

UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département de Biotechnologies

MÉMOIRE DE MAGISTER

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Biodiversité-Bioprotection

ETUDE DE LA STRUCTURE DE LA MICROFAUNE DU SOL DES CULTURES MARAICHÈRES DANS LA RÉGION DE TIARET

Par

Lakhdar BOUKHERCHA

Devant le jury composé de :

A. GUENDOUCZ-BENRIMA	Professeur	U. Blida 1	Présidente
L. ALLAL-BENFEKIH	Professeur	U. Blida 1	Promotrice
Z.E. DJAZOULI	Professeur	U. Blida 1	Examineur
F. BOUNACEUR	M C A	U. Tiaret	Examineur
D. NEBIH-HADJ SADOK	M C B	U. Blida 1	Invitée

Blida, Novembre 2016

RÉSUMÉ

Le présent travail se focalise sur la composition des communautés des nématodes et des acariens du sol associés aux agrosystèmes maraichers dans la région de Tiaret.

Au terme de cette étude, les résultats obtenus sur la composition taxonomique globale des nématodes et des acariens du sol révèlent la présence de 20 genres de nématodes identifiés dont la plupart sont des parasites de plantes, et 10 taxons d'acariens. Les nématodes appartiennent à deux ordres, l'ordre des *Rhabditida*, qui est le plus abondant, et l'ordre des *Dorylaimida*. Les acariens du sol sont représentés par trois ordres (les Oribates, les Gamasides et les trombidiformes) avec l'abondance des Oribates.

La distribution des abondances globales des taxons identifiés et des groupes trophiques des nématodes varie en fonction des conduites et des cultures. Le système extensif est le plus peuplé et le plus diversifié comparé au système intensif. Pour les groupes trophiques, les nématodes bactéricivores et phytoparasites prédominent dans les sols maraichers suivis par les espèces fongivores et prédateurs-omnivores. L'incidence des cultures pratiquées et du précédent cultural sur la distribution des nématodes et des acariens du sol révèle la présence d'une affinité de certains taxons avec ces derniers. Ainsi que le développement des taxons des nématodes et des acariens du sol peut être affecté par les caractéristiques physico-chimiques du sol.

Mots clés : Nématodes, Acariens oribates, Système de culture, culture maraichère, Tiaret.

ABSTRACT

STUDY OF THE STRUCTURE OF SOIL MICROFAUNA ON VEGETABLE CROPS IN THE REGION OF TIARET

This study aims to a better knowledge of the composition and structure of nematodes communities and soil mites related with agro-ecosystems of vegetable crops in the region of Tiaret.

At the end of this work, the results obtained on the global taxonomic composition of nematodes and soil mites has revealed the presence of 20 species of nematodes identified to the genus level, most of them were plant parasitic nematodes, and 10 species of soil mites. Nematodes were represented by 2 orders *Rhabditida* and *Dorylaimida*, whereas soil mites represented by 3 Orders (*Oribatida*, *Gamasida*, *Actenidida*), dominated with Oribatid mites.

Differences in farming management strategies had differential effects on both, nematodes and soil mites, community structure and diversity. The non-conventional farming system was the most abundant and diverse compared with conventional farming system receiving synthetic inputs. Nematode food webs were analyzed for trophic group abundance, bacterivore and plant parasitic nematodes were the most abundant than fungivore nematodes in vegetable crops soil. The impact of crops grown and crop proceeding over the distribution of nematode's and soil mite's taxa has revealed an affinity, to a certain extent, of some identified species. Moreover, soil characteristics might affect the development of some taxa and the structure of nematodes and soil mites communities.

Key words: nematodes, oribatid mites, farming systems, vegetable crops, Tiaret.

ملخص

دراسة بنية مجتمعات الحيوانات الدقيقة المجهرية الترابية في تربة محاصيل الخضر في منطقة تيارت

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة أفضل لتركيبية بنية مجتمعات الديدان الخيطية والعت الترابية المرتبطة مع النظم البيئية الزراعية من محاصيل الخضر في منطقة تيارت.

في نهاية هذا العمل، النتائج التي تم الحصول عليها في التكوين التصنيفي العالمي من الديدان الخيطية والعت الترابية قد كشفت عن وجود 20 نوعا من الديدان الخيطية التي تم تحديدها الى غاية مستوى الجنس الذي تنتمي له، معظمهم من الديدان الطفيلية للنباتات و10 أنواع من العت الترابية. حيث وجدت فصيلتين من الديدان الخيطية *Rhabditida* و *Dorylaimida*، في حين وجدت ثلاثة فصائل من العت الترابية (*Actenidida*، *Gamasida*، *Oribatida*) حيث تواجدت فصيلة *Oribatida* بكثرة مقارنة مع الفصيلتين الأخيرتين.

الاختلافات في استراتيجيات النظم الزراعية كان له تأثيرات متباينة على كل من الديدان الخيطية والعت الترابية في بنية مجتمعاتها وتنوعها. وكان نظام الزراعة التقليدية الأكثر وفرة وتنوعا مقارنة مع نظام الزراعة الغير التقليدية التي تلقي المواد والمدخلات الاصطناعية. وقد تم تحليل الشبكات الغذائية للديدان الخيطية، وأسفرت عن سيطرة الديدان الخيطية *bacterivore* والديدان النباتية التي كانت الأكثر وفرة من الديدان الخيطية *fungivore* في تربة محاصيل الخضروات. كما كشفت الدراسة تأثير المحاصيل المزروعة والمحاصيل السابقة على اختلاف توزيع أنواع الديدان الخيطية والعت الترابية، إلى حد ما، وكذلك تأثير خصائص التربة الفيزيوكيميائية على تطور بعض أنواع وهياكل الديدان الخيطية ومجتمعات العت الترابية.

الكلمات الرئيسية: الديدان الخيطية، العت *oribatida*، النظم الزراعية، محاصيل الخضر، تيارت.

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

Figure 1. 1: Classification des principaux groupes d'organismes du sol en fonction de leur taille.....	18
Figure 1. 2: Structure d'un réseau trophique tellurique	19
Figure 1. 3: Conséquences de l'agriculture intensive sur les agrosystèmes	20
Figure 1. 4: Schéma de classification des nématodes	24
Figure 1. 5: Cycle de vie basique des nématodes	25
Figure 1. 6: Représentation des différents modes de parasitisme des racines par les nématodes.....	27
Figure 1. 7: Morphologie des pièces buccales des groupes trophiques des nématodes	28
Figure 1. 8 : Terminologie de la division des Oribates	33
Figure 2. 1: Répartition de la superficie totale de l'Algérie et Occupation des terres agricoles	42
Figure 2. 2: Situation de la région d'étude	47
Figure 2. 3: Carte d'aptitudes des terres de la région de Tiaret	50
Figure 2. 4: Variations mensuelles et annuelles des quantités de pluies enregistrées dans la région de Tiaret durant la période de 2005 à 2014.....	51
Figure 2. 5: Position de la région de Tiaret dans le climagramme d'Emberger	55
Figure 2. 6: Diagramme Ombrothermique de la région de Tiaret durant la période 2006 à 2015.....	56
Figure 2. 7: Répartition de la SAU de la région d'étude.....	58
Figure 3. 1: les communes étudiées dans la région de Tiaret.....	61
Figure 3. 2: Extraction et purification des nématodes	64
Figure 3. 3: Procédé de purification des nématodes.....	65
Figure 3. 4: Extraction des acariens par l'appareil de Bèrlèse.	67
Figure 3. 5: Diagramme de fréquence et d'abondance des nématodes.....	71
Figure 4. 1: Répartition globale des taxons de nématodes en fonction du système de culture.	75
Figure 4. 2: Fréquences-abondances des taxons nématofauniques en système maraîcher intensif.	76
Figure 4. 3: Fréquences-abondances des taxons nématofauniques en système maraîcher extensif.	77
Figure 4. 4: Fréquences-abondances des taxons nématofauniques dans les principales Solanacées cultivées et l'oignon.....	79
Figure 4. 5: Distribution des abondances relatives des différents groupes trophiques nématofauniques en système intensif dans la région de Tiaret.	80
Figure 4. 6: Distribution des abondances relatives des différents groupes trophiques nématofauniques en système extensif dans la région de Tiaret.	81
Figure 4. 7: Analyse de la variabilité des abondances nématofauniques dans les sols maraîchers à Tiaret.	82

Figure 4. 8: Richesse globale des communautés de nématodes maraichers dans la région de Tiaret.....	83
Figure 4. 9: Variation de la diversité des nématodes maraichers dans la région de Tiaret.....	84
Figure 4. 10: Variation de l'indice de Wasilewska dans les sols maraîchers étudiés.....	85
Figure 4. 11: Variation de l'indice de maturité dans les sols maraîchers étudiés... 85	
Figure 4. 12 : Projection des variables des abondances nématofauniques selon le type de sol sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée.....	89
Figure 4. 13 : Projection des variables des abondances nématofauniques selon la culture pratiquée dans chaque système de culture considéré dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée.....	97
Figure 4. 14: Projection des variables des abondances nématofauniques selon précédent cultural et du type de sol maraicher dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée	99
Figure 4. 15: Répartition globale des taxons d'acariens en fonction du système de culture.....	101
Figure 4. 16: Richesse globale des communautés d'acariens des sols maraichers étudiés dans la région de Tiaret.....	104
Figure 4. 17: Variation de la diversité acarofaunique des sols maraichers dans la région de Tiaret.....	104
Figure 4. 18: Analyse en composantes principales et CAH associée sur la variation des taxons d'acariens en relation avec les types de sols maraîchers dans la région de Tiaret.....	106
Figure 4. 19: Projection des variables des abondances acarofauniques selon la culture pratiquée dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée.....	111
Figure 4. 20: Projection des variables des abondances acarofauniques selon le précédent cultural dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée.....	113

