur [72].

Les endoparasites sédentaires ou migrants deviennent adultes et pondent toujours à l'intérieur des tissus végétaux, le plus souvent dans les racines (*Meloidogyne*, *Heterodera* et *Pratylenchus*). Toutefois, pour quelques espèces, dans les feuilles, les tiges et les inflorescences [73].

Les ectoparasites sédentaires ou migrants se tiennent dans le sol à l'extérieur de la racine. Il s'agit des genres *Rotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Aphelenchus* [74]. Certaines espèces peuvent être d'importants vecteurs de virus (*Xiphinema*, *Longidorus*, *Paratrichodorus*) [75].

Les semi endoparasites, on range dans cette catégorie les individus qui pénètrent partiellement dans la racine pour se nourrir, on peut distinguer les migrants et les sédentaires, comme les genres *Helicotylenchus* et *Rotylenchulus* [74].

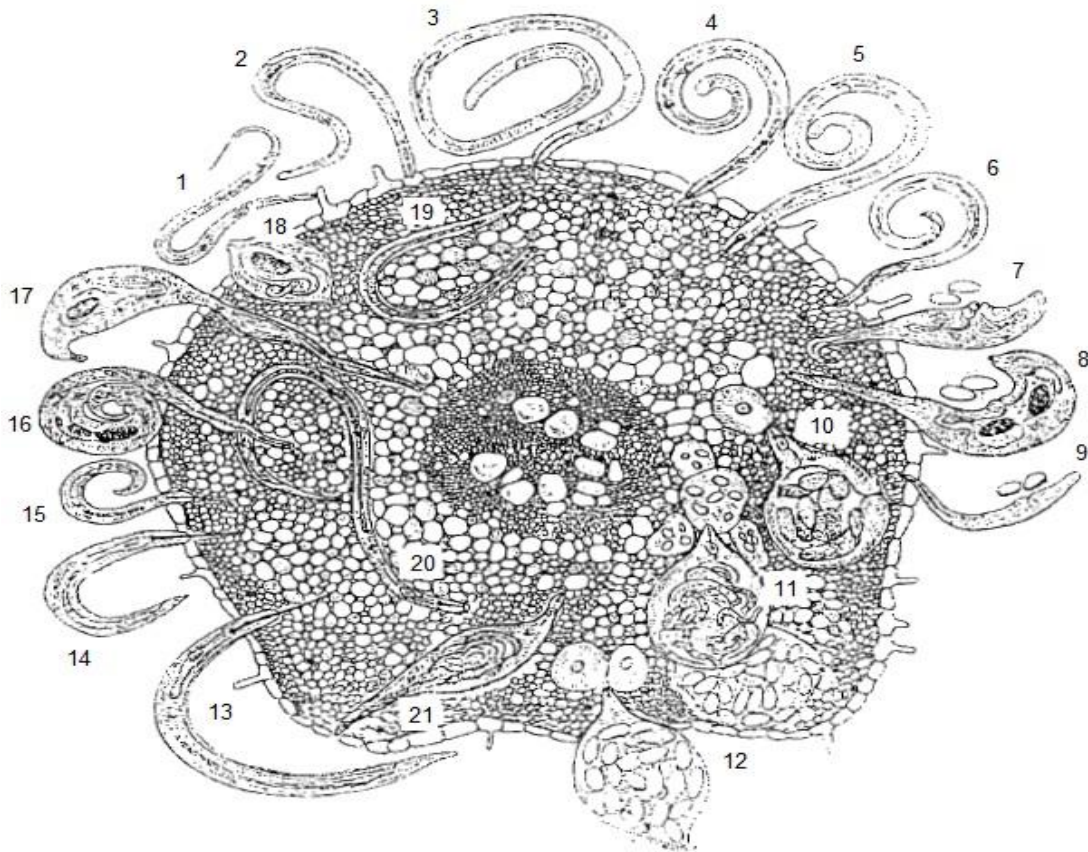


Figure 1.1: Représentation des différents modes de parasitisme des racines chez les nématodes [76].

1: *Cephalenchus*, 2: *Tylenchorhynchus*, 3: *Belonolaimus*, 4: *Rotylenchus*, 5: *Hoplolaimus*, 6: *Helicotylenchus*, 7: *Verutus*, 8: *Rotylenchulus*. 9: *Acontylus*, 10: *Meloidodera*, 11: *Meloidogyne*. 12: *Heterodera*, 13: *Hemicycliophora*, 14: *Macroposthonia*., 15: *Paratylenchus*, 16: *Trophotylenchulus*, 17: *Tylenchulus*, 18: *Sphaeronema*, 19: *Pratylenchus*, 20: *Hirschmanniella*, 21: *Nacobous*.

Selon [45], les nématodes s'attaquent à plusieurs cultures. Les genres *Meloidogyne*, *Pratylenchus* et *Ditylenchus* se développent principalement sur les cultures maraîchères, les céréales, les cultures florales. En arboriculture fruitière le même auteur signale la présence des *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Tylenchulus*, *Helicotylenchus* et *Rotylenchus*. Cependant la vigne est essentiellement sujette aux attaques des genres *Xiphinema* et *Longidorus*.

La reproduction des nématodes est selon les espèces soit sexuée soit parthénogénétique. Chez les espèces parthénogénétiques, les mâles n'interviennent pas dans la reproduction [72]. Les nématodes passent par une série de cinq stades de développement, distincts séparés par des mues. Le cycle diffère selon les groupes de nématodes et selon le mode de parasitisme sédentaire ou migrateur [46]. Les nématodes phytoparasites ont un cycle approximativement mensuel. La durée du cycle de reproduction est très

dépendante de la température. Dans les pays tempérés, il n'y a pas de reproduction en hiver, souvent se produit qu'une génération par an. Par contre dans les pays tropicaux, plusieurs générations par an sont signalées. Ceci explique que les dégâts y sont généralement plus importants. A titre d'exemple chez les *Meloidogyne* la durée du cycle de vie est très variable selon les conditions de 3 à 8 semaines, elle est de 6 semaines à 25°C [77]. Cependant, Les nématodes libres (cas des bactérivores) présentent un cycle de vie court Leurs temps de génération varie de plusieurs jours à quelques semaines [11, 78].

1.1.4. La diversité trophique des nématodes

Les nématodes sont largement répartis dans le sol, leurs communautés sont composées de diverses espèces selon leurs tendances alimentaires [79]. Pour faciliter l'interprétation de la structure de la communauté, il faut distinguer les nématodes associés aux plantes des formes parasites [80].

Les connaissances sur les habitudes alimentaires des nématodes sont encore fragmentaires, l'examen le plus récent de ces derniers et celui synthétisé par Yeates et al. [9]

Les nématodes phytophages obligatoires, à titre d'exemple (*Meloidogyne*, *Heterodera*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*...), utilisant leur stylet pour se nourrir au niveau des vaisseaux conducteurs des plantes. Un grand nombre de ces nématodes sont associés à la réduction des récoltes en rapport avec leur densité de population. Certaines espèces de *Longidoridae* et *Trichodoridae* transmettent des maladies virales aux plantes.

- Les nématodes associés aux plantes (facultatifs), comme *Tylenchus* et *Dorylaimellus*, possédant un stylet se développent en grand nombre dans la rhizosphère des plantes sans réduction de récoltes.

- Les nématodes fungivores, (*Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Leptonchus*, *Diphtherophora*) utilisant leur stylet pour se nourrir sur les hyphes mycéliens.

- Les nématodes bactérivores, citons (*Rhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diplogaster*, *Cephalobus*, *Alaimus*), se nourrissant de procaryotes utilisant leur stoma tubulaire étroit.

- Les nématodes prédateurs se nourrissant de sources alimentaires d'origine animale en ingérant leurs proies à travers une large cavité munie de dents (*Diplogaster*, *Mononchus*, *Nygolaimus*) ou en aspirant le contenu du corps prédigéré à travers lumen de leur stylet (*Seinura*, *Labronema*).

- Les nématodes omnivores, enfermant certain *Dorylaimida* (*Dorylaimus*). Il paraît qu'ils utilisent comme source alimentaire les bactéries, les champignons, des proies de la microfaune, des diatomées et des algues.

- Nématodes parasites des animaux (vertébrés et invertébrés) dont les stades infestant se rencontrent dans le sol, (*Deladenus*) et (*Heterorhabditis*).

Les groupes trophiques des nématodes répondent différemment aux divers conditions de l'environnement et pratiques culturales. Les nématodes bactérivores réagissent couramment aux variations d'abondance de leur source alimentaire [9] et pullulent toujours dans les sols très riches en matière organique [81]. Les nématodes prédateurs et omnivores sont plus abondant dans les zones naturels que dans les champs agricoles ceci est dû à leur grande sensibilité aux modifications des sols [82].

L'étude de [14], sur l'effet du travail 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.

1.1.5. Importance des nématodes dans l'écosystème sol

Les nématodes sont parmi les organismes multicellulaires les plus abondants et les plus évolués. Ils ont la capacité d'adaptation physiologique et comportementale envers divers habitats et niches écologiques riches en carbone organique [83]

Dans des écosystèmes naturels, les nématodes contribuent à la diversité spatiale et temporelle des plantes [84]. L'activité d'alimentation des nématodes contribue à la stabilité de la chaîne trophique du sol [85]. Les travaux de [10, 86]

affirment que dans la chaîne trophique du sol, les nématodes sont impliqués dans la transformation de la matière organique en des éléments minéraux et organiques qui peuvent être mis au profit de la croissance et la production des plantes. Ils agissent sur la croissance et l'activité métabolique des microorganismes, en modifiant les communautés microbiennes régulent ainsi le taux de décomposition des matières organiques et la minéralisation des éléments nutritifs [87, 88]. En présence de nématodes bactéricivores et fungivores plus d'azote est disponibles sous la forme d'ammonium qu'en leur absence [89]. Selon, Beare [90] dans les systèmes d'agriculture conventionnelle et intégrée les nématodes bactéricivores et prédateurs participent respectivement à la minéralisation de l'azote d'environ 8% à 19%.

Depuis les années 1970, les nématodes ont été utilisés comme bio moniteurs (bio surveillance) des écosystèmes aquatiques. Cas de l'espèce *Panagrellus redivivus* pour détecter les concentrations de toxines qui affectent la mue et la croissance de l'organisme par la stimulation, l'inhibition ou létalité. Elle fournit un test biologique rapide efficace et économique. Ce nématode a été utilisé pour détecter les effets toxiques d'environ 400 produits chimiques [91].

Dès les années 1980, l'intérêt a accru pour l'utilisation de communautés nématodes comme des indicateurs pour surveiller l'environnement terrestre, [11, 13] et évaluer la "santé de sol" ou sa "durabilité" en particulier les sols cultivées [92, 93, 94].

Plusieurs auteurs attestent que l'utilisation des nématodes comme des bio-indicateurs est due à leurs caractéristiques biologiques.

D'une part d'ordre morphologique, ils sont dotés d'une cuticule perméable, qui leur permet de réagir à une gamme de polluants et de répondre avec la capacité de rétablissement des écosystèmes des sols [95, 96, 97]. Cette cuticule est également transparente facilitant leur identification morphologique sans recourt à la dissection [98]. D'autre part d'ordre physiologique, certains nématodes ont des formes de résistance comme anhydrobiose ou enkystement (formation des kystes) qui leur permettent de survivre à conditions environnementales défavorables. Bien que d'autres sont plus sensibles, comme les espèces de l'ordre des *Dorylaimida* n'ayant pas de stades résistants, ce qui les rend plus sensibles aux changements environnementaux [11].

Des caractéristiques d'ordre biochimique sont également évoquées. Hashmi et *al.* [99], affirment que les nématodes ont des protéines de choc thermique qui sont hautement conservées. L'expression de ces protéines est améliorée lorsqu'ils sont exposés à des stress comme la chaleur, les ions métalliques, ou des toxines organiques [100]. Ces protéines pourraient servir de bio marqueurs pour l'évaluation éco-toxicologique des sols [101, 102, 103].

Les indices écologiques appliqués aux peuplements nématologiques tels que la maturité ou la diversité nous informent sur la structure et la composition des communautés. La santé et de la qualité des sols peut être déduite de ces indices en supposant que les assemblages de nématodes ayant une structure et composition différente, fonctionnent différemment. Ainsi, ces indices peuvent jouer un rôle dans le suivi de la qualité des sols et des sédiments ainsi que l'évaluation de la durabilité des écosystèmes et de la biodiversité [104].

1.1.6. Action des facteurs abiotiques et biotiques sur les nématodes

Tout organisme est soumis, dans le milieu où il vit à des actions simultanées des différents agents, physiques, chimiques, édaphiques, climatiques et biotiques contrôlant ses diverses activités.

De par leur statut de parasite, l'abondance des nématodes est dépendante de la présence de la plante hôte, mais si cette condition est nécessaire, elle n'est pas suffisante. Il faut aussi que l'environnement édaphique permette le déroulement de la phase tellurique du cycle biologique des nématodes [105]. En effet, d'après [55, 21, 106] les caractéristiques du sol affectent l'abondance, la distribution et la structure des communautés de nématode, indépendamment de l'influence directe de la plante hôte.

1.1.6.1. Influence des facteurs abiotiques

1.1.6.1.1. Type du sol

La relation (nématode-type de sol), nommée relation mésologique, est connue depuis longtemps. De nombreux auteurs ont observé que la répartition des nématodes phytoparasites est en relation avec le sol [107, 108]. Les facteurs physiques du sol peuvent agir directement sur les nématodes. Ils peuvent affecter

leur mobilité [109], ainsi que leur reproduction [55]. Ils compromettent l'accès à la racine nourricière [110] et les probabilités de rencontrer des individus mâles et femelles chez les espèces amphimictiques [55].

La granulométrie influence directement les peuplements de nématodes, mais ses effets dépendent des caractéristiques morphologiques (taille) et biologiques (mode de reproduction) de l'espèce. *Pratylenchus zaeae* (endoparasite migrateur) se rencontre préférentiellement dans les sols argileux alors que *Meloidogyne* sp (endoparasite sédentaire) est plutôt observé dans les sols sableux [110].

La présence d'une plante ne détermine pas obligatoirement les espèces de nématodes qui sont capables de la parasiter. Estioko et Reyes [20] affirment que pour une même plante, les espèces de nématodes présentes dans les sols sableux sont souvent différentes de celles que l'on rencontre dans les sols argileux. L'étude de [111] dans les parcelles de la canne à sucre au nord de la Côte d'Ivoire montre, que sur les plateaux gravillonnaires les plantes sont principalement attaquées par *Meloidogyne*, alors que celles situées sur les zones limono argileuses en bordure des rivières sont attaqués par *Pratylenchus*. Par ailleurs, Cadet et al. [112] signalent au sud de la Martinique dans les vertisols (sols à argile de type smectite) la présence d'*Helicotylenchus retusus*. Par contre, celle-ci est absente dans les andosols (sols à minéraux argileux de type allophane) situés à faible distance, mais notent la présence des espèces *H. erythrinae* ou *H. dihystra*.

1.1.6.1.2. Effet des facteurs chimiques du sol

Divers auteurs se sont intéressé à l'influence des caractéristiques chimiques du sol sur les nématodes, notamment sur les phytophages. Il est possible qu'en agissant sur la teneur en certains ions, dans une échelle forcément compatible avec l'équilibre général de l'écosystème, il sera possible d'induire des changements profonds dans la structure du peuplement de nématodes et en réduire ainsi l'effet pathogène des nématodes [19].

Prot [113], signale que les fortes concentrations en sels minéraux (KN_3 , NaCl , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_2), ont un effet répulsif sur les *Meloidogyne*, mais ce comportement n'est pas généralisable à toutes les espèces de nématodes.

Indépendamment du mode d'action de ces sels, ces résultats indiquent que l'on peut contrôler une population de nématodes en manipulant des facteurs environnementaux abiotiques [114]. Les résultats de ces mêmes auteurs [114] révèlent qu'une protection de 86 à 91 % des plants de tomate contre *Meloidogyne incognita* a été obtenue en utilisant quatre nitrates en un sulfate. L'action de ces sels semble être liée à un effet chimique

et non à des différences de pression osmotiques dans le milieu. Il apparaît également que la concentration en ions dans la solution du sol est à l'origine de modification du comportement de nombreuses espèces de nématodes. Elles peuvent modifier les déplacements de nématodes phytoparasites dans le sol [113, 115].

Taylor in [110], signale que les engrais chimiques n'ont aucune action sur les communautés de nématodes. Toutefois, le magnésium et le calcium semblent avoir un effet positif sur le développement des espèces *Helicotylenchus dihystera*, *Scutellonema cavenessis* et *Tylenchorhynchus gladiolatus*.

L'hétérogénéité des nématodes entre différents points d'une même parcelle est parfois associée aux variations dans la teneur en bases échangeables. Sur la canne à sucre, les populations de *Helicotylenchus erythrinae* sont plus importantes dans les échantillons où la teneur en calcium échangeable est élevée. Pour *Pratylenchus zaeae*, la situation inverse est observée pour cet élément (Ca) [112].

Hormis le calcium, ce type de relation a été aussi observé avec le magnésium et le potassium. Kandji et al. [21], révèlent que le genre *Scutellonema* est corrélé positivement avec les bases échangeables (magnésium et potassium). Bien que, la nature de tels rapports ne soit pas connue, la présence forte de *Scutellonema* dans les jachères améliorées peut être indicatrice d'une certaine amélioration des caractéristiques chimiques du sol. De même les expériences, de [117] ont montré une corrélation positive entre la densité *Heterodera glycines* et la quantité de magnésium. L'augmentation des nématodes phytopathogènes avec l'augmentation des niveaux du potassium a été également rapportée par Badra et Yousif [116].

1.1.6.1.3. Effet du pH

Le pH du sol est connu comme étant un paramètre important influençant la disponibilité biologique en métal et donc aussi sa toxicité pour les invertébrés de sol [118]. Les travaux de [119] signalent une éclosion maximale des œufs de *Meloidogyne javanica* à un pH 6,5. La modification du pH du sol par l'apport d'amendements calciques peut être une méthode de lutte efficace contre *Pratylenchus brachyurus* en culture d'ananas dans les conditions de cote d'Ivoire [120]. Il est généralement admis, sans preuves, que le pH agit indirectement sur les populations de nématodes à travers les réactions de la plante hôte (dynamique racinaire, physiologie de la plante, parois cellulaires etc.....).

Ellenby [121] signale que le pH optimum pour l'émergence des larves d'*Heterodera rostochiensis* se situe à 6, lorsque ce pH devient plus alcalin ou plus acide l'éclosion est perturbée. Cependant [122], n'est pas en accord avec ces résultats, il ne constate aucune différence dans l'émergence des larves de cette espèce lorsqu'il varie le pH de 3 à 8. Quand à Simon [123], il signale l'existence d'une étroite corrélation entre le pH du sol et l'importance des populations d'*Heterodera schachtii*. C'est lorsque ce pH se situe entre 7.5 et 8 que le taux d'infestation du sol et des plants est plus élevé. Là encore on oppose à ces résultats le fait que les betteraves poussent mieux en sol alcalin. Ceci augmente corrélativement de l'infestation nématologique et cette augmentation résulte donc plutôt d'une stimulation de l'hôte que du pH du sol lui-même [124].

1.1.6.1.4. Effet de la température

D'après [125] la distribution des espèces de nématodes dans un champ est influencée par des facteurs physiques (température et humidité).

La température est un facteur de régulation partiellement mineur dans les zones tropicales humides où elle est relativement stable. L'influence de ce facteur sur les nématodes peut s'envisager sous trois aspects différents, des températures non létales qui inhibent seulement le développement, des températures optimales qui permettent un bon développement des nématodes et des températures létales [126, 124].

En ce qui concerne les températures létales, il semble que les nématodes à l'état quiescent résistent mieux que les individus actifs. D'après [127] *Ditylenchus dipsaci* en anabiose résistent à une exposition de (-80°C) pendant vingt minutes. De même *Pratylenchus projectus* en diapause supporte une température de (-19°C) pendant quatre jours. Par ailleurs, [128], affirme que le nématode bactériovore «*Plectus granulosis*» en activité ne supporte pas une température de (+45°C), mais en anabiose il peut résiste à une température de (+66°C).

1.1.6.1.5. Effet de l'humidité

Les nématodes sont fondamentalement aquatiques dont l'eau joue un rôle essentiel dans la régulation des niveaux de populations, bien que la plupart des espèces soient aptes à survivre à des conditions de sécheresse prolongées en état d'anhydrobiose [129]. La grande saison sèche entraîne une forte baisse des niveaux de populations qui remontent fortement après la reprise des pluies [130].

En 1959, [131] montre que le niveau de population des trois espèces (*Aphelenchus avenae*, *Paratylenchus projectus* et *Tylenchorhynchus brevidens*) est en étroite corrélation avec le régime pluviométrique. De même [132] constatent que le taux de reproduction d'*Heterodera glycines* est proportionnel au taux d'hygrométrie du sol.

Il semble que les conditions excessives de sécheresse ou d'humidité aient une influence différente sur les diverses espèces telluriques. Ainsi, les inondations tuent la plupart des nématodes [133], mais favorisent en revanche la pullulation d'autres, comme *Radopholus oryzae* et *Ditylenchus angustus* [124]. Par contraste, la sécheresse provoque la mort d'un grand nombre d'espèces, tandis que d'autres, plus résistantes, telle que *Ditylenchus dipsaci* parviennent à survivre [124].

Cette situation (sécheresse) les conduits à développer des formes de résistance comme l'anhydrobiose qui leur confère une inertie totale et les rend manipulables comme des particules de sol (ils sont de masse équivalente à celle d'un grain de sable fin) [134].

1.1.6.2 .Influence des facteurs biotiques

1.1.6.2.1. Effet de la matière organique

La matière organique constitue la base nutritionnelle des micro et meso organismes. Chaque année, le stock organique du sol diminue par décomposition et humification et il est alimenté par des matières organiques provenant de la végétation [135]. L'apport de matière organique induit une augmentation dans l'abondance et la diversité spécifique des nématodes du sol. La fertilisation par l'azote organique augmente le nombre de bactérivores et diminue le nombre de fongivores [136].

L'excès d'azote peut réduire les populations probablement à cause de l'importante multiplication des bactéries, lesquelles pour la plupart peuvent obstruer ou occuper les pores du sol par les mucilages qu'elles sécrètent. Noe et Barker [137], constatent que la texture, l'acidité et le taux d'humidité associés à la teneur en matière organique, affectent plus les espèces ectoparasites que les endoparasites sédentaires. Par ailleurs, [138] affirme que lors de la décomposition de la matière organique libère certains produits toxiques tels que l'acide butyrique qui sont impliqués dans la réduction des nématodes.

1.1.6.2.2. Effet de la végétation

Le matériel végétal est le principal facteur influençant le nombre de nématodes dans le sol, qu'ils soient phytoparasites ou non. Le système racinaire de la plante est la composante biotique majeure du sol, pourvoyeur d'énergie pour la majorité de la faune tellurique. Selon leur nature et le stade physiologique, les plantes agissent différemment sur les nématodes. Les plantes pérennes sont une ressource permanente qui permet un grand degré de maturité des peuplements du sol, tandis que les plantes annuelles représentent une source alimentaire éphémère pour les nématodes, particulièrement pour les parasites obligatoires. [139].

Les nématodes parasites des racines affectent la physiologie de la plante en agissant sur la nodulation, la fixation de l'azote et la mycorhization. [139]. *Scutellonema cavenessi* modifie la physiologie d'*Arachis hypogea* en altérant

l'établissement et le fonctionnement de la symbiose de la plante avec les mycorhizes et *Rhizobium* [140]. Il peut avoir un effet négatif sur la croissance et la fixation de l'azote sur plant de Soja [141]. Une corrélation négative entre la fixation de l'azote par l'arachide et les densités des nématodes *S. cavenessi* et *Aphasmatylenchus straturatus*, a été rapportée par Gernani *et al.*, [142].

Les exsudats racinaires jouent un rôle stimulateur pour le développement des nématodes [138]. Des études réalisées par [143, 144, 145] révèlent que les exsudats racinaires intensifient l'éclosion des œufs des nématodes à kystes (*Heterodera*).

1.2. Contexte bioclimatique et biogéographique de l'Algérie

1.2.1. Situation géographique

L'Algérie est un pays d'Afrique du Nord qui se situe au carrefour de l'Afrique et de l'Europe, et occupe une position centrale au Maghreb et en méditerranée l'occidentale. De part sa superficie de 2 381 741 km², l'Algérie est le plus grand pays du pourtour méditerranéen. Elle s'étend sur environ 18 degrés de latitude (37°N-19°N) et un peu plus de 20 degrés de longitude (8°35W-12°E). Bordée au nord par la mer Méditerranée qui la longe de l'est à l'ouest sur une frange marine de 1280 km. Elle partage des frontières terrestres à l'ouest avec le Maroc, au nord-est avec la Tunisie, à l'est avec la Libye, au sud avec le Niger et le Mali, au sud-ouest avec la Mauritanie et le Sahara occidental. Elle représente une grande diversité de climats, de reliefs, de sols et de types de végétation.

Le territoire algérien présente des contrastes climatiques et paysagers qui se succèdent le long d'un gradient latitudinal. Cinq étages bioclimatiques y sont distingués (humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien) [146].

Les Deux chaînes montagneuses de l'Algérie représentées par l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud, séparent le pays en trois types de milieux qui se distinguent par leur relief, leur morphologie et leur climat [147]. On distingue successivement :

- Le littoral et la zone Tellienne au nord qui plonge vers la mer Méditerranée,

- les Hauts Plateaux et la Steppe compris entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud,
- le Sahara.

1.2.2. Le cadre géomorphologique

1.2.2.1. Le littoral et le système tellien

Le Tell, est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux, et de plaines. Cette zone est bordée au nord sur 1200 Km par la mer Méditerranée. Les plaines sont discontinues et de largeur variable (80 km à 190 km). Cette région occupe seulement 4 % de la surface du territoire et abrite la grande majorité des terres agricoles du pays [148, 147].

Cet ensemble est situé dans les étages bioclimatiques humides et sub-humides qui reçoivent au moins une lame annuelle de 400 à 600 mm de pluies qui tombent surtout en hiver entre octobre et mars et qui font défaut le reste de l'année avec, de plus, un gradient de pluviosité à décroissance longitudinale, les régions les plus arrosées sont situées dans la partie orientale avec plus de 1000 mm de précipitations annuelles [149].

Quezel et Santa en 1962 (Fig.I.2).affirme que, le domaine maghrébin du tell méditerranéen est répartie en trois secteurs biogéographiques; le Numidien-Kabylie à l'est, l'Algérois au centre et l'Oranais. Chaque secteur est divisé en différents sous secteurs [150].

1.2.2.2. Les Hautes Plaines Steppique

Elles sont localisées entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud, à des altitudes plus ou moins importantes de 900 m à 1200 m. Elles sont parsemées de dépressions salées, chotts ou sebkhas. Les steppes occidentales sont constituées des Hautes Plaines sud Oranaises et sud Algéroises, dont l'altitude décroît du Djebel Mzi à l'ouest (1200 m) à la dépression salée du Hodna au centre. Les steppes orientales se rencontrent à l'est du Hodna et sont formées par les Hautes plaines du sud Constantinois, bordées par le Massif des Aurès et des Némemchas. Ce domaine représente 9 % du territoire, il est séparé du Sahara par

l'Atlas saharien, qui forme une succession de chaînes au caractère aride [147, 148].

D'après [151], cette zone est située aux étages bioclimatiques semi-aride et aride, avec des précipitations comprises entre 100/200 à 400 mm/an. Ce domaine est réparti en plusieurs secteurs (fig. 1.3) [150].

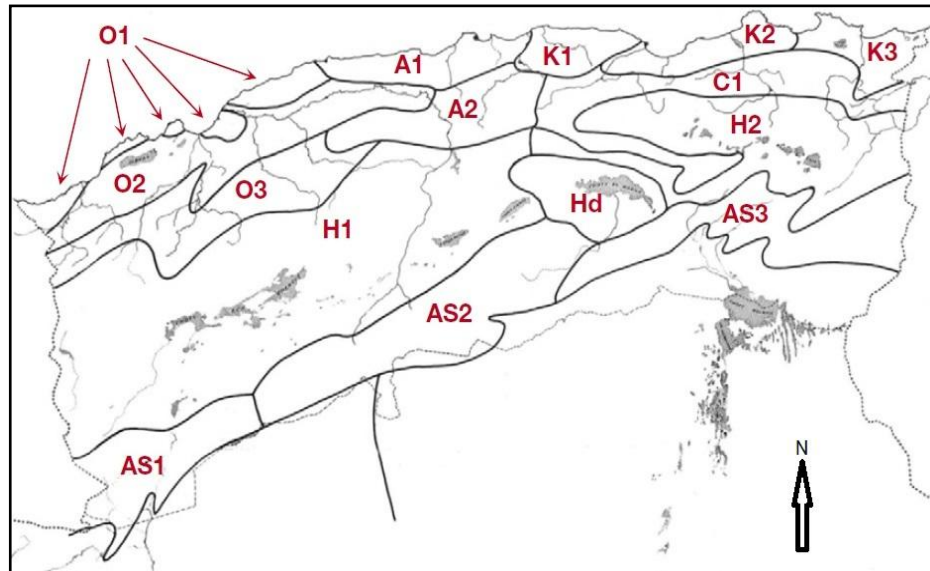


Figure 1.2. La répartition des secteurs biogéographiques [150].

O1, O2, O3 : Secteur oranais (Sahel et collines du littoral oranais, plaines littorales et Atlas tellien sud oranais) ; **A1, A2** : Secteur Algérois (Littoral, sahel et montagnes du Tell Algérois) ; **K1, K2, K3** : Secteur Numidien et Kabylie (Grande Kabylie (Djurdjura), Petite Kabylie (Babors), Numidie (de Skikda à El Kala), **C1** : Secteur Constantinois (Tell et montagnes des Bibans au Bellezma) ; **H1, H2, Hd** : Secteur Hauts Plateaux (Sud oranais et Sud algérois ; Sud constantinois ; **Hd**, plaine de Hodna) ; **AS1, AS2, AS3** : Secteur Atlas Saharien (Atlas saharien oranais, algérois et constantinois (Aurès compris).

1.2.2.3. Le domaine Saharien

Le Sahara algérien est un immense désert qui s'étend au sud de l'Atlas saharien. Il représente 87 % de la superficie du pays [148]. Le Sahara forme une large barrière qui sépare le domaine méditerranéen au nord du domaine tropical au sud. Il est constitué des plateaux des hamadas et du Tassili, où le massif volcanique du Hoggar culmine à 3000 m d'altitude, de plaines (regs et ergs) et des dépressions soit salées (sebkhas et gueltas), soit peu ou pas salées où s'accumulent les eaux de ruissellement (dayas) [147].

Ce domaine est classé en général dans l'étage bioclimatique saharien. Selon [147], la faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental du climat saharien. Cependant, des pluies diluviennes peuvent aussi se produire au Sahara. En

septembre 1950, Tamanrasset a reçu 44 mm en trois heures alors que sa moyenne annuelle est de 40 mm.

Certaines régions sont arrosées de façon très irrégulière : les Touareg affirment que la période privée de pluie peut atteindre trois ans au Tademaït, cinq ans au Hoggar et dans le Mouydir.

I.2.3. Les étages bioclimatiques

Les étages bioclimatiques en Algérie sont représentés par tous les bioclimats méditerranéens (fig. I.3), depuis le per-humide au Nord jusqu'au per-aride au Sud, et depuis le froid jusqu'au chaud pour les variantes thermiques. On distingue selon [152]:

- le per-humide, 1200 - 1800 mm,
- l'humide, 900 - 200 mm,
- le subhumide, 800 - 900 mm,
- le semi-aride, 300 - 600 mm,
- l'aride, 300 - 100 mm,
- le saharien, < 100 mm, qui occupe 89,5 % de la superficie totale.

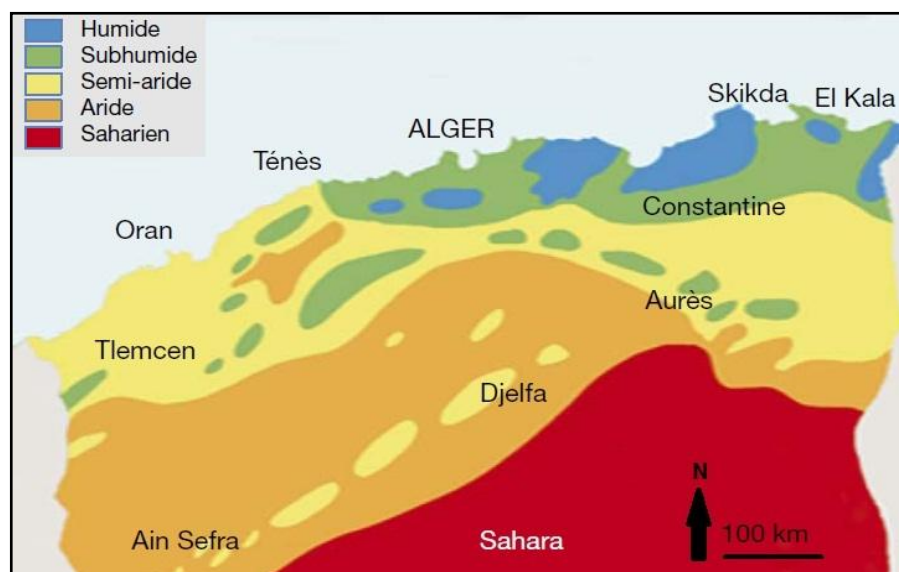


Figure 1.3. Les limites des étages bioclimatiques de Stewart (1974) [150]

CHAPITRE 2

METHODOLOGIES

2.1. Evaluation de la nématofaune associée aux cultures maraîchères

Pour mener cette étude et valoriser nos connaissances sur la diversité des nématodes associés aux cultures maraîchères. Nous avons effectués des prospections durant quatre années de 2006 à 2010 dans plusieurs stations représentatives des secteurs biogéographiques de l'Algérie (Oranais, Algérois, Numidien, Hauts plateaux et Saharien).

2.1.1. Sites d'échantillonnage

Les prélèvements des échantillons de sol ont été réalisés dans 143 stations maraîchères. Elles sont réparties dans quatorze (14) wilayas (fig. 2.1).

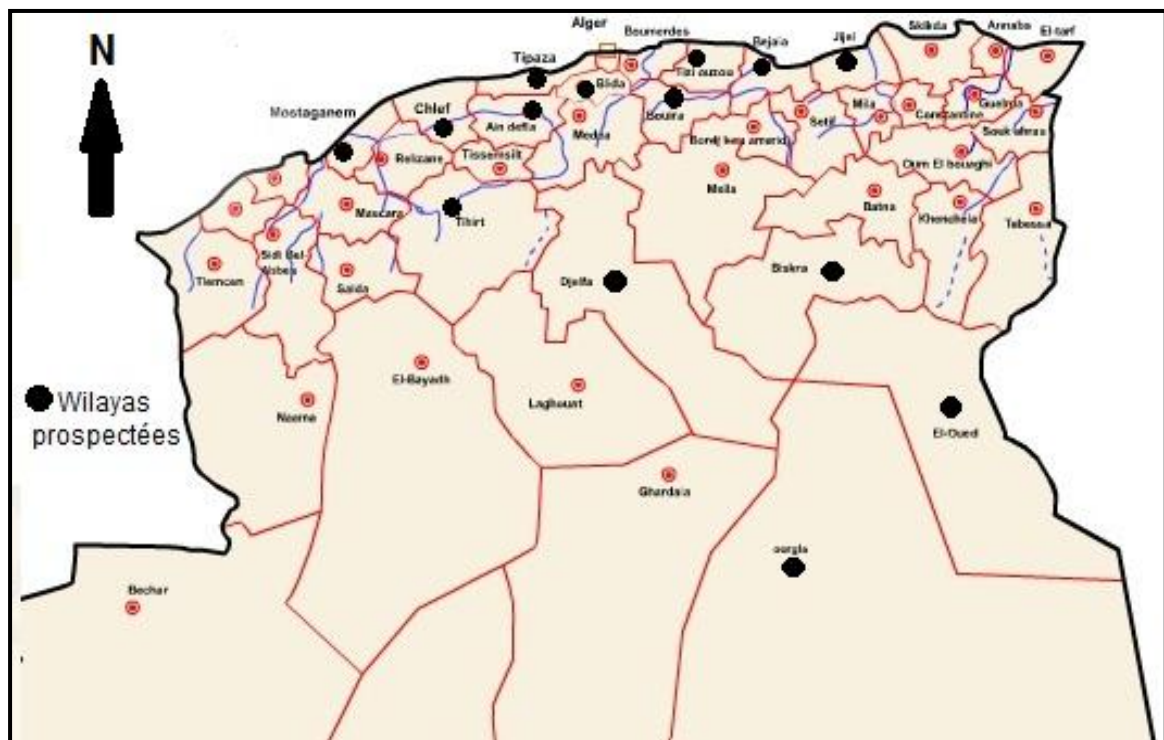


Figure 2.1: Carte géographique des zones prospectées

Les différentes wilayas ont été affiliées aux secteurs biogéographiques selon [153] (tableau 2.1).

Tableau 2.1: Caractéristiques des wilayas prospectées.

wilayas	Nombre de stations	Secteurs biogéographiques	Coordonnées géographiques
béjaia	20	Numidien	36°38'N 4°37'E
Jijel	16	Numidien	36°42'N 5°59'E
Bouira	24	Numidien	36°39'N 5°36'E
Tizi Ouzou	08	Numidien	36°43'N 4°3'E
Ain Defla	04	Algérois	36°14'N 2°9'E
Blida	06	Algérois	36°29'N 2°49'E
Tipaza	11	Algérois	36°45'N 2°53'E
Chlef	05	Oranais	36°99'N 1°19'E
Mostaganem	02	Oranais	35°55'N 0°05'E
Tiaret	12	Hauts plateaux	35°22'N 1°19'E
Djelfa	02	Hauts plateaux	34°09'N 3°30'E
Biskra	07	Saharien	34°41'N 5°45'E
El Oued	07	Saharien	33°24'N 6°54'E
Ouargla	19	Saharien	32°47'N 5°18'E

2.1.2. Prélèvement des échantillons

Les prélèvements des échantillons ont été réalisés au niveau des cultures maraîchères à l'aide d'une binette. Afin de couvrir toute la parcelle nous avons opté pour la méthode de prélèvement en diagonale [154]. Chaque échantillon est composé de dix prélèvements élémentaires de 250g chacun et sont prise à une profondeur de 30 à 40cm autour de la rhizosphère des plants. Les échantillons de sol récoltés dans chaque site sont mis ensemble dans un sac en plastique référenciés et conservé au froid jusqu'au moment de l'extraction.

2.1.3. Extraction des nématodes du sol

La méthode d'extraction utilisée est celle des seaux de [155], dite méthode de flottaison et sédimentation (fig. 2.2). Elle est basée sur les différences de densité entre les nématodes et les différentes parties du sol. Elle nous permet d'extraire les nématodes de différente taille du sol en superposant des tamis à différentes mailles.

2.1.2.2. Procédé d'extraction

Les sols sont préalablement bien homogénéisés au laboratoire sur un plateau. A partir de ces échantillons, on prépare dans un b cher 250 ml de terre. Cette quantité est déposée et délayée à travers le tamis (2mm) dans une petite bassine. Le tamis qui va retenir les gros cailloux, le sable grossier et les débris organiques. Le contenu de la bassine est ensuite transvasé dans un seau en plastique qui est complété à 6 ou 7 litres d'eau. A l'aide d'un béton on mélange le contenu du seau pour mettre en suspension les nématodes et les particules du sol. Le contenu du seau est laissé quelques secondes pour que l'eau se stabilise sans qu'elle ne s'arrête totalement de tourbillonner, puis le surnageant est versé sur deux tamis superposés de 50 μ qui vont retenir les nématodes. Le contenu de chaque tamis est récupéré successivement à l'aide d'un jet d'eau de pissette dans un cristallisoir. L'opération est répétée 3 à 4 fois pour récupérer le maximum de nématodes.

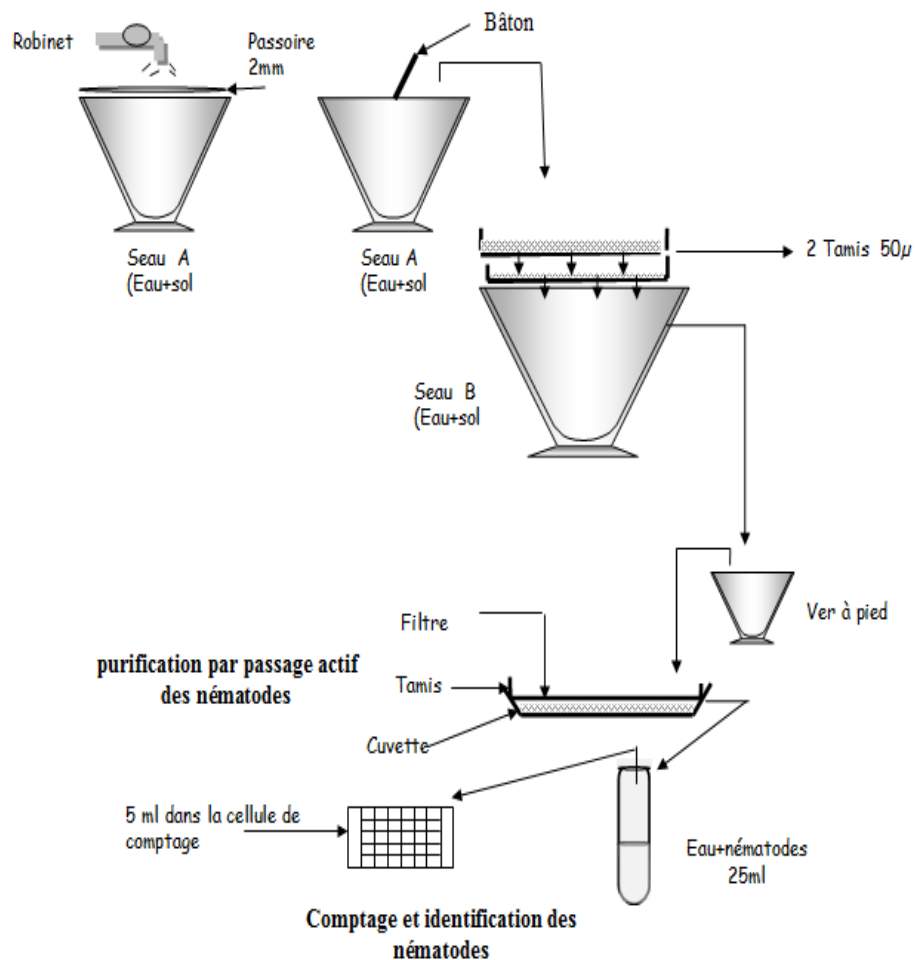


Figure .2.2: Extraction et purification des nématodes [155, 156]

2.1.2.3. Purification des nématodes par passage actif

On procède à la purification par passage actif des nématodes car la solution obtenue après extraction est boueuse. La méthode utilisée est la technique modifiée des filtres de Baermann [156]. Il est impossible d'observer les nématodes à ce stade. Pour cela des tamis en plastique avec des filtres Kleenex humidifiés sont préparés. Le contenu des cristallisoirs de chaque échantillon est passé à travers les tamis précédemment préparés. Ces derniers sont ensuite placés dans une boîte de Pétri, rempli d'eau jusqu'à affleurement de la surface du tamis (Fig. 2.3). Le dispositif est déposé à la température ambiante pour le passage actif pendant 3 jours. Passer ce délai, le contenu de chaque boîte de Pétri est récupéré dans des tubes à essai de 100ml, puis laissé se décanté pendant 1 heure. Ensuite il sera réajusté à la graduation adéquate (25, 50,75 ou 100ml) en fonction de la densité des nématodes dans le tube.