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2. 1: Espacement recommandés pour certains légumes [165].....	39
Tableau 2. 2: Recommandations de fertilisation en azote des légumes et besoins en phosphore et en potassium.....	40
Tableau 2. 3: Gestion de l'irrigation en cultures maraîchères.	41
Tableau 2. 4: Superficies et rendements des principales cultures maraichères en Algérie [170].....	44
Tableau 2. 5: Fertilisation des cultures maraichères en Algérie.....	45
Tableau 2. 6: Moyennes mensuelles des températures de la période 2005 à 2014 dans la région de Tiaret	52
Tableau 2. 7: Températures moyennes mensuelles des maxima et des minima et pluviométrie mensuelles en 2015.....	53
Tableau 2. 8: Principales cultures maraichères pratiquées dans la wilaya de Tiaret en 2015.....	59
Tableau 3. 1: les caractéristiques physico-chimique du sol	62
Tableau 4. 1: Inventaire global de la nématofaune sols maraichers de la région de Tiaret.....	73
Tableau 4. 2: Résultats de la comparaison des moyennes des abondances nématofauniques sous l'effet du précédent cultural, des groupes trophiques, du système de culture et du type de sol maraicher.....	82
Tableau 4. 3: Variations de l'amplitude d'habitat et du barycentre des taxons des nématodes sur maraîchage à Tiaret.	86
Tableau 4. 4: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les communautés trophiques des nématodes et les caractéristiques physiques des sols maraîchers étudiés.	90
Tableau 4. 5: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les communautés trophiques des nématodes et les caractéristiques chimiques des sols maraîchers étudiés.	92
Tableau 4. 6: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons nématofauniques et les caractéristiques physiques des sols maraîchers étudiés. .	93
Tableau 4. 7: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons nématofauniques et les caractéristiques chimiques des sols maraîchers étudiés. .	95
Tableau 4. 8: Inventaire de l'acarofaune du sol dans les sols maraichers de la region d'étude.	100
Tableau 4. 9: Statut écologique de l'acarofaune des systèmes maraîchers étudiés et cultivés en extensif.....	102
Tableau 4. 10: Statut écologique de l'acarofaune des systèmes maraîchers étudiés et cultivés en intensif.....	103
Tableau 4. 11: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons acarofauniques et les caractéristiques physiques des sols maraîchers étudiés.	108
Tableau 4. 12: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons acarofauniques et les caractéristiques chimiques des sols maraîchers étudiés. ..	109

TABLES DES MATIERES

RESUME

ABSTRACT

ملخص

DEDICACE

REMERCIEMENTS

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	13
CHAPITRE 1 : LA FAUNE DES SOLS.....	17
1.1 Généralités.....	17
1.1.1 Bio-fonctionnement du sol	18
1.1.2 Effet des pratiques culturales sur la pédofaune.....	20
1.2 Etat des connaissances sur les nématodes	22
1.2.1 Généralités	22
1.2.2 Identification et taxonomie des nématodes	23
1.2.3 Bio-écologie des nématodes	25
1.2.4 Les nématodes et l'écosystème sol.....	29
1.3 Etat des connaissances sur les acariens du sol.....	31
1.3.1 Cadre taxonomique générale des Acariens.....	31
1.3.2 Systématique des Oribates.....	32
1.3.3 Morphologie des Oribates.....	32
1.3.4 Bio-écologie des Oribates.....	34
1.3.5 Les acariens et l'écosystème sol.....	35
CHAPITRE 2 : ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES CULTURES MARAICHERES ET PRESENTATION DE LA REGION DE TIARET.....	37
Première Partie : Etat des connaissances sur les cultures maraichères.....	37
2.1.1. Introduction.....	37

2.1.2.	Conduite générale des cultures maraichères	38
2.1.3.	Les cultures maraichères en Algérie	41
Deuxième partie : Présentation de la région d'étude		46
2.2.1.	Introduction.....	46
2.2.2.	Situation géographique de la région d'étude	46
2.2.3.	Caractéristiques physiques de la région.....	47
2.2.4.	Caractéristiques climatiques de la région	50
2.2.5.	Couvert végétal naturel et cultivé de la région.....	56
CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODOLOGIES D'ETUDE.....		60
3.1.	Objectif de cette étude	60
3.2.	Présentation des sites d'échantillonnage.....	60
3.3.	Méthodologie d'étude pour la caractérisation de la nématofaune et de l'acarofaune	63
3.3.1.	Prélèvement des échantillons du sol	63
3.3.2.	Extraction des nématodes du sol.....	63
3.3.2.1.	Choix de la méthode d'extraction.....	63
3.3.2.2.	Equipements utilisés et procédé d'extraction	64
3.3.2.3.	Purification des nématodes par passage actif.....	65
3.3.2.4.	Dénombrement et identification des taxons	66
3.3.3.	Extraction des acariens du sol.....	66
3.3.3.1.	Choix de la méthode d'extraction.....	66
3.3.3.2.	Montage et identification des acariens.....	67
3.4.	Méthodes de traitement des données.....	68
3.4.1.	Indices écologiques de composition, de structure et de distribution	68
3.4.1.1.	Richesse totale (S).....	68
3.4.1.2.	Densité appliquée à la nématofaune et à l'acarofaune	68
3.4.1.3.	Fréquences centésimales (AR).....	68
3.4.1.4.	Indices écologiques de structure et appliqués aux nématodes	69
3.4.1.5.	Amplitude d'habitat et Barycentre	70
3.4.1.6.	Diagramme des fréquences-abondances	70
3.4.2.	Exploitation statistique.....	71
3.4.2.1.	Analyses de variances (Systat 12.0).....	71
3.4.2.2.	Corrélations (Past. 1.81)	71
3.4.2.3.	Analyses multivariées (ACP/AFC)	72
3.4.2.4.	Similarité des groupes.....	72

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	73
4.1 Evaluation globale de la diversité et de la structure des nématodes dans les sols maraichers de la région de Tiaret.....	73
4.1.1 Composition taxonomique du peuplement des nématodes.....	73
4.1.2 Répartition globale des nématodes en fonction du système de culture..	74
4.1.3 Structure et composition des nématodes identifiés en fonction du système de culture.....	75
4.1.4 Structure et composition des nématodes identifiés en fonction des cultures.....	77
4.1.5 Distribution des groupes trophiques dans les sols maraichers de la région de Tiaret.	80
4.1.5.1 Variations des groupes trophiques dans les cultures en fonction du système de culture.....	80
4.1.5.2 Analyse de la variation de l'abondance des groupes trophiques dans les sols maraichers étudiés.....	81
4.1.6 Diagnostic écologique de la nématofaune des maraichers étudiés à Tiaret.....	83
4.1.6.1 Richesse spécifique	83
4.1.6.2 Indice de diversité de Shannon (H')	83
4.1.6.3 Indice de Wasilewska (IW).....	84
4.1.6.4 L'indice de maturité (IM).....	84
4.1.6.5 Amplitude d'habitat (AH) et Barycentre (g).....	86
4.1.7 Influence des facteurs édaphiques sur les communautés des nématodes.....	87
4.1.7.1 Répartition des nématodes en relation avec les types de sols maraichers étudiés.....	87
4.1.7.2 Effet des caractéristiques physiques du sol sur les groupes fonctionnels nématofauniques.....	90
4.1.7.3 Effet des caractéristiques chimiques du sol sur les groupes trophiques.....	91
4.1.7.4 Effet des caractérisations physiques du sol sur les taxons des nématodes.....	92
4.1.7.5 Effet des caractérisations chimiques du sol sur les taxons des nématodes.....	94
4.1.8 Influence de quelques paramètres agronomiques sur la répartition des nématodes.....	96
4.1.8.1 Influence du système de culture et de la culture pratiquée	96
4.1.8.2 Influence du précédent cultural et du type de sol	98

4.2	Evaluation globale de la diversité de l'acarofaune dans les sols maraichers de la région de Tiaret...	100
4.2.1	Composition taxonomique du peuplement acarofaunique.....	100
4.2.2	Densité des acariens du sol en fonction du système de culture	101
4.2.3	Diagnostic écologique de l'acarofaune dans les sols maraichers étudiés de la région de Tiaret.....	102
4.2.3.1	Fréquence d'occurrence et constance des espèces identifiées selon les systèmes de culture.....	102
4.2.3.2	Richesse et diversité globale des communautés des acariens des sols maraichers étudiés.....	103
4.2.4	Influence des facteurs édaphiques sur les acariens du sol maraicher..	105
4.2.4.1	Répartition des acariens selon les types de sol	105
4.2.4.2	Influence des caractéristiques physiques des sols maraichers étudiés sur l'acarofaune.....	107
4.2.4.3	Influence des caractéristiques chimiques des sols maraichers étudiés sur l'acarofaune.....	107
4.2.5	Influence de quelques paramètres agronomiques sur la répartition des acariens des sols maraichers étudiés.....	110
4.2.5.1	Influence des cultures pratiquées.....	110
4.2.5.2	Influence du précédent cultural	112
4.3	Discussion générale.....	114
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	132
	APPENDICES.....	135
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	140

INTRODUCTION

Le sol est un médium dynamique et complexe, et son état final est le résultat des interactions entre sa fraction minérale, la matière organique et la biocénose du sol. Les plantes, les microorganismes et la faune du sol jouent un rôle clé dans la formation du sol, son fonctionnement et influencent considérablement ses propriétés.

L'une des composantes importantes de l'agriculture durable est l'adoption des pratiques de conservation du sol, des programmes de fertilité du sol et des pratiques de gestion des ravageurs, qui protègent les organismes indispensables pour la stabilité et la productivité du sol à long terme. Le maintien d'un sol sain est donc primordial pour une agriculture durable [1, 2, 3].

Les organismes du sol jouent un rôle critique dans plusieurs mécanismes importants pour la santé du sol (le maintien de la fertilité et la structure du sol, recyclage des nutriments), et sont intimement liés à l'issue de la durabilité. Toute pratique de gestion du sol doit de ce fait être compatible avec la préservation des ressources du sol de la dégradation ; et entre autres l'augmentation de la diversité biologique et l'activité microbienne du sol.

La question se pose sur la viabilité à long terme de ce qui est appelé « système conventionnel ou intensif » [4]. Les systèmes de culture conventionnel, systèmes dominants, sont caractérisés par des monocultures à grande échelle ; continues pendant plusieurs saisons ; où l'usage excessif des pesticides et des fertilisants ; a délivré un surplus de production.

Un défi scientifique majeur de l'Agriculture moderne est de concevoir des systèmes de culture à bas niveaux d'intrants à la fois productifs durables et respectueux de l'environnement. Cet enjeu est également prégnant dans les zones à climat semi-aride qui doit composer avec des sols souvent dégradés et un besoin de production vivrière qui s'accroît face à la pression démographique. Dans cette approche basée sur l'intensification écologique, il devient nécessaire de redonner une place centrale aux processus écologiques fondés sur les fonctions réalisées par les organismes du sol [5, 6].

Le rôle des pratiques de gestion du sol dans l'altération de la structure du réseau trophique est plus apparent dans les systèmes intensifs de production maraichère [7]. Les cultures maraichères constituent une part importante de l'économie agricole du monde. Les valeurs nutritives, thérapeutiques et socio-économiques des légumes sont bien connues et inséparables dans la vie quotidienne, expliquant ainsi l'importance croissante des cultures maraichères dans l'économie agricole du monde.

La politique algérienne a opté pour l'intensification du maraichage qui occupe la seconde place après les céréales du point de vue consommation, et la troisième place après les céréales et l'arboriculture fruitière du point de vue superficie totale. Les cultures de pomme de terre et la tomate surtout sont considérées en Algérie comme aliments de base.

Les nématodes et les acariens sont les animaux pluricellulaires les plus abondants et les plus répandus de toute la zoocénose du sol, avec les collemboles [8]. Ce sont des groupes d'organismes hautement spécialisés, très diversifiés au sein de la microfaune, occupants des positions clé dans les réseaux trophiques du sol [9], ce qui permet de prévoir un aperçu sur la santé du sol.

Les nématodes du sol sont organisés sous forme de communautés soumises à des interactions avec les autres composantes biotiques et abiotiques du milieu et, jouent ainsi un rôle important dans le biofonctionnement d'un sol cultivé, notamment dans le cycle des nutriments [10, 11]. L'évaluation de la nématofaune et des différents groupes trophiques de nématodes permet d'évaluer les perturbations écologiques notamment dues aux pratiques agricoles dans les agroécosystèmes, sur le fonctionnement biologique du sol [12, 13, 14].

Les acariens du sol forment un groupe fort divers par son régime alimentaire, incluant des espèces prédateurs, détritivores ainsi que des fongivores [15]. Par conséquent, ils participent par plusieurs manières dans la structure des réseaux trophiques [16]. Les acariens du sol ont un rôle important dans les processus de décomposition, la formation de la structure du sol et dans le recyclage des nutriments par l'intermédiaire de l'interaction avec la communauté microbienne et présentent des caractéristiques fondamentales d'indication des changements environnementaux [15, 17].

Les premières recherches en Algérie, sur les nématodes sont relatées dans les travaux de SCOTTO LA MASSESE [18] qui mentionnent les premières identifications des nématodes : *Ditylenchus dipsaci* sur fève par DEBRAY et MAUPAS en 1896, les *Meloidogyne* sur diverses solanacées par DELASSUS en 1928 ; 1931 et 1932 et le nématode doré *Globodera rostochiensis* identifié par FREZAL sur la pomme de terre en 1954. NEBIH HADJ-SADOK [19] a réalisé une étude exhaustive de la nématofaune algérienne présente sur diverses spéculations maraichères dans différents biotopes.

Le domaine de l'acarologie reste par ailleurs méconnu en Algérie. Les premières observations sur les acariens du sol ont débuté en 1904 avec les travaux de [20, 21, 22, 23, 24] et plus récemment avec les recherches réalisées par GHEZALI (1997 ; 2013) [25].

Sur cultures maraichères, les connaissances actuelles sur les nématodes et les acariens ainsi que leur diversité sont encore fragmentaires et restent mal évaluées. La différence dans les stratégies de gestion du sol cultivé a des répercussions sur la structure des communautés de ces organismes.

Le travail de recherche rapporté dans ce mémoire de thèse vise un aperçu sur l'impact à court terme du système de culture sur la diversité et la structure de la nématofaune et l'acarofaune du sol. Dans ce contexte, on cherche à acquérir des connaissances concernant l'influence des apports et les stratégies de gestion utilisés dans le système de culture intensif et extensif des cultures maraichères de la région de Tiaret sur les propriétés du sol et la structure des communautés des nématodes et des acariens du sol.

Les objectifs spécifiques de cette étude se résument comme suit :

- Voir l'influence de l'intensification des cultures maraichères sur la nématofaune et l'acarofaune du sol.
- Inventorier les peuplements des nématodes et des acariens sur les cultures maraichères dans une région à climat semi-aride.
- Evaluer l'effet de quelques pratiques agricoles et les propriétés du sol sur les nématodes et les acariens des sols maraichers.

Notre présente étude s'articule autour de quatre chapitres qui se présentent comme suit : après une synthèse bibliographique sur la microfaune édaphique et la place des nématodes et des acariens dans le sol, un deuxième chapitre qui est divisé en deux parties ; la première présente des généralités sur les cultures maraichères et son état en Algérie, la deuxième partie est consacrée à une description générale de la région de Tiaret ainsi que les aspects du milieu naturel qui compose le territoire de la wilaya. Dans le troisième chapitre, nous décrivons la méthodologie d'étude adoptée envers les paramètres de l'étude. Un quatrième chapitre aborde les résultats obtenus et leurs interprétations suivis par une discussion globale de ces résultats.

CHAPITRE 1

LA FAUNE DES SOLS

Généralités

Le sol est un lieu de vie qui héberge de nombreux organismes de tailles variées. Ces divers organismes interagissent entre eux et avec leur environnement pour contribuer au fonctionnement du sol et participer ainsi à la fourniture de services écosystémiques nécessaires à notre survie (production végétale, épuration des polluants, etc.) [26, 27, 28].

L'épiédaphon désigne les espèces épiédaphiques demeurant à la surface du sol, l'hémiédaphon désigne les espèces hémiédaphiques qui existent dans la litière et l'horizon organique alors que les espèces euédaphiques présentent généralement des caractères adaptatifs et vivent dans la profondeur du sol ou l'euédaphon [29]. La faune du sol se localise essentiellement dans les 20 premiers centimètres où se situe le potentiel énergétique des apports végétaux. Elle tend à se localiser horizontalement à proximité des plantes cultivées et de leurs racines [29]. Les sols travaillés offrent une faune plus pauvre mais souvent plus profondément répartie que dans les sols de prairie ou les sols de forêt ; délaissant les espaces nus.

Les Vers, les nématodes, les Acariens ou les Collemboles qui passent le cycle complet de leur vie dans le sol sont dites géobiontes alors que les espèces géophiles comme les larves de Diptères n'y passent qu'une partie de leur existence [30].

Les auteurs divisent la faune du sol en groupements d'après la taille des individus. RAPOPORT [31] ; ANDRE et *al.* [32] distinguait la nanofaune ou les microorganismes (moins de 0,2 mm), la microfaune (de 0,2 à 2mm), la mésofaune (de 2 à 20mm), la macrofaune (de 20 à 200 mm) et la mégafaune (plus de 200 mm) (figure 1.1). Tandis que BACHELIER [29] ; SWIFT et *al.* [30] distinguent les microorganismes et la microfaune (bactéries, champignons, protozoaires et nématodes) dont la taille est inférieure à 100µm, de la mésofaune, la macrofaune et la mégafaune du sol où la taille des individus est comprise en général entre 100µm et plus de 20mm.

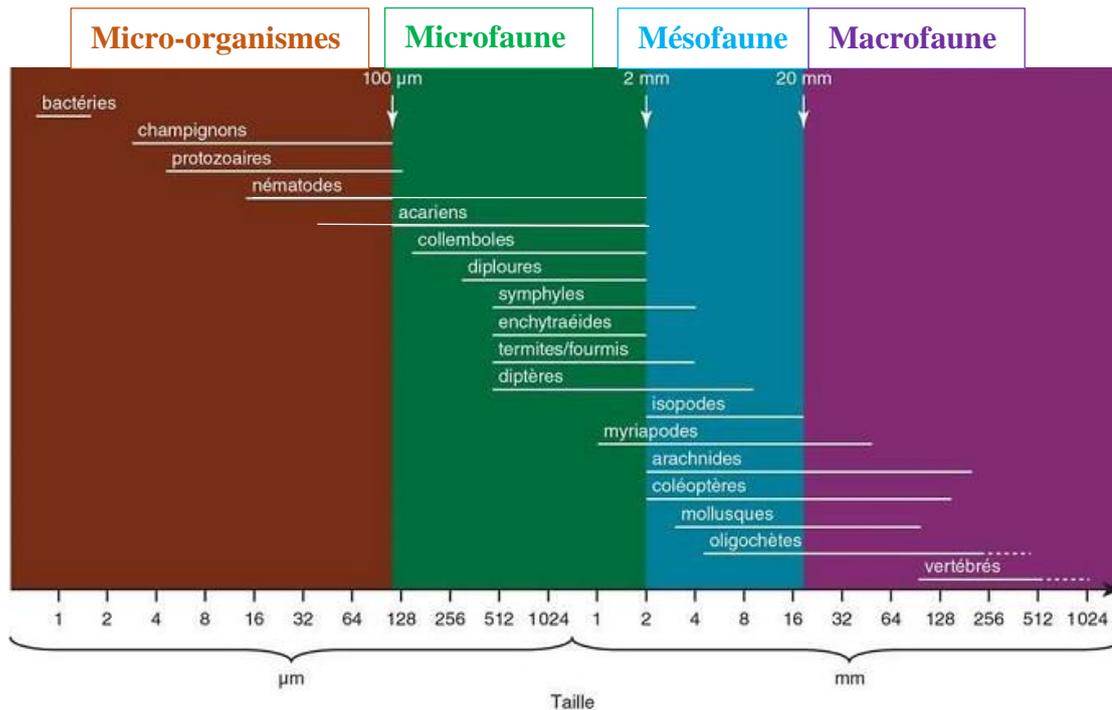


Figure 1. 1: Classification des principaux groupes d'organismes du sol en fonction de leur taille [32] d'après WALLWORK [33].