Figure .2.3: Procédé de purification des nématodes (personnel)

2.1.2.4. Dénombrement et identification des taxons

Pour évaluer la densité totale et celles des taxons dans nos échantillons. Nous prélevons 5 ml après homogénéisation des tubes. Ces derniers sont déposés dans la cellule de comptage sous loupe binoculaire pour le dénombrement et l'identification morphologique basée sur l'observation de certains caractères phénologiques discriminants (la longueur et la forme du stylet, la longueur du corps, la disposition de la glande œsophagienne par rapport à

l'intestin, la forme de la queue). Tous les nématodes dans chaque échantillon ont été comptés et identifiés au niveau genre selon les clés de [157; 158].

Les populations de nématodes du sol sont exprimées en nombre de nématode par dm^3 (N/dm^3), [159]. La classification des groupes trophiques a été établie selon [9].

2.1.2.5. Fixation et montage

2.1.2.5.2. Fixation des nématodes

La fixation des nématodes est réalisée à chaud pour cela, les nématodes phytophages sont prélevés par taxon un à un; puis sont placés dans des salières contenant une goutte d'eau distillée. Une quantité du fixateur de Grisse est versé dans un tube à essai en verre puis chauffé au bain marie. Dès la formation des premières bulles, la température atteint les (90°C) dans le tube. Le fixateur est versé sur les nématodes dans la salière. Ces derniers sont fermés après refroidissement (les nématodes resteront ou moins 3 jours dans le fixateur) avant d'entamer les étapes de déshydratation.

2.1.2.5.3. Déshydratation des nématodes

Cette étape consiste à remplacer l'eau contenue dans les cellules du corps du nématode par du glycérol bi distillé. Après 3 jours le fixateur est retiré, on ne garde qu'une petite goutte pour éviter le dessèchement des nématodes. Puis les salières sont remplies jusqu'au 1/2 de son volume avec la solution (S1) et elles sont placées sans couvercle dans un dessiccateur à alcool (95°), puis l'ensemble est rangé dans une étuve à $30-40^\circ\text{C}$ pendant une nuit. Le lendemain, les 2/3 du volume de S1 et on remplace par le même volume de la solution (S2) de façon à avoir dans la salière (1) volume de S1 et (2) volumes de (S2). Ces dernières sont remises dans l'étuve à $35-40^\circ\text{C}$ pendant 2 jours avec couvercle entre ouvert pour permettre une évaporation lente de l'alcool. Passé ce délai, les salières sont placées dans un dessiccateur à silicate gel pendant une journée au minimum avant le montage des nématodes entre lames et lamelles.

2.1.2.5.4. Montage des nématodes

Pour le montage des nématodes les lames et lamelles sont bien nettoyées. Sur chaque lame un anneau de (1cm) de paraffine fondu est appliqué à l'aide d'un tube en cuivre. Après refroidissement de l'anneau de paraffine une goutte de glycérine (environ 10 µl) est placée au centre de ce dernier de telle manière que le glycérol vienne en contact avec la paraffine. Ensuite les nématodes fixés sont déposés un à un dans la goutte de glycérine en les disposant parallèlement les uns aux autres (entre 3 et 6 individus par lame), puis une lamelle est déposée sur l'anneau de paraffine. La lame ainsi préparée est chauffée légèrement sur plaque chauffante. Dès que la paraffine fond il faut appuyer légèrement sur la lamelle ronde pour chasser les bulles d'air. Une fois la lame refroidit, elle est référencié (numéro de la lame, numéro de l'échantillon, nom du taxon) est stockée dans une boîte à lames à l'abri de la lumière et de la poussière (Fig. 2.4).

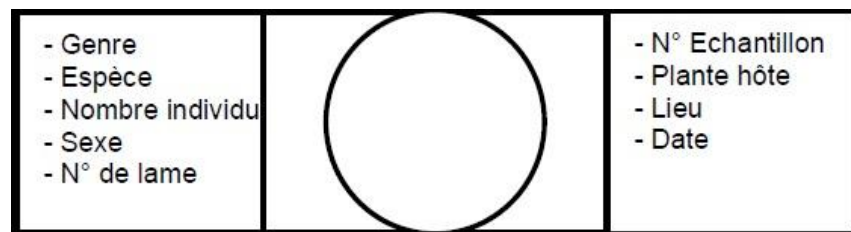


Figure 2.4. Schéma d'une lame après montage

2.2. Effet de quelques facteurs physico-chimiques du sol sur la diversité des nématodes rencontrés.

2.2.1. Analyses pédologiques

Les analyses ont été réalisées au laboratoire de pédologie du département d'agronomie par [160] et au laboratoire pédologique de l'école nationale supérieure d'agronomie d'EL Harrach par [161].

Les analyses physiques ont concerné la granulométrie, à cinq fractions (L'argile, limon fin, limon grossier, sable fin et sable grossier).

Les analyses chimiques ont porté sur le dosage de la matière organique (MO), le dosage du phosphore assimilable (P_2O_5), du pH_{eau} et la conductivité électrique (CE).

2.3. Variations temporelles et structure trophique des communautés de nématodes associés à la culture de chou (*brassica oleracea*)

Introduction

En Algérie, les cultures de brassicacées (chou vert et chou fleur) sont réparties dans les régions centrales humides et subhumides du pays. Une superficie de 3085 ha est destinée à ces spéculations [1] (Anonyme, 2009).

Divers travaux ont affirmé l'efficacité des Brassicaceae, tel que le colza (*Brassica napus*) et la moutarde indienne (*Brassica juncea*) dans la suppression des nématodes [162, 163, 164].

Les *Brassicaceae* produisent des glucosinolates représentés par β -D-thioglucosides qui sont présentes dans toute la plante. Ils sont dégradés par des enzymes en divers composés parmi eux les isothiocyanates (ITCs) hautement toxiques [165, 166]. Selon [167,168] la toxicité des ITCs vis-à-vis de certaines espèces de nématodes est bien connue. Les travaux in vitro ont démontré leur toxicité vis à vis de *Tylenchulus semipenetrans* et *Meloidogyne javanica* [169] et sur *Heterodera schachtii* [168].

Le but dans cette étude est *i)* examiner la structure des communautés des nématodes associée à la culture de chou; *ii)* décrire la répartition et la dynamique saisonnière des groupes trophiques sur les variétés testées.

2.3.1. Description du site d'étude

L'étude a été menée dans la station expérimentale du département d'agronomie de l'université Saad Dahlab Blida (Fig.2.5), située au piémont de l'Atlas Blidéen (36°30'N ; 02°52'E), (zone sub littorale). La région bénéficie d'un climat méditerranéen à tendance subcontinentale. Les précipitations, majoritairement hivernales et printanières, sont caractérisées par une grande irrégularité interannuelle et inter-mensuelle. Le mois le plus froid est janvier (température moyenne minimale 7,8°C, température moyenne maximale 15,4°C). Les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures moyennes minimales de 21°C et 22,2°C et moyennes maximales de 30,8°C et 30,3°C.



Figure 2.5: Description de la station d'étude

2. 3.2. Echantillonnage du sol et identification des nématodes

L'étude a été réalisée sur trois variétés de chou (*Brassica oleracea* L.); une variété de chou rouge et deux variétés de chou vert, *Enkuisen* et *Compne hagen*. Un total de 84 échantillons de sol a été prélevé à une profondeur de 30 cm autour de la rhizosphère des trois variétés de chou. Des échantillons mensuels ont été collectés du mois de novembre 2008 au mois de mai 2009. Le dispositif de travail (fig. 2.6) comprend douze blocs répartis en quatre pour chaque variété de chou. Chaque bloc a une superficie de 3.75 m² et comprend 30 plants de l'une ou l'autre variété de chou. Les prélèvements de sol de 200g chacun ont été effectués au niveau de chaque bloc le long d'un transect à une densité de 5 prélèvements rassemblés en un seul échantillon dans un sac en plastique référencié. Ces derniers sont transportés au laboratoire. Les nématodes sont extraits de 250 cm³ de sol en utilisant les méthodes précédemment décrites celle des seaux de [155] suivi la technique modifiée des filtres de Baermann [156].

Les populations de nématodes sont exprimées au dm³ de sol. La classification des groupes trophiques a été établie selon [9].

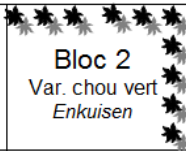
Bloc 1 Var. chou rouge	 Bloc 2 Var. chou vert <i>Enkuisen</i>	Bloc 3 Var. chou vert <i>Compne haguen</i>	Bloc 1 Var. chou rouge
Bloc 2 Var. chou vert <i>Enkuisen</i>	Bloc 3 Var. chou vert <i>Compne haguen</i>	Bloc 1 Var. chou rouge	Bloc 2 Var. chou vert <i>Enkuisen</i>
Bloc 3 Var. chou vert <i>Compne haguen</i>	Bloc 1 Var. chou rouge	Bloc 2 Var. chou vert <i>Enkuisen</i>	Bloc 3 Var. chou vert <i>Compne haguen</i>

Figure 2 6: Dispositif expérimental de la station



Plant de chou.

2.4. Exploitation des résultats

Les données recueillies sur les populations des nématodes recensées sont analysées afin d'émaner les caractéristiques majeurs. Pour cela nous avons fait appel à divers méthodes d'analyses.

2.4.1. Exploitations des indices écologiques

2.4.1.1. Diagramme des Fréquences-abondances.

Fréquence: Correspond au pourcentage d'échantillon dans lesquels le genre ou l'espèce a été trouvée. Le seuil de fréquence dans le sol est 30% (Tabl. II.2)

Abondance: Correspond au logarithme décimal $\log(N+1)$, ou N est la moyenne des effectifs des taxons dans les échantillons où ils ont été trouvés. Le seuil d'abondance est de $200N/dm^3$ de sol; ($\log 200=2.30N/dm^3$) (Tabl. 2.2).

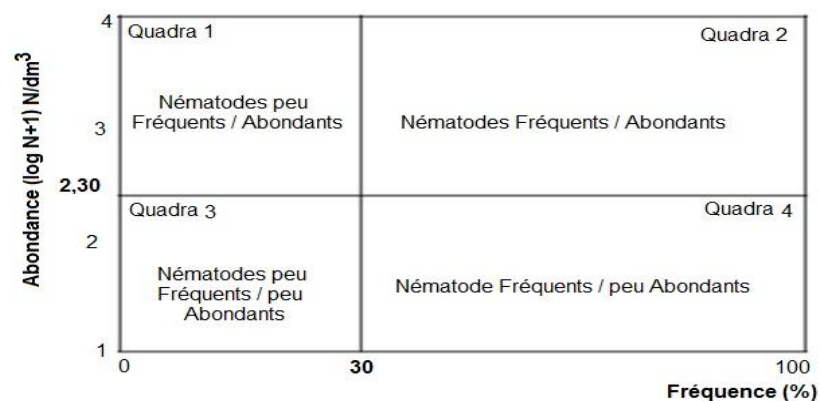


Tableau 2. 2: Diagramme de fréquence et abondance [170]

2.4.1.2. Indice de diversité (H') Shannon-Weaver [171].

Plusieurs indices peuvent être utilisés pour caractériser l'abondance et la diversité des espèces de nématodes. Ces indices permettent d'effectuer des mesures de la composition d'un écosystème, en termes de nombre d'espèces et de leurs abondances relatives. Les indices les plus utilisés sont ceux de Simpson et de Shannon et Weaver, ce dernier a été retenu pour déterminer le niveau de diversité des taxons de nématodes identifiés au niveau de chaque station, il se calcul par l'expression:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

où (pi):est la proportion de l'échantillon représenté par l'espèce i
 (pi) = ni/N avec ni: le nombre d'individus de l'espèce i
 (N): le nombre total des individus

2.4.1.3. L'indice d'équitabilité

L'équitabilité est définie comme étant le rapport entre la diversité calculée et la diversité potentielle [172]. Elle est donnée par la formule où

$$J = H' / H \max$$

H' est l'indice de diversité de Shannon et **H max** représente la diversité maximum pouvant être obtenue dans l'échantillon; **H max**=log₂(**S**), dont **S** est la richesse totale des espèces présentes dans l'échantillon.

Une valeur **J** égale à 0 indique une composition spécifique dominée par un petit nombre d'espèces alors qu'une valeur de 1 indique que toutes les espèces sont représentées par un même nombre d'individus.

2.4.1.4. La richesse totale (RS)

La richesse totale (S) se définit comme le nombre d'unités systématiques présentes dans un écosystème donné, par exemple le nombre d'espèces dans un biotope [173]. De plus, en raison de sa simplicité et de la façon intuitive dont elle est utilisée pour décrire la diversité des communautés [174,175]. Elle constitue la variable élémentaire de nombreux modèles écologiques [176].

2.4.1.5. L'indice de Maturité (IM)

L'un des paramètres potentiel pour mesurer l'impact des perturbations et de surveiller les changements dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes agricoles est l'indice de maturité appliqué aux nématodes [13].

L'indice de Maturité (IM) est représenté par les valeurs des ($c-p$) colonisateur-persistant des taxons de nématodes. Ces valeurs s'étendent d'un colonisateur ($c-p=1$) à un persistant ($c-p=5$). Elles sont en relation avec les caractéristiques biologiques qui sont associées aux Stratégie « r » et « K ». Les nématodes à ($c-p = 1$) sont des « r » stratégies ou des colonisateur, avec une courte durée de cycle de vie, et une fécondité élevée. Les nématodes colonisateurs abondent avec l'enrichissement du sol (fertilisation organique). Ceux avec ($c-p = 5$) sont de « K » stratégie ou persistants. Ils ont un cycle de vie long et une faible fécondité et apparaissent généralement plus tard dans la succession (chaîne trophique). Ils sont très sensible à divers stress [60, 98].

L'indice de Maturité utilisé dans notre étude est celui appliqué aux nématodes phytophages [13].

L'indice de Maturité se calcul par l'expression

$$IM = \sum v_i \cdot p_i$$

(v_i) sont les valeurs des indices $c-p$ rangées entre 1 à 5 pour chaque taxon "i", (p_i) = n_i/N avec (n_i): le nombre d'individus du taxon "i"

(N): le nombre total des individus.

2.4.1.6. Indice de Wasilewska

Cet indice (IW) a été proposé par [177]. Il représente le rapport entre les différents groupes trophiques. Il est proposé pour décrire l'effet positif ou négatif des nématodes sur la productivité primaire ou sur le stade de décomposition. Cet indice s'exprime comme suit

$$WI = (NF + NB) / NP$$

NF: Nématodes Fungivores

NB: Nématodes Bactérovores

NP: Nématodes Phytophages

2.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 7.0, SPSS 1997)

Ce type d'analyse est appliqué afin d'émaner si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions étudiées. Il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (GLM).

2.3. Comparaison des pentes au modèle Motomura (1932)

Pour explorer la différence de diversité des nématodes dans les différentes wilayas des diagrammes de Rang – Abondance ont été tracés en classant les espèces par ordre d'abondance décroissant. Les rangs des espèces sont portés en abscisses et leurs abondances en ordonnées avec une échelle logarithmique. Ces diagrammes sont comparés au modèle Motomura: $(N) aR + b$, où N est la quantité (valeurs logarithmique) rassemblé pour une variable et R est la pente [178]. Les comparaisons des pentes de la diversité des nématodes dans les wilayas prospectés ont été faites en utilisant la procédure décrite dans PAST vers 1.81 [179]. Brièvement, les analyses de covariance ont été conduites en considérant les pentes comme moyennes et les carrés des erreurs standards des valeurs x comme les variances. La probabilité correspondante est calculée avec le test de Bartlett.

2.4. Corrélations-régressions (PAST, ver. 1.81) et Excel™)

Lorsque 2 variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient r de Pearson et en conditions non paramétriques, du coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif.

Pour enlever l'effet d'une variable quantitative C corrélée à une variable d'intérêt V, on calcule l'équation de la droite de régression ($y = ax + b$) puis les résidus de cette régression. Ces résidus sont calculés en retranchant les valeurs réelles (V_i) de la variable d'intérêt aux valeurs prédites par l'équation de la droite. On a donc: $\text{Résidu}(i) = V_i - (aC_i + b)$. Dans le présent travail, l'analyse a concerné la relation entre les caractéristiques physico-chimiques du sol et les groupes fonctionnels des nématodes d'une part et les nématodes phytophages d'autre part.

2.4.5. L'analyse en composantes principales (ACP)

Les corrélations existantes entre les pratiques culturales et les nématodes phytophages sont mises en évidence par l'analyse en composantes principales (ACP). Le principe de cette analyse est de représenter un phénomène multidimensionnel par un graphique à deux ou plusieurs dimensions.

La classification hiérarchique des facteurs lignes ou colonnes se fait en considérant les coordonnées sur premiers axes, de telle sorte qu'au moins 50 % de la variance cumulée soit observée. Deux mesures de distances ont été prises en compte: la distance euclidienne des points avec le logiciel PAST (PALaeontological STatistics, ver. 1.81). L'interprétation de l'ACP se fait à partir de l'examen du cercle des corrélations et de la position du statut des variables sur les axes factoriels [180].

CHAPITRE 3

RESULTATS ET DISCUSSION

3.1.Evaluation Globale de la diversité et la structure des nématodes dans les sols maraîchers.

3.1.1.Composition taxonomique du peuplement des nématodes

Les analyses nématologiques des 143 échantillons prélevés dans les sols maraîchers révèlent la présence de (24) espèces de nématodes (Tableau III.1). Selon la classification de [157,158], les espèces de nématodes répertoriés appartiennent à 2 ordres (*Tylenchida* et *Dorylaimida*) et à 14 familles (Tableau (3.1)).

L'inventaire révèle que les espèces appartenant à l'ordre des *Tylenchida* abondent dans les sols maraîchers avec un taux de 95.69% du peuplement de nématodes identifié comparé à ceux de l'ordre des *Dorylaimida* qui sont très faiblement représenté (04.31%).

Les nématodes rencontrés sont répartis en 3 groupes fonctionnels.

1- Les nématodes phytophages on distingue:

- Les phytophages obligatoires comme «*Meloidogyne, Nématode à kyste, Pratylenchus, Rotylenchulus Paratylenchus, Tylenchorhynchus, Scutellonema, Trophurus, Helicotylenchus, Hoplolaimus, Amplimerlinus, Ditylenchus, Pratylenchoïdes, Xiphinema et Paratrichodorus*».
- Les phytophages facultatifs comme «*Psilenchus, Tylenchus, Coslenchus, Aphelenchoïdes et Aphelenchus*».

2- Les nématodes fongivores sont représentés par les espèces des genres «*Ditylenchus, Aphelenchus, Aphelenchoïdes et Tylenchus*».

3- Les nématodes libres du sol non identifiés incluent les nématodes prédateurs – omnivores et en grande partie les nématodes bactérivores.

Tableau 3.1: Inventaire des espèces de nématodes dans les sols maraîchers.

Ordre	Familles	Genres	Groupes				
			Trophiques	c-p			
<i>Tylenchida</i>	<i>Aphelenchoididae</i>	<i>Aphelenchoides sp</i> Fischer, 1894	2, 1b ou 1e	2			
	<i>Aphelenchidae</i>	<i>Aphelenchus sp</i> Bastian, 1865	2 ou 1e	2			
	<i>Anguinidae</i>	<i>Ditylenchus sp</i> Filipjev, 1936	2, ou 1b	2			
	<i>Tylenchidae</i>		<i>Tylenchus sp1</i> Bastian, 1865	2 ou 1e	2		
			<i>Tylenchus sp2</i> Bastian, 1865	2 ou 1e	2		
			<i>Tylenchus sp3</i> Bastian, 1865	2 ou 1e	2		
			<i>Coslenchus sp</i> Siddiqi, 1978	1e	2		
	<i>Hoplolaimidae</i>		<i>Helicotylenchus sp</i> Steiner, 1945	1c	3		
			<i>Hoplolaimus sp</i> Daday, 1905	1c	3		
			<i>Scutellonema sp</i> Andrassy, 1958	1c	3		
			<i>Rotylenchulus sp</i> Linford et Oliveira, 1940	1a	3		
	<i>Meloidogynidae</i>		<i>Meloidogyne sp</i> Goeldi, 1892	1a	3		
	<i>Heterodoridae</i>		Nématode à Kyste	1a	3		
	<i>Pratylenchidae</i>		<i>Pratylenchus sp</i> Filipjev, 1936	1b	3		
			<i>Pratylenchoides sp</i> Winslow, 1958	1b	3		
			<i>Belonolaimidae</i>		<i>Tylenchorhynchus sp1</i> Cobb, 1913	1d	3
					<i>Tylenchorhynchus sp2</i> Cobb, 1913	1d	3
	<i>Paratylenchidae</i>		<i>Amplimerlinus sp</i> Siddiqi, 1976	1d	3		
			<i>Trophurus sp</i> Loof, 1956	1d	3		
			<i>Paratylenchus sp1</i> Micoletzky, 1922	1d	2		
<i>Paratylenchus sp2</i> Micoletzky, 1922			1d	2			
<i>Psilenchidae</i>		<i>Psilenchus sp</i> de Man, 1921	1e	2			
<i>Dorylaimida</i>	<i>Trichodoridae</i>	<i>Paratrachodoros sp</i> Siddiqi, 1974	1d	4			
	<i>Longidoridae</i>	<i>Xiphinema sp</i> Cobb, 1913	1d	5			

Groupes Trophiques: (2): fongivores; (1): phytophages; (a): sédentaire; b): endoparasite migrateur ; (c): semi endoparasite; (d): ectoparasite; (e): poils absorbant et cellule épidermique. **c-p:** Indice de colonisateur- persistant.

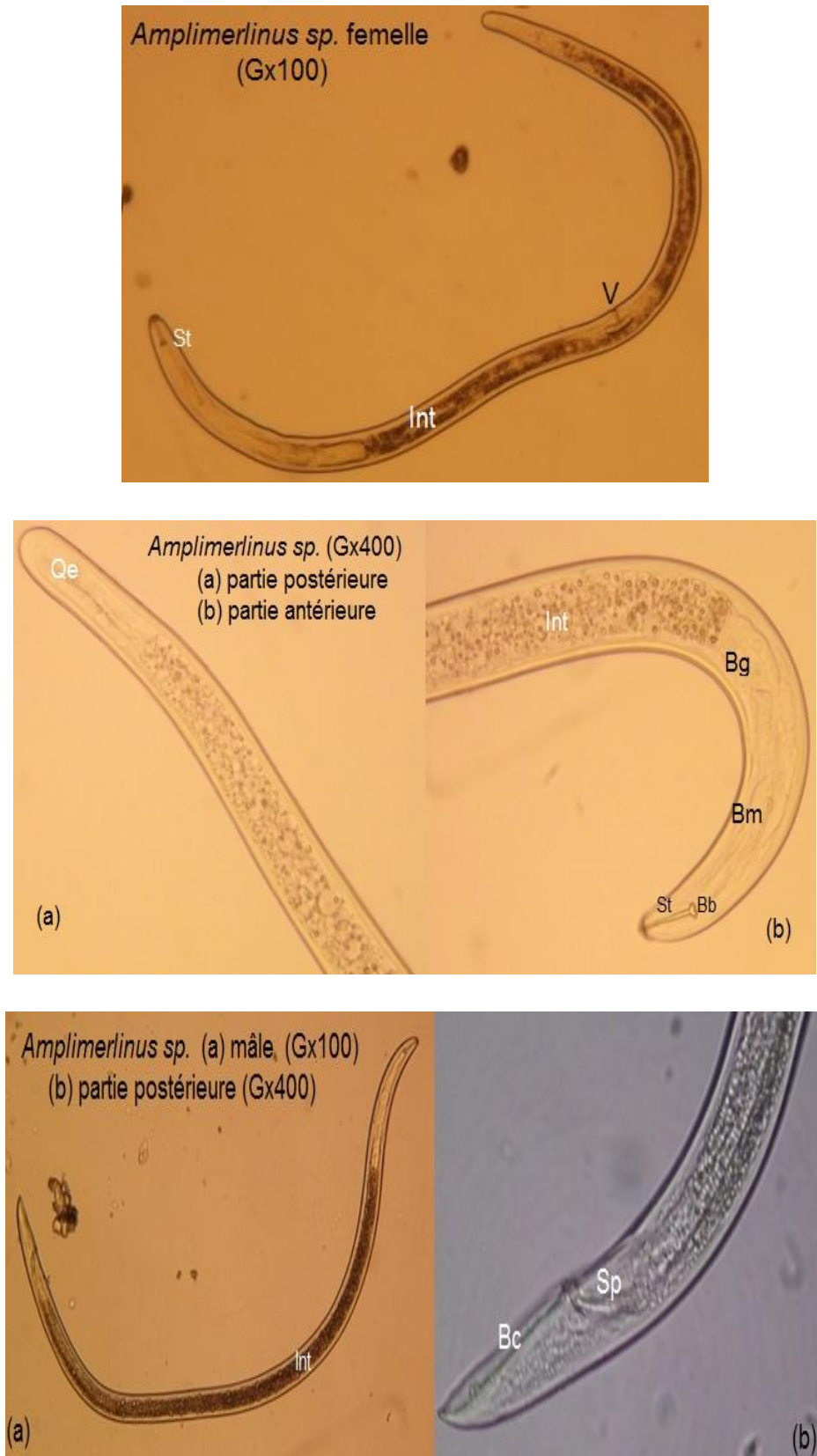


Figure 3.1: Morphologie d'*Amplimerlinus sp.*(Personnel)

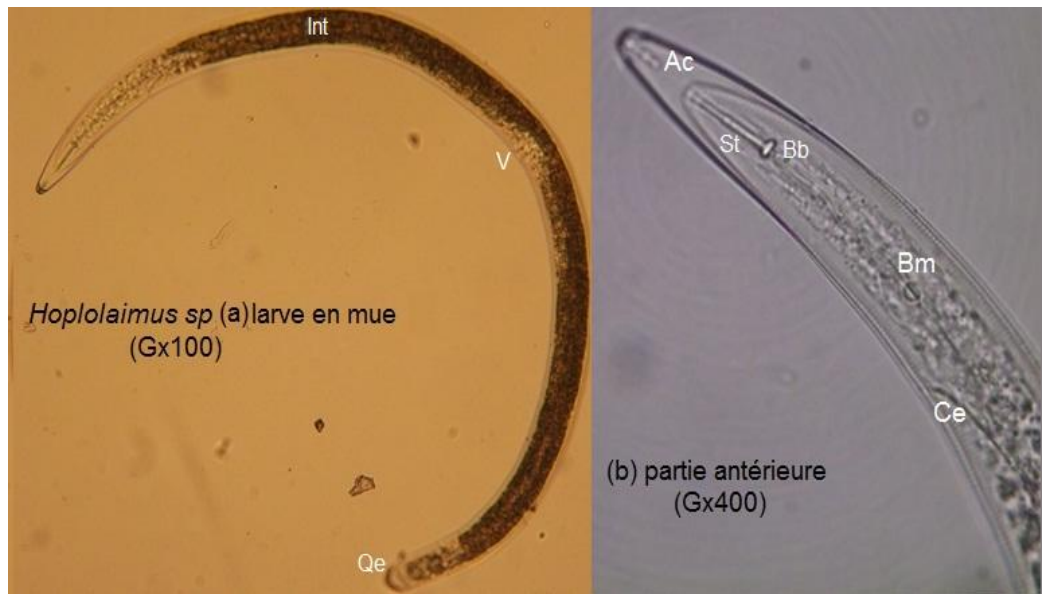


Figure 3.2: Morphologie de *Hoplolaimus sp.* (Personnel)

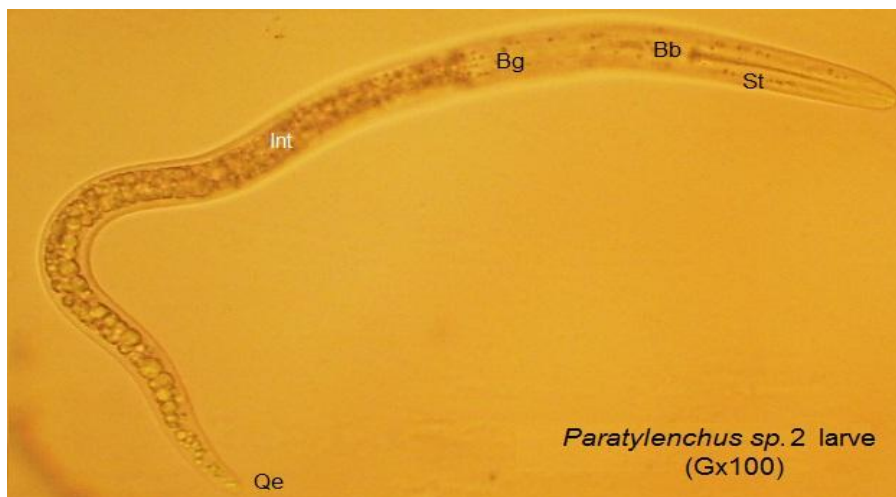
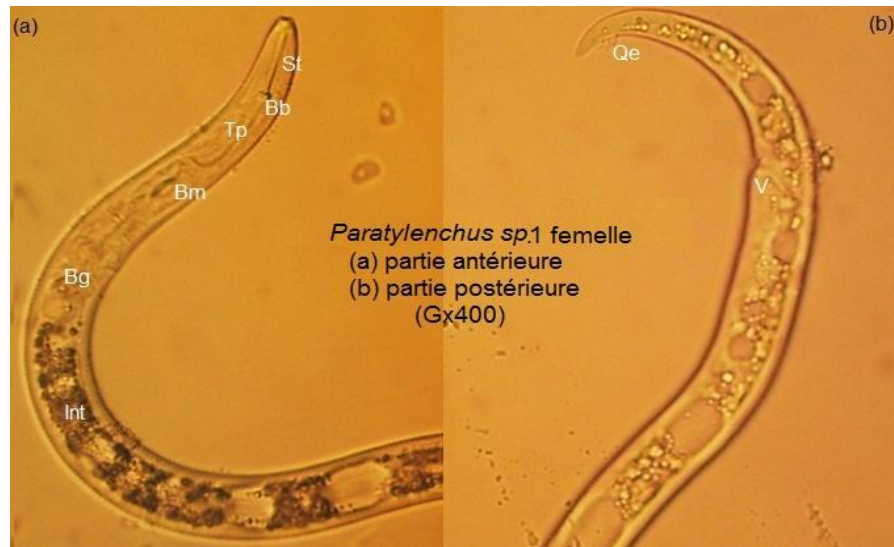


Figure 3.3: Morphologie de *Paratylenchus sp 1* et 2 (Personnel)

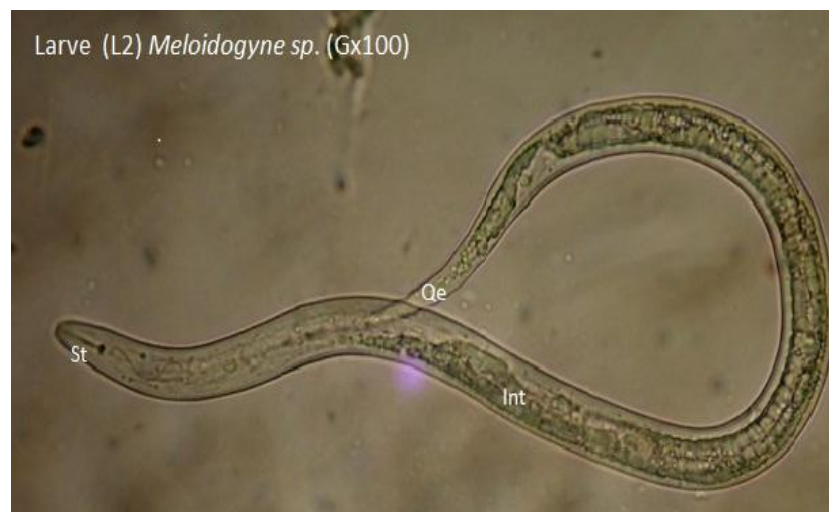
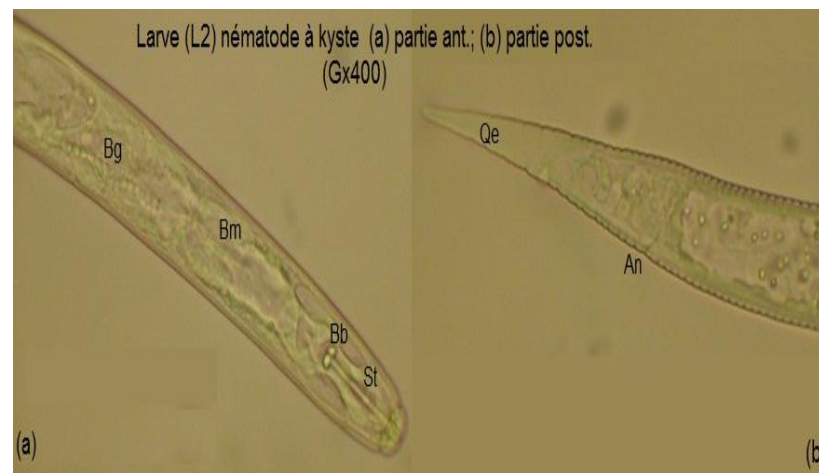
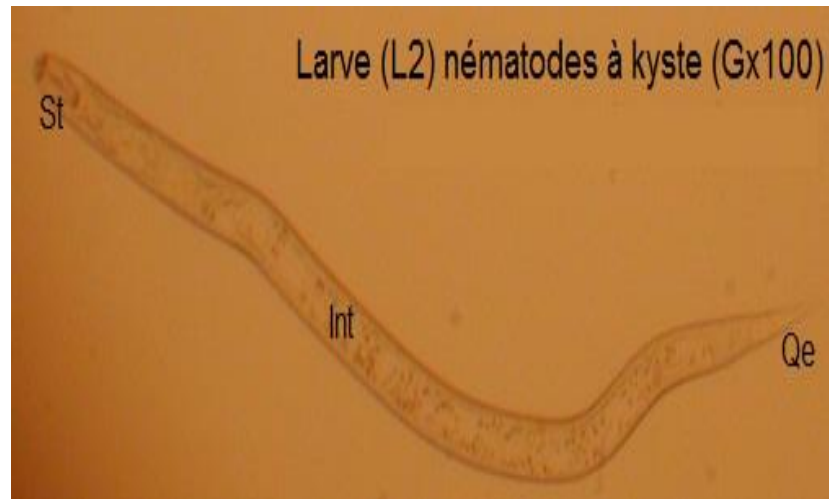


Figure 3.4: Morphologie de larves (L2) de nématodes à kyste et de *Meloidogyne* (Personnel)

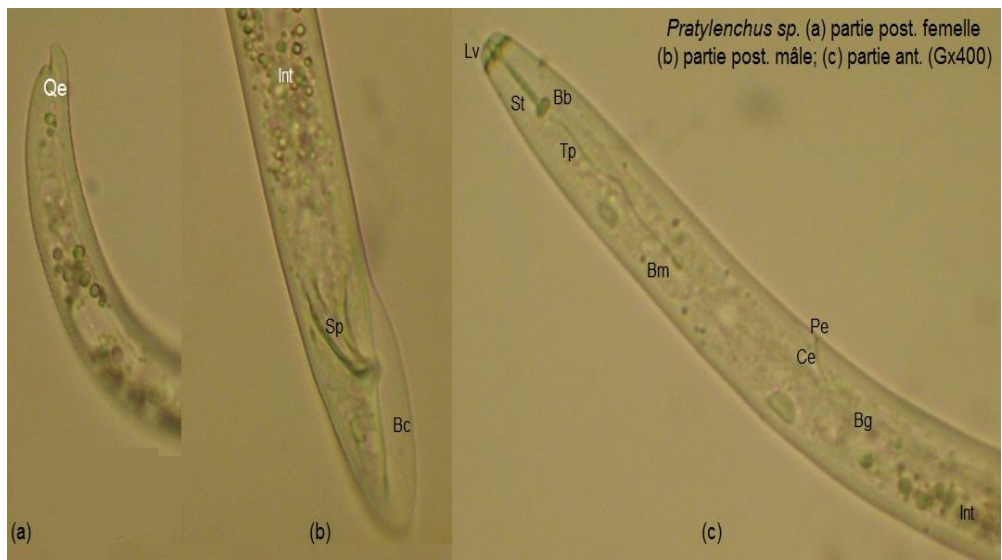


Figure 3.5: Morphologie de *Pratylenchus sp.* (Personnel)

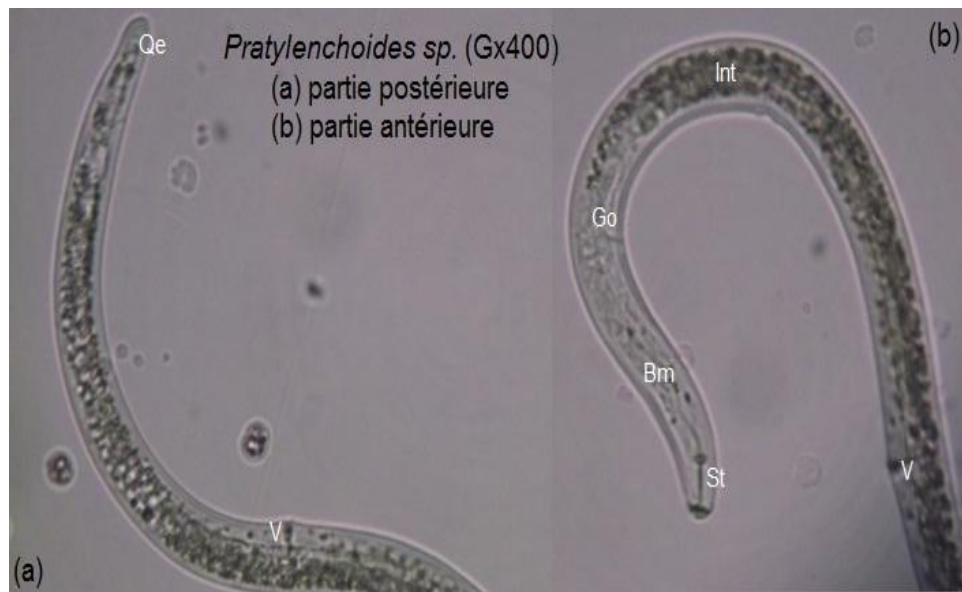


Figure 3.6: Morphologie de *Pratylenchoides sp.* (Personnel)

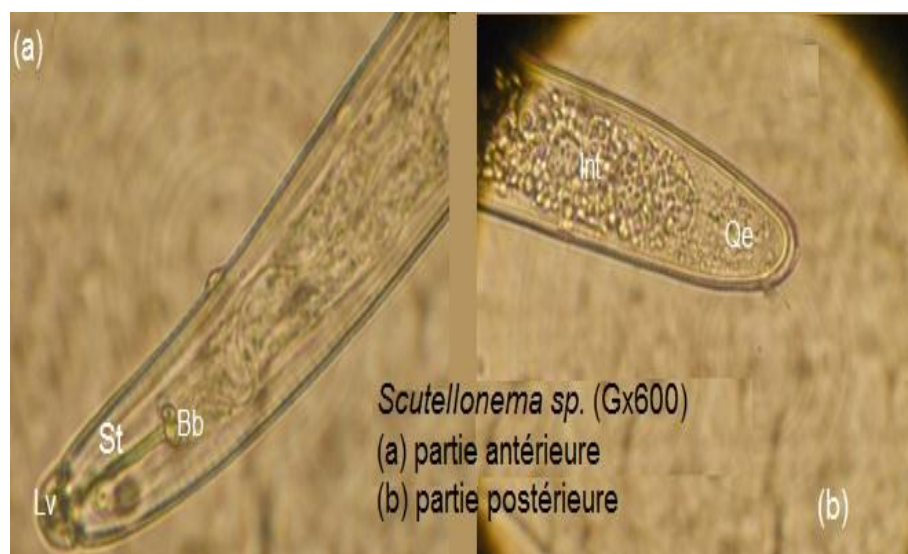
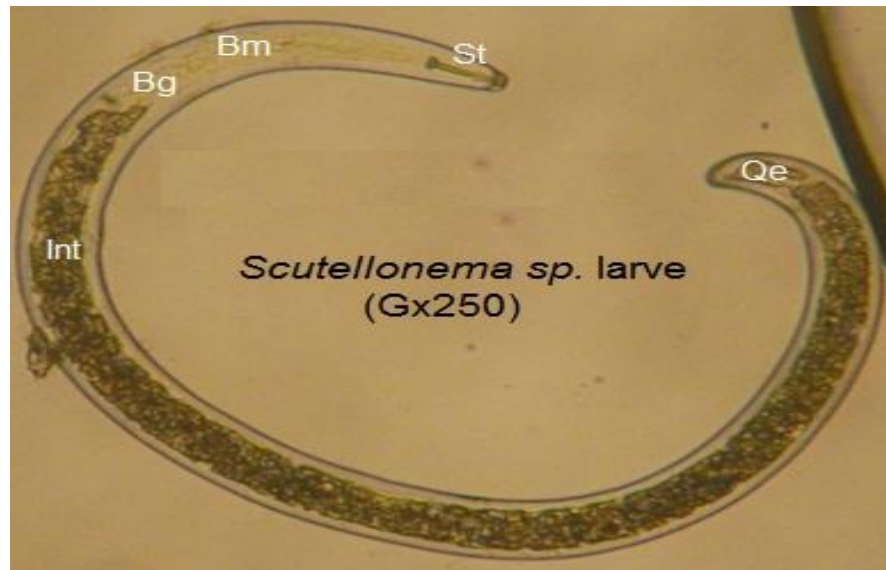