Bio-fonctionnement du sol

Le sol constitue un réacteur biologique très actif. Il est ainsi le siège de réactions biochimiques très diverses et de processus écologiques essentiels tels la décomposition de la matière organique, et les cycles biogéochimiques des éléments. Les interactions biologiques peuvent être décrites par l'étude des réseaux trophiques en tenant compte de l'organisation hiérarchique des systèmes biologiques. Selon leur principale source de nourriture, les espèces présentes dans un écosystème se répartissent en niveaux trophiques organisés en réseaux et dépendent par conséquent de celui des producteurs primaires ou organismes autotrophes [29, 34, 35].

La plupart des producteurs primaires sont des organismes photosynthétiques synthétisent à l'aide de l'énergie lumineuse des glucides et d'autres composés organiques qui serviront de combustible à leur respiration cellulaire et de matériaux à leur croissance. Tous les autres organismes d'un écosystème sont des consommateurs, ou hétérotrophes, qui se nourrissent directement ou indirectement de produits issus des producteurs primaires [36].

Il est communément admis que la structure des réseaux trophiques du sol (figure 1.2) a un impact direct sur son fonctionnement [37, 38]. Les organismes du sol contribuent aux processus fonctionnels à travers des mécanismes directs et indirects. Les mécanismes directs sont la conséquence du métabolisme des premiers niveaux du réseau trophique. Les mécanismes indirects comprennent de nombreux processus rétroactifs, essentiellement sous l'action de la macrofaune du sol [39]. Les modèles de flux d'énergie, de carbone et de nutriments sont dominés par les liens trophiques entre les consommateurs primaires et secondaires : principalement (pour leurs effets directs), les microorganismes (Bactéries et champignons), les nématodes et les microarthropodes [36, 40].

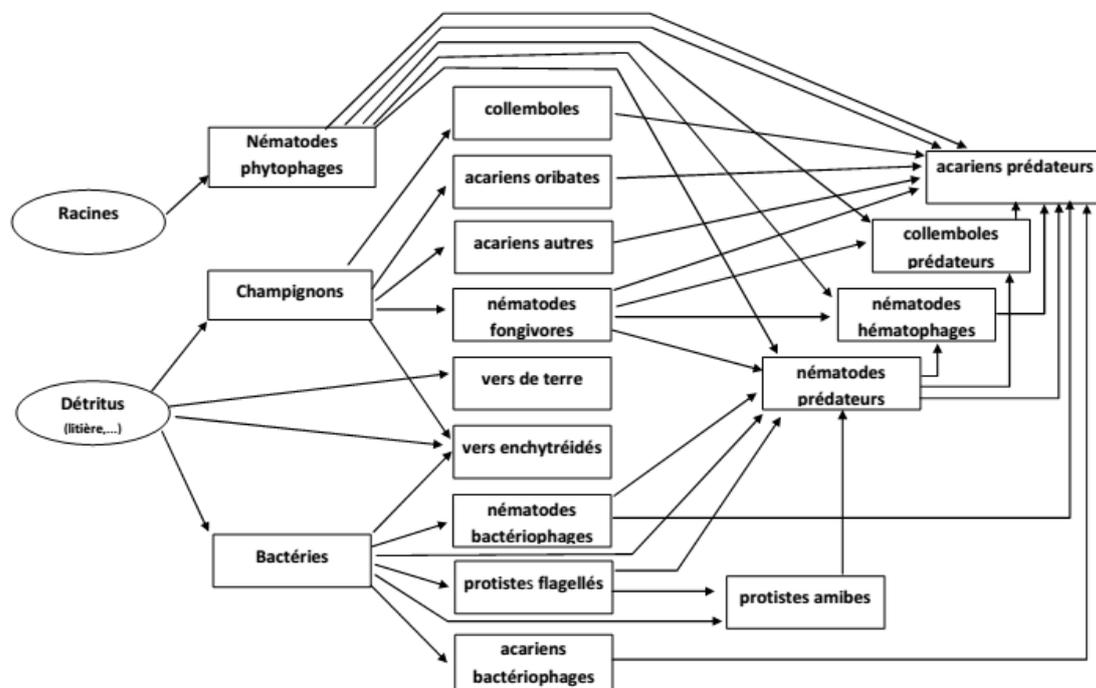


Figure 1. 2: Structure d'un réseau trophique tellurique [36].

L'influence de la pédofaune sur les processus biologiques du sol est largement documentée. La multitude des facteurs abiotiques avec leur action synergique ou antagoniste ainsi que les actions anthropiques peuvent altérer profondément la structure de la communauté de la faune du sol et induire ainsi un mécanisme de sélection et un changement de comportement des espèces [41, 42, 43, 44, 45, 46].

La disponibilité de la nématofaune et de l'acarofaune en particulier dépend directement du substrat nutritionnel [47]. Au niveau écologique, une classification de la nématofaune et l'acarofaune en fonction de leurs habitudes alimentaires s'avère

très intéressante car elle permet d'appréhender les questions liées aux relations trophiques dans le sol [48].

Les nématodes jouent un rôle primordial dans le biofonctionnement du sol [49]. L'analyse de la nématofaune du sol constitue ainsi un outil important pour évaluer l'effet des pratiques culturales sur les réseaux trophiques du sol [50].

Les acariens du sol renseignent sur la qualité de l'environnement [17, 51] en raison de leurs caractéristiques fondamentales [15, 16, 52]. Le comportement du groupe des acariens Oribates peut être utilisé pour indiquer les effets d'une pollution chimique ou de métaux lourds et des perturbations dans le processus de décomposition.

Effet des pratiques culturales sur la pédofaune

L'agriculture intensive est responsable de changements considérables par les pratiques agricoles sur la structure du paysage [53, 54], par la transformation des habitats, et la simplification des systèmes agricoles [55, 56, 57] (figure 1.3).

Les diverses pratiques culturales de l'itinéraire technique agronomique (labour, enherbement, ...) et les épandages de produits phytosanitaires sont autant de facteurs qui peuvent agir sur la pédofaune et moduler dès lors le biofonctionnement du sol [58].

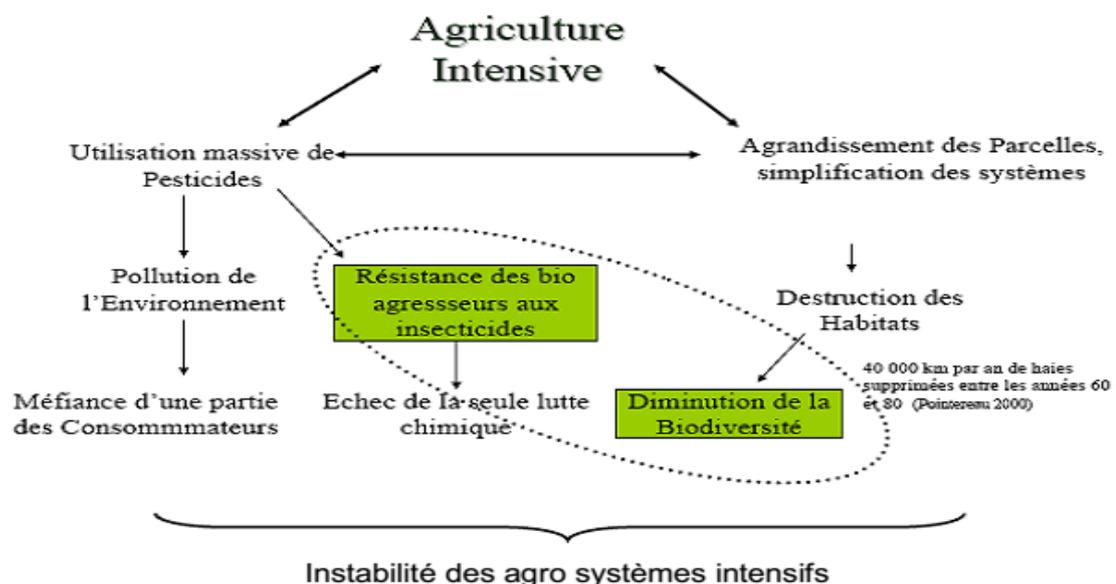


Figure 1. 3: Conséquences de l'agriculture intensive sur les agrosystèmes [59].

Selon CITEAU et *al.* [60], la pédofaune est sensible aux modifications physico-chimiques du sol induit par les modes de gestion et les pratiques culturales tels que le labour (destruction de l'habitat) et la présence d'une litière ou l'apport de matières organiques exogènes (apports de ressources trophiques).

On constate en effet une diversité, une densité et une biomasse souvent inférieure en milieu cultivé, en raison des effets de la ressource en carbone, une mortalité directe liée à l'épandage de produits toxiques, et le travail du sol [61].

La ressource en carbone est moins abondante et moins diverse en écosystème agricole qu'en milieu naturel. En général, la ressource en matière organique n'est donc disponible qu'à de brefs moments dans l'année (après la récolte). Dans la plupart des cas, les résidus de culture sont enfouis au sein du profil de sol [62].

Seules les espèces adaptées à ces conditions ainsi qu'à la qualité et à la quantité de matière organique disponible, seront donc capables de survivre et de se développer dans les milieux cultivés. C'est la raison pour laquelle ces milieux abritent moins de diversité, de densité et de biomasse que les systèmes naturels [63]. Par ailleurs, la présence d'autres espèces et/ou individus de la même espèce peut induire de la compétition inter et/ou intra-spécifique pour la ressource alimentaire [64, 65].

Le labour affecte négativement les populations de la faune du sol qui sont atteintes directement via des dommages mécaniques, une exposition aux prédateurs et un phénomène de dessiccation dû au retournement du sol [66, 67]. De plus, le labour provoque l'enfouissement de la matière organique ainsi que des changements des conditions physiques comme la température et l'humidité du sol, induits par une modification de la structure du sol [68].

De même, la compaction du sol est une conséquence du passage des engins agricoles. Ce phénomène de tassement peut donc détruire les habitats mais également tuer les espèces eux-mêmes, par écrasement [69, 70].

Les systèmes de culture alternatifs au système de culture conventionnel, tels que les systèmes en travail réduit du sol (sans labour ni travail superficiel) et le système de culture biologique, ont eu un impact positif sur l'abondance et la diversité de la pédofaune du sol. Cela souligne donc l'intérêt de telles pratiques comme moyen

de gestion indirecte de la faune du sol dans la recherche de systèmes de production agricole durables [71].

Etat des connaissances sur les nématodes

Généralités

Les nématodes se sont des pseudos coelomates, animaux vermiformes non-segmentés, communément décrits comme filiformes, d'où le nom taxonomique Nemata du grèque (Nemata = fil) [72].

Les nématodes sont, certainement, les métazoaires les plus abondants et les plus répandus sur terre. Ils occupent presque tous les habitats. Leurs mouvements et leur activité dépend fortement de l'humidité du sol, de l'humidité relative et autres facteurs environnementaux qui affectent directement leur survie [72].

Les nématodes vivant dans les sols ont une taille comprise entre 0,5 à 5 mm de long [73]. Bien qu'ils soient surtout connus comme des organismes parasites des plantes cultivées, et donc néfastes aux rendements des cultures vivrières [74], la plupart des nématodes vivant dans les sols sont « libres », c'est-à-dire non parasites. Les nématodes libres sont des composants importants de l'écosystème du sol (fongivores, bactériophages, omnivores ou prédateurs) intervenants dans la décomposition de la matière organique, la transformation des nutriments et le transfert de l'énergie [75, 76, 77].

Les nématodes phytoparasites dont les tailles varient de 0,25 à plus de 1mm, sont des parasites obligatoires qui puisent leur nourriture du cytoplasme des cellules végétales, et qui ne représentent que 15% du nombre total des espèces connus soit 4100 espèces décrites [72].

Malgré, leur grande diversité par leur mode de vie, les nématodes montrent une morphologie homogène. Leur corps consiste en un cylindre externe (la cuticule) enveloppant deux tubes internes superposés, le tube digestif et le tractus génital, séparés par une cavité pseudocoelomique [72]. Les nématodes phytoparasites diffèrent des autres nématodes par la présence, dans la cavité buccale, d'un stylet performant utilisé à la fois pour injecter des enzymes dans les cellules et les tissus végétaux des plantes et pour en extraire le contenu. Ce stylet 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 [78].

Identification et taxonomie des nématodes

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, la 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 [79, 80]. 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 [8, 81, 82].

Auparavant, les nématodes ont été considérés comme un ordre des Nematodea faisant partie de la classe des Helminthes (Helminthia) [72], et à présent les nématodes forment un embranchement séparé « Nematoda ou Nemata » [83] (Figure 1.4).

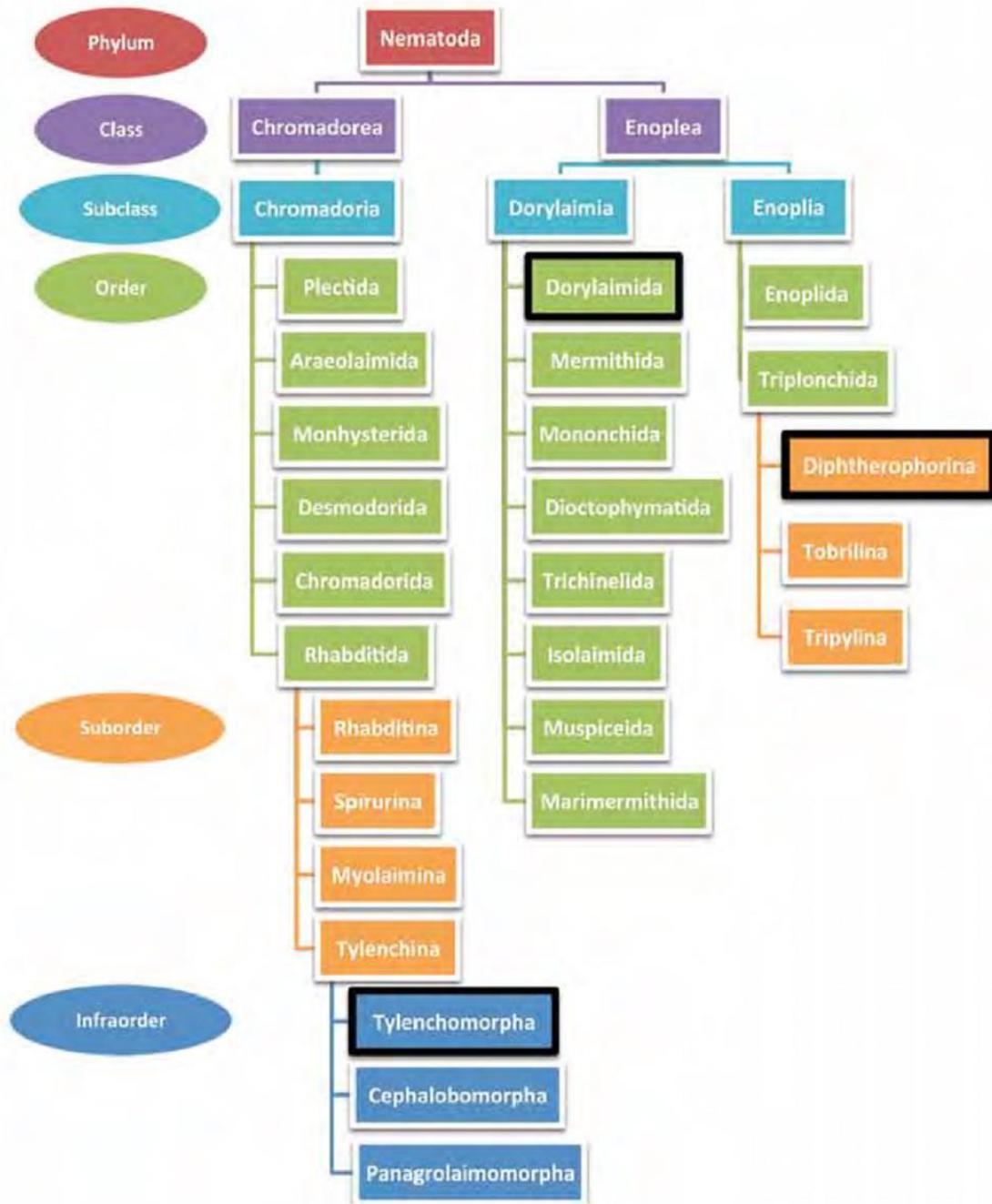


Figure 1. 4: Schéma de classification des nématodes [83].

Bio-écologie des nématodes

1.1.1.1 Reproduction et développement

La multitude de niches écologiques colonisées par les nématodes a engendré une variété de méthodes reproductives sexuées et asexuées [84]. Quand les deux sexes sont présents la reproduction est sexuelle, et elle est parthénogénétique en l'absence des mâles. L'hermaphrodisme est commun chez les nématodes libres et très rare chez les phytoparasites, trouvés dans quelques membres des *Criconematoidea* et des espèces du genre *Paratrichodorus* [72].

Le cycle de développement des nématodes phytoparasites est, typiquement, divisé en six stades (figure 1.5) : le stade œuf, 4 stades juvéniles et le stade adulte. Tout le cycle peut être complété de 2 à 4 semaines sous l'optimum environnemental. Chaque stade juvénile est terminé par une mue, avec la première mue qui a lieu dans l'œuf, à l'exception des *Longidoridae* et des *Trichodoridae* [72].

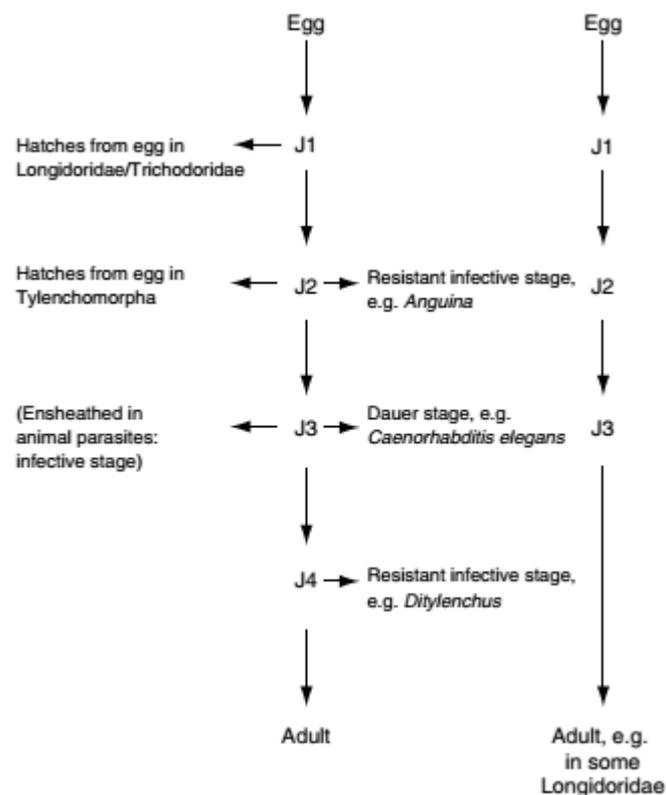


Figure 1. 5: Cycle de vie basique des nématodes [72].

Avant l'atteinte de la maturité, les juvéniles ressemblent aux adultes dans la morphologie. Ils se différencient seulement dans l'absence d'un système reproductif mature et dans quelques mesures et proportions. Chez quelques groupes, un stade juvénile est plus résistant au stress environnemental que les autres stades, habituellement, c'est le stade infestant [72].