Figure 3.7: Morphologie de *Scutellonema sp.*(Personnel)

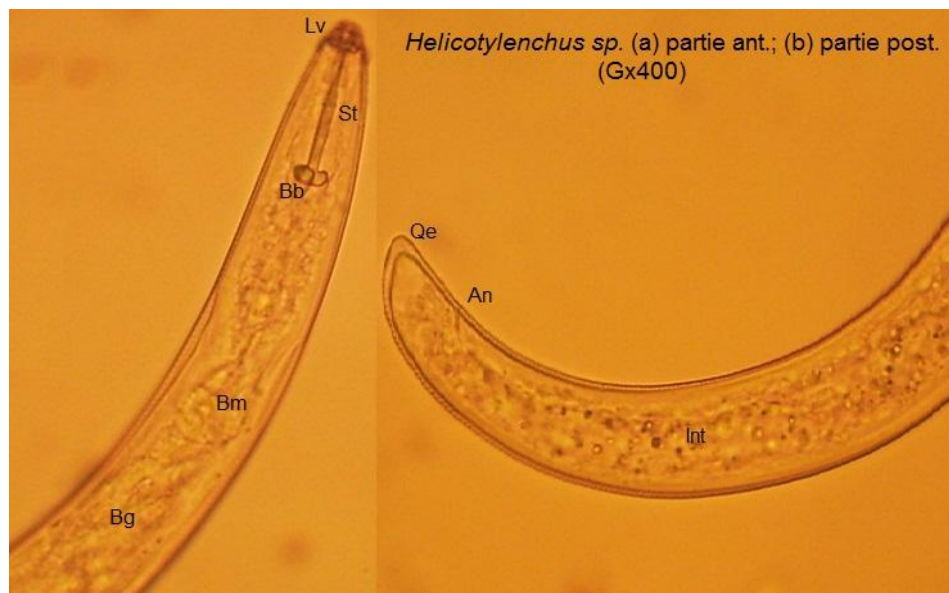
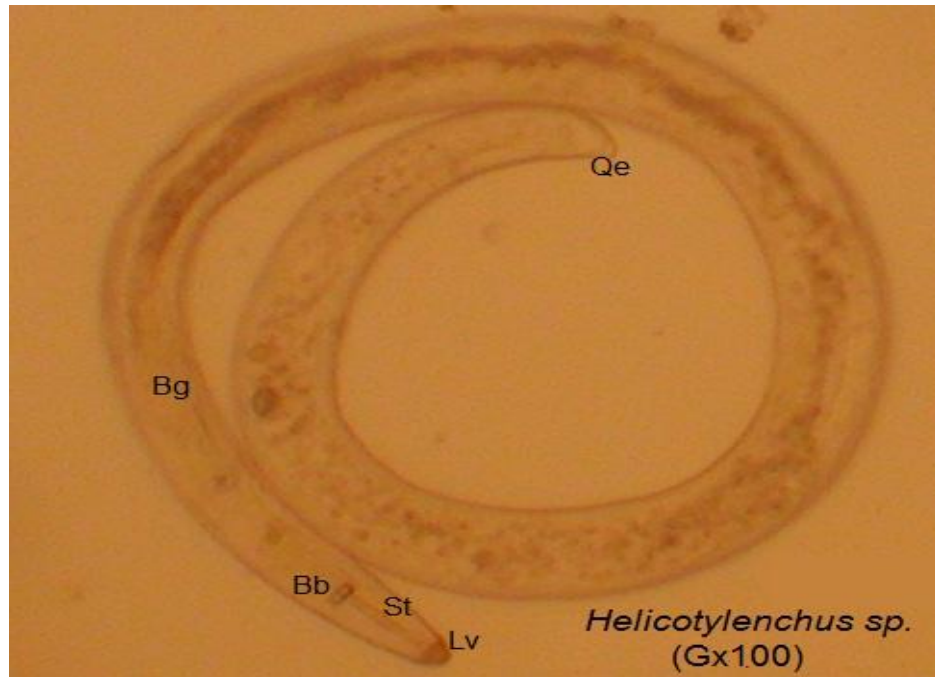


Figure 3.8: Morphologie de *Helicotylenchus* sp. (Personnel)

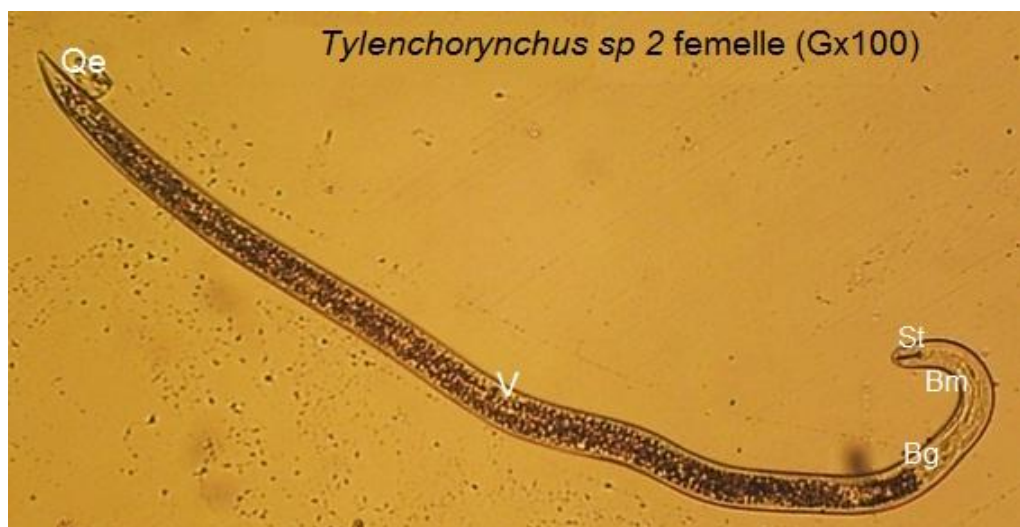
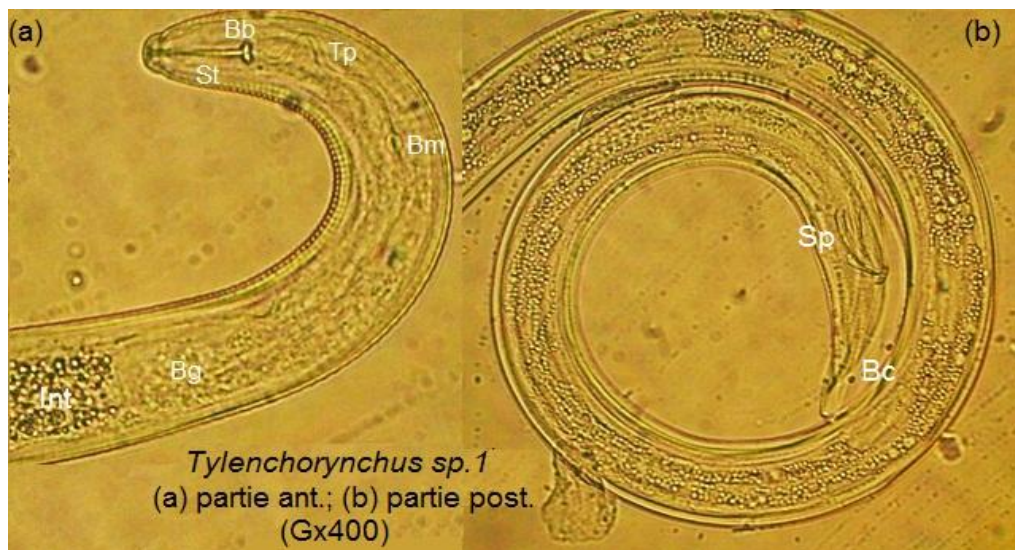
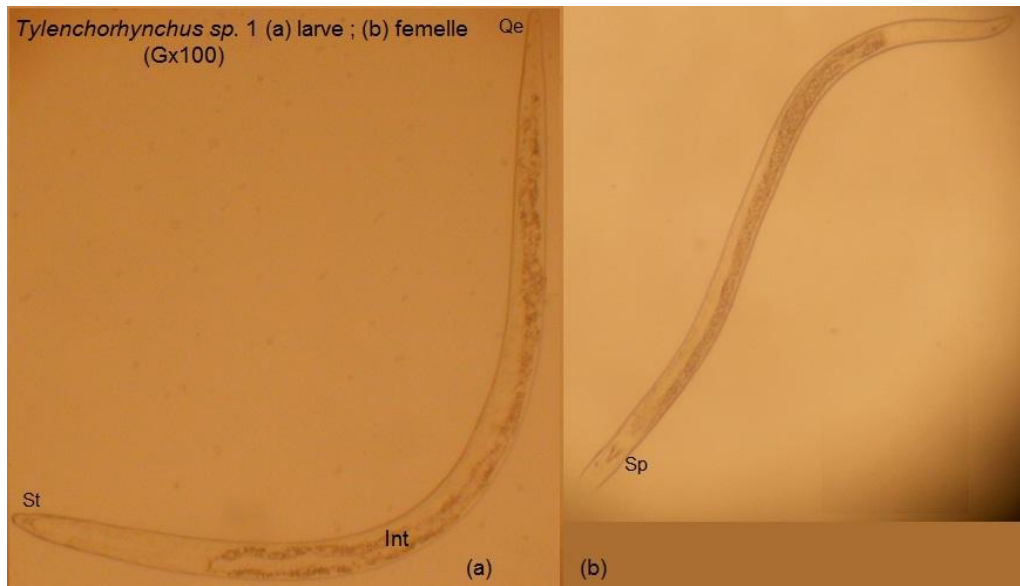


Figure 3.9. Morphologie de *Tylenchorhynchus sp.1* et 2 (Personnel)

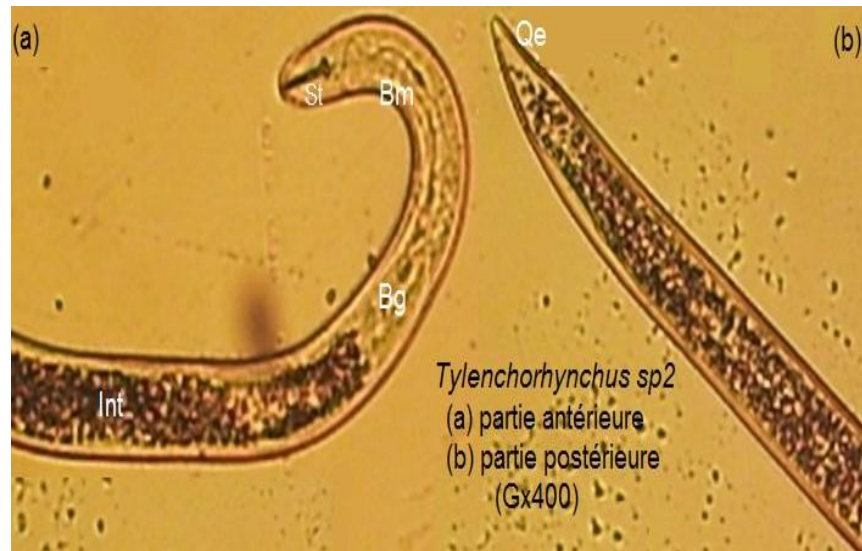


Figure 3.10. Morphologie de *Tylenchorhynchus sp. 2* (Personnel)

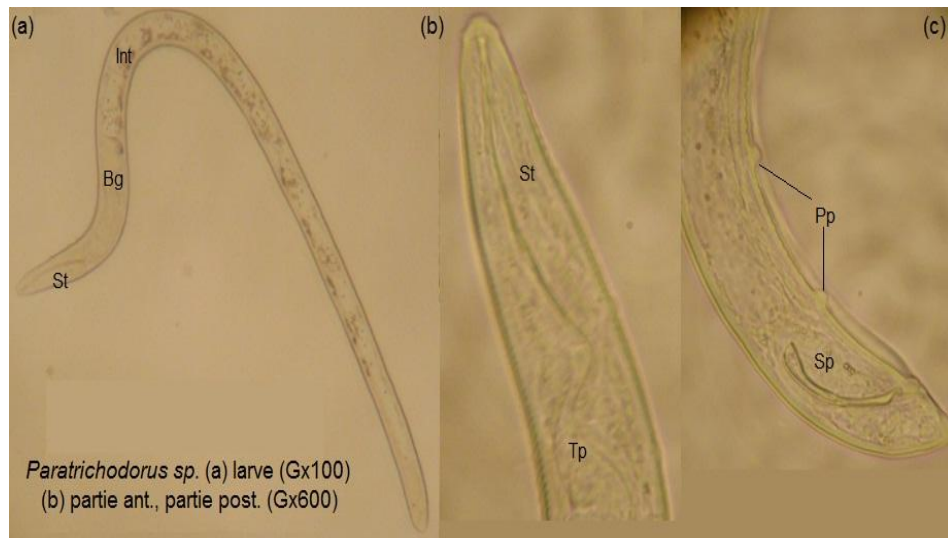


Figure 3.11: Morphologie de *Paratrichodorus sp.* (Personnel)

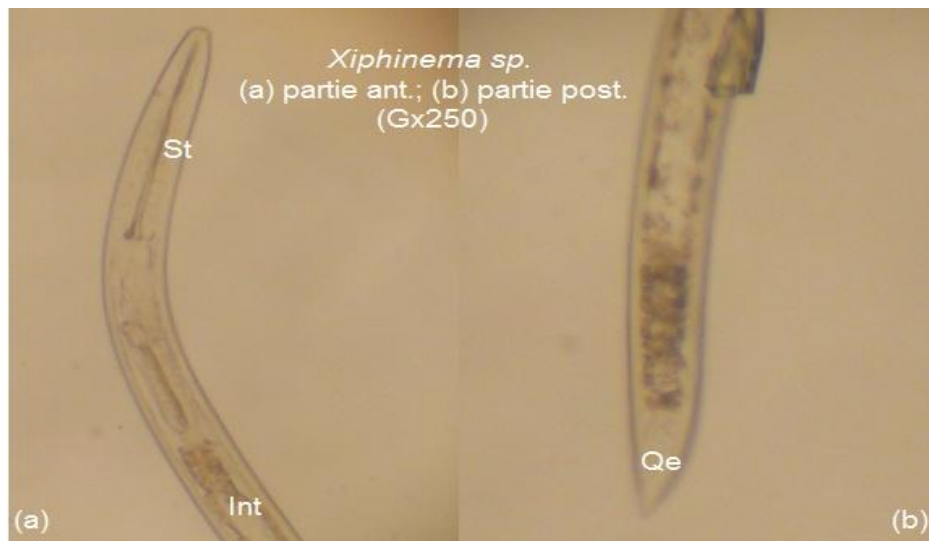
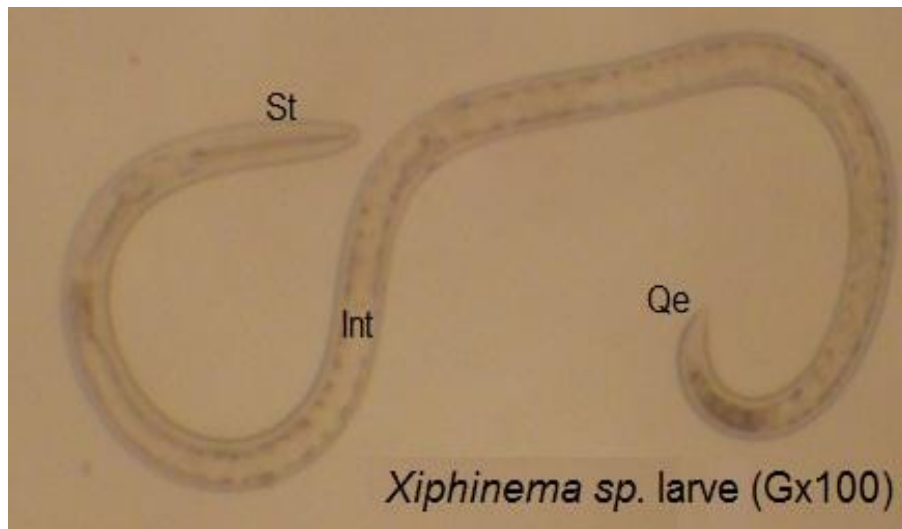


Figure 3.12: Morphologie de *Xiphinema sp.* (Personnel)

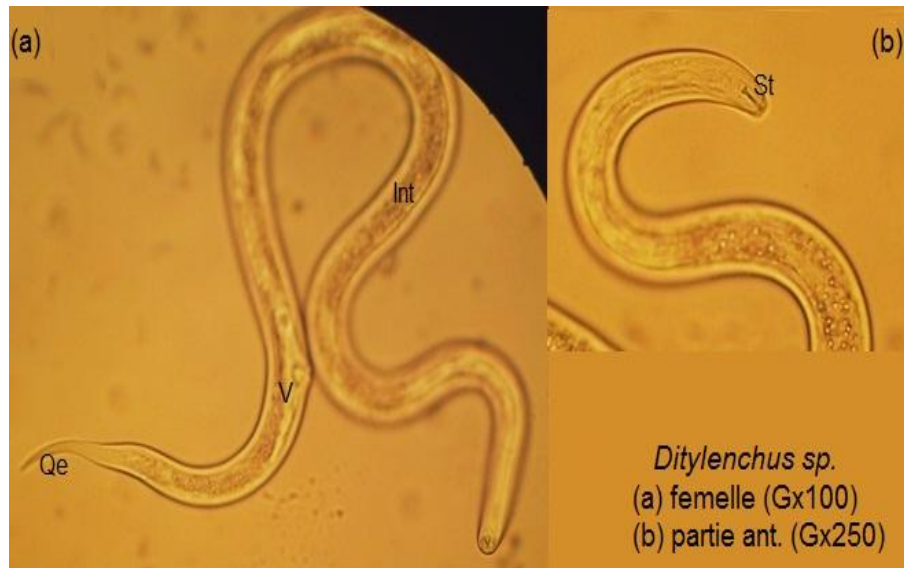


Figure 3.13: Morphologie de *Ditylenchus sp.* (Personnel)

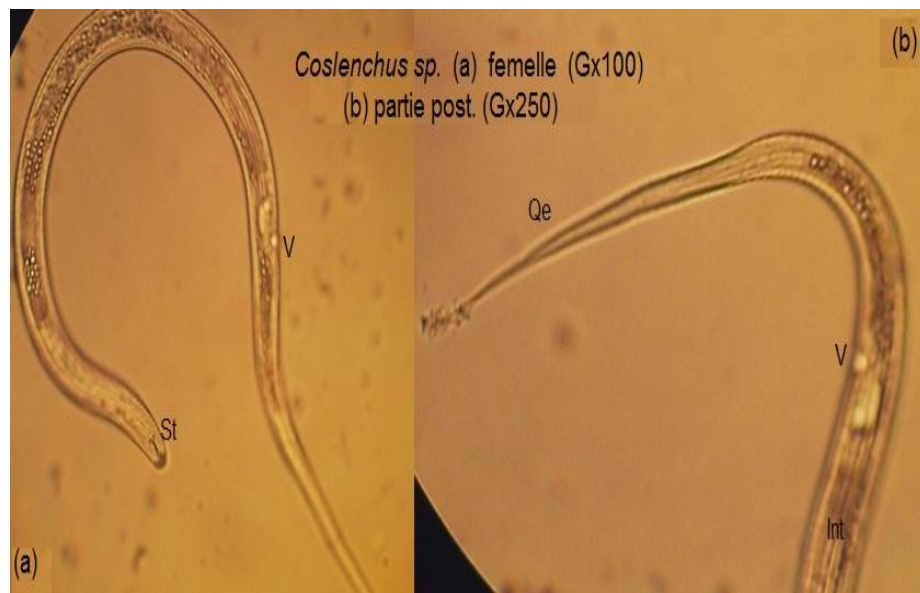


Figure 3.14: Morphologie de *Coslenchus sp.* (Personnel)

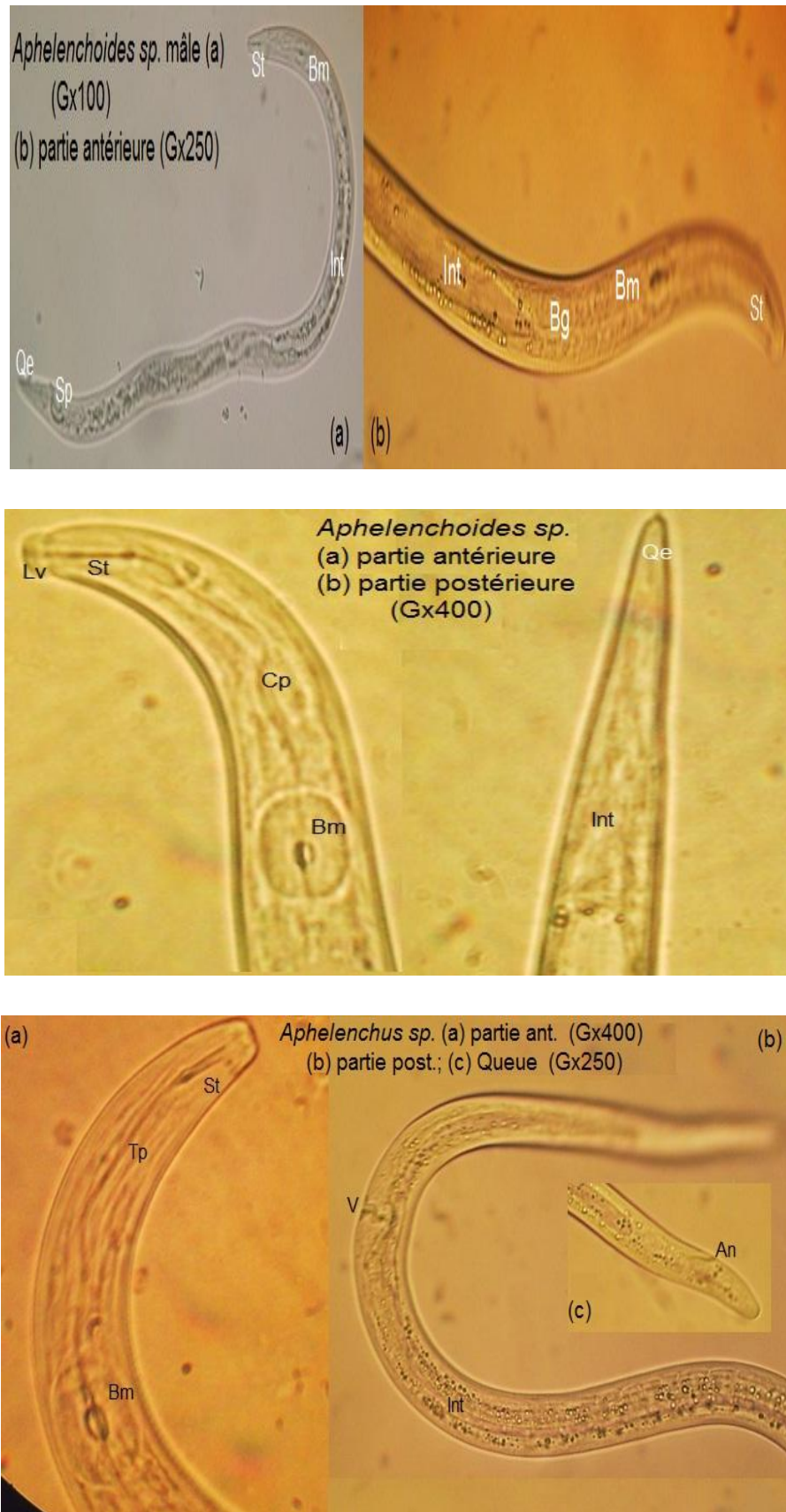


Figure 3.15: Morphologie d'*Aphelenchoides* et d'*Aphelenchus* (Personnel)

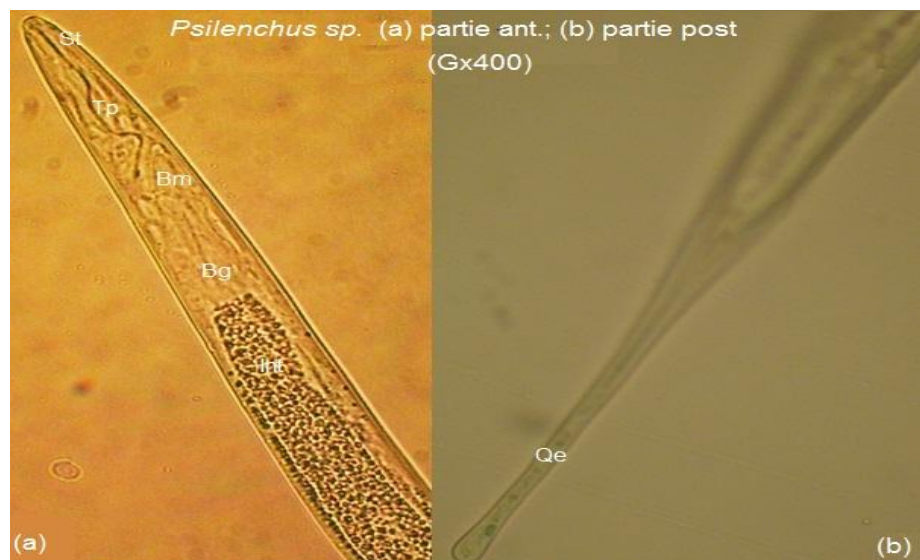
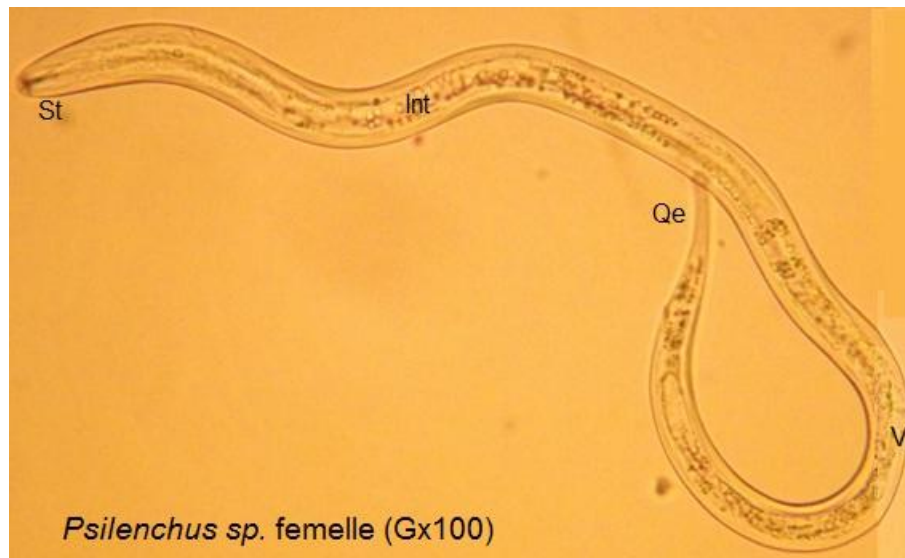


Figure 3.16: Morphologie de *Psilenchus* sp. (Personnel)

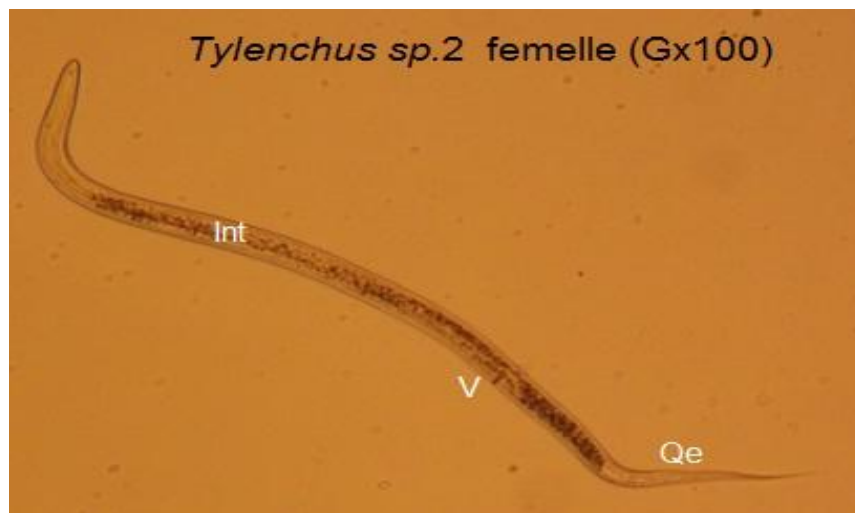
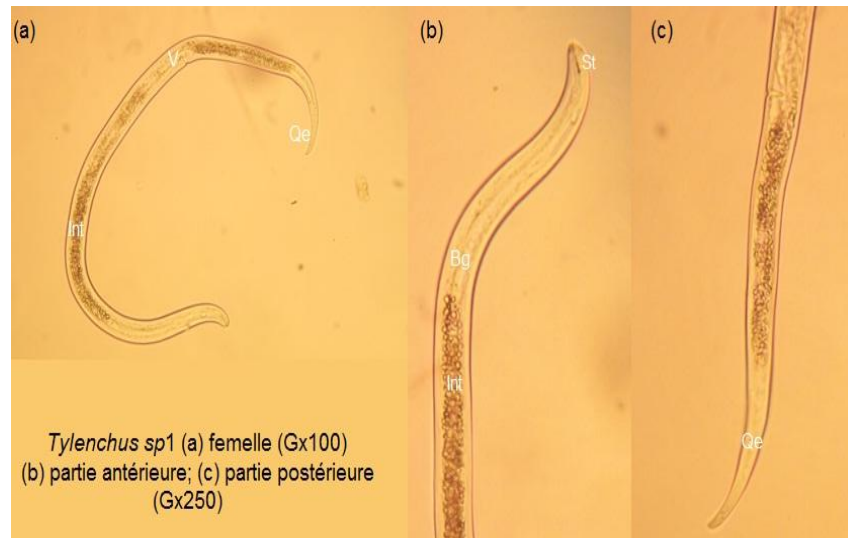


Figure 3.17: Morphologie de *Tylenchus sp1* et 2 (Personnel)

3.1.2. Répartition et structure globale des taxons de nématodes dans les sols maraîchers

Les abondances moyennes des espèces identifiées varient considérablement dans sols maraîchers (Figure 3.18). En effet, les genres *Rotylenchulus*, *Meloidogyne* et *Paratylenchus* pullulent sur ces spéculations. Leurs abondances moyennes respectives sont de 2280; 1780,7 et 1625,7 N/ dm³ de sol.

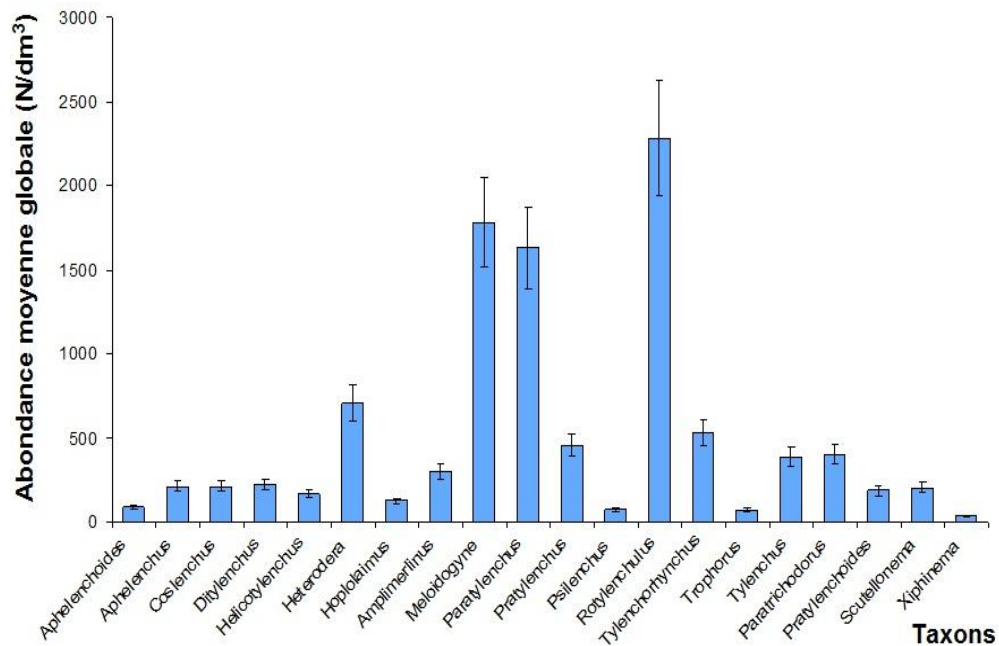


Figure 3.18: Répartition globales des taxons de nématodes dans les sols maraîchers.

En ce qui concerne, les taxons *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Coslenchus*, *Amplimerlinus*, *Scutellonema*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Paratrichodorus*, *Tylenchorhynchus* et *nématodes à kystes* leurs densités moyennes dépassent le seuil d'infestation établie par [170]. Elles oscillent entre 202 et 528 N/dm³ de sol. Par contre les nématodes du genre *Helicotylenchus*, *Aphelenchoïdes*, *Hoplolaimus*, *Psilenchus*, *Trophorus*, *Pratylenchoïdes* et *Xiphinema* sont faiblement représentés sur ce type de culture. Leurs abondances moyennes sont inférieures au seuil de nuisibilité (200 N/dm³).

L'application du diagramme fréquence-abondance [170] basé sur le calcul des abondances et fréquences des taxons considérés, révèle que les nématodes identifiés se classent en trois groupes (Figure 3.19).

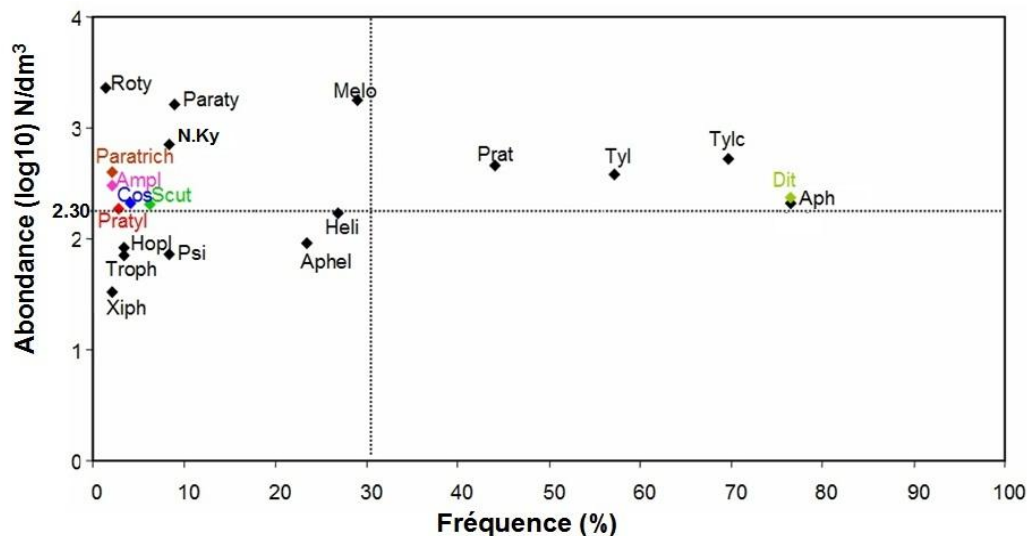


Figure 3.19: Structure des nématodes identifiés dans les sols maraîchers

Ampl: *Amplimerlinus*; **Aph:** *Aphelenchus*; **Aphel:** *Aphelenchoides*; **Cos:** *Coslenchus*; **Dit:** *Ditylenchus*; **Heli:** *Helicotylenchus*; **N.Ky:** nématode à kystes; **Hopl:** *Hoplolaimus*; **Melo:** *Meloidogyne*; **Parat:** *Paratylenchus*; **Pratyl:** *Pratylenchoides*; **Paratr:** *Paratrichodorus*; **Prat:** *Pratylenchus*; **Psi:** *Psilenchus*; **Roty:** *Rotylenchulus*; **Scut:** *Scutellonema*; **Troph:** *Trophurus*; **Tyl:** *Tylenchus*; **Tylc:** *Tylenchorhynchus*; **Xiph:** *Xiphinema*.

➤ Les nématodes du premier groupe (nématodes placés en haut à gauche du diagramme), sont abondants et peu fréquents. Ils ont été rencontrés dans moins de 30% des sites prospectées. Ils sont représentés par *Rotylenchus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Scutellonema*, *Paratrichodorus*, *Amplimerlinus*, *Coslenchus* et nématode à kystes. Les nématodes de ce groupe abondent dans les sols maraîchers et sont susceptibles de provoquer des dégâts considérables cas du genre *Meloidogyne*. Toutefois, ils peuvent être limités par divers conditions notamment les facteurs édaphiques et climatiques qui pourraient expliquer leur faible fréquence.

➤ Les nématodes du second groupe (nématodes placés en haut à droite du diagramme), sont fréquents et abondants. Ils sont représentés par *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*, *Ditylenchus* et *Aphelenchus*. Certaines espèces de ce groupe sont considérées comme des parasites actifs des cultures maraîchères. Ils se multiplient rapidement sur ces spéculations et sont

susceptibles de causer des pertes de rendements importants telles que *Pratylenchus* et *Ditylenchus*.

➤ Les nématodes du quatrième groupe (nématodes placés à gauche en bas du diagramme), sont peu fréquent (rencontrés dans moins de 30 % des sites examinés) et leur densité est inférieure à 200N/ dm³ de sol (peu abondants). Ils sont représentés par: *Pratylenchoïdes*, *Hoplolaimus* *Aphelenchoïdes*, *Helicotylenchus*, *Trophurus*, *Psilenchus* et *Xiphinema*. Ces nématodes sont des parasites mineurs. Leur parasitisme sur les cultures maraîchères semble moins important que pour les deux premiers groupes. Ces espèces sont observées que rarement et en nombre trop faible pour avoir une importance économique quelconque.

3.1.3. Distribution globale des groupes trophique dans les sols maraîchers

Les résultats obtenus (Figure 3.20) montrent des variabilités dans les abondances moyennes des groupes trophiques dans stations maraîchères prospectées. En effet, la dominance des nématodes libres est enregistrée dans les sols de ces cultures comparée aux 2 autres groupes. Leur abondance moyenne relative est de 62.4%.

Les nématodes phytoparasites représentent 27% de la nématofaune rencontrée. Par contre, le groupe des fongivores est faiblement signalé. Il frôle les 10% de la faune nématologique.

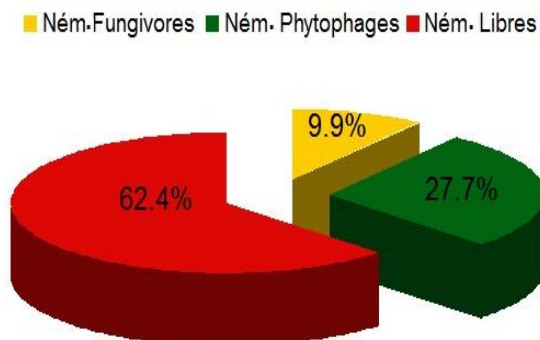


Figure 3.20: Distribution des groupes trophique sur les cultures maraîchères

3.2. Diversité et structure des nématodes en fonction des secteurs biogéographiques.

3.2.1. Variation des abondances moyennes (N/dm³) de la nématofaune.

L'abondance moyenne de la nématofaune varie selon les secteurs biogéographiques. Les résultats représentés par la figure (3.21) montrent que la densité des nématodes la plus élevée est enregistrée dans le secteur Saharien (11047,1N/dm³). Par ailleurs, dans les stations nord du pays, le secteur Algérois et le Numidien affiche des abondances moyennes plus importantes (3468 et 3299,52 N/dm³) que le secteur Oranais (1935 N/dm³).

Dans les stations des Hauts plateaux la densité moyenne globale des nématodes est de 2154,76 N/dm³.

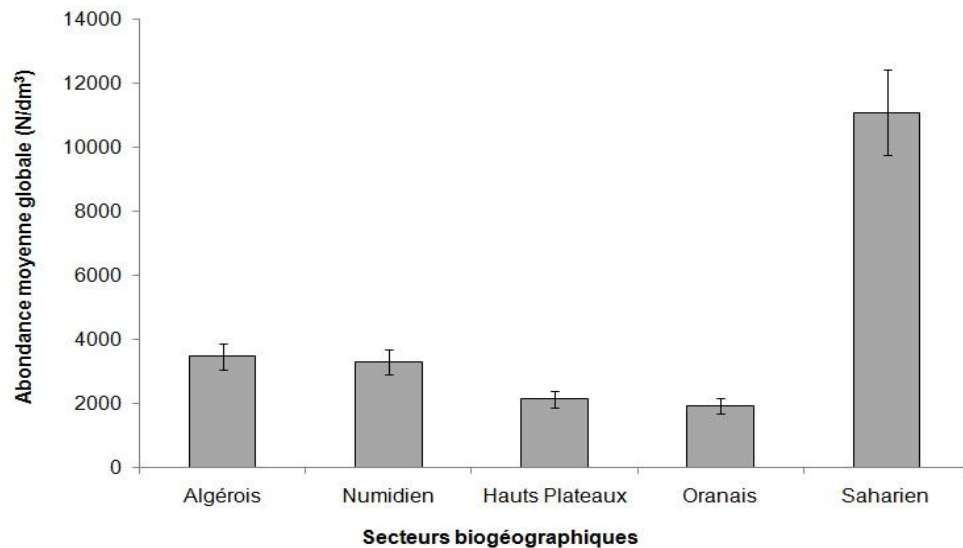


Figure 3.21: Abondance moyenne de la nématofaune dans les différents secteurs

L'application de l'analyse statistique (ANOVA) aux résultats obtenus révèle une différence très hautement significative ($p=0,000$; $p<0,05$) dans les secteurs biogéographiques (Tableau 3.2 et Figure 3.22).