1.1.1.2 Mode de parasitisme des plantes par les nématodes

Selon leur mode de nutrition, les nématodes sont classés en trois catégories : les ectoparasites, les endoparasites et les semi endoparasites (figure 1.6), chacune d'elles étant subdivisée en deux groupes sédentaire et migrateur [85].

- **Les ectoparasites** restent à l'extérieur de la racine dans le sol et insèrent leurs stylets dans les cellules qui peuvent être atteintes. On distingue les sédentaires avec un stylet long (*Belonolaimus*, *Dolichodorus*, *Hemicycliophora*, *Longidorus*, *Paratylenchus*, *Xiphinema spp.*) et les migrateurs avec un stylet court (*Tylenchorhynchus*, *Trichodorus*).

- **Les endoparasites** vivent à l'intérieur des tissus végétaux, dans les racines pour les sédentaires (*Meloidogyne*, *Heterodera* et *globodera*). Cependant, les migrateurs restent mobiles et vermiformes (*Hoplolaimus*, *Pratylenchoides*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*).

- **Les semi-endoparasites** où seulement la partie antérieure du nématode qui pénètre la racine (*Rotylenchulus*, *Tylenchulus spp.*).

1.1.1.3 Les groupes trophiques

Les connaissances sur les habitudes alimentaires des nématodes ont été synthétisées par YEATES et *al.* [49]. Chaque groupe trophique est caractérisé par des pièces buccales spécifiques et renseigne ainsi de son rôle dans le réseau trophique du sol (figure 1.7).

- Les nématodes phytoparasites obligatoires qui s'attaquent aux racines des végétaux supérieurs à l'aide de leurs pièces buccales munies d'un stylet qui leur permet de piquer les cellules de leur plante hôte, d'injecter des enzymes qui vont digérer le contenu des cellules avant qu'il ne soit absorbé (*Meloidogyne*, *Heterodera*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema...*) [86, 87].

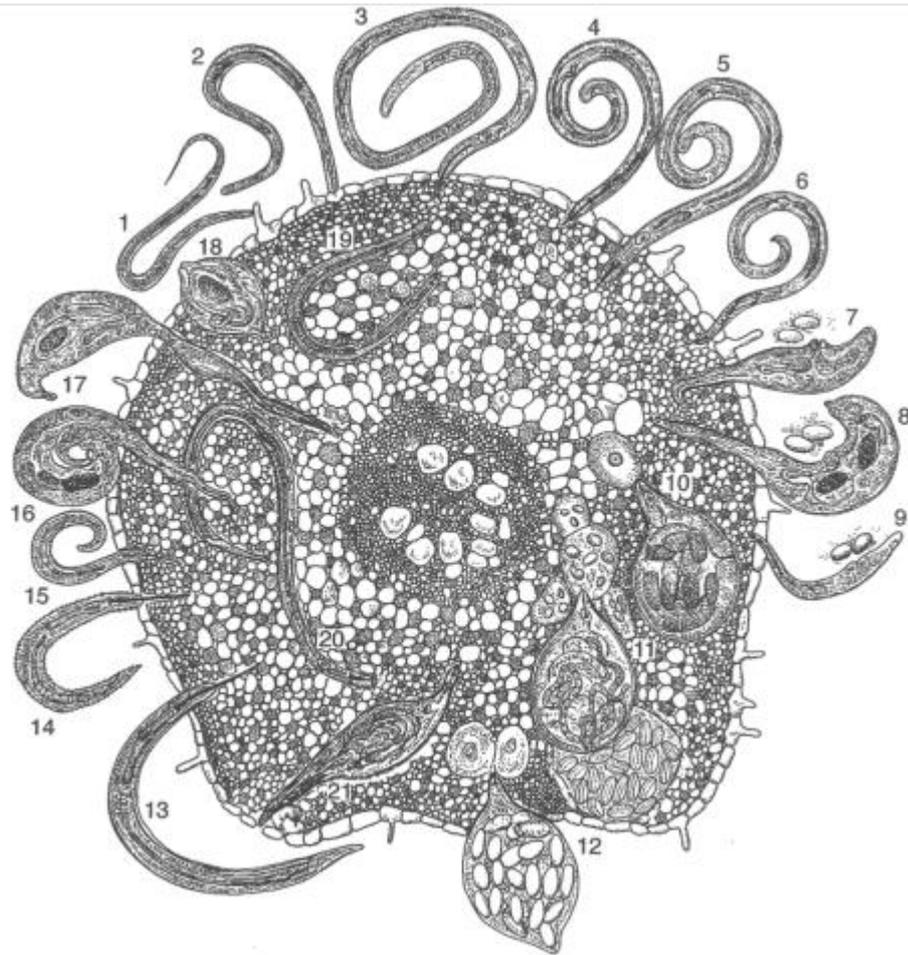


Figure 1. 6: Représentation des différents modes de parasitisme des racines par les nématodes [85].

Ectoparasites migrateurs: 1. *Cephalenchus*, 3. *Belonolaimus*, Sédentaires: 13. *Hemicycliophora*, 14. *Macroposthonia*, 15. *Paratylenchus*, Semi-endoparasites migrateurs: 2. *Tylenchorhynchus* 4. *Rotylenchus*, 5. *Hoplolaimus*, 6. *Helicotylenchus*, Sédentaires: 8. *Rotylenchulus*, 9. *Acontylus*, 18. *Sphaeronema*, 16. *Trophotylenchulus*, 17. *Tylenchulus*, Endoparasites sédentaires: 7. *Verutus*, 10. *Meloidodera*, 11. *Meloidogyne*, 12. *Heterodera*, Migrateurs : 19. *Pratylenchus*, 20. *Hirschmanniella*, 21. *Nacobbus*. (Extrait de [88]). Les genres soulignés ont été rencontrés dans ce travail.

- Les nématodes associés aux plantes (facultatifs), comme *Tylenchus* et *Dorylaimellus*, possédant un stylet, se développent en grand nombre dans la rhizosphère des plantes.
- Les nématodes fongivores, (*Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Leptonchus*, *Diphtherophora*) caractérisés par un stoma étroit muni d'un stylet permettant de perforer les tissus mycéliens pour en aspirer le contenu [89].
- Les nématodes bactérivores, (*Rhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diplogaster*, *Cephalobus*, *Alaimus*), qui se nourrissent de bactéries, à travers une cavité buccale, appelée stoma, plus ou moins large, entourées ou non d'excroissances appelées

proboles. Ces nématodes constituent le groupe trophique le plus abondant dans le sol [74, 90, 91, 92].

- Les nématodes prédateurs sont caractérisés soit par une large cavité buccale généralement munie de dents puissantes et de denticules servant de véritable râpe lorsqu'une proie est avalée tout entière (*Diplogaster*, *Mononchus*, *Nygolaimus*), soit par une petite cavité étroite équipée d'un stylet pouvant perforer les tissus (*Seinura*, *Labronema*) [73].

- Les nématodes omnivores dont certains Dorylaimida (*Dorylaimus*). Il paraît qu'ils utilisent comme source alimentaire les bactéries, les champignons, des proies de la microfaune, des diatomées et des algues. Ce groupe présente une pièce buccale armée d'un odontostyle qui est un aiguillon généralement creux dérivé d'une dent de la paroi buccale. L'instrument est tiré en avant par une forte musculature ce qui permet au nématode de percer la paroi de sa proie pour en aspirer le contenu [93].

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

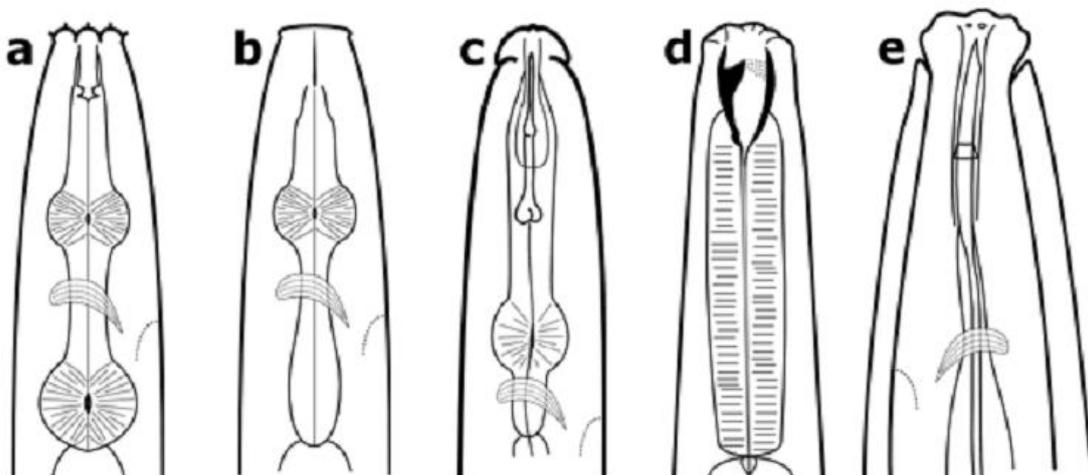


Figure 1. 7: Morphologie des pièces buccales des groupes trophiques des nématodes [8].

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

Les groupes trophiques des nématodes répondent différemment aux diverses conditions de l'environnement et aux pratiques culturales. Les nématodes bactériophages réagissent couramment aux variations d'abondance de leur source

alimentaire [94] et pullulent toujours dans les sols très riches en matière organique [95].

Les nématodes prédateurs et omnivores sont plus abondants dans les zones naturelles que dans les champs agricoles en raison de leur grande sensibilité aux modifications des sols [77].

Les nématodes et l'écosystème sol

1.1.1.4 Importance des nématodes dans le sol

Les nématodes figurent parmi les organismes multicellulaires les plus abondants et les plus évolués dans le sol. Ils contribuent à la diversité spatiale et temporelle des plantes dans les écosystèmes naturels [96], comme ils contribuent par leur activité alimentaire à la stabilité de la chaîne trophique du sol [97]. Cependant, le mouvement et l'activité des nématodes dans le sol sont influencés par plusieurs facteurs dont l'épaisseur des films d'eau, l'importance de la porosité, mais aussi la continuité et la tortuosité des pores, la forme et la stabilité des agrégats, le degré d'aération du milieu [8, 98].

Ayant des rapports étroits et variés avec les champignons et les protozoaires, les nématodes jouent certainement un rôle très important dans l'équilibre biologique des sols, car ils reflètent rapidement les modifications du milieu [8].

Les nématodes bactérivores permettent le recyclage dans la rhizosphère des éléments immobilisés dans la biomasse bactérienne au cours de la décomposition, notamment l'azote mais aussi le phosphore [99]. Ils affectent les processus de minéralisation contribuant ainsi à la croissance des plantes [11, 100, 101], et entraînent une plus forte concentration de signaux hormonaux de croissance des racines (e.g. auxine) [86, 102, 103]. Par ailleurs, l'effet de la pression de prédation, parfois sélective, exercée par les nématodes bactérivores sur les bactéries peut entraîner une modification au sein des communautés microbiennes [104, 105].

Les nématodes fongivores sont des nématodes libres qui contribuent à la libération des éléments nutritifs (à partir des tissus fongiques) et stimulent la minéralisation de l'azote [106, 107]. Ce groupe trophique de nématodes peut affecter la croissance des plantes par la prédation des champignons mycorhiziens à

arbuscules conduisant à la réduction de la disponibilité des nutriments pour la plante [108]. Néanmoins, certaines espèces peuvent être utilisées en lutte biologique pour la destruction des espèces fongiques nuisibles à la plante [73]. Les nématodes fongivores sont généralement moins abondants que les nématodes bactériovores, en particulier dans les sols agricoles.

Les nématodes prédateurs-omnivores peuvent contrôler l'abondance des nématodes bactériovores et fongivores, empêchant ainsi une surprédation de ces groupes sur les bactéries et les champignons [36, 74]. Cet effet de régulation (top-down) contribue à un maintien de l'équilibre des communautés au sein des réseaux trophiques du sol. Les nématodes appartenant à ce groupe sont sensibles aux perturbations du sol et sont considérés comme des bioindicateurs de la stabilité des réseaux trophiques [109, 110].

Dès les années 1980, l'intérêt s'est accru pour l'utilisation des communautés nématodes comme indicateurs pour surveiller l'environnement terrestre [75, 111] et évaluer la "santé de sol" ou sa "durabilité" en particulier les sols cultivés [112, 113]. Plusieurs auteurs attestent que l'utilisation des nématodes comme bio-indicateurs est due à leurs caractéristiques morphobiologique. D'une part, 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 [114, 115]. D'autre part, certains nématodes ont des formes de résistance comme anhydrobiose ou enkystement (formation des kystes) qui leur permettent de survivre à des conditions environnementales défavorables, bien que d'autres sont plus sensibles, comme les espèces de l'ordre des *Dorylaimida* n'ayant pas de stades résistants [75].

1.1.1.5 Les nématodes des cultures maraichères

La structure d'une communauté de nématodes, y compris les espèces phytophages, reflète l'état sanitaire d'un sol. Les nématodes phytoparasites 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, de la croissance des racines, de la température et d'humidité, des pratiques culturales et autres [116, 117].

Selon MATEILLE et *al.* [118], 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 comme pour les nématodes à galles (*Meloidogyne spp*) [118, 119, 120].

Etat des connaissances sur les acariens du sol

Cadre taxonomique générale des Acariens

Les acariens forment un ancien groupe hétérogène d'arthropodes avec une multitude des traits d'histoire de vie et des morphologies variées, occupant les milieux les plus diversifiés et vivant en grand nombre dans des habitats divers [121, 122]. Ils incluent les prédateurs, les parasites, les décomposeurs et les phytophages. Environ 45 000 espèces d'acariens ont été décrites, mais l'estimation de leur richesse spécifique totale est élevée au plus d'un million [122, 123].

Le terme Acari (Acarien) a été introduit pour la première fois en 1735 par LINNAEUS dans sa première édition de *Systéma natura*. La position des acariens (Acari) dans le système des chélicérates a été vue différemment par les auteurs et il est difficile de conclure le meilleur système de classification qui reflète la réalité. L'opinion actuelle selon divers spécialistes est que les acariens constituent la sous-classe des Acari de la classe des Arachnides, composés de 7 ordres : *Opilioacarida* (*Notostigmata*), *Holothyrida* (*Tetrastigmata*), *Gamasida* (*Mesostigmata*), *Ixodida* (*Metastigmata*) (Super-ordre : *Anactinotrichida*) ; *Actinedida* (*Prostigmata*=*Trombidiformes*), *Oribatida* (*Cryptostigmata*), *Acaridida* (*Astigmata*) (Super-ordre : *Actinotrichida*) [123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130].

Tous ces groupes ont une morphologie et des mœurs très diversifiées, dont les plus importants, de point de vue richesse spécifique, sont ; les **Gamasida**, en majorité des prédateurs ; les **Actinedida** qui forment un groupe important et complexe de prédateurs, de phytophages et de saprophages [131].

Systematique des Oribates

Les Oribatida (ou Cryptostigmata) forment un groupe cosmopolite et très ancien d'où les premiers fossiles ont été trouvés dans les sédiments du Dévonien [132, 133, 134].

Dans la plupart des habitats, les acariens oribates (Oribatida) sont les microarthropodes les plus abondants et les plus riches spécifiquement occupant l'ensemble des terres immergées et essentiellement le sol et ses annexes, la litière, les plantes herbacées, sur les écorces et les branches des arbres et les feuilles ainsi que les habitats aquatiques, semi-aquatiques et côtiers [135, 136]. Plus de 10 000 espèces d'oribates ont été décrites, mais leur nombre réel est estimé à 50 000 [122, 137].

Suivant l'hypothèse de Grandjean [23, 138], l'ordre des oribates consiste en six groupes, nommés cohortes, morphologiquement distincts ; Paléosomata, Enarthronata, Parhyposomata, Mixonomata, Desmonomata (Super-cohorte : Macropylina dit les oribates inférieurs), Circumdehiscentiae (Super-cohorte : Brachypylna dit les oribates supérieurs) [134].

Morphologie des Oribates

Les acariens sont des arachnides compacts, dont la plupart des espèces ont perdu les traces de leur segmentation primitive. Pour distinguer les différentes parties du corps, les auteurs ont adapté la nomenclature de « SOMA ». Contrairement aux insectes, les acariens n'ont pas de véritable tête et leur corps se divise en deux tagmes : Céphalothorax ou Prosoma et abdomen ou Opisthosoma [139].

Les Oribates s'étendent dans la taille de 110µm à 1500µm, mais la plupart des espèces mesurent de 300µm à 900µm. Ils sont d'une morphologie forte variée et leur corps est divisé très différemment selon les familles [139]. Le schéma de la figure 1.8 résume la terminologie utilisée pour désigner les différentes parties du corps de ces Acariens.

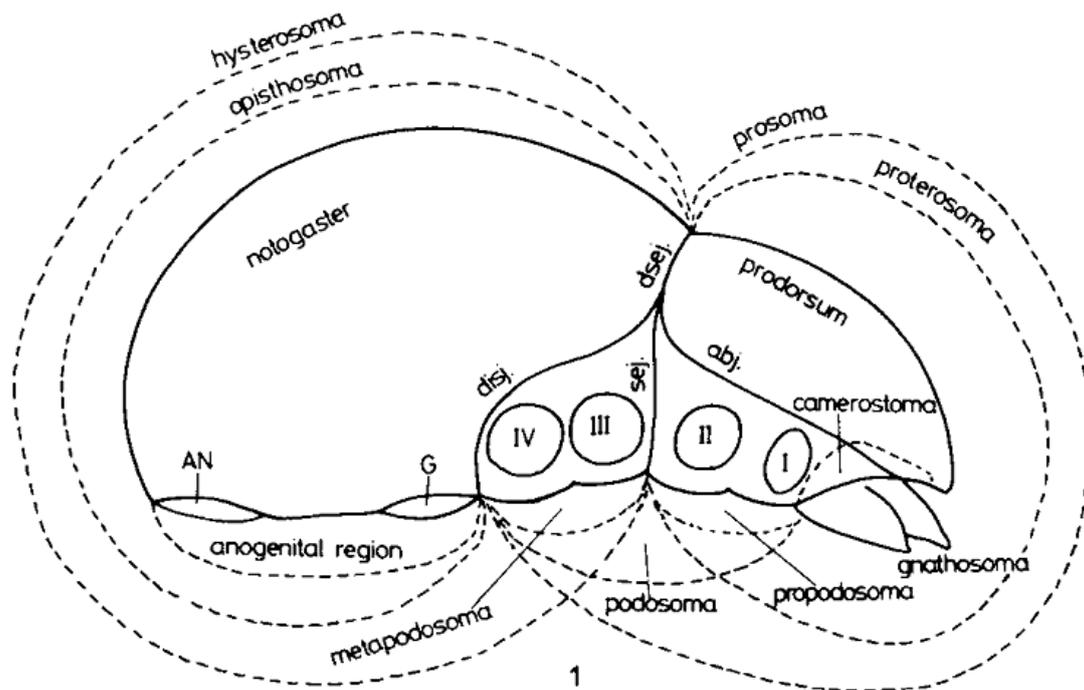


Figure 1. 8 : Terminologie de la division des Oribates [139]. AN= région anale, G= région génitale, abj.=sillon abjugal, disj.= sillon disjugal, sej.= sillon séjugal, dsej.=sillon dorsojugal, I...IV= insertion des pattes..