Tableau 3.2 Répartition des abondances moyennes globales des nématodes en fonction des secteurs biogéographiques

Source	Somme des carrés	DD L	Moyenne carré	F-ratio	P
Sec. biogéographiques	$1,64887 \cdot 10^9$	4	$4,12216 \cdot 10^8$	6,270	0.000
Erreur	$9,07268 \cdot 10^9$	138	$6,57441 \cdot 10^7$		

La figure (3.22), affirme que les abondances moyennes des nématodes les plus importantes sont signalées dans le secteur Saharien. Les plus faibles sont celles des secteurs oranais et des Hauts plateaux.

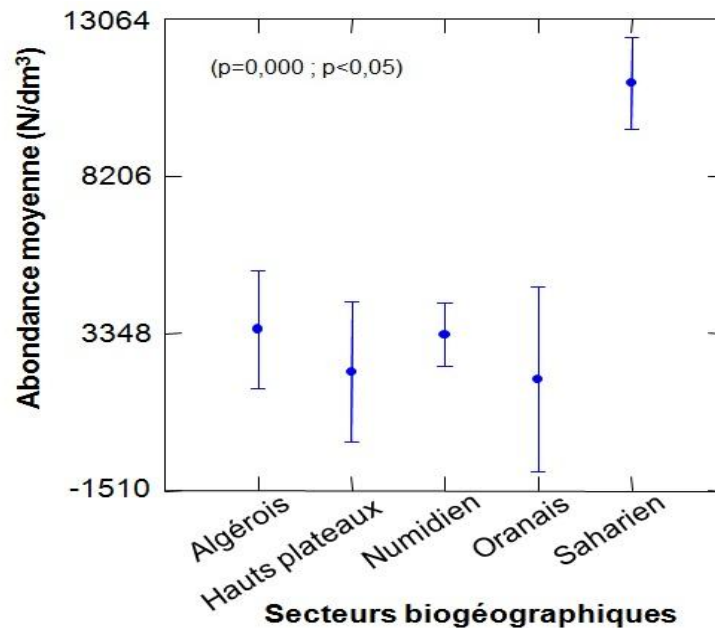


Figure 3.22: Variation des abondances moyennes des nématodes selon les secteurs

3.2.2. Variation des groupes trophiques dans les différents secteurs

L'analyse des résultats (Figure 3.23) révèle que les populations des groupes fonctionnels varient selon les secteurs biogéographiques. En général, le groupe des nématodes bactérivores abonde dans les différents secteurs à l'exception de celui Numidien où il est dépassé par le groupe des phytophages. L'abondance la plus élevée pour ce groupe (bactérivore) est signalée dans le secteur Saharien avec 8566,5N/dm³. Dans les secteurs Nord (Algérois, Numidien, Oranais et Haut plateaux) les effectifs moyens sont respectivement de 2138; 1607,35, 1217,5 et 1184 N/dm³.

Quand au groupe des phytophages, les densités moyennes les plus importantes sont signalées dans les stations sahariennes (2507,58 N/dm³). Toutefois, pour les secteurs Nord le Numidien affiche une population de phytophage élevée (1692,17 N/dm³) comparé à l'Algérois (1330 N/dm³). Alors que les secteurs Oranais et les hauts plateaux ont montré de faibles pullulations pour ce groupe. Les abondances moyennes respectives sont de 905 et 970,71 N/dm³.

Comparé aux deux groupes trophiques sus-citées, les nématodes fongivores sont très faiblement représentés dans les secteurs. Toutefois, des densités élevées sont observées dans les secteurs nord du pays. Les effectifs signalés oscillent entre (510 et 650 N/dm³), alors que pour le secteur Saharien nous enregistrons que 240,5N/dm³ de sol.

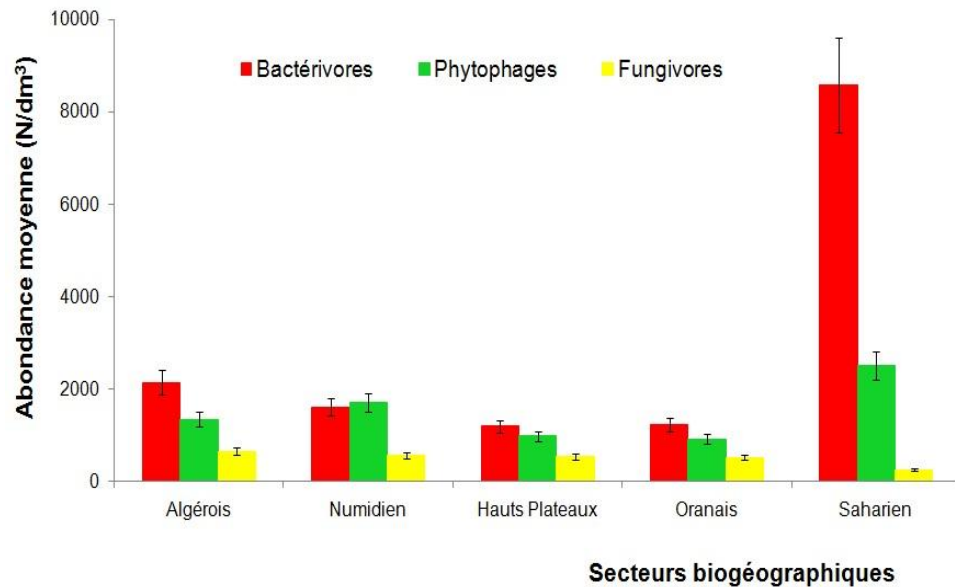


Figure 3.23: Variation des groupes trophiques dans les secteurs biogéographiques

Les résultats obtenus ont été confronté à une analyse de la variance (Tableau 3.3). Cette dernière a discernée des différences très hautement significative entre les secteurs biogéographiques et l'interaction (secteurs*groupes) ; la probabilité est ($p=0,000$; $p<0,05$). Alors que, la différence est très significative ($p=0,001$; $p <0,05$) entre les différents groupes trophiques.

Tableau 3.3: Répartition des abondances moyennes des groupes trophiques à travers l'analyse de la variance (ANOVA).

Source	Somme des carrés	DD L	Moyenne carré	F-ratio	P
Secteurs biogéographiques	$5.04834 \cdot 10^8$	4	$1.26208 \cdot 10^8$	7.037	0.000***
Groupes trophiques	$2.60054 \cdot 10^8$	2	$1.30027 \cdot 10^8$	7.250	0.001**
Secteurs*Groupes	$7.68436 \cdot 10^8$	8	$8.60545 \cdot 10^7$	5.356	0.000***
Erreur	$7,42530 \cdot 10^9$	414	$1.79355 \cdot 10^7$		

*** Différence très hautement significative ; ** Différence très significative

La figure (3.24) révèle que parmi les groupes fonctionnels, les nématodes libres (Bactérivores) abondent dans les stations des secteurs prospectés suivi par

les phytophages. Alors que les fongivores arborent les plus faibles densités. D'un point de vue secteur biogéographique, le Saharien s'avère le plus peuplé.

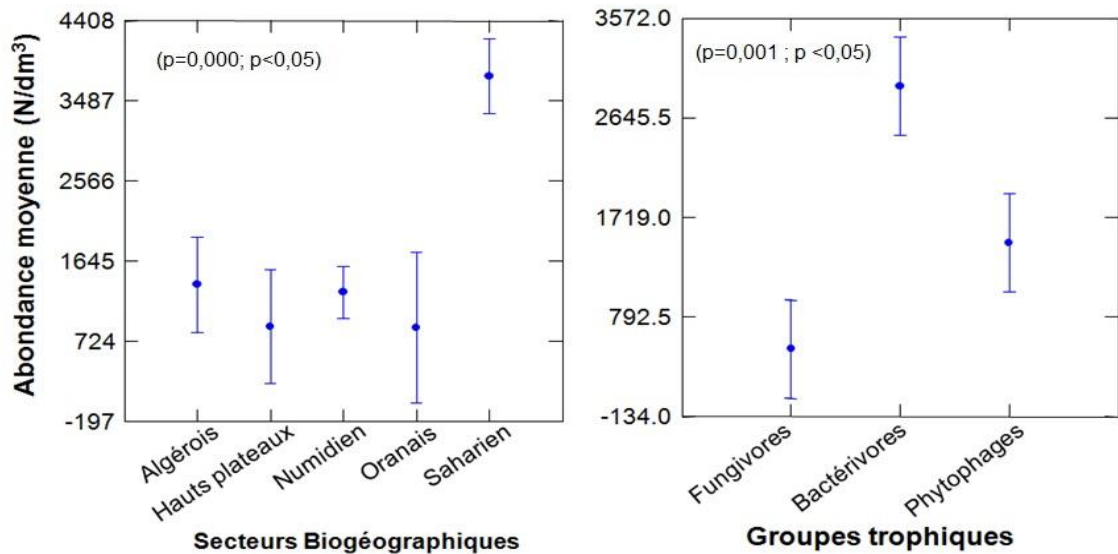


Figure 3.24: Distribution des groupes trophiques en fonction des secteurs biogéographiques.

Les interactions groupes fonctionnels*secteurs montrent des variabilités significatives de chaque groupe en fonction des secteurs biogéographiques (figure 3.25). En effet, les nématodes libres représentés par le groupe des bactérovores pullulent particulièrement dans les sols maraîchers des stations sahariennes. Dans les stations nord ce groupe abonde dans l'Algérois comparé aux autres secteurs.

Quand au groupe des phytophages des abondances moyennes élevées sont enregistrées dans les secteurs Saharien et Numidien.

En ce qui concerne les nématodes fongivores les mêmes tendances sont signalées dans les secteurs nord alors que les populations diminuent sensiblement dans le Saharien.

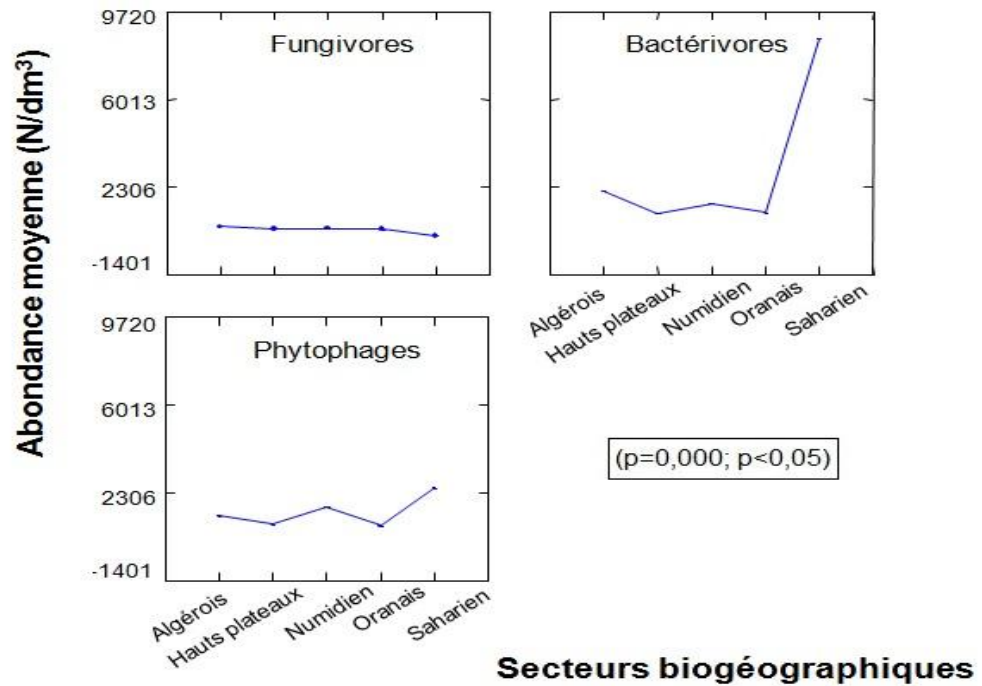


Figure 3.25: Interaction groupes trophiques secteurs biogéographique

3.2.3. Structure des nématodes identifiés en fonction des secteurs biogéographiques

La structure et la composition des nématodes identifiés dans les secteurs biogéographiques sont analysées selon le diagramme des fréquences abondances de [170].

Les différents diagrammes (figure 3.26) révèlent qu'en général les nématodes identifiés dans les secteurs se distribuent en 4 groupes; Abondant peu fréquent (en haut à gauche du diagramme), Abondant et fréquent (en haut à droite), fréquent peu abondant (en bas à droite du diagramme) et peu fréquent et peu abondant (en bas à gauche). A l'exception du secteur Oranais où nous enregistrons que 3 groupe avec l'absence du groupe (1) abondant et peu fréquent.

Dans le secteur Algérois les taxons qui abondent dans les sols maraîchers représentent 45,45% des nématodes identifiés. Les genres *Meloidogyne*, *Tylenchorhynchus* et *Aphelenchus* sont abondants et fréquents sur ces spéculations. Alors que les nématodes à Kystes et *Coslenchus* sont abondants mais peu fréquents dans ce secteur. Ils ont été signalés que dans quelques stations (moins de 30% des sites). En ce qui concerne *Pratylenchus* et

Ditylenchus sont fréquent dans les stations de l'Algérois mais peu abondant (groupe 3).

Pour le secteur Numidien nous avons identifié 16 taxons. Les nématodes abondant et peu fréquent (groupe 1) sont *Paratylenchus*, *Meloidogyne* et *Amplimerlinus*; les nématodes abondant et fréquent (2) (*Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus*); les nématodes fréquent et peu abondant (*Tylenchus*, *Aphelenchus* et *Aphelenchoides*) et les nématodes du genre *Pratylenchoides*, *Hoplolaimus*, *Psilenchus*, *Trophurus*, *Coslenchus* et les nématodes à kyste sont peu fréquent et peu abondant (groupe 4).

Les nématodes identifiés dans le secteur Oranais sont réparties en 3 groupes dont 75% sont peu abondants. Les genres *Tylenchorhynchus* et *Tylenchus* sont classés dans le groupe des abondants et fréquents. *Aphelenchus* et *Ditylenchus* sont des nématodes fréquent mais peu abondant. Alors que les nématodes peu abondant et peu fréquent sont représentés par les taxons *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Psilenchus* et *Xiphinema*.

Quant au secteur des Hauts plateaux les (10) taxons identifiés, sont répartis dans les 4 groupes du diagramme. Les nématodes abondants sont représentés par les nématodes à kystes, *Pratylenchus*, et *Ditylenchus*. Toutefois, d'un point de vue fréquence *Pratylenchus*, et *Ditylenchus* ont été signalé dans plus de 30% des stations comparé au nématode à kyste qui n'a été signalé que dans un seul site. Les autres nématodes sont classés soit dans le groupe 3 (*Tylenchorhynchus*, *Tylenchus* et *Aphelenchus*) ou dans le groupe 4 (*Aphelenchoides*, *Paratylenchus*, *Helicotylenchus* et *Psilenchus*).

Dans le secteur Saharien 14 taxons ont été identifiés sur les cultures maraîchères. Ils sont distribués dans les différents quadras du diagramme. Le genre *Meloidogyne* est très abondant et fréquent (groupe 2) dans les stations maraichères de ce secteur comparé à *Tylenchorhynchus*. Cependant les taxons *Rotylenchulus*, *Paratrichodorus*, *Scutellonema* et *Pratylenchoides* sont abondant mais peu fréquent (groupe 1). *Pratylenchus* et *Ditylenchus* sont peu abondant mais fréquents (groupe 3). Alors que les taxons *Aphelenchoides*, *Psilenchus*, *Coslenchus*, *Xiphinema* et *Tylenchus* sont peu abondants et peu fréquents (groupe 4).

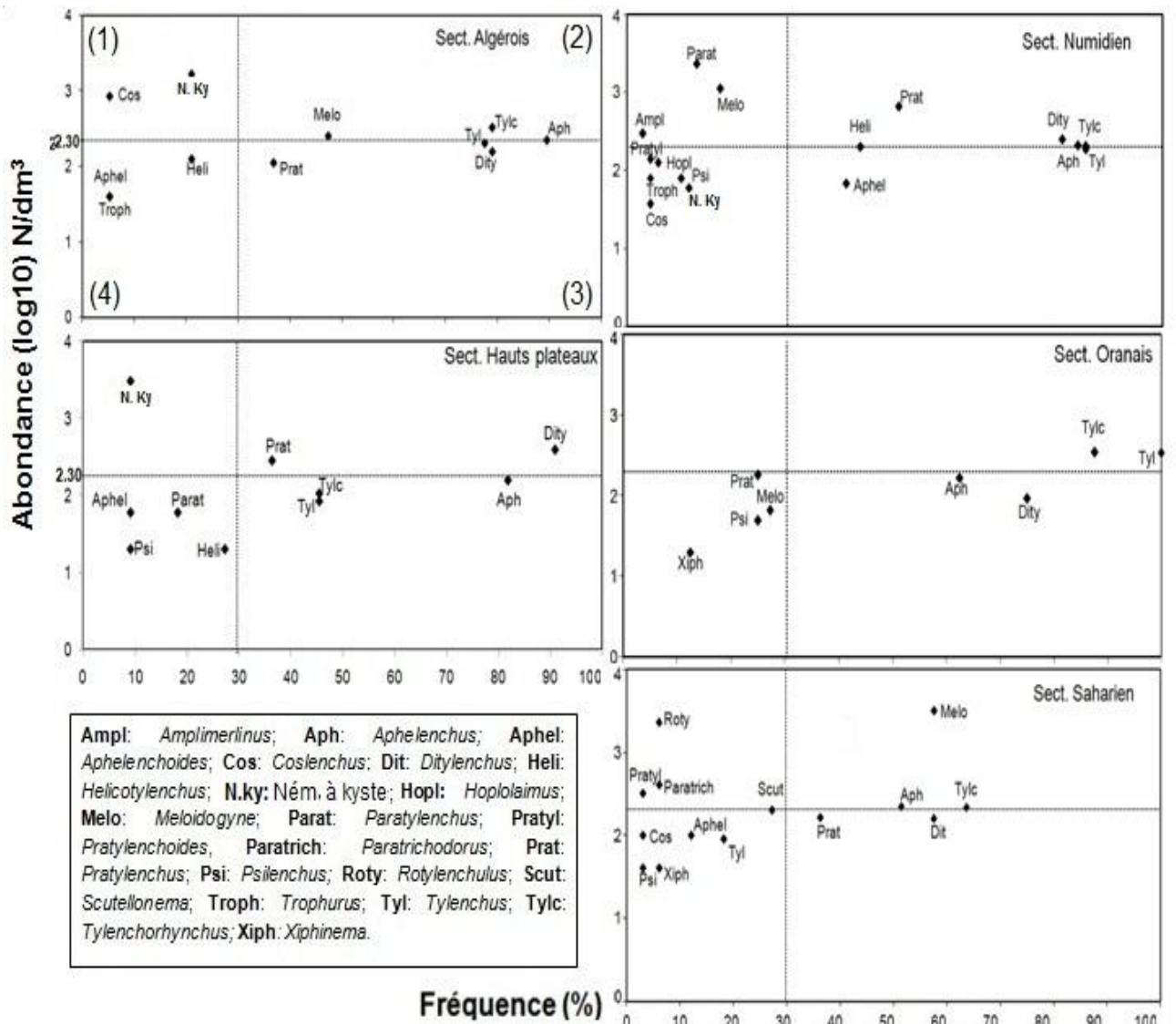


Figure 3.26. Structure des nématodes identifiés dans les différents secteurs

3.3. Diagnostic écologique pour les différents secteurs biogéographiques

Dans cette partie nous avons évalué les variations de quelques indices écologiques pour caractériser les communautés de nématodes dans les différents secteurs biogéographiques. Ils sont représentés par la richesse spécifique (RS); l'indice de diversité de Shannon (H'); l'indice d'équitabilité (J); l'indice de maturité (IM) et l'indice de Wasilewaska (IW). Les valeurs des différents indices sont consignées dans le tableau (3.4). Ce dernier révèle des différences significatives pour les indices étudiés en fonction des secteurs.

Tableau 3.4: Paramètres descriptifs des peuplements de nématodes par secteur biogéographique

	Diversité (H')	Equitabilité (J)	Richesse Spécifique (RS)	Indice de Maturité (IM)	Indice de Wassilewska (IW)
Algérois	1,23	0,75	14	2,46	7,95
Numidien	1,20	0,72	19	2,46	8,00
Oranais	1,22	0,77	08	2,38	8,62
H. plateaux	1,03	0,77	11	2,27	10,17
Saharien	0,67	0,49	14	2,66	37,78
p value	0.000***	0.000***	0,002**	0.025*	0.000***

*** Différences très hautement significatives ; ** Différences hautement significatives ; *Différences significative

3.3.1. Richesse spécifique (RS)

L'analyse des données révèle que la richesse spécifique diffère d'un secteur à un autre. Les valeurs (RS) oscillent entre 08 et 19 espèces de nématodes (tableau 3.4).

Les secteurs nord sont les plus riches sont le Numidien (19) et l'Algérois (14). Alors que l'Oranais et les hauts plateaux affichent les plus faibles richesses (08 et 11 espèces). Dans le secteur Saharien nous avons enregistré 14 espèces des nématodes.

Cet indice varie significativement selon les secteurs biogéographiques (Tableau 3.4.). La probabilité du test d'ANOVA est de ($p=0.002$; $p \leq 0.05$).

3.3.2. Indice de diversité de Shannon (H')

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver représentées dans le tableau (III.4) et appliquées aux espèces de nématodes identifiées dans les différents secteurs biogéographiques varient entre 0,67 et 1,23. Une communauté sera d'autant plus diversifiée que l'indice H' sera plus grand.

L'analyse statistique «ANOVA» a révélé une différence très hautement significative de la diversité des nématodes dans les secteurs étudiés (Tableau 3.5). La probabilité est de ($p=0,000$; $p \leq 0,05$, $n=143$).

Tableau 3.5: Diversité des nématodes en fonction des secteurs à travers l'analyse ANOVA.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne carré	F-ratio	P
Sec. biogéographiques	657,09	4	164,27	7,42	0,000
Erreur	3009,89	136	22,13		

Les valeurs de (H') les plus élevées sont signalées dans les stations nord telliennes, les secteurs Algérois, Oranais et Numidien (Figure 3.27). Par ailleurs, plus on se dirige vers le sud plus l'indice de Shannon est faible, notamment dans le secteur saharien (0.67).

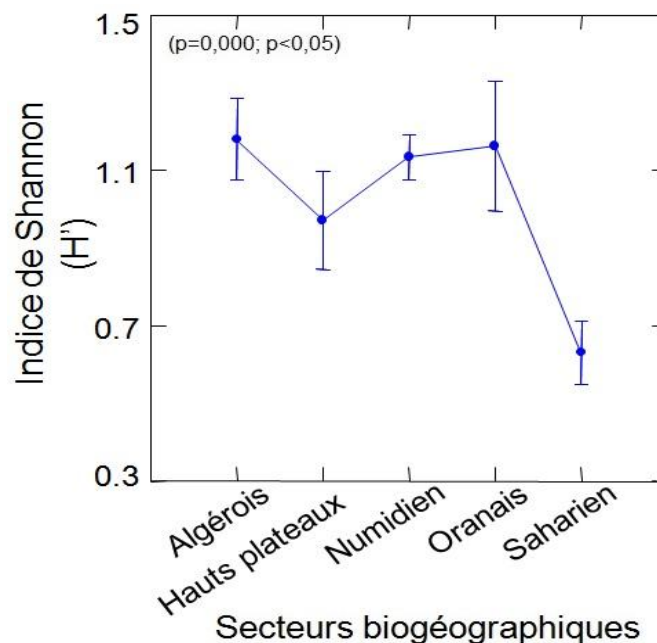


Figure 3.27: Variation de l'indice de Shannon (H')

3.3.3. Indice d'équitabilité (J)

Les valeurs de cet indice (J) sont en général supérieures à (0,5) particulièrement dans les secteurs Nord du pays (Tableau 3.4). Elles traduisent la présence d'une tendance vers l'instauration d'un équilibre entre espèces. A l'exception du secteur Saharien où la valeur est faible (0.49). Ceci s'explique par le fait que dans ce secteur certaines espèces dominent en effectifs par rapport à l'ensemble des autres espèces. C'est le cas du genre *Meloidogyne* et *Tylenchorhynchus*.

Par ailleurs, les valeurs de (J) (figure 3.28) sont plus élevées dans le secteur Oranais et des Hauts plateaux (0,77). Ce qui indique que les espèces répertoriées dans les stations de ces secteurs sont en équilibre les unes par rapport aux autres.

L'analyse de la variance (Tableau 3.6) a dévoilé une différence très hautement significative entre les secteurs ($p=0,000$; $p < 0,05$, $n=143$)

Tableau 3.6: Variation de l'indice de l'équitabilité dans les différents secteurs à travers l'analyse ANOVA.

	Somme des carrés	DDL	Moy. carré	F-ratio	p
Sec biogéographiques	15071,29	4	3767,82	5,676	0,000
Erreur	90284,01	136	663,85		

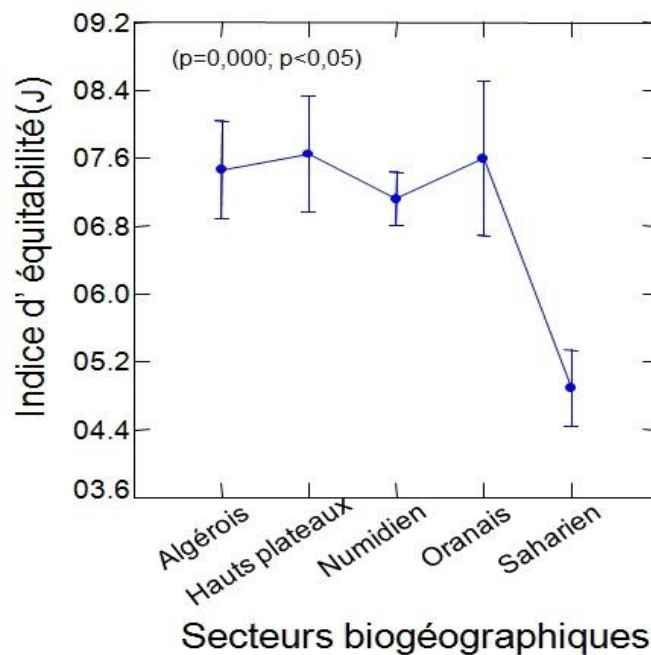


Figure 3.28: Variation de l'indice de l'équitabilité (J)

3.3.4. Indice de maturité (IM)

Les valeurs moyennes de l'indice de maturité (IM) dans les cinq secteurs fluctuent entre 2.27 et 2,66 (Tableau 3.4).

Selon la figure (3.29), la valeur la plus élevée est signalée pour le secteur Saharien (2.66). La plus faible est observée dans le secteur des hauts plateaux (2.27). Cela s'explique par le fait que dans les stations sahariennes nous avons

identifié un nombre assez élevé de taxons dont les valeurs de c-p sont comprises entre (3 et 5). Contrairement au secteur des Hauts plateaux.

Dans les secteurs du domaine maghrébin du tell méditerranéen les valeurs de (IM) sont similaires notamment pour le Numidien et l'Algérois.

L'analyse statistique «ANOVA» a révélé une différence significative dans les secteurs maraîchers prospectés (Tableau 3.7). La probabilité est de ($p=0,025$; $p < 0,05$, $n=143$).

Tableau 3.7: Variation de l'indice de maturité dans les différents secteurs à travers l'analyse ANOVA.

Source	Somme des carrés	DDL	Moy. carré	F-ratio	p
Sec. biogéographiques	17807,96	4	4451,9	2,88	0,025
Erreur	208656,46	135	1545,6		

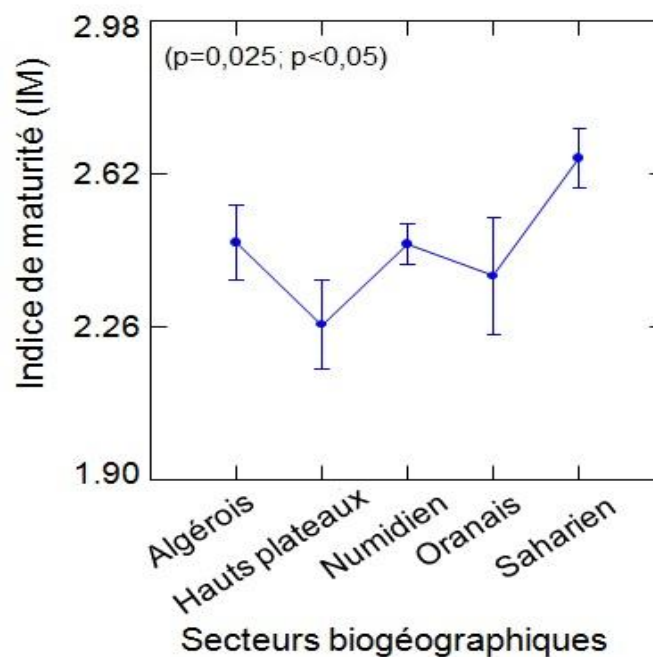


Figure 3.29: Variation de l'indice de maturité (IM)

.3.5. Indice de Wasilewska (IW)

Les résultats de l'indice de Wasilewska confronté au test d'ANOVA (Tableau 3.8) ont montré une différence hautement significative entre les secteurs ($p= 0,005$; $p < 0,05$, $n=136$).

Le tableau (3.4), montre que les valeurs moyennes d'IW oscillent entre 7,95 et 37,78. La valeur moyenne de (IW) la plus élevée est enregistrée dans le secteur

Saharien (37.78). Ces effectifs très élevés de l'IW) correspondent à une abondance des nématodes libres du sol (bactérivores).

Les plus faibles sont observées dans les domaines maghrébins du tell méditerranéen et steppique (Hauts plateaux). Ces valeurs oscillent entre (7.95 et 10.17); indiquant ainsi une abondance des nématodes phytophages par rapport aux nématodes bactérivores et fongivores (Figure 3.30).

Tableau 3.8: Variation de l'indice de Wasilewska dans les différents secteurs à travers l'analyse ANOVA.

Source	Somme des carrés	DDL	Moy. carré	F-ratio	P
Sec. biogéographiques	2209441.47	4	552360.36	4.205	0.003
Erreur	$1.72 \cdot 10^7$	131	131364.53		

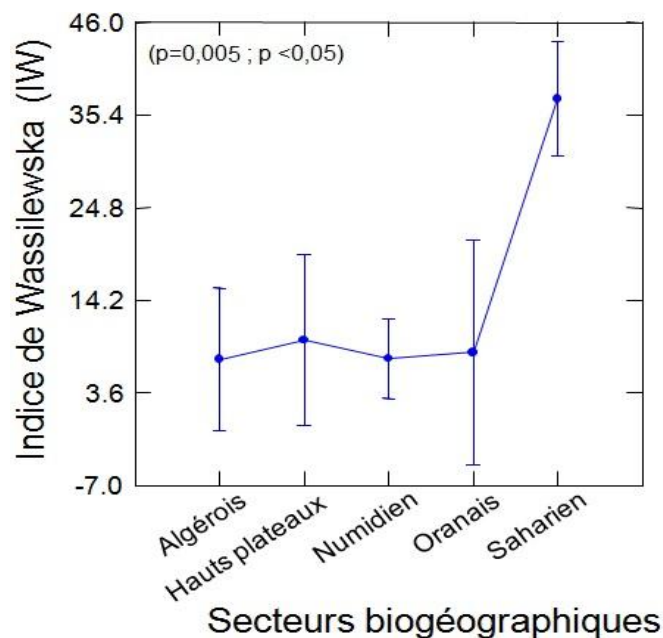


Figure 3.30: Variation de l'indice de Wasilewska (IW)

3.4. Structure des nématodes en fonction des wilayas prospectées

3.4.1. Variations des abondances globales des populations de nématodes

Nous avons comparé les valeurs des abondances moyennes globales des populations de nématodes rencontrées dans les différentes wilayas par analyse statistique (ANOVA). Nous avons mis en évidence des variations très hautement significatives de ces derniers selon les wilayets (Tableau 3.9). La probabilité associée est de ($p=0,000$; $p \leq 0,05$, $n=143$).

Tableau 3.9: Variation des abondances moyennes des nématodes dans les wilayas

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne carré	F-ratio	p
Wilayas	4,71 10 ⁹	13	3,62 10 ⁸	7,757	0,000
Erreur	6,02 10 ⁹	129	4,67 10 ⁷		

Les effectifs moyens des populations de nématodes examinés varient entre 750 et 27883 N/dm³ de sol. Nous remarquons (figure 3.31), que les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les wilayas du Sud, notamment la wilaya de Biskra (27883 N/dm³), suivies par la wilaya d'El Oued avec 12942 N/dm³. Cependant, les faibles abondances sont enregistrées pour les wilayas de Tiaret, Tizi Ouzou et Mostaganem. Les abondances moyennes respectives sont de 1571, 1358 et 750 N/dm³. En ce qui concerne les autres wilayas nous avons signalés des abondances moyennes oscillant entre 2140 et 5011 N/dm³.

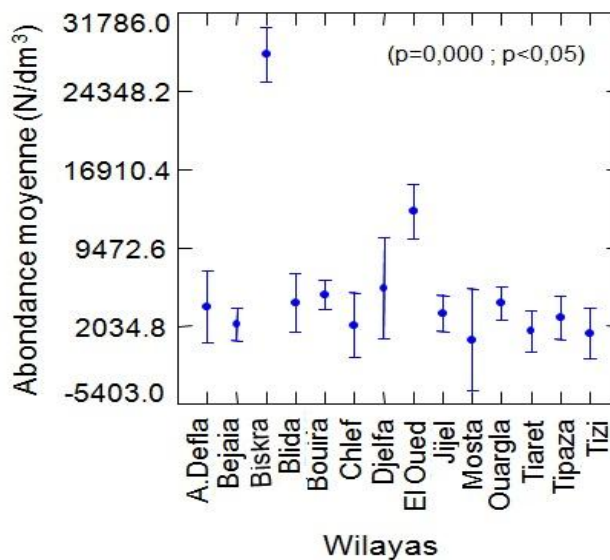


Figure 3.31: Abondances des nématodes en fonction des wilayas

3.4.2. Structure des groupes fonctionnels de nématodes

Les communautés de nématodes rencontrées dans les stations des différentes wilayas sont agencées en des groupes trophiques de manière à visualiser leur variation par l'analyse statistique ANOVA.

Tableau 3.10: Variation des abondances moyennes des groupes trophiques

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne carré	F-ratio	P
Wilayas	1,61 10 ⁹	13	1,23 10 ⁸	9,524	0,000
Groupe trophiques	4,07 10 ⁸	2	2,03 10 ⁸	15,656	0,000
Wilayas * Gpe trophiques	2,07 10 ⁹	26	7,98 10 ⁷	6,139	0,000
Erreur	5,03 10 ⁹	387	1,30 10 ⁷		

Le tableau (3.10), nous permet d'observer des différences très hautement significative ($p=0,000$; $p \leq 0,05$, $n=429$) des groupes fonctionnels selon les wilayets; des groupes identifiés entre eux et de l'interaction (wilayets*groupes trophiques).

La figure (3.32) montre que les nématodes bactériovores (nématodes libres) pullulent dans les sols maraîchers des différentes wilayas. En deuxième position se classent les nématodes phytophages. Cependant, les fongivores affichent les plus faibles densités. D'un point de vue wilayets, ceux du sud (Biskra et El Oued) sont les plus peuplés.

Les interactions groupes fonctionnels*wilayas montrent des variabilités significatives de chaque groupe selon les wilayets (figure 3.33). En effet, les nématodes bactériovores abondent particulièrement dans les wilayets de Biskra, El Oued et Ouargla, des pics nettement distincts sont enregistrés pour ces dernières. Le groupe des phytophages fluctue considérablement selon les wilayets des pics signalant de fortes densités sont enregistrées à El Oued, Biskra et Bouira. En ce qui concerne les nématodes fongivores les mêmes tendances sont remarquées dans les diverses wilayas, toutefois un faible pic apparait à Djelfa.

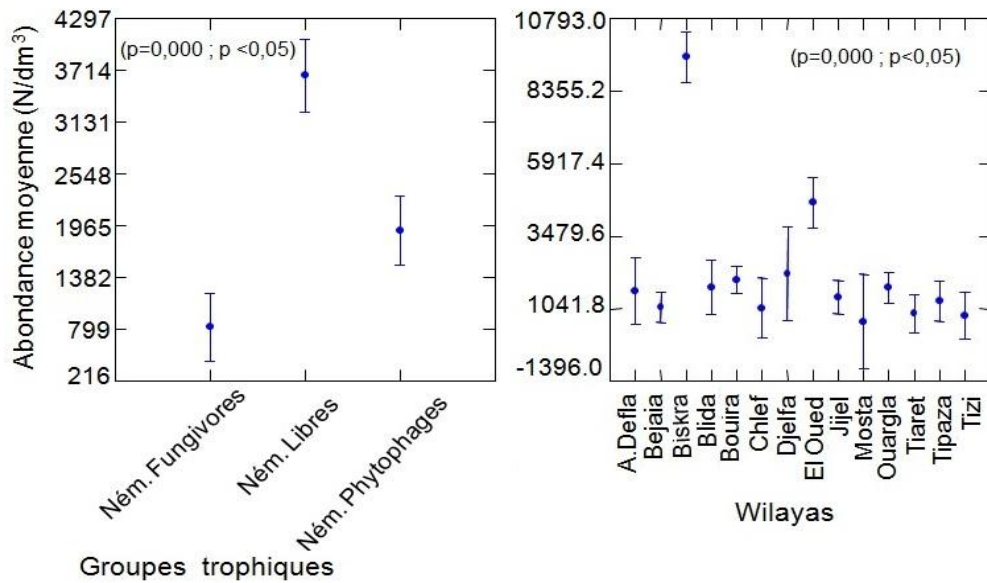


Figure 3.32: Structure des groupes trophique selon les wilayas

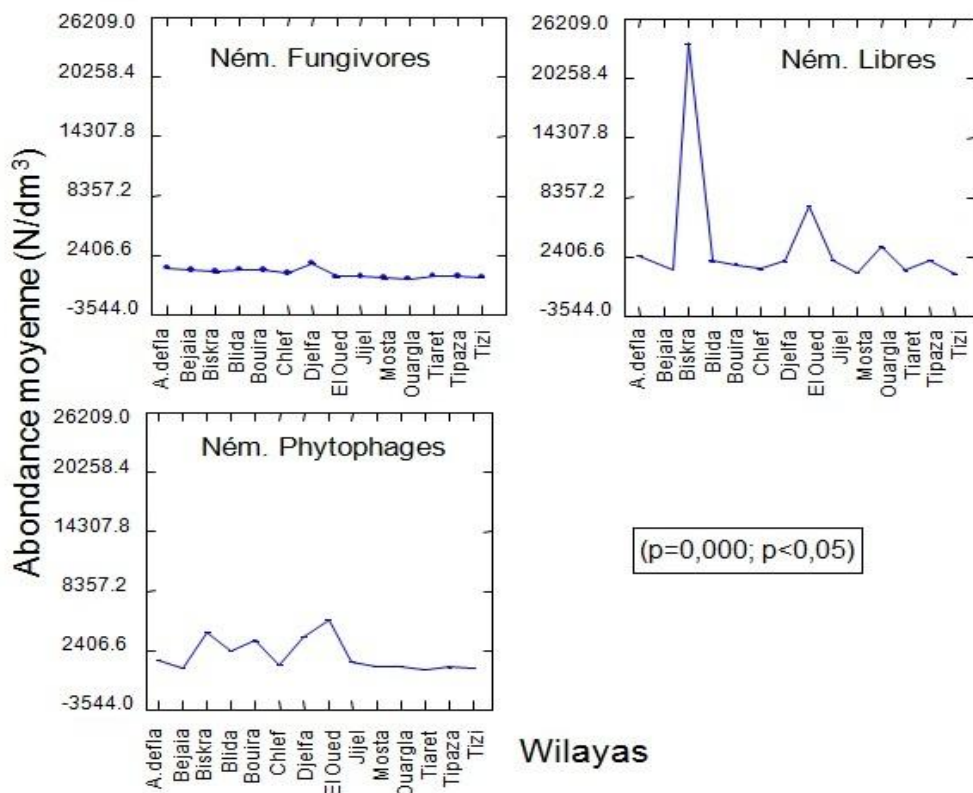


Figure 3.33: Interaction groupes trophiques*wilayas

3.4.3 Distribution rangs / abondances des espèces de nématodes

Les diagrammes varient en fonction de la diversité spécifique qui caractérise chaque wilaya (figure 3.34).

Le classement des taxons diffère selon les wilayas. Dans la wilaya de Jijel le genre *Meloidogyne* se classe en 1^{er} rang. Ce taxon abonde dans ce lieu et montre une large plasticité écologique. La rupture brusque de la courbe indique que les espèces *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*, *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Aphelenchoides* et *Hoplolaimus* qui forment un palier du fait qu'elles appartiennent à des rangs voisins et pullulent moyennement dans les sols maraîchers de Jijel. Le deuxième palier formé par les nématodes à kyste et *Psilenchus* a été rencontré isolément et en très faible abondance.

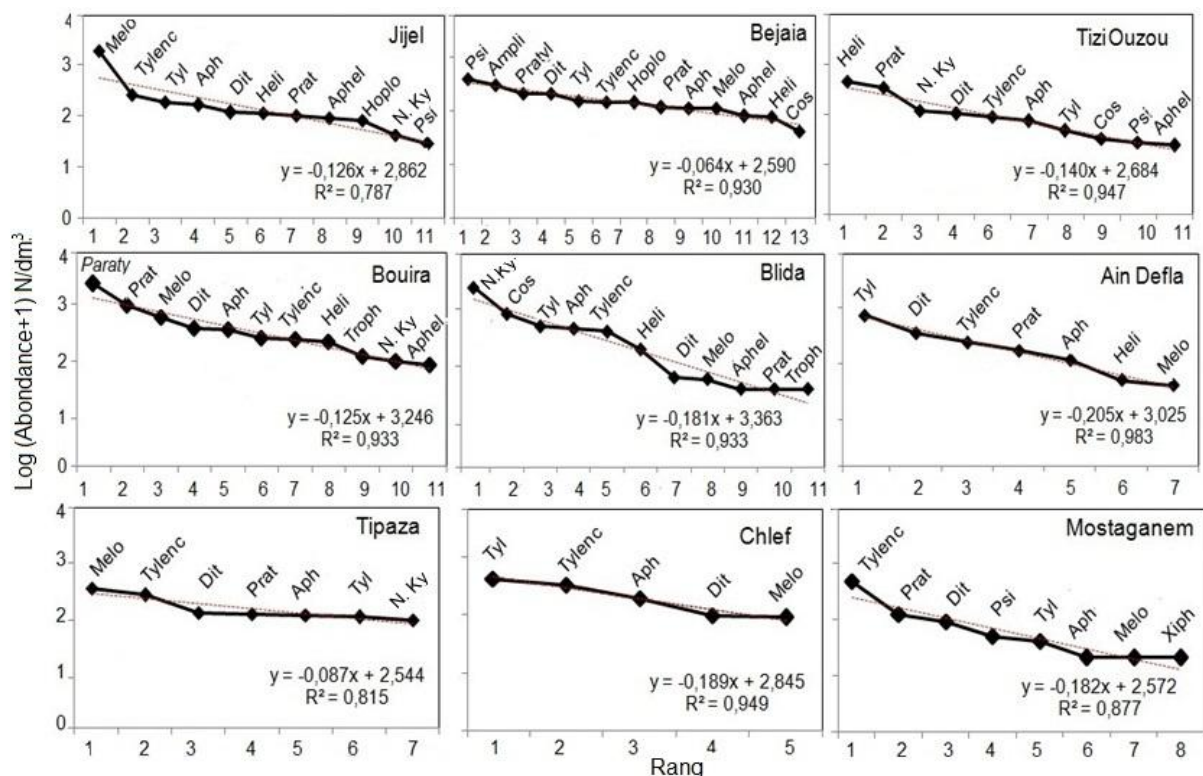


Figure 3.34: Distribution rang / abondance des espèces de nématodes dans les wilayets nord du pays.

Dans la wilaya de Bejaia la courbe forme un palier pour la majorité des taxons rencontrés. Toutefois, *Psilenchus* et *Amplimerlinus* s'écartent légèrement du groupe et se place dans les 2 premiers rangs trouvant probablement les conditions idéales pour leur pullulation. Un groupe de 9 genres sont disposés dans des rangs voisins avec des densités moyennes. Il comprend *Pratylenchoides*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Hoplolaimus*, *Aphelenchus*, *Meloidogyne* et *Aphelenchoides*. Les 2 dernières espèces *Helicotylenchus* et

Coslenchus se classent en dernière position (12 et 13 rangs) ont été représenté par de très faibles effectifs.

Les sols maraîchers de la wilaya de Tizi Ouzou se caractérisent par l'abondance des genres *Helicotylenchus* et *Pratylenchus*. Ces derniers se classent dans les 2 premiers rangs. Il apparait sur la courbe une rupture formant l'assemblage de 4 taxons (*Heterodera*, *Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Aphelenchus*). Ils présentent le palier à moyenne densité. Enfin, le dernier groupe aux effectifs inférieurs à $\text{Log}(50+1N/\text{dm}^3)$ représenté par *Tylenchus*, *Coslenchus*, *Psilenchus* et *Aphelenchoides* ne trouvant probablement pas les conditions favorables à leur pullulation.

Dans la wilaya de Bouira les nématodes à forte densité sont *Paratylenchus*, *Pratylenchus* et *Meloidogyne*. Ces derniers trouvent dans les stations de la wilaya les conditions appropriées à leur développement. L'assemblage formé par *Ditylenchus*, *Aphelenchus*, *Tylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Helicotylenchus* présente des abondances moyennes assez élevées entre 385 et 219 N/dm^3 de sol. Les nématodes plus faiblement représentés et se classent dans les derniers rangs 9, 10 et 11^{ème} sont respectivement *Trophurus*, nématodes à kyste et *Aphelenchoides*.

Dans wilaya de Blida nous enregistrons un peuplement formé de 11 taxons. Le nématode à kyste se classe dans le 1^{er} rang. Il domine cet assemblage, suivi par *Coslenchus* qui se range dans la 2^{ème} position. Un palier formé par un groupe de 3 taxons (*Tylenchus*, *Aphelenchus* et *Tylenchorhynchus*) se trouve dans des rangs voisins avec des densités élevées entre (410 et 510 N/dm^3). Ce groupe de nématodes trouve des conditions favorables à sa pullulation.

La rupture de la courbe indique une nette diminution des populations des taxons concernés dont *Helicotylenchus* est à la limite de l'abondance ($\text{Log } 200\text{N}/\text{dm}^3$). Alors que les autres *Ditylenchus*, *Meloidogyne*, *Aphelenchoides*, *Pratylenchus* et *Trophurus* sont représentés par des effectifs très faibles.

La wilaya de Ain Defla montre le nombre de taxon le plus faible (07) dans ce groupe de wilaya. Le genre *Meloidogyne* qui est considéré comme un nématode de quarantaine se classe en dernière position. Contrairement à la wilaya de Jijel (1^{ère} position) et Bouira (3^{ème} position). Les sols des stations d'Ain

Defla offrent probablement des conditions défavorables à la pullulation de ce taxon. Par contre *Tylenchus* et *Ditylenchus* sont dans les premiers rangs avec de fortes densités.

Les sols maraîchers de la wilaya de Tipaza dévoilent une pullulation du nématode à galles le genre *Meloidogyne*. Ce taxon trouve dans ces sols les conditions favorables à son développement et occupe le 1^{er} rang. Il est suivi de près par *Tylenchorhynchus*. Ces 2 taxons forment le premier palier de la courbe. Le groupe de nématodes (*Ditylenchus*, *Pratylenchus*, *Aphelenchus*, *Tylenchus* et les nématodes à kystes) forme le deuxième palier. Ces taxons se trouvent probablement dans un milieu qui leur est défavorable malgré les conditions climatiques appropriés.

Les sols maraîchers de la wilaya de Chlef ont montré la richesse spécifique la plus faible. En effet 5 taxons ont été identifiés. Les nématodes abondants sont représentés par *Tylenchus* et *Tylenchorhynchus*. Ils forment le 1^{er} palier de la courbe et sont rangés dans le 1^{er} et le 2^{ème} rang. Les 3 autres taxons (*Aphelenchus*, *Ditylenchus* et *Meloidogyne*) présentent de faibles abondances notamment les 2 derniers genres considérés comme les parasites principaux de ces spéculations.

En ce qui concerne la wilaya de Mostaganem 8 nématodes ont été dénombrés. A l'exception de *Tylenchorhynchus* qui abonde sur les cultures maraîchères les autres nématodes (*Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Psilenchus*, *Tylenchus*, *Aphelenchus*, *Meloidogyne* et *Xiphinema*) sont présents avec des densités inférieures au seuil d'abondance (200 N/dm³) de sol.

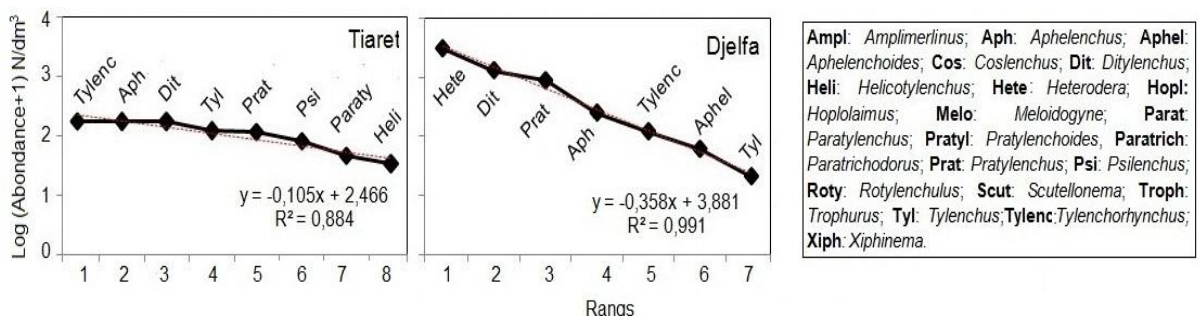


Figure 3.35: Distribution rang / abondance des espèces de nématodes dans les wilayas des hauts plateaux.

Les wilayas des Hauts plateaux (figure 3.35), Tiaret et Djelfa exposent des différences quant à la structure du peuplement de nématodes. En effet Tiaret présente 8 taxons. Ces derniers forment un palier et sont tous au dessous du seuil d'abondance ($200\text{N}/\text{dm}^3$) établi [170]. Probablement ces taxons sont en présence de conditions défavorables ne permettant pas leur développement.

Dans les sols de la wilaya de Djelfa nous avons énumérés 7 taxons. Ceux représentés par les nématodes à kystes, *Ditylenchus*, *Pratylenchus* et *Aphelenchus* affichent des densités importantes. Toutefois, le nématode à kystes occupe le 1^{er} rang avec une abondance de $(\text{Log}(3080+1))=3.49\text{ N}/\text{dm}^3$. L'assemblage formé par *Tylenchorhynchus*, *Aphelenchoides* et *Tylenchus* sont classés dans les derniers rangs vu leur faible abondance.

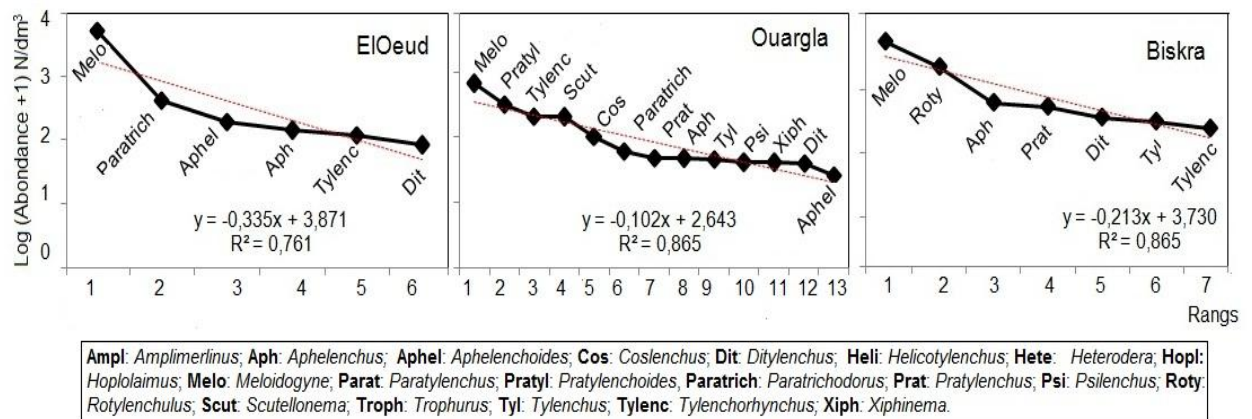


Figure 3.36: Distribution rang / abondance des espèces de nématodes dans les wilayas du sud.

En ce qui concerne les sols maraîchers des wilayas du sud (figure III.36) Biskra, Ouargla et El-Oued nous avons enregistré la pullulation du genre *Meloidogyne* qui occupe les premiers rangs des courbes établies pour ces wilayas. Toutefois, les effectifs les plus élevés de ce taxon sont observés à El-Oued ($11673.33\text{ N}/\text{dm}^3$) suivi par Biskra ($5646.66\text{ N}/\text{dm}^3$) et enfin à Ouargla ($660.66\text{ N}/\text{dm}^3$).

Dans la wilaya de Biskra le 2^{ème} rang est occupé par *Rotylenchus* ($2880\text{ N}/\text{dm}^3$) qui n'a été signalé que dans ce lieu. Alors qu'à El Oued le *Paratrichodorus* ($740\text{ N}/\text{dm}^3$) dispose du 2^{ème} rang, ce taxon a été également signalé dans la wilaya d'Ouargla, où il se classe au 6^{ème} rang.

Par ailleurs, la wilaya d'Ouargla est caractérisée par une richesse spécifique la plus importante comparée aux 2 autres wilayas du secteur. Nous avons dénombré 13 taxons. Les nématodes à galles se classent dans le premier rang, suivi par les genres *Pratylenchoides*, *Tylenchorhynchus* et *Scutellonema* ce dernier n'a été signalé que dans cette wilaya. Les nématodes sus-cités ont trouvé vraisemblablement dans ces sols les conditions adéquates à leur développement.

Dans les wilayates du sud nous notons que certains taxons considérés comme des parasites majeurs des cultures maraîchères tels que *Ditylenchus* et *Pratylenchus* se développent très faiblement dans ces sols, nous signalons même l'absence de *Pratylenchus* dans la wilaya d'El-Oued.

L'ajustement des pentes dans les différentes wilayas au model naturel de Motomura montre la présence de probabilités qui sont très hautement significatives pour chaque pente (Tableau III.11). Cela signifie que la nématofaune rencontrée ne présente pas de perturbation quelque soit la wilaya.

3.4.4. Comparaison de la diversité des communautés dans les wilayas prospectées

Pour évaluer la diversité des communautés de nématodes dans les wilayate les diagrammes Rangs-abondances ont été comparés au modèle de Motomura. Les comparaisons des pentes des abondances et des wilayas ont été faites en utilisant la procédure décrite dans Past vers 1.81 (Hammer et *al.*, 2001). Les analyses de covariance ont été conduites en considérant les pentes comme moyennes et les carrés des erreurs standards des valeurs x comme les variances. La probabilité correspondante est calculée avec le test de Bartlett.

Les analyses permettent de confirmer la présence de différences significatives dans la diversité des nématodes dans la plupart des wilayas (Tableau 3.11). En effet, les communautés de nématodes identifiées dans les wilayas du domaine maghrébin du tell méditerranéen montrent des différences significatives comme suit

La diversité dans les wilayas de l'Ouest Mostaganem, Chlef et Ain-Defla diffère de celle rencontrée dans les sols maraîchers de Bouira, Tizi et Béjaia. Par ailleurs nous enregistrons pour Ain-Defla des différences avec les communautés de Blida.

Quant aux communautés des wilayas de Blida, Tipaza, Bouira et Tizi des différences sont signalées avec la wilaya de Béjaia.

Pour la wilaya de Béjaia des différences significatives sont notées avec toutes les wilayas (du Nord, des Hauts plateaux et du Sud). Ceci s'explique par le fait que la communauté la plus riche est observée dans cette wilaya (13 taxons). Cependant, la diversité des nématodes de Jijel diffère seulement de celle de Béjaia.

Pour la structure des communautés des wilayat des Hauts plateaux (Tiaret et Djelfa) des différences sont signalées avec Ain-Defla, Béjaia et El-Oued.

En ce qui concerne les wilayas du sud, El-Oued est caractérisée par une diversité qui diffère significativement de toutes les autres wilayas aussi bien celles du sud que du nord ou des Hauts plateaux. Ce lieu est le moins riche en espèce avec seulement 6 taxons.

Pour Biskra et Ouargla leurs communautés diffèrent de celles d'Ain-Defla et Béjaia. Par ailleurs, Biskra présente des différences avec Blida, Bouira, Tizi et Djelfa. Quant à Ouargla d'autres différences sont affichées avec Mostaganem, Chlef et Jijel

3. 5. Influence des facteurs anthropiques et édaphiques sur les communautés de nématodes.

3.5.1. Effet des facteurs anthropiques sur la communauté phytophage.

3.5.1.1. Cultures pratiquées

Les prospections réalisées dans les différentes stations nous ont permis de recenser 25 types de cultures maraîchères. Elles sont représentées par la tomate, poivron, piment, pomme de terre, aubergine, gombo, concombre, courgette, citrouille, asperge, melon, oignon, ail, choux fleur, fève, artichaut, carde, laitue, haricot vert, petit pois, carotte, navet, épinard, betterave et fenouil.

Le taux de ces cultures varie sensiblement, les plus pratiquées sont la tomate, le poivron, la pomme de terre, le piment et la courgette (Tableau 6, Appendice E).

L'analyse des données en composantes principales (ACP) a concerné les cultures qui ont été recensées dans plus de deux parcelles.

Les résultats obtenus par cette analyse sont satisfaisants, (70%) de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (figure 3.37).

Les vecteurs correspondant aux cultures de tomate, poivron, courgette, aubergine, piment et concombre se trouvent très proches les uns des autres et dans la même direction (côté positif axe2). En ce qui concerne les vecteurs des autres cultures carotte, fève, oignon, melon et pomme de terre, sont également très rassemblés et sont du côté négatif de l'axe 1.

La classification hiérarchique ascendante (CAH), est réalisée afin de constituer des groupes d'individus ayant des caractéristiques semblables. Les résultats révèlent la présence de trois groupes (figure 3.38). La projection des groupes sur les axes factoriels met en évidence une affinité de certains phytophages avec les cultures pratiquées.

Le groupe (2) représenté par les nématodes à kystes, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus* et *Trophorus* sont attirés aux cultures de carotte, fève, oignon, melon et pomme de terre.

Les taxons du groupe (3) (*Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Pratylenchus*) se développent aussi bien sur toutes les cultures recensées.

Pour le genre *Meloidogyne*, s'avère inféodé aux cultures de tomate, poivron, courgette, aubergine, piment et concombre, les vecteurs de ces cultures sont orientés vers ce taxon, notamment ceux de l'aubergine, piment et concombre. Quand au groupe (1) rassemblant les taxons *Scutellonema*, *Rotylenchulus*, *Hoplolaimus*, *Amplimerlinus*, *Xiphinema*, *Paratrichodorus* et *Pratylenchoides* semble n'avoir aucune corrélation avec les cultures pratiquées. Ces taxons sont peu fréquents sur ces spéculations.

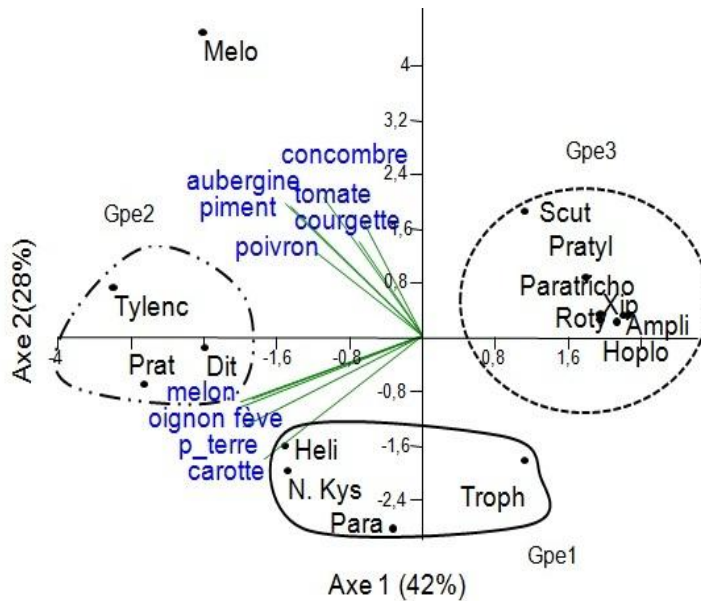


Figure 3.37: Répartition des nématodes phytophages sur les cultures pratiquées

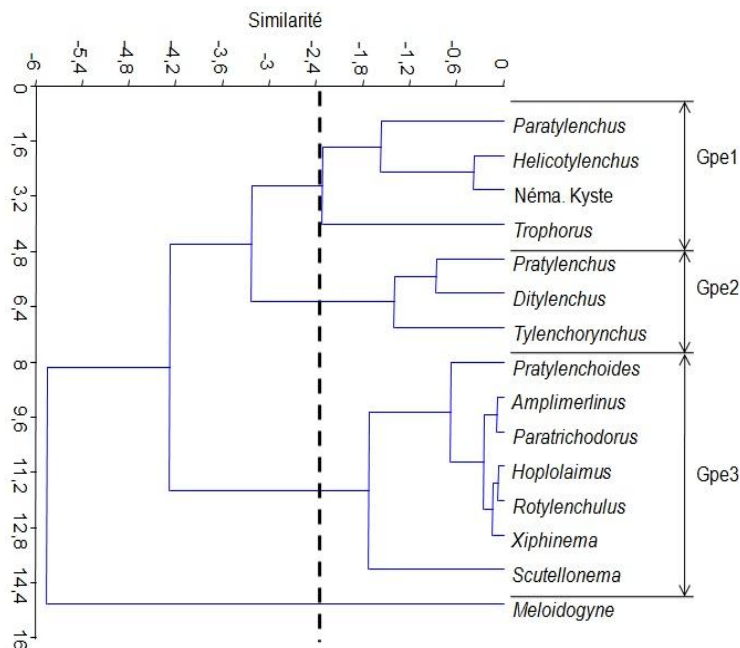


Figure 3.38: Classification ascendante hiérarchique

3.5.1.2. Précédents cultureux

Le système de rotation utilisé par les agriculteurs dans les stations maraîchères étudiées repose sur divers types de cultures. Nous avons recensé la tomate, le poivron, le piment et l'aubergine représentant les «Solanacées»; le concombre, melon et courgette classés dans «Cucurbitacées»; les «Céréales» (blé, orge, maïs et avoine), les «Légumineuses» (haricot vert, fève et petit pois), la pomme de terre, et la jachère.

Les Solanacées représentent le système de rotation le plus employé (63,71%), suivi par la culture de pomme de terre et les céréales avec des taux respectifs de (11,29 et 09,68%). Les légumineuses, la jachère et les cucurbitacées sont faiblement utilisées comme précédent culturel. Les taux respectifs sont de (6,45 et 2,42%) (Tableau 7; Appendice E).

L'analyse de l'abondance des nématodes phytophages par la ACP explique l'affinité de certains taxons par rapport aux précédents cultureux employés. Les premiers axes (1 et 2) de l'ACP expliquent 72% de l'information (figure 3.39).

Les vecteurs correspondant aux solanacées, cucurbitacées et jachère se trouvent dans la même direction. Pour les vecteurs de la pomme de terre, céréales et légumineuses sont orientés dans une autre direction. On retrouve que les vecteurs de la pomme de terre et des céréales sont très proches alors que celui des légumineuses est relativement éloigné et court indiquant sa faible corrélation avec les nématodes du groupe (1).

La classification hiérarchique ascendante (figure 3.40) a montré la présence de trois groupes. La projection des groupes sur les axes factoriels met en évidence la contribution des précédents cultureux dans le développement de certains taxons.

En effet, la pomme de terre, les céréales et les légumineuses favorisent la multiplication des nématodes *du groupe 1* (nématodes à kystes, *Pratylenchus* et *Paratylenchus*).

Les précédents cultureux cucurbitacées, solanacée et jachère sont attirés au genre *Meloidogyne*. Ce taxon pullule après ces précédents cultureux notamment les cucurbitacées où nous avons enregistré une abondance de 21580 N/dm³ de sol.

Les taxons du groupe 2 (*Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Helicotylenchus*) s'avèrent polyphages et se développent aussi bien sur tous les précédents culturaux recensés, notamment la jachère ou son vecteur s'approche de ce groupe.

Quand aux taxons *Scutellonema*, *Rotylenchulus*, *Coslenchus*, *Hoplolaimus*, *Amplimerlinus*, *Xiphinema*, *Pratylenchoides*, *Trophorus* et *Paratrichodorus* semble n'avoir aucune corrélation avec les cultures pratiquées en rotation.

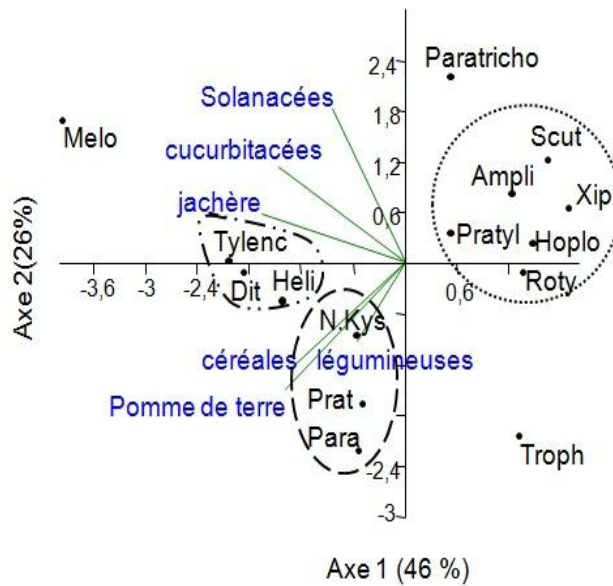


Figure 3.39: Répartition des nématodes phytophages selon les précédents culturaux

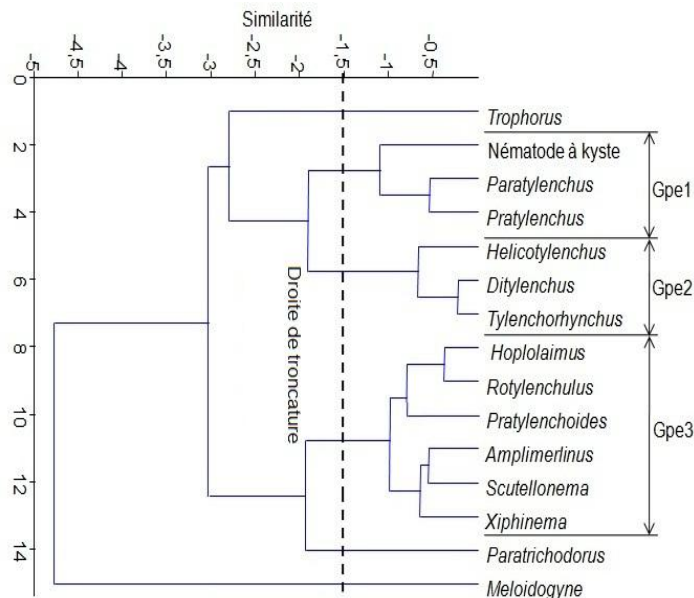


Figure 3.40: Classification ascendante hiérarchique

3.5.2. Effet des facteurs édaphique sur les communautés de nématodes

L'étude des facteurs édaphiques a concerné les caractéristiques physico-chimiques du sol de 14 stations. Les caractéristiques physiques ont porté sur l'analyse granulométrique à cinq fractions (argile, limon fin, limon grossier, sable fin et sable grossier). Les caractéristiques chimiques ont concerné les mesures du pH, la conductivité électrique (salinité=CE), matière organique (MO) et la teneur en Phosphore assimilable.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau (3.12). Les analyses granulométriques révèlent deux types de sol. Les sols à texture argileuse caractérisant les huit stations de la wilaya de Bejaïa. Les sols sablonneux rencontrés dans six régions du sud.

L'application de l'analyse statistique ANOVA (One Way) aux données granulométriques dévoile des différences significatives entre les stations étudiées pour les taux d'argile, de limon fin et de sable fin. Les probabilités respectives sont ($p=0.004$, $p=0.008$ et $p=0.000$; $p \leq 0.05$).

Les analyses du pH montrent que les sols de la plupart des stations sont légèrement basiques ($7,5 < \text{pH} < 8$). Néanmoins, trois stations présentent des sols fortement basique ($8 < \text{pH} \text{ eau} < 8,5$). Ils sont représentés par deux sites du sud (Meggarine et Blidat Amor) et le troisième de la wilaya de Bejaia (Tizakhet). Par ailleurs, un seul site (Seddouk) de Bejaia a révélé un sol à pH neutre (7,33).

En ce qui concerne les mesures de la conductivité électrique (CE), les résultats dévoilent que tous les sols des stations de la wilaya de Bejaia sont non salés ($< 4 \text{ mmhos/cm}$). Alors que pour les stations du sud la majorité des sols sont salés car le taux varie entre (4-8(mmhos/cm)), à l'exception du sol de Touggourt qui est peu salé avec une valeur de (2,94 mmhos/cm).

Les résultats du dosage de la matière organique montrent que tous les sols des stations de la wilaya de Bejaia sont riches en MO ($\geq 5\%$). Dans les stations du sud les sols sont moyennement riches en MO ($2\% < \text{MO} < 5\%$), à l'exception du sol de Touggourt qui est faiblement organique ($< 2\%$).

Le dosage relatif au Phosphore a permis de classer les sols en deux catégories. Les sols excessivement riches (P_2O_5 assimilable > 56 ppm) et les sols riches ($30\text{ppm} < P_2O_3 < 56\text{ppm}$).

Le test d'ANOVA (One Way) montre des différences significatives entre les stations pour la conductivité électrique (CE) et le Phosphore assimilable. Les probabilités respectives sont ($p=0.001$ et $p=0.004$; $p \leq 0.05$).

Tableau 3.12: Caractéristiques physico-chimiques du sol

Type d'analyse		Physiques					Chimiques			
	Stations	A	LF	LG	SF	SG	pH	CE	MO	P_2O_5
	Bejaia	Aguemone	45,45	20,20	5,37	28,48	0,5	7,5	-0,40	11,27
Amizour		45,45	30,30	19,91	04,04	0,3	7,52	0,21	11,74	37,1
lthelemouhli		65,75	15,15	04,46	14,34	0,3	7,65	-0,47	11,95	43,7
Seddouk		35,35	35,35	17,29	11,61	0,4	7,33	-0,30	08,52	72,1
Talla netinzarthe		50,65	25,25	2,29	21,51	0,3	7,79	-0,41	11,90	117,6
Tazmalt		50,50	10,10	3,75	35,35	0,3	7,81	-0,45	12,43	46,6
Tichy		40	10	3,04	46,76	0,2	7,5	-0,37	10,58	72,7
Tizakhet		50,55	25,25	6,51	17,49	0,2	8,16	-0,08	9,84	549,6
Ouargla		Meggarine	0	11,33	5,59	51	32,08	8,23	6,33	3,59
	Tougourt	0	15,5	8,95	12,71	62,84	7,9	2,94	1,54	80
	Blidet Amor	3,12	0	1,26	73,31	22,31	8,1	7,5	2,53	90
	Sidi Slimane	0	14,84	4,77	59,39	21	7,9	7,65	2,74	110
	INRA	6,28	0	4,23	64,15	25,34	7,8	7,16	2,65	100
	El Oued	3	11	6	57	23	8,57	4,06	3,7	117,5
	p (ANOVA)	0,004	0,008	0,655	0,000	0,25	0,796	0,001	0,999	0,004

A: Argile; LF: Limon Fin; LG: Limon Grossier; SF: Sable Fin; SG: Sable Grossier
CE: Conductivité Electrique (Salinité); MO: Matière Organique; P_2O_5 : Phosphore

3.5.2.1. Effet des caractéristiques physiques sur les groupes fonctionnels

Pour évaluer l'influence des caractéristiques physique du sol sur les groupes fonctionnels, nous avons choisi l'analyse de corrélation.

Le tableau (3.13) fait ressortir les résultats obtenus, au dessous de la diagonale sont indiqués les valeurs du coefficient "r" de Pearson, au dessus les risques associés. Les valeurs relatives aux corrélations des facteurs physiques apparaissent encadrées en jaune, ceux des groupes trophiques en bleu. Alors que les corrélations entre ces paramètres sont représentés en blanc.

Tableau 3.13: Corrélations entre caractéristiques physiques du sol et groupes trophiques

	A	LF	LG	SF	SG	NP	NF	NL
A	-----	0,083	0,698	0,020	0,000	0,000	0,001	0,040
LF	0,497	-----	0,005	0,000	0,160	0,202	0,060	0,006
LG	0,119	0,718	-----	0,019	0,766	0,641	0,344	0,275
SF	-0,631	-0,829	-0,634	-----	0,389	0,183	0,009	0,006
SG	-0,830	-0,413	-0,091	0,261	-----	0,000	0,038	0,218
NP	-0,840	-0,378	-0,142	0,393	0,851	-----	0,000	0,435
NF	-0,797	-0,533	-0,285	0,686	0,577	0,815	-----	0,138
NL	-0,572	-0,712	-0,326	0,717	0,366	0,237	0,434	-----

NP: Nématodes Phytophages ; NF: Nématodes Fongivores; NL: Nématodes Libres (+de Bactériveres)
Carré couleur jaune et verte : les probabilités ($p < 0,05$)

Il est clair sur le tableau plus de 50% des valeurs ont un risque associé inférieur à 0.05. Il apparaît que la variation de la teneur en sable fin est corrélée négativement aux taux d'argile, limon fin et limon grossier. Les probabilités associées respectives sont ($p=0.02$, $p=0.000$ et $p=0.019$). Par ailleurs, le taux de sable grossier est corrélé négativement avec l'argile ($p=0.005$). Alors qu'une corrélation positive est enregistrée pour le limon grossier et le limon fin ($p=0.005$).

En ce qui concerne les relations entre les groupes fonctionnels, seul les nématodes fongivores sont bien corrélé avec le groupe des phytophages ($p=0.000$).

Quand interactions groupes trophiques/caractéristiques physique, le tableau dévoile que les trois groupes fonctionnels sont corrélés négativement aux taux d'argile dans les sols. Toutefois, les phytophages avèrent plus sensibles à ce composé Les probabilités respectives sont ($p=0,000$, $p=0,001$ et $p=0,04$). Par ailleurs, des groupes des fongivores et libres exposent des corrélations positives avec les taux de sable fin ($p=0,009$ et $p=0,006$). Par contre, avec le limon fin nous avons noté une corrélation négative pour les nématodes libre ($p=0,006$) alors que les fongivores sont marginalement corrélés à cet élément ($p=0,06$).

Les résultats révèlent que le développement des phytophages et des fongivores est en relation avec le taux de sable grossier dans le sol. Néanmoins, cet élément affecte particulièrement le groupe des phytophages ($p=0.000$) par rapport aux fongivores ($p=0.03$).

3.5.2.2. Effet des caractéristiques physiques sur les nématodes phytophages

Le tableau (3.14) fait ressortir les résultats des différentes corrélations étudiées. Les valeurs relatives aux corrélations des facteurs physiques apparaissent encadrées en jaune, ceux des nématodes phytophages en vert. Alors que les corrélations entre les deux paramètres sont représentés en blanc.

Mise à part les corrélations enregistrées entre les caractéristiques physiques du sol et les nématodes phytophages. Nous avons tenu compte des corrélations obtenues entre ces deux facteurs (texture du sol/ nématodes phytophages). En effet, les résultats dévoilent des corrélations négatives pour les taxons *Meloidogyne* ($p=0.009$) et *Scutellonema* ($p=0.01$) avec le taux d'argile. Cependant, ces même taxons (*Meloidogyne* et *Scutellonema*), ainsi que *Paratrichodorus* présentent une très bonne affinité avec le sable grossier d'où une corrélation positif avec des probabilités associées respectives de ($p= 0,0002$; $p=0.02$ et $p=0.001$). Quand à *Pratylenchoides* une corrélation marginale négatives est signalée avec l'argile ($p=0.08$). Par ailleurs, une corrélation marginale négative est signalée pour *Xiphinema* avec le limon fin. Alors qu'une corrélation marginale positive est enregistrée pour ce taxon avec le sable fin.

Tableau 3.14: Influence des caractéristiques physiques du sol sur les nématodes phytophages

	A	LF	LG	SF	SG	Dity	Tylenc	Prat	Pratyl	Melo	Heli	Hoplo	Ampl	Xip	Scut	Paratrich
A		0,08	0,69	0,02	0,0004	0,11	0,24	0,81	0,08	0,009	0,16	0,28	0,40	0,26	0,012	0,21
LF	0,50		0,005	0,0004	0,16	0,82	0,15	0,99	0,70	0,26	0,97	0,42	0,41	0,11	0,70	0,93
LG	0,11	0,72		0,02	0,77	0,47	0,25	0,92	0,84	0,84	0,36	0,39	0,43	0,33	0,84	0,70
SF	-0,63	-0,83	-0,63		0,39	0,65	0,12	0,98	0,26	0,52	0,77	0,50	0,60	0,07	0,39	0,36
SG	-0,83	-0,41	-0,09	0,26		0,18	0,43	0,73	0,28	0,0002	0,24	0,45	0,52	0,63	0,021	0,001
Dity	0,46	0,07	-0,21	-0,13	-0,39		0,95	0,87	0,57	0,39	0,03	0,58	0,67	0,69	0,37	0,45
Tylenc	-0,34	-0,42	-0,34	0,45	0,24	0,02		0,10	0,78	0,80	0,64	0,71	0,70	4,4 10 ⁻⁶	0,92	0,87
Prat	-0,07	0,0009	-0,03	-0,006	0,11	-0,05	0,48		0,33	0,49	0,64	0,03	0,04	0,34	0,93	0,84
Pratyl	-0,50	-0,11	-0,06	0,33	0,32	-0,17	-0,09	0,29		0,04	0,49	0,72	0,78	0,68	0,01	0,68
Melo	-0,68	-0,33	-0,06	0,19	0,85	-0,26	0,08	0,20	0,57		0,38	0,52	0,58	0,971	0,09	0,04
Heli	0,41	0,01	-0,27	-0,08	-0,35	0,59	-0,14	-0,15	-0,21	-0,26		0,35	0,30	0,62	0,37	0,62
Hoplo	0,32	0,24	-0,25	-0,20	-0,23	0,16	0,11	0,60	-0,10	-0,20	0,28		6,3 10 ⁻¹⁰	0,75	0,56	0,75
Ampl	0,25	0,24	-0,23	-0,16	-0,19	0,12	0,12	0,57	-0,08	-0,17	0,31	0,99		0,79	0,62	0,79
Xip	-0,33	-0,50	-0,29	0,51	0,15	-0,12	0,93	0,29	-0,12	0,01	-0,15	-0,097	-0,08		0,62	0,79
Scut	-0,67	-0,11	-0,06	0,25	0,63	-0,27	-0,03	0,027	0,68	0,48	-0,27	-0,17	-0,15	-0,15		0,21
Paratrich	-0,37	-0,03	0,12	-0,27	0,78	-0,22	0,05	-0,05	-0,12	0,57	-0,15	-0,097	-0,08	-0,08	0,37	

Carré couleur jaune : les probabilités ($p < 0,05$); Carré couleur bleu: les probabilités sont marginale ; Carré couleur vert: les corrélations

3.5.2.3. Effet des caractérisations chimiques sur les groupes trophiques

Le tableau (3.15) fait ressortir les résultats obtenus par l'analyse des corrélations. Au dessous de la diagonale sont indiqués les valeurs du coefficient "r" de Pearson, au dessus les risques associés. Les valeurs relatives aux corrélations des facteurs chimiques apparaissent encadrées en vert, ceux des groupes trophiques en rouge. Alors que les corrélations entre ces deux paramètres sont représentés en blanc.

Il apparait des résultats que la grande majorité des paramètres leurs valeurs présentent un risque associé inférieur à 0.05. En effet, la salinité du sol (CE) et le phosphore assimilable (P_2O_5) sont bien corrélée au pH du sol avec une probabilité associées ($p=0.01$). Par contre la MO est corrélée négativement avec ce paramètre ($p=0.01$). Par ailleurs, le taux de MO et la teneur en P_2O_5 varient en fonction du degré de salinité du sol (CE). Cependant, la MO semble être plus sensible a ce facteur (CE) avec une probabilité ($p=1,4 \cdot 10^{-5}$) comparé au phosphore ($p=0.01$). Nous enregistrons également une corrélation négative du P_2O_5 avec la MO ($p=0.01$)

En ce qui concerne les corrélations entre les différents groupes trophiques, le tableau révèle une corrélation positif entre les nématodes fongivores et les phytophages ($p=3,02 \cdot 10^{-6}$).

Tableau 3.15: Corrélations entre caractéristiques chimiques du sol et groupes trophiques

	pH	CE	MO	P_2O_5	NP	NF	NL
pH	-----	0,014	0,01	0,01	$8,06 \cdot 10^{-5}$	0,005	0,28
CE	0,6522	-----	$1,4 \cdot 10^{-5}$	0,01	0,1112	0,4839	0,005
MO	-0,6402	-0,8966	-----	0,01	0,03	0,2918	0,02
P_2O_5	0,6418	0,6311	-0,6387	-----	0,03	0,1117	0,2854
NP	0,8597	0,4445	-0,5703	0,5753	-----	$3,02 \cdot 10^{-6}$	0,9010
NF	0,7017	0,2041	-0,3032	0,4440	0,9207	-----	0,8809
NL	0,3102	0,7024	-0,5848	0,3071	0,0366	-0,0441	-----

Carré couleur jaune: les probabilités ($p < 0,05$) ;

Quand aux corrélations des groupes fonctionnels avec les caractéristiques chimiques du sol nous enregistrons les résultats suivants.

Les nématodes phytophages sont bien corrélés au pH du sol ($p=8,06 \cdot 10^{-5}$) et au P_2O_5 ($p= 0.03$). Par contre le développement de ce groupe est inversement proportionnel au taux de MO ($p=0.03$). Pour le groupe des fongivores seul une corrélation positive est signalé avec le pH ($p=0.005$). Le groupes des nématodes libres représenté en grande partie par les nématodes bactériovores affiche une corrélation positive avec la salinité du sol ($p=0.005$) et une corrélation négative avec la MO ($p=0.02$).

3.5.2.4. Effet des caractérisations chimiques sur les nématodes phytophages

Les résultats reportés dans tableau (3.16) font ressortir les différentes corrélations étudiées nous nous sommes intéressés qu'aux interactions nématodes phytophages caractéristiques chimiques. L'analyse montre d'une part que les genres *Pratylenchoïdes*, *Meloidogyne* et *Scutellonema* se sont développés dans les sols à pH basique d'où la corrélation positive de ces taxon vis-à-vis de ce facteur. Les probabilités associées respectives sont de ($p=0.01$, 0.01 et 0.03). Par contre le pH agit faiblement sur *Tylenchorhynchus* et *Pratylenchus* (corrélations positives marginales).

D'une autre part, les *Meloidogyne* et *Scutellonema* semblent être très sensibles aux taux de matière organique du sol ce qui explique leur pullulation dans les sols maraîchers de Ouargla faiblement organique. Alors que les genres *Ditylenchus* et *Helicotylenchus* semble se développer en présence de ce facteur ((corrélations positives marginales).

Par ailleurs, les résultats révèlent des corrélations positives pour *Scutellonema*, *Pratylenchoïdes* et *Meloidogyne* vis-à-vis de la (CE). Alors que pour *Amplimerlinus* et *Scutellonema* des corrélations marginales positives sont enregistrées par rapport à (P_2O_5).

Tableau 3.16: Corrélations entre caractéristiques chimiques du sol et les nématodes phytophages

	pH	CE	MO	P ₂ O ₅	Dity	Tylenc	Prat	Pratyl	Melo	Heli	Hoplo	Ampl	Xip	Scut	Paratrich
pH		0,003	0,01	0,05	0,46	0,09	0,09	0,02	0,01	0,90	0,87	0,83	0,15	0,06	0,53
CE	0,75		2,9 10 ⁻⁵	0,02	0,19	0,13	0,51	0,06	0,07	0,16	0,38	0,45	0,12	0,03	0,85
MO	-0,65	-0,89		0,02	0,07	0,22	0,87	0,17	0,01	0,07	0,27	0,35	0,22	0,02	0,14
P ₂ O ₅	0,54	0,63	-0,60		0,45	0,35	0,32	0,15	0,24	0,59	0,16	0,10	0,61	0,09	0,89
Dity	-0,22	-0,38	0,50	-0,22		0,95	0,87	0,57	0,39	0,03	0,58	0,67	0,69	0,37	0,45
Tylenc	0,50	0,43	-0,36	0,28	0,02		0,09	0,7	0,80	0,64	0,71	0,70	4,4 10 ⁻⁶	0,92	0,86
Prat	0,50	0,19	-0,04	0,29	-0,05	0,50		0,33	0,49	0,63	0,03	0,04	0,34	0,93	0,84
Pratyl	0,60	0,52	-0,40	0,42	-0,17	-0,08	0,29		0,04	0,48	0,72	0,78	0,68	0,01	0,68
Melo	0,66	0,50	-0,67	0,34	-0,25	0,07	0,20	0,57		0,38	0,51	0,57	0,97	0,09	0,04
Heli	-0,03	-0,40	0,51	-0,16	0,59	-0,14	-0,14	-0,21	-0,26		0,34	0,30	0,62	0,37	0,62
Hoplo	0,04	-0,26	0,32	0,41	0,16	0,11	0,60	-0,10	-0,19	0,28		6,3 10 ⁻¹⁰	0,75	0,56	0,75
Ampl	0,06	-0,22	0,28	0,50	0,12	0,11	0,57	-0,08	-0,17	0,30	0,98		0,78	0,62	0,78
Xip	0,42	0,44	-0,35	0,15	-0,12	0,92	0,28	-0,12	0,01	-0,15	-0,09	-0,08		0,62	0,78
Scut	0,52	0,58	-0,63	0,50	-0,27	-0,03	0,02	0,68	0,50	-0,26	-0,17	-0,15	-0,15		0,21
Paratri	0,19	0,05	-0,42	0,04	-0,22	0,05	-0,06	-0,12	0,57	-0,15	-0,09	-0,08	-0,08	0,37	

Carré couleur jaune: les probabilités ($p < 0,05$) ; Carré couleur bleu: les probabilités sont marginales ; Carré couleur vert: les corrélations

3.6. Variations temporelles et structure des communautés de nématodes associés à la culture de chou (*Brassica oleracea*).

3.6.1. Inventaire des nématodes rencontrés sur culture de chou.

Dans nos échantillons nous avons identifiés dix taxons classés dans le groupe des phytophages (NP) et des fongivores (NF). Les nématodes prédateurs omnivores (PO) sont représentés par un *Mononchidae* et un *Dorylaimidae*. Les nématodes libres non identifiés incluent en grande partie les nématodes bactériovores (Tableau 3.17).

Dans le groupe des fongivores, *Aphelenchus* et *Ditylenchus* présentent des abondances relatives moyennes les plus élevées sur les trois variétés de chou. Elles sont respectivement de (42.2 et 53.8%); (46.8 et 48.3%) et (47.1 et 48.1 %) sur Enkuisen, Compne hague et chou rouge.

Pour le groupe des phytophages, le genre *Tylenchorhynchus* est le plus représenté sur les trois variétés, quoique sur chou rouge son abondance relative est supérieure (45,08%).

Le nématode prédateur *Mononchidae* est présent dans les sols des trois variétés de chou (Tableau 3.17).

Tableau 3.17: Abondances des taxons identifiés sur les variétés de chou.

	Enkuisen		Compne hague		Chou rouge	
	Ab. ab. moyenne	Ab. R. /taxon (%)	Ab. ab. moyenne	Ab. R. /taxon (%)	Ab. ab. moyenne	Ab. R. /taxon (%)
NL	5445	-	5334	-	6053	-
NF	1134	-	1209	-	1352	-
<i>Aphelenchus</i>	479	42,217	565	46,76	637	47,13
<i>Aphelenchoides</i>	25	2,204	60	4,96	35	2,59
<i>Ditylenchus</i>	610	53,816	584	48,28	650	48,07
<i>Psilenchus</i>	20	1,763	0	0	30	2,22
N.P	2805	-	2543	-	3566	-
<i>Ditylenchus</i>	610	21,76	584	22,95	650	18,22
<i>Tylenchus</i>	342	12,20	518	20,39	479	13,44
<i>Tylenchorhynchus</i>	1085	38,68	876	34,46	1607	45,08
<i>Pratylenchus</i>	587	20,94	450	17,71	678	19,03
<i>Paratylenchus</i>	70	2,50	49	01,93	26	0,73
<i>Coslenchus</i>	105	3,74	65	02,56	115	3,23
<i>Heterodera</i>	5	0,18	0	0	10	0,28
N P-O	145	-	180	-	125	-
<i>Mononchidae</i>	135	93,10	180	100	125	100
<i>Dorylaimidae</i>	10	6,89	0	0	0	0
total	9530	100	9265	100	11095	100

NL : Nématodes libres; NF: Nématodes Fongivores; NP: Nématodes Phytophages; NP-O: Nématodes Prédateurs- Omnivores, **Ab.ab**: Abondance Absolue, **Ab. R.**: Abondance Relative

3.6.2. Variations saisonnière des abondances moyennes de la nématofaune sur chou.

Le nombre total des nématodes est rangé entre 5 et 6053 N/dm³ de sol, il varie en fonction du temps (figure 3.41). Il atteint son maximum le mois de décembre sur chou rouge (193 N/dm³) et chou vert Compne hagen (139 N/dm³); sur la variété *Enkuisen* le maximum est enregistré le mois de janvier (128 N/dm³). Les effectifs moyens diminuent sensiblement les mois de février, mars et avril sur les trois variétés de *B. oleracea*.

Une différence significative a été observée entre le temps (test one way ANOVA; $P=0,0015$; $n=84$), toutefois, aucune différence n'a été discernée entre les variétés étudiées ($P>0.05$) (Tableau 3.18).

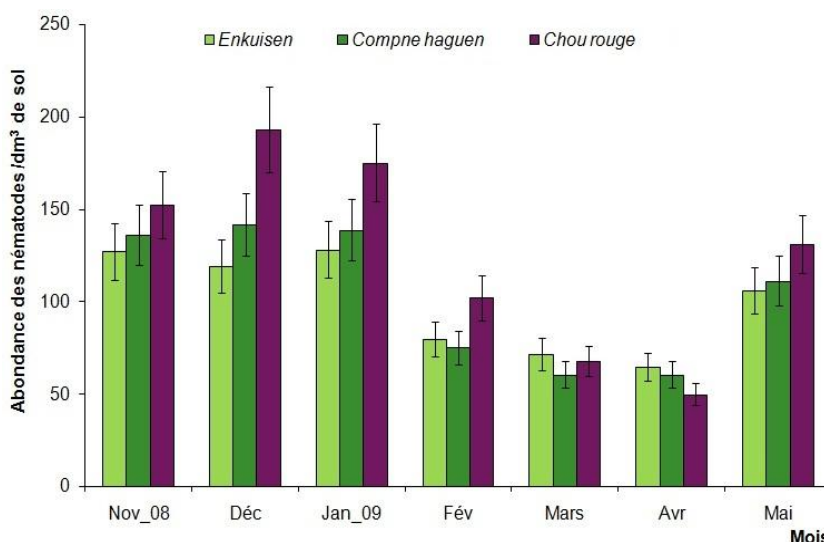


Figure 3.41: Variation saisonnière des nématodes rencontrés sur variétés de chou.

3.6.3. Variation des groupes trophiques sur les variétés de chou en fonction du temps.

Les nématodes libres représentés par les bactérivores s'avèrent dominant sur les trois variétés de chou comparé aux autres groupes. En général, il atteint des valeurs maximales à la saison d'hiver notamment le mois de décembre sur les variétés de *Brassica oleracea* (figure 3.42).

Des différences significatives ont été observées entre les temps (test one way ANOVA; $P < 0,001$, $n=84$) (tableau 3.18).

Les populations de fongivores diminuent sensiblement au printemps notamment le mois d'avril (figure 3.42). Les effectifs les plus élevés sont signalés en hiver (décembre); des différences significatives sont enregistrées entre les saisons ($P < 0.01$, $n=84$) (tableau 3.18).

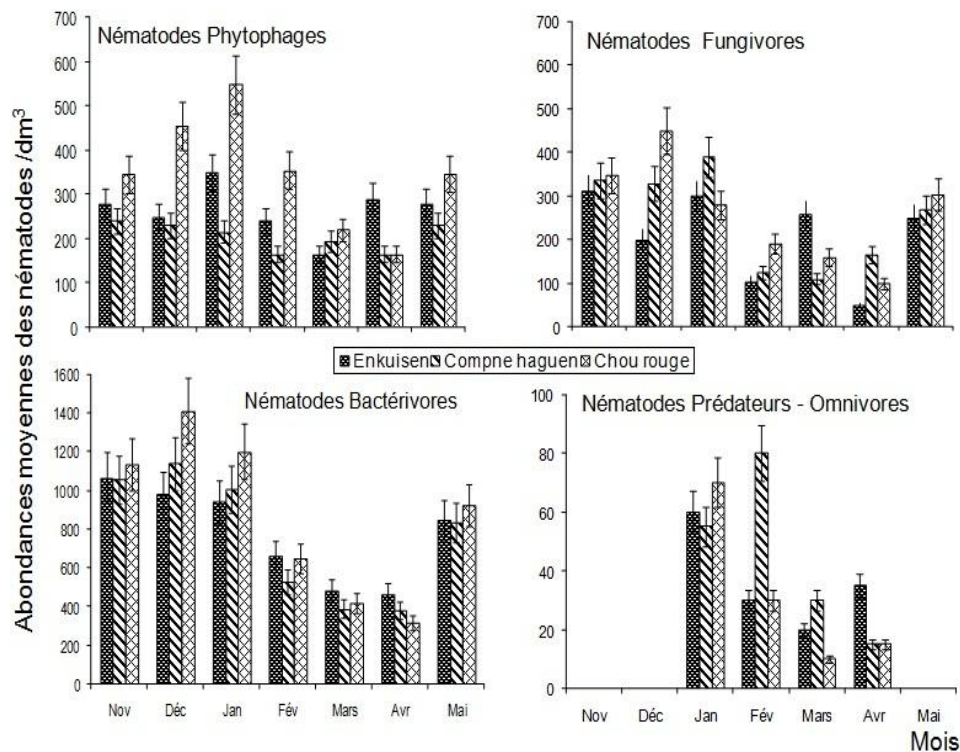


Figure 3.42 : Variations temporelles des groupes trophiques sur les variétés de chou

La communauté des nématodes phytophages a montré une tendance semblable avec ceux des fongivores au cours du temps. Toutefois, les valeurs moyennes maximales sont obtenues sur la variété de choux rouge particulièrement en janvier (figure 3.42).

Des différences significatives ont été discernées entre les variétés ($P < 0,01$, $n=84$) mais aucune différence significative n'a été remarqué entre le temps ($P > 0,05$, $n=84$) (tableau 3.18).

Les nématodes du groupe omnivores-prédateurs sont signalés dans les prélèvements de janvier avec des effectifs moyens très faibles comparé aux autres groupes. La valeur maximum des omnivore-prédateurs a été notée sur la variété de chou vert «*Compne haguene*» le mois de février (figure 342).

Une différence significative a été enregistrée entre le temps ($P < 0,01$, $n=84$) mais pas entre les variétés ($P > 0,05$; $n=84$) pour ce groupe trophique (tableau.3.18).

Tableau 3.18: Analyse de la variance (ANOVA) des communautés de nématodes sur *B.oleracea*.

Indices écologiques	Saisons		Variétés	
	F-test	p valeur	F-test	p valeur
1. Abondance totale des nématodes	16,88	0,0015	0,76	NS
2. Structure des groupes trophiques				
Bactérovores	47,28	7,30 10 ⁻⁵	0,14	NS
Fungivores	9,37	0,007	0,39	NS
Phytophages	1,66	NS	5,76	0,02
Omnivores-Prédateurs	11,09	0,01	0,12	NS

3.7. Discussion

3.7.1. Diversité et structure des communautés de nématodes des cultures maraîchères

Les sols abritent une faune très diverse par le nombre des espèces recensées et par les fonctions accomplies. Les résultats de cette étude ont révélé la présence de 24 espèces de nématodes associée aux cultures maraichères (*Meloidogyne sp*, *Nématode à kyste*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Paratylenchus sp1*, *Paratylenchus sp2*, *Tylenchorhynchus sp1*, *Tylenchorhynchus sp2*, *Scutellonema sp*, *Trophurus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Hoplolaimus sp*, *Amplimerlinus sp*, *Ditylenchus sp*, *Pratylenchoïdes sp*, *Xiphinema sp*, *Paratrichodorus sp*, *Psilenchus sp*, *Tylenchus sp1*, *Tylenchus sp2*, *Tylenchus sp3*, *Coslenchus sp*, *Aphelenchoïdes sp* et *Aphelenchus sp*).

Nos résultats sur l'inventaire rejoignent d'un point de vue taxons rencontrées les investigations de [181] au Sénégal, [53] au Niger, [52] en Mauritanie, [21] au Kenya, [182] en Lybie, [183] en Egypte.

Parmi les espèces identifiées 78,26% sont des phytoparasites, alors que seul 17,37% sont fongivores.

Les abondances moyennes des taxons varient considérablement. Quels sont les nématodes qui abondent dans les sols maraîchers? Pour répondre à cette question nous avons examiné le diagramme de fréquence- abondance. Ce dernier révèle que 70% des taxons identifiés dépassent le seuil d'abondance établi par [170]. Toutefois, il est à distinguer dans ce groupe.

- *Les nématodes abondant et fréquent (Pratylenchus, Ditylenchus et Tylenchorhynchus)* qui représente 25% des nématodes identifiés. Ils sont considérés comme des parasites actifs sur les cultures maraîchères. Ils se multiplient rapidement sur ces spéculations et sont susceptibles de causer des pertes de rendements importants. De Guiran et Netscher [184]; de Guiran [45], affirment que *Pratylenchus* et *Ditylenchus* sont extrêmement polyphages et sont parmi les genres les plus redoutables aux cultures des régions méditerranéenne. Ils se développent sur blé [185]; riz [186]; fève [38, 37]; haricot [187]; cultures maraîchères et arboricultures fruitières [188] et vigne [189].

- *Les nématodes peu fréquents mais abondants*, 45% des taxons sont rangés dans cette catégorie. Ils sont représentés en grande partie par des parasites obligatoires des plantes à l'exception de *Coslenchus*. Ces taxons (*Rotylenchulus*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, nématode à Kyste, *Paratrichodorus*, *Amplimerlinus*, *Scutellonema* et *Pratylenchoides*) si leur répartition est moins large, c'est probablement par suite d'incompatibilité avec certains types de sol ou conditions climatiques. Toutefois, ces nématodes sont capables de provoquer des dégâts importants sur les cultures. Plusieurs auteurs signalent l'importance de ces taxons sur divers cultures comme tabac [190]; tomate et gombo [191] ; haricot [192] et le lin [187].

- *Les nématodes peu fréquents et peu abondants*, représentent 30% des genres identifiés (*Hoplolaimus Aphelenchoides*, *Helicotylenchus*, *Trophurus*, *Psilenchus* et *Xiphinema*). Sont des parasites mineurs sont observés que rarement et en nombre trop faible pour avoir une importance économique quelconque. Nos résultats sont comparables aux études accomplies par Srivastava et al. [191] qui signale la présence de ces taxons sur culture de tomate mais avec de très faibles effectifs. Par ailleurs certains genre comme *Xiphinema*, les cultures maraîchères ne sont pas leur principale hôte mais plutôt sont inféodés à la vigne [189, 193] et au figuier [194, 195].

Notre étude révèle que les communautés de nématodes rencontrées dans les sols maraîchers sont réparties en trois groupes fonctionnels. Les nématodes phytophages (obligatoires et facultatifs). Les nématodes fongivores dont la source alimentaire est à base de mycélium. Les nématodes libres du sol non

identifiés incluent les nématodes prédateurs–omnivores et en grande partie les nématodes bactérivores. Nos résultats sont en concordance avec les travaux de [196, 197, 198] qui confirment que les sols cultivés abritent différents groupes trophiques.

3.7.2. Diversité et structure des communautés de nématodes en fonction des secteurs biogéographiques

La répartition des communautés de nématodes selon les secteurs biogéographiques, montrent des variations importantes aussi bien pour la distribution des abondances globales des nématodes que pour les groupes fonctionnels.

L'abondance moyenne de la nématofaune change en fonction des secteurs biogéographiques. Le secteur Saharien est le plus peuplé comparé aux secteurs nord (Numidien, Algérois, Oranais et Haut plateaux). Diverses études confirment nos résultats et signalent que les peuplements de nématodes varient en fonction des milieux prospectés [64,65, 199]. Selon [200, 201] les nématodes constituent numériquement la composante principale de la faune du sol dans les écosystèmes du désert.

En ce qui concerne l'examen de la répartition des nématodes par groupes trophiques des différences significatives ($p=0,000$; $p<0,05$) sont signalées. Quelque soit le secteur les nématodes bactérivores prédominent dans sols maraîchers. Par ailleurs, la part des phytophages reste aussi importante par rapport aux fongivores notamment, dans le secteur Numidien.

Chaque groupe fonctionnel varie selon le secteur. Les nématodes libres représentés par le groupe des bactérivores pullulent particulièrement dans les stations du secteur saharien et dans l'Algérois comparé aux autres secteurs. Quand au groupe des phytophages des abondances moyenne élevées sont enregistrées dans les secteurs Saharien et Numidien. Cependant, les nématodes fongivores présente une répartition comparable dans les secteurs nord alors que les populations diminuent sensiblement dans le Saharien.

Nous supposons que la variabilité de la nématofaune enregistrée dans les différents agro systèmes est en étroite relation avec divers facteurs biotiques et abiotiques. Les amendements organiques contribuent à la multiplication des

bactérovores. Il est à noter que pour toutes les stations prospectées nous avons enregistré des apports de fumier d'origine animale. Notamment dans les stations sahariennes afin d'améliorer la texture sablonneuse des sols. Ces pratiques sont probablement à l'origine de la pullulation des bactérovores. Divers investigations affirment que les amendements organiques, sont responsables d'une augmentation de la population microbienne [202, 203, 204]. Ces derniers favorisent la prolifération des nématodes bactériophages [97, 205, 82].

Le diagramme des fréquences-abondances de [170] appliqué aux taxons identifié montre que la structure et la composition des nématodes varient en fonction des secteurs.

Le nombre de taxons varie selon le gradient Est-Ouest, le plus élevé est signalé dans le secteur numidien (16 taxons), se chiffre diminue en se dirigeant vers les régions du centre, secteur Algérois (11 taxons) et de l'ouest, secteur Oranais (8 taxons). Dans les zones steppiques (Hauts plateaux) 10 taxons sont déterminés, ce nombre augmente dans les régions sahariennes (14 taxons).

Par ailleurs, les résultats révèlent que 25% des nématodes identifiés sont communes aux cinq secteurs biogéographiques avec des abondances moyennes distinctes. Ces taxons (*Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Apelenchus* et *Tylenchus*) sont considérés comme ubiquiste. S'adaptent à divers biotopes, leur survie ne dépend pas d'un habitat présentant des caractéristiques précises. Selon leur valence écologique ils sont qualifiés d'eurytope à vaste aire de répartition.

Les nématodes *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Coslenchus*, *Aphelenchoides* et les nématodes à kystes sont présents dans 3 ou 4 secteurs étudiés. Ces taxons exposent vraisemblablement des contraintes qui peuvent limiter leur développement dans certains milieux. Ils sont peu ubiquistes ou différentiels.

Le dernier type de nématodes signalé représente les taxons spécifiques ou rares (45%) de la nématofaune identifié. Ils sont inféodés aux secteurs Numidien et Saharien. Il serait probable que la survie de ces taxons dépend de celle de leur environnement. Ils ne peuvent évoluer ailleurs que dans le biotope ou ils vivent, en fonction des apports que leur procure ce milieu. Se sont des

nématodes sténotope à aire de répartition réduite selon leur valence écologique.

La répartition des taxons rencontrés dans les secteurs biogéographiques serait éventuellement en rapport avec des différences dans les traits de vie des espèces, la qualité et la disponibilité des ressources alimentaires et les caractéristiques du milieu (température, humidité et type de sol). Cette hypothèse est confirmée par divers études. [206] affirme que la température est un facteur majeur influençant l'activité des nématodes et la durée de leur cycle de vie. Les températures optimales de développement varient en fonction des populations de nématodes [207]. La survie des nématodes dépend de l'humidité du sol [208], des taux compris entre 40 et 60% sont favorables au dynamisme des nématodes [45, 209]. La texture du sol affecte la pullulation des nématodes, ces derniers abondent dans les sols arables [210]. Selon [211] les populations de *Ditylenchus dipsaci* et *Pratylenchus zaeae* diminuaient dans les sols sableux alors que les sols à forte teneur en argile leur sont plus favorables. Contrairement à *Hoplolaimus pararobustus* qui prolifère surtout dans les sols sableux. Toutefois, pour *Helicotylenchus dihystera* [212, 111] déclarent qu'elle se développe dans tous les types de sol.

La source alimentaire qui se résume en la plante hôtes chez les nématodes phytophages agit comme l'affirment [213] sur la dynamique des populations de ces parasites. Les exsudats racinaires des plantes hôtes stimulent et intensifient l'éclosion des œufs du genre *Heterodera* [145].

3.7.3. Exploitation écologique des peuplements nématologiques dans les secteurs biogéographiques

Les indices écologiques sont des paramètres d'une grande importance pour mesurer les changements de la structure et de la composition des communautés de nématodes dans divers écosystèmes. Ainsi, ces indices peuvent jouer d'une part un rôle dans le suivi de la qualité et la santé des sols et d'autre part évaluer la durabilité des écosystèmes et de la biodiversité.

Récemment, de nombreux nématologistes ont utilisé divers indices afin de caractériser la structure des communautés de nématodes dans des systèmes

de différentes végétation, allant du naturel au système agricole intensifié [214, 215, 199, 216, 217, 218].

Dans le présent travail, l'exploitation des différents indices écologiques montre que ces derniers varient significativement en fonction des secteurs biogéographiques.

Les valeurs de l'indice de Shannon- Weaver (H') varient de (0,67 à 1,23) dans les secteurs étudiés. Les secteurs du nord sont les plus diversifiés, les valeurs de H' sont plus élevées et presque similaires oscillant entre (1,20 et 1,23). Par ailleurs, la diversité varie selon un gradient Nord –Sud. En effet, elle diminue sensiblement dans les hauts plateaux (1,03) et le secteur saharien (0,67). Les richesses spécifiques respectives pour les secteurs Algérois, Numidien, Oranais, Hauts plateaux et Saharien sont de 14,19, 8, 11 et 14 espèces.

Les études révèlent que la diversité nématologique varie selon les agro systèmes et les biotopes. Des valeurs de diversité comparable à nos résultats sont obtenues sur culture de tomate (0,55 -1,47) par [219] et par [79] sur Soja (0,93). Par contre sur blé et maïs [220] à enregistré une diversité plus élevée (1,98–2,26). Par ailleurs, dans le désert Jordanien Steinberger et *al.* [221] ont signalé une diversité très élevée de (5.31).

Les valeurs de l'indice d'équitabilité (J) obtenues dans les secteurs nord sont supérieures à 0.5, elles varient de 0,75 à 0,77. Elles traduisent la présence d'une tendance vers l'instauration d'un équilibre entre espèces. Cependant dans les régions du sud la valeur de J est de (0.49), ceci s'explique par le fait que dans ce secteur certaines espèces (*Meloidogyne*) dominent en effectifs par rapport à l'ensemble des autres espèces. Gomes et *al.* [79], dans les champs de Soja signalent une valeur légèrement supérieure (0,84), alors que sur *Zygophyllum dumosum* du désert [222] enregistre une faible valeur de J (\square 0,5).

Au niveau stationnaire, la diversité, la richesse spécifique et l'équitabilité des communautés de nématodes semble dépendre de plusieurs facteurs. A savoir, les conditions climatiques du biotope, le mode de pratique culturale et nature du sol. Il est à souligner que dans les secteurs Nord, notamment Algérois et le Numidien les conditions climatiques très favorables (climat sub humide et humide) interfèrent dans la pullulation des nématodes. Le secteur oranais et les haut plateaux avec un bioclimat semi aride à aride n'offrent pas les meilleures

conditions de vie en raison de la dégradation des milieux et les contraintes climatiques. Todd *et al.* [223], affirment que le développement des nématodes est en relation avec la disponibilité de l'eau. Pour le secteur saharien il est à souligner que le type de sol de nature sablonneuse et les cultures maraîchères pratiquées dans le système oasien en association avec la phoeniciculture, favorisent la pullulation de certains taxons, notamment le genre *Meloidogyne*. Sellami *et al.* [27], ont identifié deux espèces de ce genre sur *Phoenix dactylifera* (*M.incognita* et *M. javanica*). Ces hôtes sont probablement une source d'infestation par les *Meloidogyne*.

L'indice de maturité est une mesure basée sur la composition de la communauté de nématodes. C'est un indicateur d'enrichissement et de perturbation des écosystèmes,[13, 18, 224].

Les valeurs de cet indice oscillent entre (2,27 et 2,66). La valeur la plus élevée est signalée dans le secteur saharien (2,66); la plus faible est observée dans les hauts plateaux (2,27). Dans les secteurs du domaine maghrébin du tell méditerranéen les valeurs de (IM) sont similaires notamment pour le Numidien et l'Algérois.

Les faibles valeurs d'IM indiquent la pullulation des nématodes opportunistes colonisateurs (c-p 2-3) qui se caractérisent par un cycle de vie court et un taux de reproduction élevé et tolèrent des perturbations du milieu comme les bactérivores et les fongivores. Alors que l'augmentation de cet indice (IM), indique la richesse du milieu par des nématodes persistants (c-p 4-5) dont le cycle de vie est long et affichent un faible taux de reproduction cas de *Xiphinema* et *Paratrichodorus* dans le secteur Saharien, ce qui expliquerait la valeur élevée de IM (2,66). Les populations de Dorylaimides dans la communauté de nématodes sont sensibles aux pratiques agricoles (labour, fertilisation et pesticides) et sont utilisés comme des indicateurs de perturbation de l'environnement [225, 226].

Selon [79], des taux élevés (□ 25%) des Dorylaimides indiquent une faible intervention humaine dans les cultures. Alors que les faibles pourcentages montrent le contraire. Dans notre cas la présence de *Xiphinema* en faible densité serait liée à l'emploi d'assolement dans certaines stations du sud.

Il est à noter que plusieurs travaux de recherche affirment que l'indice de maturité varie en fonction des agro systèmes. Dans les champs de maïs les valeurs sont rangées entre 1,40 et 1,58 [220]. Elles sont inférieures à celles rencontrées dans les plantations de Soja (2,50) par Freckman et Ettema [217] et par Gomes et *al.* [79] sur la même culture (MI =3,10). Les auteurs [217] attribuent cette différence à l'installation des plantations de soja dans de nouvelles terres.

Dans l'agro système semi naturel verger d'agrumes [227] a signalé un IM plus élevé (5,0). Les mêmes constatations ont été enregistrées pour le milieu naturel la forêt du Cameroun [228].

Le rapport des groupes trophiques (NF+NB/NP) proposé par [97] décrit l'équilibre relatif de l'impact positif ou négatif des nématodes sur la productivité primaire ou le stade de décomposition de la chaîne alimentaire [229].

Les valeurs moyennes d'IW oscillent entre (7,95 et 37,78). La valeur la plus élevée est enregistrée dans le secteur Saharien (37.78), Ces effectifs accusent une abondance des nématodes libres du sol (bactérovores), probablement lié à la fertilisation organique des sols des stations de ce secteur.

Les plus faibles sont observés dans les secteurs nord (Algérois, Numidien, Oranais et Hauts plateaux). Ces valeurs sont rangées entre (7.95 et 10.17); indiquant ainsi une abondance relative des nématodes phytophages par rapport aux nématodes bactérovores et Fongivores.

Les valeurs de ce rapport (IW) varient en fonction des systèmes de culture. Neher et Campbell [230] dans une culture annuelle (champs de soja) détecte un rapport de 0.11 alors que dans un système de culture pérenne de festuca, le rapport est à 0.2. Selon [231], l'abondance des bactérovores est plus faible dans les cultures annuelles que pérennes.

3.7.4. Structure des nématodes en fonction des wilayas prospectées

La comparaison de la nématofaune au niveau des wilayas révèle que les effectifs moyens globaux des populations de nématodes et les groupes trophiques varient en fonction de ces derniers. Les zones plus peuplées sont les wilayas du sud Biskra en premier lieu suivi par El Oued. Par ailleurs, dans

ces régions nous avons noté l'abondance des nématodes libres (bactérovores) et des phytophages.

Un des caractères novateurs de notre travail sont les résultats obtenus grâce aux diagrammes Rangs-Abondances et la comparaison des communautés. L'examen de l'ajustement des pentes dans les différentes wilayas au model naturel de MOTOMURA montre la présence d'une probabilité hautement significative pour chaque pente. Cela signifie que la nématofaune rencontrée ne présente pas de perturbation quelque soit la wilaya. Les communautés se sont bien adaptées aux conditions de vie du milieu ou elles se trouvent.

Le test des Bartlett indique en général que les structures des communautés au sein des wilayas sont significativement différentes. Pour celles du nord, la communauté de Bejaia composé de 13 taxons diffère significativement des autres wilayas. Il est à souligner que dans cette région 80% des stations prospectées sont de zones montagneuses ou domine l'agriculture paysanne (traditionnelle). Ce type d'agriculture est caractérisée par des pratiques de l'assolement et de rotation vue les surfaces agricoles limitées. On suppose que ces pratiques ont agit favorablement sur la diversité des nématodes. Notre hypothèse rejoint les travaux de [232, 233, 224] qui stipulent que les pratiques de gestion agricole affectent la diversité des taxons qui composent le peuplement de nématodes d'un milieu.

Par ailleurs, d'autres travaux rajoutent que la diversité des communautés de nématodes varie selon le type de plante cultivée [234, 235], le type de sol [236], l'histoire de la culture (précédent cultural, pépinière, produits agrochimiques) [237] et les conditions abiotiques (température et humidité) [223].

3.7.5. Influence des facteurs anthropiques et édaphiques sur les communautés de nématodes.

3.7.5.1. Facteurs anthropiques

Dans le sol, plusieurs paramètres peuvent agir ensemble pour induire un changement dans le peuplement nématologique et les actions spécifiques dues aux uns et aux autres sont pratiquement impossibles à séparer. Ces facteurs peuvent agir directement en affectant la mobilité du nématode [238], influençant

ainsi sa distribution. Ils peuvent modifier la physiologie du nématode et affecter les probabilités de rencontre des individus mâles et femelles chez les espèces amphimictique, retardant ou empêchant ainsi la reproduction [55]. Enfin, ils agissent de façon indirecte sur l'aptitude de la racine à nourrir le nématode, régulant ainsi les populations [110].

L'examen de l'incidence des cultures pratiquées et du précédent cultural sur la distribution des nématodes phytophages strict a été réalisé à travers l'analyse multivarié (ACP). Les résultats révèlent la présence d'une affinité de certains taxons avec les cultures pratiquées et les précédents culturaux.

En effet, les plantes appartenant aux deux familles solanacées et les cucurbitacées en tant que culture pratiquée ou précédent culturale favorisent la prolifération des *Meloidogyne*. Au cours de ces dernières décennies diverses études en Algérie ont signalé les problèmes phytosanitaires dus aux nématodes à galles (*Meloidogyne*). Ces derniers sont capables de se développer aux dépens d'un grand nombre de plantes. Sellami et *al.* [27] ont dénombré 54 plantes dont 30 sont des plantes spontanées. Parmi les plantes cultivées diverses familles peuvent être infestées tels que les Cucurbitacées, les Solanacées, les Légumineuses [28, 27, 29]. Les attaques de ces parasites ont également été constatées sur cultures maraîchères dans le système oasisien [31, 27].

Pour les cultures en place carotte, melon, oignon, fève et pomme de terre et les précédents culturaux graminées, légumineuses et pomme de terre nous avons noté qu'ils contribuent au développement des nématodes à kystes, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*.

Les fortes infestations des nématodes à kystes ont été enregistrées dans la parcelle d'oignon (4760 N/dm³ de sol) de la région de Meftah. Ce taux d'infestation est probablement lié au précédent cultural blé pour cette parcelle. Sur céréales [33, 34], signalent la pullulation du nématode à kyste du genre *Heterodera*. L'espèce *H. avenae* est la plus répandue, elle est présente dans la quasi totalité des zones céréalières du Centre (Boumerdes, Bir touta, Oued Smar) [35] et (Ain Defla) [239], de l'Est (Batna, Sétif) [240] et de l'Ouest (Tiaret) [36].

Sur la culture de pomme de terre nous avons également noté une abondance de nématode à kyste ($3080\text{N}/\text{dm}^3$ de sol) dans la station de Djelfa. Les enquêtes révèlent que dans cette station les agriculteurs pratiquent le système de monoculture (pomme de terre). C'est une zone où la pomme de terre est la principale culture. Ce qui explique probablement la pullulation de ce nématode. La littérature évoque le nématode à kyste du genre *Globodera* sur ce type de culture [241, 239]. Deux espèces sont identifiées sur la culture de pomme de terre *G. rostochienensis* et *G. pallida* et sont considérées parmi les parasites de quarantaine par EPPO [242, 243]. Ces espèces pullulent dans les cultures intensives de pomme de terre [244]. On peut trouver un parallèle avec les travaux de [207], qui affirment que la pullulation des nématodes dans les sols est la conséquence de pratiques culturales. Par ailleurs, dans le même contexte les recherches de [245], affirment que la monoculture intensive se traduit d'une part par la disparition d'espèces non inféodés à ces cultures et d'autre part entraîne la prolifération d'autres espèces capable de se nourrir et de se reproduire. Une bonne gestion des agro-écosystèmes par des alternances judicieuses avec des plantes non hôtes ou résistantes permet une réduction de l'inoculum des phytoparasites à un seuil tolérable [246] et la préservation des phénomènes de compétition et d'antagonismes capable d'auto réguler les densités des nématodes grâce à la diversité des plantes impliquées en rotation [247].

En ce qui concerne *Tylenchorhynchus*, *Ditylenchus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* et *Paratylenchus* sont des nématodes polyphages Ils ont été identifiés sur toutes les cultures prospectées [182, 190, 192, 187].

Quand au groupe rassemblant les taxons (*Scutellonema*, *Rotylenchulus*, *Coslenchus*, *Hoplolaimus*, *Amplimerlinus*, *Xiphinema*, *Pratylenchoides*, *Trophorus* et *Paratrichodorus*) semble n'avoir aucune corrélation aussi bien avec les cultures pratiquées que les cultures en rotation. Ces nématodes dévoilent une répartition très limitée à seulement quelques stations. C'est probablement par suite d'incompatibilité avec certains types de sol, de conditions climatique ou même de plantes.

3.7.5.2. Facteurs édaphiques

Bien que les nématodes soient des parasites, leur cycle biologique ne se déroule pas entièrement dans l'hôte, mais alternativement dans la plante et dans le sol. Il faut aussi que l'environnement édaphique permette le déroulement de la phase tellurique du cycle biologique des nématodes. D'après [21], les corrélations entre les propriétés physico-chimiques du sol jouent un rôle important dans l'abondance, la distribution et la structure des communautés de nématode.

L'analyse des corrélations entre les caractéristiques physico-chimique du sol et les nématodes révèle que ces derniers affectent sensiblement le peuplement nématologique aussi bien au niveau trophique que générique.

L'examen des corrélations entre groupes trophiques montre que les communautés de phytophages et de fongivores occupent la même niche écologique, d'où la présence d'une corrélation positive ($r=0.9$). Il serait probable que cela soit dû à une absence de compétition alimentaire entre ces deux groupes. Les investigations de [248], confirment cette hypothèse, ou les fongivores n'ont pas un régime alimentaire fixe.

La texture du sol a une influence importante sur l'abondance et la diversité des nématodes. Nos résultats signalent que le développement des trois groupes trophique (Phytophages, fongivores et Bactérovores) est inhibé par les taux élevés d'argile dans les sols. Toutefois, la sensibilité des phytophages est plus prononcée à cet élément ($r=-0.84$). En général, les sols sableux à texture grossière sont favorables à la survie et au développement des nématodes [110, 249]. Par contre les sols argileux, inhibent fortement leur développement [250].

La réceptivité des taxons phytophages à la texture du sol varie sensiblement. En effet, *Meloidogyne* et *Scutellonema* sont corrélés négativement aux taux d'argile. Alors que le sable grossier favorise leur pullulation ainsi que celui de *Paratrichodorus*. De nombreux auteurs affirment que le type de sol affecte la répartition des nématodes [107, 108, 251]. On suppose que les tendances préférentielles des taxons (*Meloidogyne*, *Paratrichodorus* et *Scutellonema*) sont en relation avec le diamètre des pores défini pour chaque type de sol qui conditionnent principalement les possibilités de déplacement des nématodes et

agissent ainsi sur l'accessibilité de la ressource. Cette hypothèse est en concordance avec les travaux de [236, 252, 253], qui ont démontré le lien étroit entre la taille des particules du sol et la répartition des espèces de nématodes. Selon [110] la granulométrie influence directement les peuplements de nématodes, mais ses effets dépendent des caractéristiques morphologiques et biologiques de l'espèce.

En ce qui concerne les caractéristiques chimiques la présente étude signale qu'ils affectent aussi bien la distribution des groupes trophiques que les espèces phytophages.

Le pH agit positivement sur le groupe des fungivores et des phytophages. Dans ce dernier groupe il affecte particulièrement les genres *Meloidogyne* et *Pratylenchoides*. Il est à souligner que les pH des stations examinées est neutre à légèrement basique. Wallace en 1966 in; [213] enregistre une éclosion maximale des œufs de *M. javanica* entre le pH 6,4 et 7,0 et rajoutent que le pH acide 5,2 inhibe la fertilité de œufs. Dans le même contexte, [17, 112] montrent l'existence d'une corrélation entre le pH et l'abondance des nématodes.

Les nématodes libres et le phytophage *Scutellonema* sont corrélés positivement à la conductivité électrique (CE) ce qui explique leur pullulation dans les sols salés du secteur saharien. Toutefois, nous avons noté une corrélation négative des nématodes libre et des phytophages pour la MO. Par ailleurs, l'étude décèle que parmi les taxons phytophages *Meloidogyne* et *Scutellonema* sont les plus affectés par cet élément (MO).

D'une façon générale, l'apport d'amendements organiques induit d'une part une diminution du nombre de nématodes phytoparasites. Cela est du à deux principaux phénomènes [254], (i) lors de l'apport de matière organique, les organismes antagonistes aux nématodes (prédateurs et parasites) peuvent devenir plus abondants et (ii) certains acides organiques issus de la décomposition de la matière organique sont toxiques pour les nématodes (acide formique, acétique, propionique ou butyrique). D'autre part, il entraîne l'augmentation des nématodes libres du sol [136]. Les nématodes fungivores et bactériophages sont plus abondant dans les domaines où abonde la matière organique [82]. Nos résultats ont révélé l'effet inverse de MO sur les nématodes libres, probablement cela est en relation avec le degré de décomposition de la

matière organique incorporée au sol. Wardle et *al.* [255], affirment que les populations de nématodes bactérivores abondent dans les sols cultivés dont le rapport C/N des intrants organiques est faible. Ils pullulent dans les sols riches en nitrates [256, 257, 258, 259].

En ce qui concerne le phosphore assimilable, nous avons constaté en général une corrélation positive du groupe des phytophages avec cet élément. Par ailleurs pour *Amplimerlinus* et *Scutellonema* nous avons décelé une corrélation positive marginale. Les investigations de [260] soulignent une corrélation positive de l'abondance de *Helicotylenchus* et *Xiphinema* avec les quantités de phosphore, de fer et de magnésium dans les champs de canne à sucre en Afrique du Sud.

L'effet de ces facteurs du sol sur les peuplements de nématodes est intéressant lorsqu'ils sortent du seuil biologique admis par les espèces. Or, nous ne disposons pratiquement d'aucune valeur de référence (seuil) et de plus, d'un site à l'autre, les teneurs des paramètres du sol peuvent varier fortement [137] et leur relations avec les nématodes aussi. Dans notre cas, nous avons évalué plutôt les relations qui s'établissent entre l'abondance des groupes trophiques et des taxons phytophages avec les quantités des facteurs du sol étudiés.

3.7.6. Variations temporelles et structure des communautés de nématodes associés à la culture de chou (*Brassica oleracea*).

Dans cette étude les communautés de nématodes rencontrés sur les variétés de chou (*Brassica oleracea*) sont représentées par les nématodes libres principalement composé de bactérivores, les nématodes fongivores, les nématodes phytophages et des nématodes prédateurs omnivores.

Des différences significatives sont enregistrées entre les abondances globales des nématodes et les saisons et entre le groupe des phytophages et les variétés de chou testées. Les fluctuations des densités des populations de nématodes seraient liées aux conditions édaphiques du milieu en effet, [261], affirment que la température du sol et l'humidité sont considérées comme les facteurs les plus importants affectant la dynamique saisonnière des populations des nématodes. Elles peuvent agir directement en modifiant l'activité

métabolique des nématodes [262, 263] ou indirectement en affectant la qualité de leur source de nourriture [264].

Les nématodes bactériovores restent le groupe le plus abondant, notamment en novembre, décembre et janvier leur prolifération serait due aux résidus organiques, du précédent cultural qui se sont accumulés pendant l'hiver. Cependant, les omnivore-prédateurs sont faiblement représentés sur les trois variétés du chou pendant la période d'étude. Wardle *et al.* [14], affirment que les bactériovores sont toujours abondants dans les sols cultivés que les prédateurs et les omnivores. Par ailleurs, plusieurs travaux de recherches montrent que les nématodes sont des bio-indicateurs utiles dans les écosystèmes du sol [98,265]. Les nématodes prédateurs et omnivores sont plus sensibles aux perturbations de l'environnement [60,266], sont des indicateurs de milieux matures [18]. Alors que les nématodes bactériophages et fongivores tolèrent différents stress appliqués en agriculture traditionnelle [267] et sont des indicateurs de milieux enrichis [18].

Les résultats révèlent la présence de sept taxons de nématodes phytophages sur les variétés de chou. Les plus abondants sont *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus* et *Ditylenchus*. Alors que le genre *Heterodera* faiblement représenté sur ces cultures. Mennan et Handoo [268] en Turquie ont dénombré dix genres de phytophages de l'ordre des *Tylenchida* sur *Brassica oleracea*, les plus fréquents sont *Pratylenchus thornei*, *Helicotylenchus* sp., *Heterodera cruciferae* et *H. mediterranea*. Selon [269], *Tylenchorhynchus brassicae* cause des dommages importants sur les crucifères.

L'examen de l'incidence des variétés de chou utilisées sur la répartition des nématodes phytophages a montré des différences très hautement significatives ($p=7,30 \cdot 10^{-7}$). En effet des abondances absolues moyennes sont faibles sur les deux variétés de chou vert notamment, sur *Compne hague*, par contre les plus élevées sont enregistrées sur chou rouge. Les investigations de [268] affirment qu'un effectif élevé de nématode à kyste *Heterodera mediterranea* est rencontré sur chou rouge, alors que sur chou frisé les nématodes phytophages ont été observés en très faible nombre avec l'absence d'*H. mediterranea*. Par ailleurs Zasada *et al.* [270] signalent que diverses espèces de brassicaceae (chou, brocoli, etc.) contenant des métabolites

secondaires (glucosinolates) dont les dérivés sont des isothiocyanates qui constituent un groupe important de molécules bioactive et ayant une activité nématocide.

CONCLUSION Et PERSPECTIVES

Les nématodes sont les organismes les plus abondants des invertébrés du sol. Ils sont ubiquistes, présents dans tous les milieux, sous tous les climats, à toutes les latitudes. Ils présentent une grande diversité taxonomique et fonctionnelle.

Les résultats obtenus au terme de cette étude montrent une diversité importante de nématode dans les sols maraîchers. Nous avons dénombré 23 espèces. Elles sont représentées par les *Meloidogyne sp*, *Nématode à kyste*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Paratylenchus sp*, *Tylenchorhynchus sp1*, *Tylenchorhynchus sp2*, *Scutellonema sp*, *Trophurus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Hoplolaimus sp*, *Amplimerlinus sp*, *Ditylenchus sp*, *Pratylenchoïdes sp*, *Xiphinema sp*, *Paratrichodorus sp*, *Psilenchus sp*, *Tylenchus sp1*, *Tylenchus sp2*, *Tylenchus sp3*, *Coslenchus sp*, *Aphelenchoïdes sp* et *Aphelenchus sp*

Les espèces appartenant à l'ordre des *Tylenchida* abondent sur les cultures maraîchères comparées à ceux de l'ordre des *Dorylaimida* (*Xiphinema*) qui sont particulièrement inféodés aux cultures pérennes comme la vigne.

Les abondances moyennes des taxons varient considérablement. Les nématodes du genre *Pratylenchus*, *Ditylenchus* et *Tylenchorhynchus* sont des parasites actifs sur les cultures maraîchères et présentent une large plasticité écologique. Cependant, les *Meloidogyne*, nématode à Kyste, *Paratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Paratrichodorus*, *Amplimerlinus*, *Scutellonema* et *Pratylenchoïdes* abondent également dans les sols maraîchers mais leur répartition est limitée à certain type de sol ou conditions climatiques.

Le groupe de nématodes formé par *Pratylenchoïdes*, *Hoplolaimus*, *Aphelenchoïdes*, *Helicotylenchus*, *Trophurus*, *Psilenchus* et *Xiphinema*, sont observés que rarement et en nombre trop faible ne trouvant pas sur cultures maraîchères les conditions favorables à leur pullulation.

La répartition des communautés de nématodes varie en fonction des secteurs biogéographiques. Les nématodes constituent numériquement la

composante principale du secteur Saharien comparé aux secteurs nord (Numidien, Algérois, Oranais et Haut plateaux).

En ce qui concerne les groupes fonctionnels, les nématodes bactérivores prédominent dans sols maraîchers. Toutefois, la part des phytophages reste aussi importante par rapport aux fongivores.

Le diagramme des fréquences-abondances indique que la structure et la composition des nématodes varient en fonction des secteurs. Le nombre de taxons varie selon le gradient Est–Ouest. Le plus élevé est signalé dans le secteur numidien l'effectif diminue progressivement vers le centre (Algérois) et l'ouest (Oranais).

A travers les résultats obtenus sur la répartition des taxons dans les secteurs. Les nématodes identifiés peuvent être classés en trois types.

- Les nématodes ubiquistes rencontrés dans les cinq secteurs biogéographiques avec des abondances moyennes distinctes (*Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Apelenchus* et *Tylenchus*). Ces taxons s'adaptent aux divers biotopes.
- Les nématodes peu ubiquistes (différentiels) sont présents dans 3 à 4 secteurs (*Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Psilenchus*, *Coslenchus*, *Aphelenchoides* et les nématodes à kystes) Ces taxons leur survie est limitée par les conditions de leur milieu.
- Les nématodes rares rencontrés dans 1 à 2 secteurs biogéographiques (*Paratylenchus*, *Trophorus*, *Pratylenchoides*, *Scutellonema*, *Amplimerlinus*, *Hoplolaimus*, *Rotylenchulus*, *Paratrichodorus*, et *Xiphinema*). La survie de ces taxons est en étroite relation dépend avec les conditions leur environnement.

Le diagnostic écologique révèle que indices écologique étudiés varient significativement en fonction des secteurs biogéographiques. La diversité, l'équitabilité et la richesse spécifique des communautés de nématodes présentent varient sensiblement selon un gradient Nord-Sud. Ces indices sont affectés par les conditions climatiques et édaphiques du biotope et les actions anthropiques.

En ce qui concerne l'indice d'enrichissement et de perturbation (IM) et l'indice de l'impact des nématodes sur les plantes ou le stade de décomposition (IW). Les valeurs les plus élevées sont observées dans le secteur Saharien.

L'analyse de la structure des nématodes en fonction des wilayas révèle des variations significatives des effectifs moyens globaux des populations de nématodes et les groupes trophiques.

Les zones plus peuplées sont les wilayas du sud où abondent les nématodes libres (bactérovores) et les phytophages représentés spécialement par le genre *Meloidogyne*.

Le présent aspect obtenu grâce aux diagrammes Rangs-Abondances et la comparaison des communautés a permis de relever l'originalité de l'étude sur la diversité des nématodes dans les wilayas. L'examen de l'ajustement des pentes au modèle naturel de MOTOMURA montre que la nématofaune rencontrée ne présente pas de perturbation quelque soit la wilaya. Les communautés se sont bien adaptées aux conditions de vie du milieu où elles se trouvent. Le test de Barlett spécifie que la structure des communautés au sein des wilayas est significativement différente. Le type d'agriculture (extensive ou intensive) employé explique en partie ce résultat.

L'étude de l'influence des facteurs anthropiques sur les nématodes phytophages montre que la structure des communautés varie en fonction de la culture présente dans la parcelle et du précédent culturel. L'analyse multivariée (ACP) appliquée aux résultats révèle la présence d'une affinité de quelques taxons vis-à-vis des certaines familles botaniques. Les plantes appartenant aux deux familles solanacées et les cucurbitacées en tant que culture pratiquée ou précédent culturelle favorisent la prolifération des *Meloidogyne*. Alors que les graminées, légumineuses et pomme de terre contribuent au développement des nématodes à kystes, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*.

Les résultats de l'analyse des corrélations entre les caractéristiques physico-chimique du sol et les nématodes révèlent que ces derniers affectent sensiblement le peuplement nématologique aussi bien au niveau trophique que générique. La texture du sol a une influence importante sur l'abondance et la

diversité des nématodes. Le développement des trois groupes trophique (Phytophages, fongivores et Bactérivores) est inhibé par les taux élevés d'argile dans les sols. Par contre, les sols sableux à texture grossière sont favorables à la multiplication et à la survie des nématodes notamment les taxons phytophages (*Meloidogyne*, *Scutellonema* et *Paratrichodorus*). Les pores défini pour chaque type de sol conditionnent principalement les possibilités de déplacement des nématodes et agissent ainsi sur l'accessibilité de leur source alimentaire.

En ce qui concerne les caractéristiques chimiques les résultats de l'étude signalent un effet aussi bien sur la distribution des groupes trophiques que sur les espèces phytophages.

Le pH agit positivement sur le groupe des fongivores et des phytophages particulièrement les genres *Meloidogyne* et *Pratylenchoides*. Par contre une corrélation négative est enregistrée pour des nématodes libres et les phytophages du genre *Meloidogyne* et *Scutellonema*. Lors de la décomposition de la matière organique le dégagement d'acides gras volatiles s'avèrent toxiques pour les nématodes phytophages. Par ailleurs, le genre *Scutellonema* se développe en présence de conductivité électrique (CE) élevée ce qui explique sa présence dans les sols maraichers des oasis.

A travers l'étude de l'effet des variétés de chou (*Brassica oleracea*) sur la distribution des communautés de nématodes. Les résultats rencontrés divulguent que les abondances moyennes des nématodes et des groupes trophiques rencontrés sur les variétés de chou varient dans le temps. Les variétés de chou semblent avoir un effet considérable sur la prolifération des nématodes n'ayant pas une ampleur sur la culture.

Une étude sur la comparaison de la densité des nématodes phytophages dans les sols favorables est nécessaire en tenant compte de l'importance de la matière organique. L'identification des espèces et l'étude de leur répartition en fonction de la rhizosphère permettent de les tester vis-à-vis de leur comportement à l'égard de ces plantes. Enfin, l'étude de la compétition entre ces communautés suivant les conditions des cultures constituent un outil dans la lutte intégrée.

APPENDICE A

LISTE DES ABREVEATIONS PHOTOS

Lv : lèvres
St : Stylet
Bb : Boutons basaux
Bm : Bulbe musculaire médian
Tp : Tube pharyngien
Bg : Bulbe glandulaire
Ce : Canal excréteur
Pe : Pore excréteur
Int : Intestin
V : Vulve
An : Anus
Sp : Spicules copulateurs
Bc : Bursa caudale
Qe : Queue
Ac : Ancienne cuticule
As : Ancien stylet
Ant. : Antérieure
Post. : Postérieure

APPENDICE B

Tableau 1: Données brutes des abondances absolues (N/dm³ de sol) des nématodes dans le secteur Numidien

N°	Lieu dit	wilayas	N. L	Aphel	Aphe	Cos	Dity	Heli	N. kys	Hoplo	Ampli	Melo	Parat	Prat	Psi	Tylenc	Tropho	Tyl	Pratyl
1	Aguemone 1	Bejaia	1480	40	0	0	140	100	0	0	0	120	0	0	0	120	0	220	0
2	Aguemone 2	Bejaia	60	20	20	0	680	0	0	0	0	100	0	0	0	120	0	0	0
3	Akhenaq	Bejaia	1000	40	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Amizour 1	Bejaia	6640	60	240	0	20	0	0	0	0	0	0	200	0	280	0	0	0
5	Amizour 2	Bejaia	1600	60	140	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	20	80
6	Amizour 3	Bejaia	280	120	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Beni Djallile 1	Bejaia	400	0	160	0	260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
8	Beni Djallile 2	Bejaia	280	40	60	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Beni Maouche	Bejaia	2680	20	120	60	700	140	0	0	0	0	0	0	0	180	0	160	300
10	Ithelemouhli 1	Bejaia	1280	0	40	0	60	0	0	0	0	0	0	20	0	200	0	60	0
11	Ithelemouhli 2	Bejaia	880	0	40	0	300	0	0	0	0	0	0	140	0	20	0	40	0
12	Ithelemouhli 3	Bejaia	700	0	180	0	160	0	0	60	0	0	0	0	0	80	0	120	0
13	Seddouk	Bejaia	7180	60	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Talla netinzarthe 1	Bejaia	980	0	160	0	200	0	0	340	240	0	0	100	0	420	0	520	0
15	Talla netinzarthe 2	Bejaia	420	20	60	0	0	80	0	0	360	0	0	0	0	60	0	80	0
16	Talla netinzarthe 3	Bejaia	320	0	60	20	200	40	0	20	0	0	0	200	0	40	0	0	40
17	Tazmalt	Bejaia	3620	440	60	0	120	80	0	0	0	0	0	0	400	0	0	400	0
18	Tichy 1	Bejaia	280	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
19	Tichy 2	Bejaia	500	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	60	0
20	Tizahket	Bejaia	500	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Ain Bessam	Bouira	8420	0	2960	0	180	120	0	0	0	0	0	520	0	20	0	80	0
22	Birghbalou	Bouira	840	40	200	0	120	0	20	0	0	0	0	1420	0	300	0	80	0
23	Kadiria	Bouira	580	80	60	0	0	20	0	0	0	0	0	260	0	280	0	1240	0
24	Sour El Ghouzlene	Bouira	240	0	0	0	120	40	20	0	0	0	0	220	0	300	0	40	0
25	Ain Lahjar	Bouira	2300	0	260	0	1000	160	0	0	0	0	17360	1580	0	360	0	340	0
26	Ain Lalaoui	Bouira	1000	80	80	0	220	20	0	0	0	0	940	180	0	120	0	100	0
27	Becheloul	Bouira	600	0	60	0	60	0	0	0	0	0	40	360	0	1100	0	40	0

28	Bouira	Bouira	400	0	20	0	80	0	0	0	0	1840	0	160	0	20	0	200	0
29	Djebahia	Bouira	1780	60	120	0	400	80	60	0	0	0	260	3120	0	320	0	240	0
30	El Asnam	Bouira	6100	40	1640	0	580	460	0	0	0	100	40	1040	0	260	100	280	0
31	El Hachimia	Bouira	1060	40	240	0	40	60	0	0	0	0	440	680	0	400	0	320	0
32	El Mrabhia	Bouira	1320	60	40	0	280	120	0	0	0	0	0	1420	0	100	0	0	0
33	Garouma	Bouira	1500	0	80	0	720	80	80	0	0	0	0	4560	0	260	120	380	0
34	Khabouzia	Bouira	1200	0	120	0	400	1440	20	0	0	0	0	1740	0	260	0	540	0
35	Lakhdaria	Bouira	80	0	0	0	20	80	0	0	0	0	920	60	0	0	0	0	0
36	Ouled Tajine	Bouira	1380	0	40	0	180	400	0	0	0	0	60	500	0	60	0	220	0
37	Rafour	Bouira	1160	60	60	0	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
38	Raouraoua	Bouira	660	0	140	0	80	20	0	0	0	0	0	620	0	160	0	20	0
39	Said Abid	Bouira	160	0	20	0	80	0	0	0	0	0	920	380	0	0	20	220	0
40	Semache	Bouira	160	0	20	0	160	0	0	0	0	0	0	320	0	80	0	0	0
41	Taghza	Bouira	4340	500	300	0	2900	0	0	0	0	80	0	40	0	60	0	160	0
42	Tagzourt	Bouira	320	0	240	0	260	180	0	0	0	0	0	520	0	80	0	240	0
43	Wed El Bardi	Bouira	2860	0	180	0	280	400	0	0	0	340	0	1460	0	0	0	280	0
44	Wed Lekhal	Bouira	1460	400	960	0	300	40	0	0	0	0	0	1080	0	360	0	340	0
45	Bazoul	Jijel	380	0	120	0	40	0	0	0	0	300	0	0	0	0	0	0	0
46	Beni ahmed	Jijel	6300	0	100	0	80	0	0	0	0	1020	0	0	0	0	0	0	0
47	Chabria	Jijel	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	160	0
48	Chakfa	Jijel	220	0	100	0	60	60	0	0	0	20	0	0	0	860	0	280	0
49	D,el maleh	Jijel	260	0	160	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	380	0	80	0
50	El amir	Jijel	740	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	180	0
51	El milia	Jijel	520	120	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0
52	El ouana	Jijel	1960	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
53	Irraguène	Jijel	2820	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	20	0	180	0	40	0
54	Jimar	Jijel	12500	0	60	0	260	0	0	0	0	8980	0	0	20	120	0	160	0
55	Kaous	Jijel	1900	0	880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
56	Nasri	Jijel	480	60	20	0	80	20	0	0	0	640	0	0	0	220	0	0	0
57	Samar	Jijel	2700	0	340	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
58	Tahir	Jijel	120	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	Tassoust	Jijel	340	0	0	0	220	40	0	0	0	0	0	20	0	20	0	300	0

60	Twafra	Jijel	700	0	40	0	140	320	40	80	0	0	0	260	20	640	0	340	0
61	Azazga	Tizi Ouzou	980	20	60	0	80	1340	0	0	0	0	0	620	20	280	0	140	0
62	Boudjima	Tizi Ouzou	980	32	64	32	160	32	0	0	0	0	0	0	0	32	0	16	0
63	Draa Benkhada	Tizi Ouzou	540	0	60	0	20	0	180	0	0	0	0	0	0	20	0	20	0
64	Freha	Tizi Ouzou	1300	0	140	0	140	0	0	0	0	0	0	380	0	100	0	0	0
65	Makouda (tigzirt)	Tizi Ouzou	460	0	60	0	80	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	60	0
66	Sidi Namane	Tizi Ouzou	700	0	60	0	60	0	60	0	0	0	0	0	40	40	0	20	0
67	Tadmait	Tizi Ouzou	540	20	60	0	180	20	0	0	0	0	0	0	0	120	0	20	0
68	Yakouren	Tizi Ouzou	320	20	80	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	20	0	0	0

APPENDICE C

Tableau 2 : Données brutes sur les abondances absolues (N/dm³ de sol) des nématodes rencontrés dans le secteur Algérois

N°	Lieu dit	Wilaya	NL	ApheL	Aphe	Cos	Dit	Heli	N. kys	Melo	Prat	Tylenc	Tropho	Tyl
69	A,bouyehia	Ain Defla	7360	0	80	0	480	80	0	0	0	0	0	2000
70	Amra	Ain Defla	380	0	20	0	380	20	0	0	100	480	0	340
71	S,etnine	Ain Defla	80	0	120	0	200	0	0	40	0	80	0	120
72	Hadjout	Blida	500	0	60	0	80	0	0	0	0	40	0	40
73	Hamrain	Blida	1540	0	1100	0	60	0	0	0	0	60	0	120
74	Htatba	Blida	580	0	340	0	20	0	0	0	0	260	0	0
75	Meftah	Blida	5200	40	720	840	80	360	4760	40	0	1800	40	2080
76	Mouzaia	Blida	1660	0	100	0	80	0	0	0	0	200	0	200
77	O,alleug	Blida	2360	0	0	0	0	40	60	80	40	100	0	100
78	A,taggourait	Tipaza	2080	0	40	0	40	0	0	20	280	420	0	0
79	Berard	Tipaza	2680	0	40	0	0	0	0	1540	0	20	0	20
80	Bousmail	Tipaza	1540	0	40	0	20	0	0	220	160	460	0	0
81	Cherchell	Tipaza	1480	0	460	0	140	0	0	20	0	0	0	40
82	Fouka	Tipaza	5280	0	0	0	0	0	100	0	60	0	0	0
83	Hamdania	Tipaza	120	0	80	0	80	0	0	0	0	40	0	60
84	Messelmoun	Tipaza	900	0	60	0	100	0	0	240	0	380	0	0
85	Ouhlima	Tipaza	3640	0	220	0	160	0	0	60	60	500	0	460
86	S, rached	Tipaza	2160	0	260	0	0	0	0	0	80	60	0	100
87	Wed kalal	Tipaza	880	0	0	0	120	0	0	0	0	300	0	60
88	Wed sebt	Tipaza	2340	0	40	0	420	0	0	0	0	0	0	40

APPENDICE D

Tableau 3 : Données brutes sur les abondances absolues (N/dm³ de sol) des nématodes rencontrés dans le secteur Oranais

N°	Lieu dit	Wilaya	NL	Aphe	Dit	Melo	Prat	Psi	Tylenc	Tyl	Xip
89	Abadia	Ain Defla	2160	240	0	0	240	0	160	480	0
90	Benaria	Chlef	2040	480	180	120	0	0	0	1200	0
91	beni haoua 1	Chlef	940	0	80	0	0	0	20	220	0
92	beni haoua 2	Chlef	80	20	40	60	0	0	20	180	0
93	Boutaiben	Chlef	620	0	80	0	0	0	20	220	0
94	O,Bouchrel	Chlef	2400	80	0	0	0	0	1280	320	0
95	Mostaganem 1	Mostaganem	400	0	20	0	0	20	300	40	20
96	Mostaganem 2	Mostaganem	1100	20	160	20	120	80	660	40	0

Tableau 4 : Données brutes sur les abondances absolues (N/dm³ de sol) des nématodes rencontrés dans le secteur des Hauts plateaux

N°	Lieu dit	Wilaya	NL	Aphel	Aphe	Dity	Hell	N. kys	Parat	Prat	Psi	Tylenc	Tyl
97	Berine	Djelfa	2097	60	360	2580	0	0	0	0	0	20	0
98	Djelfa	Djelfa	1840	0	140	40	0	3080	0	880	0	200	20
99	Ksar chelala 1	Tiaret	600	0	260	200	0	0	20	60	0	0	0
100	Ksar chelala 2	Tiaret	360	0	40	120	60	0	40	200	140	520	0
101	Ksar chelala 3	Tiaret	1260	0	480	220	40	0	0	180	0	140	80
102	Oussara1	Tiaret	740	0	160	320	0	0	0	0	0	0	0
103	Oussara 2	Tiaret	2860	0	100	120	0	0	0	20	0	0	0
104	Oussara3	Tiaret	960	0	120	360	20	0	80	0	0	0	0
105	Oussara4	Tiaret	500	0	160	20	0	0	40	160	0	120	160
106	Oussara5	Tiaret	1260	0	80	60	0	0	0	0	0	0	0
107	Réchaiga 1	Tiaret	320	0	0	0	20	0	0	0	0	0	140
108	Réchaiga 2	Tiaret	2340	0	0	120	0	0	0	0	20	20	70
109	Réchaiga 3	Tiaret	700	0	60	180	20	0	0	80	0	60	140
110	Si Haouas	Tiaret	740	0	240	140	0	0	0	0	0	0	0

APPENDICE E

Tableau 5 : Données brutes sur les abondances absolues (N/dm³ de sol) des nématodes rencontrés dans le secteur Saharien

N°	Lieu dit	Wilaya	NL	Aphel	Aphe	Cos	Dity	Melo	Prat	Psi	Roty	Tylenc	Tyl	Parat	Pratyl	Scut	Xip
111	A,Benaoui1	Biskra	46200	0	380	0	420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	A,benaoui 2	Biskra	32920	0	180	0	160	20	0	0	0	420	0	0	0	0	0
113	Biskra	Biskra	43200	0	0	0	0	40	40	0	0	60	0	0	0	0	0
114	Bouchagroun	Biskra	10060	0	1780	0	60	16880	0	0	60	200	0	0	0	0	0
115	El hadjeb	Biskra	5060	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	Lishana	Biskra	8880	0	0	0	280	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
117	Mziraa	Biskra	19660	0	180	0	1260	0	1580	0	4500	320	320	0	0	0	0
118	Debila	El oued	1620	0	0	0	0	6900	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	Dyraa	El oued	37840	0	200	0	40	21580	0	0	0	360	0	740	0	0	0
120	El oeud	El oued	3120	0	0	0	0	6540	0	0	0	20	0	0	0	0	0
121	Exploitation 1	El oued	520	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	Exploitation 2	El oued	2500	320	140	0	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	Exploitation 3	El oued	600	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	Exploitation 4	El oued	6540	0	500	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	Blidat Amor 1	Ouargla	900	0	0	0	80	240	80	0	0	180	0	0	0	0	0
126	Blidat Amor 2	Ouargla	1060	0	0	0	20	0	20	0	0	1480	40	0	0	0	0
127	Blidat Amor 3	Ouargla	300	0	20	0	20	240	100	0	0	60	60	0	0	0	20
128	INRA 1	Ouargla	450	0	40	0	20	0	20	0	0	40	0	0	0	10	0
129	INRA 2	Ouargla	11080	0	70	0	30	410	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	INRA 3	Ouargla	5260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
131	INRA 4	Ouargla	2720	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
132	Meggarine 2	Ouargla	580	40	0	0	0	180	40	0	0	120	20	0	0	300	0
133	Meggarine 3	Ouargla	1000	0	80	0	40	3200	100	0	0	80	0	0	0	20	0
134	Meggarine 1	Ouargla	1200	20	0	0	0	120	0	0	0	20	0	0	320	0	0
135	Sidi slimane 1	Ouargla	4540	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	140	0
136	Sidi slimane 2	Ouargla	15180	0	20	0	60	20	20	0	0	360	0	0	0	280	0

137	Sidi slimane 3	Ouargla	1380	0	20	0	20	0	0	0	0	40	0	0	0	560	0
138	Touggourt 1	Ouargla	14740	0	80	0	0	20	0	0	0	60	0	0	0	0	0
139	Touggourt 2	Ouargla	120	0	0	0	0	3000	20	0	0	0	0	0	0	0	0
140	Touggourt 3	Ouargla	920	0	0	0	0	220	0	0	0	260	0	0	0	0	0
141	Touggourt 4	Ouargla	332	0	18	0	0	152	0	0	0	18	10	0	0	222	0
142	Touggourt 5	Ouargla	1168	16	0	0	0	560	32	0	0	144	0	0	0	128	0
143	Touggourt 6	Ouargla	1046	0	67	100	53	227	49	0	0	122	95	60	0	158	60

APPENDICE F

Tableau 6: Taux des différentes cultures pratiquées

Culture pratiquée	Nombre de parcelle	Taux (%)
tomate	49	34,8
poivron	20	14,2
Pomme de terre	11	7,8
piment	10	7,1
courgette	8	5,7
carotte	5	3,5
oignon	5	3,5
fève	4	2,8
aubergine	3	2,1
concombre	3	2,1
melon	3	2,1
ail	2	1,4
carde	2	1,4
citrouille	2	1,4
épinard	2	1,4
haricot	2	1,4
laitue	2	1,4
artichaut	1	0,7
asperge	1	0,7
betterave	1	0,7
choux fleur	1	0,7
fenouil	1	0,7
gombo	1	0,7
navet	1	0,7
petit pois	1	0,7
total	141	

Tableau 7 : Taux des différents précédents cultureux

Précédent cultural	Nombre de parcelle	Taux %
solanacées	79	63,71
pomme de terre	14	11,29
céréales	12	9,68
jachère	8	6,45
légumineuses	8	6,45
cucurbitacées	3	2,42
Total	124	

APPENDICE G

Tableau 8 : Répartition des taxons phytophages en fonction des cultures pratiquées.

Culture en place	Dit	Heli	Hete	Hoplo	Ampli	Melo	Para	Prat	Roty	Tylenc	Troph	Paratricho	Pratyl	Scut	Xip
cucurbitacées	87	32	60	0	0	21580	0	0	0	144	0	740	0	0	0
céréales	258	323	1620	0	0	740	690	1093	0	360	80	0	300	0	0
jachère	128	80	0	0	0	6540	0	0	0	180	0	0	0	0	0
légumineuse	300	60	60	340	240	20	920	340	4500	305	0	0	0	0	0
solanacées	194	84	50	80	360	1896	40	91	60	228	0	400	180	226	50
Pomme de terre	286	286	60	0	0	560	3728	1053	0	207	100	0	0	0	0

Tableau 9 : Répartition des taxons phytophages en fonction des précédents culturaux.

Précédent cultural	Dit	Heli	Hete	Hoplo	Ampli	Melo	Para	Prat	Roty	Tylenc	Troph	Paratricho	Pratyl	Scut	Xip
aubergine	30	0	0	0	0	2147	0	73	0	70	0	0	0	20	20
carotte	225	50	80	0	0	0	920	1176	0	233	70	0	0	0	0
concombre	0	0	0	0	0	1540	0	0	0	20	0	0	0	0	0
courgette	160	120	0	340	240	127	0	150	0	255	0	0	300	560	0
melon	73	1340	60	0	0	0	0	620	0	160	0	0	0	0	0
oignon	160	190	4760	0	0	40	50	60	0	910	40	0	0	0	0
Pomme de terre	275	180	1040	0	0	760	4695	869	0	214	100	0	0	0	0
piment	40	0	0	0	0	1793	0	30	0	344	0	0	0	261	0
poivron	182	49	60	0	360	5471	0	63	0	174	0	740	80	0	0
tomate	251	36	100	40	0	1010	0	176	2280	222	0	60	180	189	40
fève	255	180	60	0	0	0	120	1273	0	300	0	0	0	0	0

APPENDICE H

Modèle de fiche de prospection

N° échantillon :

Date de prélèvement :

Localisation

Nom propriétaire : Commune..... Région.....

Géo-référencement : latitude..... longitude.....

Type d'exploitation

Statut : familial propriétaire locataire coopératif société

Surface exploitation :

Niveau technicité

pas de formation ouvrier qualifié technicien encadrement spécialiste

Mécanisation oui non

Connaissance nématodes oui non

Caractéristiques du site

Système de culture : abri froid plein champ oasis

Culture avant installation du site (Origine).....

Age du site en culture.....

Caractéristiques de la culture

Culture en place..... variété.....

Précédent cultural (n-1)..... variété.....

Précédent cultural (n-2)..... variété.....

Précédent cultural (n-3)..... variété.....

Précédent cultural (n-4)..... variété.....

Stade : pépinière repiquage croissance végétative floraison en production

arrachage

Couvert végétal (croissance, couleur) : homogène hétérogène

Etat végétatif des plants (vigueur, flétris, rabougris, tache foliaire, pourriture, etc.)

.....

Plantes associées : aucune adventices

Cultures Arbres.....

Amendement

Organique : Type dose fréquence.....

Minérale : Type..... dose..... Fréquence.....

Traitement nématicide

Avant installation de la culture : dose fréquence.....

En plein culture : dose fréquence.....

Plants de pépinière

Produit local en planche même parcelle en planche nouvelle parcelle en fertile pot semis direct acheté

Système d'irrigation

goutte à goutte rigole protégée rigole sur sol autre type

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Anonyme, 2009 - statistique agricole superficie et production. *Min de l'Agri. et du Développement Rural, D.S.A.S.I., Série "B"*, 25p.
2. Anonyme, 1998 - Statistique Agricole Superficie et Production. *Min de l'Agri. et du Développement Rural, D.S.A.S.I., Série "B"*, 57p.
3. Dropkin V., 1969 - The necrotic reaction of tomatoes and other host resistant to *Meloidogyne*: Reversal by temperature. *Phytopathology*, 59, pp. 1632-1637.
4. Mateille T., 1994 - Comparative host tissue reactions of *Musa acuminata* (AAA group) cvs Poyo and Gros Michel roots to three banana-parasitic nematodes. *Ann. Appl. Biol.*, 124, pp. 65-73.
5. Luc M., Sikora RA. et Bridge J., 1990 – Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Ed. Wallingford, UK: *CAB International Institute of Parasitology*, 629 p.
6. Villenave, C. et Cadet, P., 2000 - Rôle particulier de *Helicotylenchus dihystra* au sein des peuplements de nématodes phytoparasites (Sénégal). In La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagements, alternatives. Ed., Floret, Ch., Pontanier, R Vol. I, *Actes du séminaire international, Dakar, 13–16 avril 1999, Paris, John Libbey, 2 vol.*, pp 291–299.
7. Sonnevile A., 2006 - Inventaire des nématodes phytoparasites : des connaissances fondamentales pour la protection de l'environnement. Rev.; IRD. Inst. De recherche pour le développement. *Annal Phytopathology*, 242, pp.1-6.
8. Sasser, J.N. 1989. Plant parasitic nematodes the farmer's hidden enemy. A cooperative publication of the Department of Plant Pathology and the Consortium for International Crop Protection, Raleigh, USA.
9. Yeates G.W., Bongers T., de Goede R.G.M., Freckman D.W. and Georgieva S.S., 1993a - Feeding habits in soil nematode families and genera-an outline for soil ecologists. *J. Nematol.* 25, pp 31-315.
10. Ingham R. E., Trofymow J. A., Ingham E. R. and Coleman D. C., 1985 - Interactions of bacteria, fungi and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs*, 55, pp. 119–140.
11. Freckman, D.W., 1988 - Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 24, pp 195-217.
12. Griffiths B., 1994 – Microbial feeding nematodes and protozoa in soil: their effects on microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspots and rhizosphere. *Plant and Soil*, 164, pp.25-33.

13. Bongers, T., 1990 - The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83, pp. 14-19.
14. Wardle D.A., Yeates G.W., Watson R.N. and Nicholson K.S., 1995 - The detritus foodweb and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agroecosystems. *Plant and Soil*, 170, pp. 35-43.
15. Coleman D.C, et Crossley D.A., 1996.- Fundamentals of Soil Ecology. Ed. San Diego: *Academic. Press, London*, 205 p.
16. Wardle D.A., Bonner K.J. et Barker G.M., 2000 – Stability of ecosystem properties in reponse to above-ground functional group richness and composition. *Oikos*, 89, pp 13-23.
17. Korthals, G.W., de Goede, R.G.M., Kammenga, J.E. and Bongers, T., 1996 - The Maturity Index as an instrument for risk assessment of soil pollution. In *Bioindicator Systems for Soil Pollution* , ed. Van Straalen, N.M. and Krivolutski, D.A., *Kluwer Academic, Dordecht*, pp. 85-93.
18. Ferris, H., Bongers, T.and De Goede, R.G.M., 2001 -. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Appl. Soil Ecol.* 18, pp.13–29.
19. Cadet P., 1998. - Gestion écologique des nématodes phytoparasites tropicaux. *Cahiers agricultures*, 7, Dakar, Sénégal, pp. 109-187.
20. Estioko RV. and Reyes TT., 1984 – Population dynamics of plant parasitic nematodes associated with sugarcane in Negros Occidental in relation to soil type an weather pattern. *Proc. Philippine Sugar Technol. Ass.*, 31, pp 235-252.
21. Kandji S. T., Callistus, K., Ogol, P. and Albrecht, A., 2001 - with some soil physico-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology* 18, pp.143–157.
22. Fiscus D.A. et Neher, D.A., 2002 - distinguishing nematodes genera based on relative sensitivity to physical an chemical disturbances *Ecol. Appl.*, 12 , pp. 565-575.
23. Ettema CH., 1998. - Soil nematode diversity: species coexistence and ecosystem function. *J. Nematol.*, 30, pp. 159–69
24. Porazinskaa, DL., Duncan, LW., Mcsorley, R., Graham, JH., 1999 - Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. *Applied Soil Ecology*, 13, pp 69-86.
25. Ekschmitt E, Stierhof T, Dauber J, Kreimes K, Wolters V , 2003 - On the quality of soil biodiversity indicators: abiotic parameters as predictor of soil

- faunal richness at different spatial scales. *Agric Ecosyst Environ*, 98, pp 273–283
26. Scotto La Massèse C, 1961 – Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie In les nématodes. *Journées d'étude et d'information, Fédération Générale des Groupements de Protection des Cultures (FNGPC), ACTA*, pp. 1-27.
 27. Sellami S., Lounici M., Eddoud A. et Benseghir H., 1999 – Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abris plastiques en Algérie. *Nematol. Medit.*, 27, pp. 295-301.
 28. Nebih Hadj-Sadok D., 2000 - Etude de la bio écologie des *Meloidogyne spp.* dans quelques régions du littoral Algérien. *Thèse de Magister en Biologie animale, Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene.*, Alger, 176p.
 29. Mokabli A., 198. - Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des *Meloidogyne* sous abris serres en Algérie. *Thèse de Magister en Agronomie, Institut National d'Agronomie d'El Harrach, Alger*, 69p.
 30. Ighilli H., 1986 - Inventaire des nématodes phytophages sur cultures maraîchères et sur palmier dattier dans la région de Ouargla. *Thèse Ing. Agro., I.N.A. El Harrach*, 52p.
 31. Nadji A., 1988 - Inventaire de la nématofaune sur culture maraîchères et contribution à l'étude de quelques aspects biologique des *Meloidogyne*. *Thèse Ing. Agro., I.N.A. EL Harrach*, 52p.
 32. Nebih Hadj-Sadok D., Belkahla H. et Belahammou S., 2010 – Diversité et structure des communautés de nématodes associés aux cultures maraîchères dans quelques zones du sud. *Journées Nationales de Zoologie Agricole et Forestière, ENSA el Harrach 19- 21 Avril*.
 33. Mokabli A., Valette S., Gauthier J.P. and Rivoal R., 2001 - Influence of temperature on the hatch of *Heterodera avenae* Woll populations from Algeria. *Nematology*, 3, pp.171-178.
 34. Mokabli A., Valette S., Gauthier J.P. and Rivoal R., 2002 - Variation in virulence of cereal cyst nematode populations from North Africa and Asia. *Nematology*, 4, pp.521-525
 35. Hamroun O., Smaha S. et Mokabli A., 2010 - Etude Morphométrique de cinq populations de nématodes à kystes genre *Heterodera* dans quelques régions céréalières d'Algérie. *Journées Nationales de Zoologie Agricole et Forestière, ENSA el Harrach 19- 21 Avril*.
 36. Labdelli F. et Mokabli A., 2008 – Comportement des céréales vis-à-vis des attaques d'*Heterodera avenae* dans la wilaya de Tiaret. Congrès

International sur la diversité biologique des Invertébrés en Milieux Agricoles et Forestiers INA, El Harrach, Alger 14-17 Avril.

37. Sellami S., et Bousnina Z., 1996 - Distribution de *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev 1936 dans l'Est Algerien. Réhabilitation of Faba bean, Ed. *Actes Rabat (Maroc)*, 202p.
38. Sellami S., Bousnina Z., Bacha F., 1998 - Nématofaune associée à la culture de la Fève et plantes hôtes du nématode des tiges: *Ditylenchus dipsaci*. *Seminaire National sur les légumineuses alimentaires à Hammam Bouhdjar 10-12 mai* Ed. M. Labdi, Z. Bouznad K. benabdelli ,B. benssedik , 296p
39. Cayrol J.C., Djian-Caporalino C., Panchaud-Mattei E., 1992 - la lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites. *Courrier de la Cellule Environnement*, 17, pp 32-45.
40. Anderson R. V., Coleman D. C. and Cole C. V., 1981 - Effects of saprotrophic grazing on net mineralization. *Ecological Bulletin, (Stockholm)*, 33, pp 201-216.
41. Yeates, G.W., Bongers, T., 1999 - Nematode diversity in agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 74, pp 113–135.
42. Neher, D.A., 2001 - Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *J. Nematol.*, 33, pp 161–168.
43. Coleman DC, Crossley DA and Hendrix PF., 2004 - Fundamentals of soil ecology, 2nd ed. Academic Press, San Diego, London., 386 p.
44. Biederman L A., Boutton T W. and Whisenant S.G., 2008 - Nematode community development early in ecological restoration: The role of organic amendments *Soil Biology & Biochemistry*, 40, pp 2366–2374.
45. de Guiran G., 1983 – les nématodes parasites des cultures en pays tempérées. Ed. littoral SA.; Beziers, France, 40p.
46. Taylor DP., 1968 – Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites. *Mnuel FAO*, 135p.
47. Heyns J., 1981 – Nematode morphology and classification. In ; Nematology in Southern Africa. Ed., Keetch and Heyns. *Science Bulletin, Depart. of Agricultural and Fisheries, RSA*, pp. 1-11.
48. Eisenback JD., 1998 - Morphology and Systematics. In: Plant and Nematode Interactions. Ed. Barker KR, Pederson GA and Windham GL. *Madison, Wisconsin, USA Publishers*, pp 37-63.
49. Blaxter ML., De Ley P., Garey JR., Liu LX., Scheldeman P., Vierstraete A., Vanfleteren JR., Mackey LY., Dorris M., Frisse LM., Vida JT. and Thomas WKA., 1998 - Molecular evolutionary framework for the phylum *Nematoda*. *Nature*, 392, pp 71-75.

50. Thomas W. K., Vida J. T., Frisse L. M., Mundo M., and Baldwin J. G., 1997 - DNA sequences from formalin-fixed nematodes: Integrating molecular and morphological approaches to taxonomy. *Journal of Nematology*, 29, pp 250–254.
51. Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C., 1996 - La pomme de terre. INRA. 607p.
52. Netsche RC. et Luc M., 1974 - Nématodes associés aux cultures maraîchères en Mauritanie. *Agron. trop, Nogent.*, 29, pp 697-701.
53. Diongue A., 1996 – Initiation à la nématologie: Application aux cultures maraîchères, Rapport de Stage, départ.de formation en protection des végétaux, Niamey, Niger, 52p.
54. Evans K., Trudgill D. L., and Webster J. M., 1993 - Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture. Ed., *CAB International, Wallingford, England*. 648p.
55. Norton, D.C., 1989 - Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities. *Nematol.*, 21, pp 299-307.
56. Mateille T., Fargette M., Cadet P. et Morand S., 2004 - Santé des sols et peuplements de nématodes phytoparasites *Deuxièmes Journées de l'Institut français de la biodiversité*, Marseille.
57. Werner, E. E., and Peacor S. D., 2003 - A review of trait-mediated indirect interactions in ecological communities. *Ecology*, 84, pp 1083–1100.
58. Villenave C., Fernandez P., Badiane A., Sène M., Ganry F. et Oliver E., 1989 - Influence du travail du sol et l'apport de compost sur les peuplements de nématodes phytophages. CD rom, Poster, XVI^e Congrès Mondial de l'Association Internationale de science du sol. Senegal.
59. Cadet P., Bois JF., Chotte JL., Duponnois R., N'Diaye-Faye ND., Floret Ch., Fould S., Manlay R., Masse D., Mateille T., Normand Ph., Pate E., Plenchette Ch., Thioulouse J., Villenave C. et Fardoux J., 2000 - Recherche de méthodes de gestion des peuplements de nématodes phytophages par les facteurs du sol en zone soudano sahélienne au Sénégal. *Etude et Gestion des Sols*, 74, pp 261-270.
60. Bongers, T. and Bongers, M., 1998 - Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, 10, pp 239-251.
61. Brussaard L., Behan-Pelletier V. M, Bignell D. E., Brown V. K., Didden W., Folgarait P., Fragoso C., Freckman D. W., Gupta V. V. S. R, Hattori T., Hawksworth D. L., Klopatek C., Lavelle P., Malloch D. W., Rusek J., Soderstrom B., Tiedje J.M., and Virginia R. A., 1997 - Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio.*, 26, pp 563–570.
62. Peters BG., 1955 - Soil inhabiting nematodes. In; Soil Zoology. Ed. Keith D. et Mee K., *Butterworths Scientific Publications, London*, pp 44-54

63. Maggenti A.R., 1991 - Nematoda: higher classification. *Manual of Agricultural Nematology*. Ed. Nickle W.R., Marcel Dekker, New York, pp. 147–187.
64. Arpin P., Kilbertus F., Ponge G. et Vannier G., 1980 – Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. In; *Actualités d'écologie forestière: Sol, Flore et Faune*. Ed. Presson P., Villars G., Paris, pp 87-150.
65. Yeates, G.W., 1979 - Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Journal of Nematology*, 11, pp 213–228.
66. Baujard P and Martiny B, 1995 - Characteristics of the soil nematode populations from the peanut cropping area of Senegal, West Africa. *J. afro Zool.*, 109, pp 51-69.
67. Nicholas, W.L., 1975 - The Biology of Free-Living Nematodes. *Oxford University Press, London*. 219 p.
68. Hassink, J., Bouwman, L.A., Zwart, K.B. and Brussaard, L., 1993 - Relationships between habitable pore spaces, soil biota and mineralization rates in grassland soils. *Soil Biol. Biochem.*, 25, pp 47–55..
69. Arpin P. et Ponge J-F., 1986 - Influence d'une implantation récente de pin sylvestre sur le comportement de la nématofaune du sol, par comparaison avec un peuplement feuillu pur et un peuplement mélangé. *Pedobiologia* 29, 6, pp 391-404
70. de Goede, R.G.M., and Bongers, T., 1994 - Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. *Appl. Soil Ecol.*, 1, pp 29-44.
71. De Ley P., 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 Anna Leda*, Bruxelles, pp 109-153.
72. Agios K., 1978 - Plant pathology. *Acad. press .I.N.C.*, London, San-Francisco, New York, 853 p.
73. Lacroix M., 2006 - Nématode doré de la pomme de terre détecté au Canada. *Bulletin d'information*, 3, pp 1-3.
74. Luc M., Hunt D.J. and Mochon J.E., 1990 - Morphology, Anatomy and Biology of Plant Parasitic Nematodes. Synopsis In : *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Ed., Luc, M., Sikora, R. A. and Bridge, L., Wallnfort, UK, CAB International Institute of Parasitology, pp 1-45.
75. Brown C.R., Mojtahedi H. and Santo G.S., 1995 - Introgression of resistance to Columbia and northern root-knot nematodes from *Solanum bulbocastanum* into cultivated potato. *Euphytica*, 83, pp 71–78.
76. Siddiqi, M. R., 1986 - *Tylenchida. Parasites of Plants and Insects*: C.AB. Commonwealth institute of parasitology, 678p.

77. Bertrand B, Anthony F, and Lashermes P., 2001 - Breeding for resistance to *Meloidogyne exigua* of *Coffea arabica* by introgression of resistance genes of *C. canephora*. *Plant Pathology*, 50, pp 637-643.
78. Vancoppenolle B., Borgonie G. and Coomans A., 1999 - Generation times of some free-living nematodes cultured at three temperatures. *Nematology*, 1, pp 15-18
79. Gomes G.S., Huang S.P. and Cares J.E., 2003 - Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira*, 28, pp 258-266.
80. Yeates GW, Wardle DA, and Watson RN., 1993b - Relationships between nematodes, soil microbial biomass and weed management strategies in maize and asparagus cropping systems. *Soil Biol. Biochem.*, 25, pp 869-876.
81. Yeates G.W., Tate K.R. and Newton P.C.D., 1997 - Response of the fauna of a grassland soil to doubling of atmospheric carbon dioxide concentration. *Biology and Fertility of Soils*, 25, pp 307–315.
82. Neher D. A., 2001 - Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology*, 33, pp 161-168.
83. Ferris H, Venette RC, Scow KM., 2004 - Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralisation function. *Appl Soil Ecol.*, 25, pp 19–35
84. De Deyn G. B., and Van der Putten W. H., 2005 - Linking aboveground and belowground diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, pp 625–633.
85. Gupta V. V. S. R., and Yeates G. W., 1997 - Soil microfauna as bioindicators of soil health. In Biological indicators of soil health. Ed., Pankhurst C., Doube B. M., and Gupta V. V. S. R., *CAB International*, New York, NY, pp. 201–233.
86. Ferris H., Venette R. C., Van der Meulen H. R., and Lau S. S., 1998 - Nitrogen mineralization by bacterial-feeding nematodes: Verification and measurement. *Plant and Soil*, 203, pp 159–171.
87. Seastedt T. R., 1984 - The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, 29, pp 25–46.
88. Seastedt T. R., James S. W. and Todd T. C., 1988 - Interactions among soil invertebrates, microbes, and plant growth in the tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 24, pp 219–228.
89. Trofymow J. A., and Coleman D. C., 1982 - The role of bacterivorous and fungivorous nematodes in cellulose and chitin decomposition. in Nematodes in soil ecosystems. Ed., Freckman. D.W., Austin, TX, *University of Texas*, pp. 117–138.

90. Beare M. H., 1997 - Fungal and bacterial pathways of organic matter decomposition and nitrogen mineralization in arable soil. *In Soil ecology in sustainable agricultural systems*. Ed., Brussaard L. and Ferrera-Cerrato R., Boca Raton, FL: Lewis, pp. 37–70
91. Samoiloff M. R., 1987 - Nematodes as indicators of toxic environmental contaminants. *In Vistas on nematology: A commemoration of the 25 th annual meeting of The Society of Nematologists*. Hyattsville. Ed., Veech J. A. and Dickson D. W., MD: *Society of Nematologists*, pp. 433–439.
92. Yeates GW., Saggarr S., Denton CS. and Mercer CL., 1998 - Impact of clover cyst nematode (*Heterodera trifolii*) infection on soil microbial activity in the rhizosphere of white clover (*Trifolium repens*) a pulse-labelling experiment. *Nematologica*, 44, pp 81-90.
93. Yeates GW., Orchard VA., Speir TW., Hunt JL. And Hermans MCC., 1994 - Impact of pasture contamination by copper, chromium, arsenic timber preservative on soil biological activity. *Biol. Fertil. Soils*, 18, pp 200–208.
94. Freckman D. W., and Ettema C. H.. 1993 - Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 45, pp 239–261.
95. Saly A., and Ragala P., 1984 - Free-living nematodes-bioindicators of the effects of chemization on the soil fauna. *Sbornik Uvtiz Ochrana Rostlin*, 20, pp 15–21.
96. Wasilewska L., 1979 - The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses. *Polish Ecological Studies*, 5, pp 97–145.
97. Wasilewsk L., 1989 - Impact of human activities on nematodes. *In Ecology of arable land*. Ed., Clarholm C. and Bergstrom L., Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic, pp. 123–132
98. Bongers T., and Ferris H., 1999 - Nematode community structure as a biomonitor in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 14, pp 224–228.
99. Hashmi G., Hashmi S., Selvan S., Grewal P., and Gaugler R.. 1997 - Polymorphism in heat shock protein gene (hsp70) in entomopathogenic nematodes (Rhabditida). *Journal of Thermal Biology*, 22, pp 143–149.
100. Kammenga J. E., Arts M. S. J., and Oude-Breuil W. J. M.. 1998 - HSP60 as a potential biomarker of toxic stress in the nematode *Plectus acuminatus*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 34, pp 253–258.
101. Guven K., Duce J. A., and Depomerai D. I.. 1994 - Evaluation of a stress-inducible transgenic nematode strain for rapid aquatic toxicity testing. *Aquatic Toxicology*, 29, pp 119–137.

102. Guven K., Power R. S., Avramides S., Allender R., and de Pomerai D. I., 1999 - The toxicity of dithiocarbamate fungicides to soil nematodes, assessed using a stress-inducible transgenic strain of *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 13, pp 324–333.-
103. Kammenga J. E., Dallinger R., Donker M. H., Kohler H. R., Simonsen V., Triebkorn R., and Weeks J. M., 2000 - Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* , 164, pp 93–147.
104. Neher D.A. and Darby B.J., 1990 - Computation and application of nematode community indices: general guidelines, in Nematodes as environmental indicators. Ed. Wilson M.J. et Kakouli-Duarte T., *CAB International, North American Office Cambridge, USA*, 315p.
105. Stirling GR., 1991 - Biological Control of Plant Parasitic Nematode: Progress, Problems and Prospects. *CAB International, Wallington, UK.*, 315p.
106. Cadet P.; Martiny B.; Masse D. and Thioulouse J., 1995 - Development of nematode populations during fallow periods in the Sudanese Sahelian region of Senegal. *Nematologica*, 41, pp 283-289.
107. Quénéhervé P., 1988 - Population of nematodes in soils under banana cv. Poyo in the Ivory Coast. 2. Influence of soil texture, pH and organic matter on nematode populations. *Revue Nématol.*, 11, pp 245-251.
108. Blair B.L., Stirling G.R., Whittle P.J.L., 1999 - Distribution of pest nematodes on sugarcane in South Queensland and relationship to soil texture, cultivar, crop age and region. *Aust. J. Exp. Agric.*, 39, pp 43–49.
109. Graham, C.W., 1980 - The effects of rainfall and soil type on the population dynamics of cereal cyst-nematode (*Heterodera avenae*) on spring barley (*Hordeum vulgare*) and spring oats (*Avena sativa*). *Ann. Appl. Bio.*, 94, pp 243-253.
110. Cadet P., 1987 - Etude comparative des peuplements naturels de nématodes parasites associés à la canne à sucre. *Nematologica*, 33, pp 97-105.
111. Cadet P.; Debouzie D., 1990 - Evolution spatio-temporelle d'un peuplement de nématodes parasites de la canne à sucre. *Rev. Nématol.*, 13, pp 77- 88.
112. Cadet P., Van Den Berg E., Delatte A. et Fiard J.P., 1994 - Comparaison de quelques peuplements nématologiques des petites Antilles. *Biogeographica*, 70, pp 125-38.
113. Prot J.C., 1979 - Influence of concentration gradients of salts on the behaviour of four plant parasitic nematodes. *Rev. Nématol.*, 2, pp 11-6.
114. Le Saulx R. and Quénéhervé P., 1997 - Preliminary bioassay screening of ten salt barriers against *Meloidogyne incognita* for tomato plant-protection. *Nematropica*, 26, pp 285-291.

115. Castro C. E., Belser N. O., Mckinney H. E., and Thomason, I. J., 1990 - Strong repellency of the root knot nematode, *Meloidogyne incognita* by specific inorganic ions. *Journal of Chemical Ecology*, 16, pp 1199-1205.
116. Badra LM.A.S. and Oteifa B.A., 1979 - Nematicidal activity and composition of some organic fertilizers and amendments. *Rev. Nématol.*, 2, pp 29-36.
117. Francl L. J., 1993 - Interaction of nematodes with myorrhizae and mycorrhizal fungi. In Khan M. W. Nematode interactions. Ed., Chapman HC et Hall DW, London, pp 204-216.
118. Van Gestel C.A.M., Rademaker M.C.J and Van Straalen N.M., 1995 - Capacity controlling parameters and their impact on metal toxicity in soil invertebrates. In: *Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments*. Ed. Salomons W. and Stigliani W.M., Springer Verlag, Berlin, pp. 171-192
119. Ritter M., 1971 - Les nématodes et l'agriculture. In; Les nématodes des cultures. Journées d'études et d'information, A. C. T. A., Paris, pp 9-65.
120. Sarah J.L., 1991 - Effect of soil pH on development of *Pratylenchus brachyurus* populations in pineapple roots. *Nematropica*, 21, pp 211-216.
121. Ellenby C., 1946 - Nature of the cyst Wall of the potato-root eelworm *Heterodera rostochiensis* Wollenweber, and its permeability to water. *Nature, Lond.*, 157, pp 286-302.
122. Fenwick D.W., 1951 - Investigations on the emergence of larvae from the cysts of the potato root Eelworm, *Heterodera rostochiensis*. IV, Physical conditions and their influence on larval emergence in the laboratory. *J. helminth.*, 25, pp 37-48.
123. Simon M., 1955 - L'étude du rapport entre le pH du sol et les nématodes. *Publ. Inst. Belge amelior. Better.*, 22, pp 85-89.
124. Wallace H.R., 1963 - The biology of plant parasitic nematodes. Ed. Arnold E. Ltd., Londres, 280p.
125. Florini D.A.; Loria R. and Kotcon J.B., 1987 - Influence of edaphic factors and previous crop on *Pratylenchus* spp. population densities in potato. *J. Nematol.*, 19, pp 85-92.
126. Katan J., 1981 – Solar heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. *Annual Review of Pathology*, 19, pp 211-236
127. Boscher J.E and Mckeen W E., 1954 - Lyophilization and low temperature studies with the bulb and stem nematode *Ditylenchus dipsaci* (IZiuhn) Filipjev. *Proc. helminth. Soc.*, 21, pp 113-117.
128. Nielsen, C.O., 1949 - Studies on the soil microfauna. II. The soil inhabiting nematodes. *Natura Jutlandica*, 2, pp 202-214.

129. Demeure Y and Freckman NW., 1981 - Recent advances in the study of anhydrobiotic nematodes. In; *Plant Parasitic Nematodes*, Vol. III. Ed., Zuckerman, B. M., Mai, W. F. and Rohde, R. A., *New York and London, Academic Press*, pp 205-226.
130. Cralley E.M., 1949 – White tip of rice. *Phytopathology*, 39, pp 2-5.
131. Norton D.C., 1959 - Relationship of nematodes to small grains and native grasses in north and central Texas. *Pl. Dis. Rep.*, 43, pp 227-235.
132. Hamblen M. L., Slack D. A. and Riggs R. D., 1972 - Temperature effects on penetration and reproduction of soybean cyst nematode. *Phytopathology*, 62, pp 762-770.
133. Brownl .N., 1933 - Flooding to control root knot nematodes. *J. agric. Res.*, 47, pp 883-888.
134. Demeure Y., 1980 - Biology of the plant parasitic nematode *Scutellonema cavenessi* on Sher, 1964: anhydrobiosis. *Rev. Nématol.*, 3, pp 9-283.
135. Hoefsloot H.; Van Derpol F. et Roeleveld L., 1993 - Jachères améliorées. Options pour le développement des systèmes de productions en Afrique de l'Ouest. *Royal Tropical Institute, Développement Agricole*, 83 p.
136. Sohlenius B.; Bostrom S. and Sandor, A., 1987 - Long-term dynamics of nematode communities in arable soil under four cropping systems. *Appl. Ecol.*, 25, pp 131-144.
137. Noe, J.P. and Barker K.R., 1985 - Relation of within-field spatial variation of plant-parasitic nematode population densities and edaphic factors. *Phytopathology*, 75, pp 247-252.
138. Jones R.K. and Milne D.L., 1982 - Nematode pests of bananas. In *Nematology in Southern Africa* ed., Keetch D.P and Heyns J., *Dept. Agric. and Fisheries, Republic of South Africa. Sci. Bull.*, 400.p.
139. Freckman D.W. and CASWELL E.P., 1985 - The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 23, pp 275-296.
140. Germani G.; Diem, H.G. et Dommergues, Y.R., 1980 - Influence of 1-2 dibromo-3-chloropropane fumigation on nematode population, mycorrhizal infection, N₂ fixation and field-grown groundnut. *Rev. Nématol.*, 3, pp 75-78.
141. Germani G., 1981 - Pathogenicity of the nematode *Scutellonema cavenessi* on peanut and soybean. *Revue de Nématologie*, 4, pp 203-208.
142. Germani, G.; André, G. & Merny, G., 1982 - L'analyse factorielle des correspondances appliquée à l'influence de deux nématodes sur la croissance de l'arachide et sa fixation symbiotique de l'azote. *Rev. Nématol.*, 5, pp 161-168.

143. Greco N., 1981 – Hatching of *Heterodera carotae* and *H. avenae*. *Nematologica*, 27, pp 366-371.
144. Caubel G. et Chaubet B., 1985 - Ecllosion et multiplication de *Heterodera schachtii* Schmidt en présence de colza ou de radis fourragers. *Agronomie*, 5, pp 463-466.
145. Di Vito M., 1986 – Effect of temperature and Fig root leachate on hatch of *Heterodera fici*. *Nematol. Medit.*, 14, pp 231-234.
146. Daget P., 1977 - Le bioclimat méditerranéen; analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Végétation*, 34, pp 87-103.
147. Allal-Benfekih L., 2006 - Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. *Thèse Doct. Sciences Agronomiques, INA, Alger*, 140p.
148. Fradjia, 2009 - Evaluation du renforcement des capacités en évaluation environnementale en Algérie. *Mémoire Maitrise Géographie, Université Québec Montréal*, 261p.
149. (Guendouz-Benrima, A., 2005 - Ecophysiologie et biogéographie du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le sud Algérien. *Thèse de Doctorat, Int., Nat., Agro., El Harrach*, 210 p.
150. Amirouche R.et. Misset M.T, 2009 - Flore spontanée d'Algérie : différenciation écogéographique des espèces et polyploidie Cah. Agric, vol. 18, N° 6, pp. 474- 480
151. Le Houérou H.N, 1995 - Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. - *Options méditerranéennes. Série : Etudes et recherches*, pp 1-10.
152. Nedjraoui D., 2003 - Country pasture, forage resource profiles. Ed. *FAO, Grassland and pasture crops, Algérie*, 1-29.
153. Anonyme, 2003 - *Bilans des Expertises sur « La Conservation in situ et ex situ en Algérie »*. *MATE-GEF/PNUD, Projet ALG/97/*, 233p.
154. Bastide A., 1989 - Méthodologie d'échantillonnage sur terrain sur terrain. Ed *Masson Paris*, 280p.
155. Dalmasso A., 1966 - Méthodes simples d'extraction des nématodes du sol. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 3, pp. 473-478.
156. Hooper D.J., 1986 - Extraction of free-living stages from soil. Pp. 5-30. In: *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes* (Southey, J.F., ed.). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food No. 402, Her Majesty's Stationery Office, London, UK.

157. Mai W.F. et Lyon H.H., 1975 - Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes. *Cornell University Press. Ithaca and London*, 219 p.
158. Brzeski M., 1998 - Nematodes of *Tylenchida* and temperate Europe. *Muzeum in Insitut Zoologii Polska Akademia Nawik Warszawa, Poland*, 386p.
159. Merny G. et Luc M., 1969 - Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. In: problèmes d'écologie, Paris, France, pp: 237-272.
160. Bellahammou S., 2010 - Contribution à L4étude de la diversité des nematodes associés aux cultures maraîchères dans la vallée d'Oued Righ wilaya d'Ouargla. *Projet de Fin d'Etude, Ing.d'Etat en Sci. Agronomique, Prot.des Végétaux, USDB*, 69p.
161. Hadroug S., 2012 – Contribution à L4étude de la diversité des nematodes associés aux cultures maraîchères dans la région de Bejaia. *Projet de Fin d'Etude, Ing.d'Etat en Sci. Agronomique, Prot.des Végétaux, USDB*, 81p.
162. Mojtahedi, H., G.S. Santo, A.N. Hang et J.H. Wilson. 1991 - Suppression of root-knot nematode populations with selected rapeseed cultivars as green manure. *Journal of Nematology*, 23(2), pp 170-174.
163. Stirling et Stirling, 2003; Stirling, G. R., and Stirling, A. M. 2003 - The potential of *Brassica* green manure crops for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on horticultural crops in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43, pp 623–630.
164. Zasada I.A., Ferris H., 2004 - Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles *Soil Biology & Biochemistry* 36, pp 1017–1024.
165. Brown et Morra, (1997) ; Brown, P. D., and Morra, M. J. 1997 - Control of soil borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Adv. Agron.*, 61, pp 167-231.
166. Fahey, J.W., Zalcmann, A.T., Talalay, P., 2001 - The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry* 56, pp 5–51.
167. Buskov et al. (2002) ; Buskov, S., Serra, B., Rosa, E., Sorensen, H., and Sorensen, J. C. 2002 - Effects of intact glucosinolates and products produced glucosinolates in myrosinase catalyzed hydrolysis on the potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis* cv. Woll). *J. Agric. Food Chem.*, 50, pp 690-695.
168. Lazzeri, L., Tacconi, R., Palmieri, S., 1993 - In vitro activity of some glucosinolates and their reaction products toward a population of the nematode *Heterodera schachtii*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 41, pp 825–829.

169. Zasada et Ferris, 2003) Zasada, I. A., and Ferris, H. 2003 - Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. *Phytopathology* , 93, pp 747-750.
170. Fortuner R et Merny G ,1973 - les nématodes parasites les racines associés au riz en Basse-Casamance (Sénégal) et en Gambie. *Cahier ORSTOM, Série Biologique*, 21; pp.3-30.
171. Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949 - The Mathematical Theory of Communication. *University of Illinois, Urbana, Illinois, USA*.
172. Pielou, E.C.,1966 - Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, pp 370-383.
173. Remade, 1984 – Elément d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397p.
174. Magurran A. 1988 - Ecological diversity and its measurement. *Croom Helm, London, U.K.1*, pp 7 9.
175. Chao, A., 2004 - Species richness estimation. *in* N. Balakrishnan, C. B. Read et B. Vidakovic, (Eds), *Encyclopedia of Statistical Sciences*. Wiley, New York.
176. Gotelli, N. J. and Colwell, R. K., 2001 - Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4(4): 379-391.
177. Wasilewska, L., 1994 - The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. *Pedobiologia* 38, pp 1-11.
- [178] Iganaki H., 1967 - Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une ecologie evolutive. *Vie et Milieu* 18, pp 153-166.
179. Hammer Ø., Harper D. A. T. and Ryan P. D., 2001 - PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1), 9 p.
180. Phillippeau, G., 1986 - Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. SESI-ITCF, Paris.
181. Netscher C., 1970 - Les nématodes parasites des cultures maraîchères au Sénégal. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Biol.*, 11, pp 209-229.
182. Edongali E.A. and Dabaj K.H., 1980 - Preliminary survey of nematodes associated with vegetable crops in western Libya. *Libyan Journal of Agriculture*, 11, pp 201-204.
183. Ibrahim, I.K.A.; Handoo, Z.A. and El-Sherbiny, A.A., 2000 - A survey of phytoparasitic nematodes on cultivated and non-cultivated plants in North-western Egypt. *J. Nematol.*, 32, pp 478-485.

184. 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.
185. Abdollahi M, 2010 - plant-parasitic nematodes associated with wheat in kohgiluyeh and boyer-ahmad province of Iran *J. Agric. Res.*, 48 (1), pp 131-136.
186. Nguyen K B., 1983 - Plant parasitic nematodes of South Vietnam. *Journal of Nematology*, 15, pp 319-323.
187. Zein S N., Hamed A. H. and Zawam H. S., 2012 - Tobacco rattle Tobravirus: Occurrence in Flax Plants (*Linum usitatissimum* L.) in Egypt. *Nature and Science*, 10, pp 14-20.
188. Mokbel A.A., Ibrahim I.K.A., EL-Saedy M.A.M. and Hammad S.E., 2006 - Plant Parasitic Nematodes Associated with some Fruit Trees and Vegetable Crops in Northern Egypt. *Egypt. J. Phytopathol.*, Vol. 34, No. 2, pp. 43-51.
189. Bounaceur F., Safiddine F., Abedelli M., Nebih-Hadj Sadok D and Bissaad F.Z., 2011 - Contribution to the Knowledge of Nematodes Genera in Northern Vineyards of Algeria. *Annals of Biological Research*, 2 (3), pp 297-306.
190. Pérez M. and Fernandez E., 1998 - Plant parasitic nematodes associated with tobacco (*Nicotiana tabacum*) in the Pinard el Rio province of Cuba. *Nematropica*, 28, pp 187-193.
191. Srivastava D.S., Sehgal M., Kumar A. , Verma S. , Dwivedi B.K. and Singh S.P., 2012 - Plant-Parasitic Nematodes Associated With Tomato And Okra Fields Of Allahabad, Uttar Pradesh, India. *Pak. J. Nematol.*, 30 (2), pp 157-167.
192. Mansoor Al-hakeem A and Younis Mohammed H., 2011 - Survey of root-knot nematode association with bean plants in Nineveh province. *5th Scientific Conference of College of Agriculture -Tikrit University* (26 to 27 April)
193. Esmenjaud, D., Walter, B., Valentin, G., Guo, Z. T., and Cluzeau, D., 1992 - Vertical distribution and infectious potential of *Xiphinema index* (Thorne et Allen, 1950) (Nematoda: *Longidoridae*) in fields affected by grapevine fanleaf virus in vineyards in the Champagne region of France. *Agronomie* 12, pp 395-399.
194. Esmenjaud D, 2000 - Nématodes de la vigne in Stockel (J.E.D.),-Ravageurs de la vigne. Ed Féret. Bordeaux (France), 214 p.
195. Coiro M.I. and Agostinelli A., 1991 - The development of juvenile stages of *Xiphinema index* - (Nematoda - *Dorylaimida*) on *Vitis vinifera*. *Revue de Nématologie*, Vol. 14, Num. 1, pp. 181-182

196. Coleman DC, Edwards AL, Belsky AJ, Mwonga S., 1991 - The distribution and abundance of soil nematodes in East-African savannas. *Biology and Fertility of Soils*, 12, pp 67–72.
197. Hodda M., Bloemers GF., Lawton JH., Lamshead PJD., 1997 – The effects of clearing and subsequent land-use on abundance and biomass of soil nematodes in tropical forest. *Pedobiologia*, 41, pp 272-287.
198. Pate, E., Ndiaye-Faye, N., Thioulouse, J., Villenave, C., Bongers, T., Cadet, P., Debouzie, D., 2000 - Successional trend in characteristics of soil nematode communities *in* cropped and fallow lands in senegal (Sonkorong). *Appl. Soil Ecol.* 14, pp 5-15.
199. Okada H. and Harada H., 2007 - Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Appl. Soil Ecol.* 35, pp 582–598.
200. Freckman D. W. and Mankau R., 1986 - Abundance, distribution, biomass and energetics of soil nematodes in a Northern Mojave Desert Ecosystem. *Pedobiologia* 29, pp 129–142.
201. Steinberger, Y., Loboda, I. and Garner, W., 1989. The influence of autumn dewfall on spatial and temporal distribution of nematodes, in the desert ecosystem. *J. Add Environ.*, 16, pp 177-183. Chère
202. Hânel L., 1995 - Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of South Bohemia. *Nematologica* 41, pp 197–218.
203. Griffiths, B.S., and Caul, S., 1993 - Migration of bacterial-feeding nematodes, but not protozoa, to decomposing grass residues. *Biology and Fertility of Soils* 15, pp 201–207.
204. Yeates GW. 1987. Significance of developmental stages in the coexistence of three species of Mononchoidea (Nematoda) in a pasture soil. *Biol. Fertil. Soils* 5, pp 225–29
205. Ettema, C.H. and Bongers, T., 1993 - Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the Maturity index. *Biology and Fertility of Soils*, 16, pp 79–85.
206. Stephan, Z.A., 1989 - Threshold temperature, thermal acclimation and the effect of temperature on the development of *Meloidogyne hapla* on tomato and potato. *J. Agric. Water Resources Research* 8(1), pp 43-53.
207. Netscher C. and Sikora A., 1990 - Nematode parasites of vegetables. In: *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* Ed., Luc, M.; Sikora, R.A.; Bridge, J., CAB International, Wallingford, Royaume-Uni., pp. 237-283
208. Yeates GW., 1999 - direct and indirect effect of plants on nematode communities effects of plants on nematode community structure. *Annu rev. phytopathol.*, 37, pp 127–49

209. Reddy P., 1983 - Plant nématology. *Ed. Agr. Publ. Acad.*, New Delhi, 287p.
210. Ritter M., 1985 - Connaissances nouvelles sur la biologie des nématodes; conséquences pratiques. *C. R. Acad. Agri. France*.71 (7), pp 691–704.
211. Seinhorst J.W., 1956 - The quantitative extraction of nematodes from soil. *Nematologica*, 1, pp 249-267.
212. Spaul, V.W. and Cadet P., 1990 - Nematode parasites of sugarcane. In Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Ed. M. Luc, R. A. Sikora, and J. Bridge, *CAB International, Oxon, UK.*; pp. 461-491.
213. Ferris, H. and Van Gundy, S.D., 1979 -. Meloidogyne ecology and host interrelation ships. In Root-knot nematode. Ed. Lamberty and Taylor, *Acad. Press., London*, pp. 205-230.
214. Niblack TL., 1989 - Application of nematodes community structure research to agricultural production and habit disturbance. *J. Nematol.*, 21, pp 437-443.
215. Hyvonen, R. and Persson, T., 1990 - Effects of acidification and liming on feeding groups of nematodes in coniferous forest soils. *Biology Fertility Soils* 9, pp 205-210.
216. Wasilewska, L., 1991 - Long-term changes in communities of soil nematodes on fen peat meadows due to the time since their drainage. *Ekologia Polska* 2 (39), pp 59-104. 1991
217. Freckman, D.W. and Ettema, C.H., 1993 - Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agricultural Ecosystems & Environment* 45, pp 239-261.
218. Neher et Campbell, (1994). Neher, D.A. and Campbell, C.L., 1994 - Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, 1, pp 17-28.
219. Bulluck L. R., Barker K. R., Ristaino J. B., 2002 - Influences of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. *Appl. Soil Ecol.*, 21, pp 233 – 250.
220. HU et Qi (2010) Hu C, Qi Y. Effect of compost and chemical fertilizer on soil nematode community in a Chinese maize field. *European Journal of Soil Biology.*;46, pp 230–236.
221. Steinberger et al. (2001) Steinberger, Y., Liang, W., Savkina, E., Meshi, T., Barness, G., 2001. Nematode community composition and diversity associated with a tropoclimatic transect in a rain shadow desert. *Eur. J. Soil Biol.* 37, pp 315–320.
222. Pen-Mouratov et al Pen-Mouratov, S., Rakhimbaev, M., Barness, G., Steinberger, Y., 2004 - Spatial and temporal dynamics of nematode

- populations under *Zygophyllum dumosum* in arid environments. *Eur. J. Soil Biol.*, 40, pp 31 – 46.
223. Todd, T.C., J.M. Blair and G.A. Milliken. 1999 - Effects of altered soil water availability on a tallgrass prairie nematode community. *Applied Soil Ecology*, 13, pp 45-55.
224. Berkelmans R., Ferris H., Tenuta M., van Bruggen A.H.C., 2003 - Effects of long-term crop management on nematode trophic levels other than plant feeders disappear after 1 year of disruptive soil management. *Applied Soil Ecology*, 23, pp 223–235.
225. Thomas, S. H., 1978 - Population density of nematodes under seven tillage regimes. *Journal of Nematology* 10, pp 24-27.
226. Sohlenius B, Wasilewska L. 1984 - Influence of irrigation and fertilization on the nematode community in a Swedish pine forest soil. *J. Appl. Ecol.*, 21, pp 327–42.
227. Triki M., 2011 - Contribution a l'étude de diversité nématologique dans quelques vergers d'agrumes de la Mitidja. Projet de Fin d'Etude, Ing. d'Etat en Sci. Agronomique, Prot.des Végétaux, USDB, 69p.
228. Bloemers G. F., Hodda M., Lamshead, P. J. D., Lawton J. H., Wanless F. R., 1997 - The effects of forest disturbance on diversity of tropical soil nematodes *Oecologia*, Vol., 111, Issue 4, pp 575-582.
229. Sohlenius B and Sandor A., 1987 - Vertical distribution of nematodes in arable soil under grass (*Festuca pratensis*) and barley (*Hordeum distichum*). *Biol. Fertil. Soils* 3, pp 19–25
230. Neher et Campbell (1994) Neher, D. A., and C. L. Campbell. 1994. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, 1, pp 17–28.
231. Boström et Sohlenius (1986), Boström, S., Sohlenius, B., 1986. Short-term dynamics of nematode communities in arable soil: influence of a perennial and an annual cropping system. *Pedobiologia*, 29, pp 345–357.
232. Porazinska et al. (1999); Porazinska, D.L., Duncan, L.W., McSorley, R., Graham, J.H., 1999. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. *Appl. Soil Ecol.*, 13, pp 69–86.
233. Bouwmana L.A. and Arts W.B.M., 2000 - Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Applied Soil Ecology*, 14, pp 213–222.
234. Griffiths BS., 1990 - Approaches to measuring the contribution of nematodes and protozoa to nitrogen mineralization in the rhizosphere. *Soil Use Manag*, 6, pp 88–90.

235. Viketoft M, Palmborg C, Sohlenius B, Huss-Danell K, Bengtsson J., 2005 -. Plant species effects on soil nematode communities in experimental grasslands. *Appl. Soil. Ecol.*, 30, pp 91-103.
236. Prot, J. C. and Van Gundy D, 1981 - Soil texture and migration. *J. Nematol.*, 13, pp 213-217.
237. Verschoor, B.C., de Goede, R.G.M., de Vries, F.W., Brussaard, L., 2001 - Changes in the composition of the plant-feeding nematode community in grasslands after cessation of fertilizer application. *Appl. Soil Ecol.*, 17, pp 1–17.
238. Graham, C.W., 1980 -. The effects of rainfall and soil type on the population dynamics of cereal cyst-nematode (*Heterodera avenae*) on spring barley (*Hordeum vulgare*) and spring oats (*Avena sativa*). *Ann. Appl. Bio.*, 94, pp 243-253.
239. Mokabli A et Mokhtari A., 2008 - Impact des rotations culturales sur les densités initiales de deux nématodes à kystes *Heterodera* et *Globodera* (*Nématoda Heroderidae*) à Mékhatria (Ain Defla). Congrès International sur la diversité biologique des Invertébrés en Milieux Agricoles et Forestiers INA, El Harrach, Alger 14-17 Avril.
240. Haddadi F et Mokabli A., 2008 – Etat d’infestation de quelques régions céréalières d’Algérie par les nématodes à kystes des céréales. Test de virulence de deux populations d’*Heterodera* d’origine géographique diverse. Congrès International sur la diversité biologique des Invertébrés en Milieux Agricoles et Forestiers INA, El Harrach, Alger 14-17 Avril.
241. Fournet S., Renault L., Rouaux C., Le Cointe R., Dantec J.P., Bozec M., Kerlan M.C., 2011 - Efficacité, durabilité, productivité : la recherche du compromis - Cas du couple pomme de terre-nématode à kyste *Globodera pallida*. *Innovations Agronomiques*, 15, pp 79-88.
242. Anonyme, 1978 - Data sheets on quarantine organisms No. 124, *Globodera pallida*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 8p.
243. Anonyme, 1981 - Data sheets on quarantine organisms No. 125, *Globodera rostochiensis*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 11p.
244. Mokabli A., Cherafa S., Ouanighi H., Mokhtari A. et Hioul , 2007 – Incidence des rotations culturales sur l’évolution des densités de nématodes à kystes *Heterodera* et *Globodera* dans une parcelles à Mékhatria (Ain-Defla). Journées Internationales de Zoologie Agricole et Forestière, ENSA el Harrach 08- 10 Avril.
245. Nusbaum, C.J. and Ferris, H.,1973 - The role of cropping systems in nematode population management. *Ann. Rev. Phytopathol.*,11: 423-440.
- [246] Gnonhoury G.P. and Adiko A., 2000. Effets des cultures après jachère améliorée sur les populations des nématodes en Côte d’Ivoire. *In: Floret C.*,

- Pontanier R. & John L.E., Eds. *La jachère en Afrique tropicale (Session III)*. Paris, France, pp. 277-282.
247. Trivedi, P.C. and Barker, K.R., 1986 - Management of nematodes by cultural practices. *Nematropica*, 16, pp 213-236.
 248. Hofman TW, s'Jacob JJ., 1989 - Distribution and dynamics of mycophagous and microbivorous nematodes in potato fields and their relationship to some food sources. *Ann. Appl. Biol.* 115; pp :291–98.
 249. Yeates, G. W., and Bird, A. F., 1994 - Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunae of some South Australian soils. *Fundam. appl. Nematol.*, 17, pp 133-145.
 250. de Guiran G, and Demeure Y., 1978 - Influence du potentiel hydrique des sols sur les masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* (Nematoda : *Meloidogynidae*). *Revue Nématol.*, 1, pp 119-134.
 251. Cadet, P., Berry S.D., and Spaul V.W., 2004 - Mapping of interactions between soil factors and nematodes. *European Journal of Soil Biology* 40, pp 77-86.
 252. Winfield, A. L, and Cooke D. A.. 1975. The ecology of *Trichodorus*. In Nematode vectors of plant viruses. Ed., F. Lamberti, C. E. Taylor, and J. W. Seinhorst, *Plenum Press, London*. pp. 309-341.
 253. Reversat, G. et Merny G., 1973 - Influence de quelques facteurs sur la pénétration du nématode *Heterodera oryzae* . dans les racines du riz. *Cah. ORSTOM, Sect. Biol.*, 21, pp 111-115.
 254. Norton, D.C. (1979) Relationship of physical and chemical factors to populations of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopatology* 17 pp, 279-299.
 255. Wardle, D. A., Yeates, G. W., Williamson, W., 2003 - The response of a three trophic level soil food web to the identity and diversity of plant species and functional groups. *Oikos* 102, pp 45- 56.
 256. Brussaard L, Noordhuis R, Geurs M. and Bouwman LA., 1995 - Nitrogen mineralization in soil microcosm with or without bacteriovorous nematodes and nematophagous mites. *Acta Zool Fenn.*, 196, pp 15–21.
 257. Forge TA, Simard SW., 2001 - Structure of nematode communities in forest soils of southern British Columbia: relationships to nitrogen mineralization and effects of clear cut harvesting and fertilization. *Biol Fert Soils*, 34, pp 170–178.
 258. Savin MC, Gorres JH, Neher DA, Amador JA (2001) Uncoupling of carbon and nitrogen mineralization: role of microvorous nematodes. *Soil Biol Biochem.*, 33, pp 1463–1472.

259. Postma-Blaauw MB, de Vries FT, de Goede RGM, Bloem J, Faber JH, Brussaard L (2005) Within-trophic group interactions of bacterivorous nematode species and their effects on the bacterial community and nitrogen mineralization. *Oecologia*, 142, pp 428–439.
260. Dana P., Cadet P. and Spaul V.W., 2002 - Field variation of abiotic factors and their relationship with nematode communities in sugarcane. *Proceedings of the South African Sugar technologists' Association*, 76, pp 577–600.
261. Norton, D. C. and Niblack, T. L., 1991 - Biology and ecology of nematodes. In: Manual of Agricultural Nematology, Nickle, W. R. Ed., Marcel Dekker, New York. pp 47 – 68.
262. Atkinson, H. J., 1980 - Respiration in nematodes. In Nematodes as biological models. Ed., Zuckerman, B. M.. Vol. 2, *Academic Press, New York*, pp. 101–142.
263. Duncan A. and Klekowski R. Z., 1975 - Parameters of an energy budget. In Methods for ecological bioenergetics. Ed.: Grodzinski, W., Klekowski, R. Z., Duncan, A.. *Blackwell Scientific Publications, Oxford*, pp. 97–147.
264. Yeates GW., 1982 - Variation in pasture nematode populations over thirty-six months in a summer dry silt loam. *Pedobiologia*, 24, pp 329–46.
265. Ekschmitt K, Bakonyi G, Bongers M, Bongers T, Boström S, Dogan H, Harrison A, Nagy P, O'Donnell AG, Papatheodorou EM, Sohlenius B, Stamou GP, Wolters V (2001) Nematode community structure as indicator of soil functioning in European grassland. *Eur J Soil Biol.*, 37 pp 263–268.
266. Georgieva SS, McGrath SP, Hooper DJ, Chambers BS., 2002 - Nematode communities under stress: the long-term effects of heavy metals in soil treated with sewage sludge. *Appl Soil Eco.*, 20, pp 27–42.
267. Fu SL, Coleman DC, Hendrix PF, Crossley DA., 2000 - Responses of trophic groups of soil nematodes to residue application under conventional tillage and no-till regimes. *Soil Biol Biochem.*, 32, pp 1731–1741.
268. Mennan S. et Handoo Z.A., 2006 - Plant-parasitic nematodes associated with cabbages (*Brassica* spp.) in Samsun (Middle Black Sea Region), Turkey. *Nematropica*, 36: 99-104.
269. Siddiqui M.A. and Mashkoo Alam M., 1989 - Seed treatment with azadirachtin for the control of the stunt nematode attacking cabbage and cauliflower. *Annals of Applied Biology*, 114: pp. 4-5.
270. Zasada I.A., Ferris H., Elmore C.L., Roncoroni J.A., MacDonald J.D., Bolkan L.R. et Yakabe L.E., 2003 - Field Application of Brassicaceous Amendments for Control of Soil borne Pests and Pathogens. Online. *Plant Health Progress* doi: 10.1094/PHP-2003-1120-01-RS.