On note parfois chez les acariens oribates des transformations des sillons primitifs ; abjugal (abj), séjugal (sj) et disjugal (disj) ; qui ont trois tendances [139] :

- En arrière le sillon disjugal tend à disparaître soit incomplètement (cas des Nothroidea) ou complètement (cas des Circumdehiscentia adultes). En avant, le sillon abjugal disparaît complètement. Chez les circumdéhiscencia subsiste ventralement en séparant le gnathosoma (lèvres buccales et pedipalpes) du podosoma. Ainsi, le podosoma est largement soudé au reste du corps formant un ensemble indéformable. De tel Oribates sont dits **HOLOIDES**.

- A l'inverse, les sillons abjugal et disjugal ainsi que le sillon dsej peuvent être remplacés par une peau articulaire si large que le podosoma acquiert une grande mobilité. Dans ce cas l'aspidosoma (prodorsum) est capable de se rabattre complètement sur la face ventrale du corps en cachant les pièces buccales et les pedipalpes. De tels Oribates sont dits **PTYCHOIDES**.

- Le sillon séjugal montre une tendance à l'élargissement, dans ce cas le podosoma peut se plier latéralement de droite à gauche. De tels Oribates sont dits **DICHOIDES** (Paléosomata, Parhyposomata).

Bio-écologie des Oribates

1.1.1.6 Reproduction et développement

La biologie de la reproduction et le cycle de vie ainsi que l'histoire de vie des acariens oribates se caractérisent par une variabilité extraordinaire avec différents aspects [17]. On remarque deux modes de reproductions chez les Oribates. La reproduction sexuelle par les spermatophores est courante et la plus dominante où l'accouplement n'est pas nécessaire [29, 140, 141]. La deuxième forme de reproduction est la parthénogenèse thélytoque obligatoire, qui survient dans 10% des espèces oribates connus [16, 122, 141, 142, 143]. L'itéroparité et le cycle multiannuelle sont aussi fréquents entre les espèces oribates [15, 140, 141].

La plupart des Acariens du sol sont ovipares, quelques-uns sont ovovivipares, et ils ne pondent qu'un petit nombre d'œufs (2 à 6) ou parfois même un seul. Leur développement post-embryonnaire passe par six stases post-embryonnaires : une pré-larve inactive, une larve active, protonymphe, deutonymphe, tritonymphe et adulte [124, 140], Toutes les stases actives s'alimentent et les habitudes alimentaires peuvent changer entre les stases immatures et l'adulte [144]. L'adulte de plusieurs espèces vit, relativement, longtemps. L'estimation du temps de développement de l'œuf jusqu'à l'adulte varie de quelques mois à deux ans [140, 145].

Dans les climats froids, certaines espèces ont un cycle de vie qui dure jusqu'à 7 ans [146]. Selon Norton [140], les acariens oribates sont classés parmi les groupes qui ont une stratégie de développement de type K caractérisé ainsi par une faible fécondité, un lent développement et un métabolisme ralenti [17, 123].

1.1.1.7 Régime alimentaire

Les oribates peuvent vivre dans, presque, tous les types d'habitats, par conséquent, ils ont été attribués dans différents guildes alimentaires en participant de manières différentes dans la structure du réseau trophique [16, 17]. Des études ont suggéré que les acariens du sol ont des habitudes alimentaires similaires dont la plupart des espèces consomment une mixture de matériel végétal et microbien [147, 148] à l'exception de quelques prédateurs et/ou coprophages [15].

Les régimes alimentaires des acariens du sol ont été catégorisés et résumés par KRANTZ [124]. Quelques espèces sont phytophages, et la plupart sont classifiées comme mycophages/bactériophages [148]. Les saprophages sont, activement impliqués dans la décomposition de la matière organique, dans le recyclage de la matière minérale et la formation du sol. Enfin, la dernière catégorie regroupe les prédateurs/coprophages [141]. D'autres études [143, 149, 150, 151] ont montré que les espèces oribates supérieurs (Brachypilina) vivant dans des microhabitats épigés (les troncs des arbres) sont lycophages en consommant des lichens, des algues et les mousses

Les acariens oribates ont été, souvent, considérés généralistes qui changent leurs régimes selon la disponibilité des ressources alimentaires [147, 152, 153]. Cependant, des études récentes menées par plusieurs chercheurs fournissent une autre évidence conclusive que les oribates expriment une stabilité relative de leurs positions trophiques dans une large échelle spatiale, indiquant que les oribates sont plus spécialisés qu'auparavant pensés [148, 154, 155].

Les acariens et l'écosystème sol

1.1.1.8 Importance des acariens dans le sol

Les Acariens (Arachnides) constituent l'essentiel des microarthropodes de la faune du sol. Dans les sols, on rencontre comme Acariens des Mesostigmates, des Trombidiformes, des Acaridides et des Oribates. Ces derniers, constituent souvent la majorité des acariens du sol et s'attaquent presque tous aux débris végétaux ou aux végétaux inférieurs [29]. Par ailleurs, les petits paquets de débris organiques sont intensément colonisés par des Acariens Oribates, accompagnées par des Acariens prédateurs du groupe des Gamasides, par des Acariens saprophages ou fongivores du groupe des Actinédides [156]. D'après les différents auteurs, les sols forestiers peuvent facilement héberger de 100 000 à 500 000 acariens au mètre carré. Dans les sols de prairie et les sols cultivés, les Acariens (notamment les Oribates) sont souvent moins nombreux ne dépassant pas les 30.000 au mètre carré. Le pâturage et le parcage diminuent la diversité des Oribates [157].

Les Acariens ne mélangent pas les débris végétaux aux éléments minéraux du sol, comme le font la plupart des vers annelés, mais l'entraînement en profondeur de leurs excréments aide dans les sols poreux à l'humification des horizons supérieurs. Les *Phthiracaridae* (Oribates) contribuent pour leur part à favoriser l'humification des matériaux ligneux. Ainsi, la plupart des acariens ne paraissent pas agir directement sur la macroporosité des sols mais tendent à agrandir et à aménager localement les cavités naturelles du sol et donc à en entretenir la porosité, tout en y créant des centres de peuplement déterminés par la reproduction. Généralement, dans les sols, les oribates contribuent à la fragmentation fine de la litière et marquent un stade dans la dégradation des débris végétaux ainsi qu'ils semblent surtout par leur activité accélérer les divers processus bactériens, y compris, selon les sols, ceux de l'humification ou de la déshumification [29]. LOOTS et RYKE [158] ont mis en évidence une corrélation hautement significative entre le rapport Oribates/Trombidiformes et le pourcentage de matières organiques. Les Oribates dominent dans les sols riches en matières organiques et les Trombidiformes dans les sols qui en sont moins bien pourvus. ROCKETT et WOODRING [159] et HEIDEMANN et *al.* [160] ont aussi souligné la présence de plusieurs Oribates prédateurs de Nématodes saprophytiques et parasites de plantes, telle le genre *Pergalumna* qui se nourrit des nématodes du genre *Tylenchorhynchus*, *Meloidogyne* et *Pratylenchus* [161].

CHAPITRE 2

ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES CULTURES MARAÎCHÈRES ET PRESENTATION DE LA REGION DE TIARET

Première Partie : Etat des connaissances sur les cultures maraîchères

Introduction

Les plantes cultivées en culture maraîchères sont appelés plantes maraîchères ou potagères appartenant à diverses familles botaniques. On peut les classer selon leurs parties comestibles à savoir [162] ;

- Les feuilles : La laitue (*Lactuca sativa* L. ; *Asteraceae*).
- Les racines tubérisées : la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L. ; *Solanaceae*), la carotte (*Daucus carota* L. subsp. *sativus* ; *Apiaceae*), le navet (*Brassica rapa* L. subsp. *rapa* ; *Brassicaceae*), La betterave, (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* ; *Amaranthaceae*)
- Les bulbes : l'oignon (*Allium cepa* L. ; *Liliaceae*), l'ail (*Allium sativum* L. ; *Liliaceae*), etc ;
- Les inflorescences : le chou-fleur (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L. ; *Brassicaceae*),
- Les jeunes pousses : l'asperge (*Asparagus officinalis* L. ; *Liliaceae*)
- Les fruits portés par des plantes herbacées : la tomate (*Solanum lycopersicum* L. ; *Solanaceae*), l'aubergine (*Solanum melongena* L. ; *Solanaceae*), le poivron (*Capsicum annuum* ; *Solanaceae*), le piment (*Capsicum annuum* L. ; *Solanaceae*), la pastèque (*Citrullus lanatus* L. ; *Cucurbitaceae*), le melon (*Cucumis melo* L. subsp. *melo* ; *Cucurbitaceae*), la courgette (*Cucurbita pepo* L. ; *Cucurbitaceae*)
- Les graines : la fève (*Vicia faba* L. ; *Fabaceae*), Haricot sec (*Phaseolus vulgaris* L. ; *Fabaceae*).

La culture maraîchère est pratiquée en plein champ pour la production de légumes de saison. Les mêmes produits peuvent être obtenus sous verre ou sous tunnels plastiques, soit pour avancer ou reculer la culture et récolter hors saison. Les cultures

maraichères sont des spéculations délicates et difficiles tant dans leur production que dans le cheminement des produits après la récolte [162].

Les difficultés de production sont notamment :

- La diversité des espèces qui entrent en ligne de compte,
- La nécessité d'interventions rapides et fréquentes telles l'irrigation, la lutte phytosanitaire, les récoltes qui peuvent s'étaler sur plusieurs semaines,
- La croissance rapide et le poids du produit peuvent entraîner des exportations massives d'éléments minéraux nécessitant la restitution de ceux-ci à plus ou moins brève échéance selon la fertilité du sol.

Les difficultés après récolte ne sont pas moindres car les légumes sont délicats, turgescents, fragiles aux chocs et de ce fait rapidement périssables. Ceci implique une manutention prudente déjà pendant la récolte et surtout après celle-ci, un écoulement rapide des champs vers les centres de conditionnement, de commercialisation, de stockage ou de transformation [162].

Conduite générale des cultures maraichères

2.1.1.1. Calendrier des semis et désherbage

Le calendrier de semis doit être établi selon le cycle et les exigences de l'espèce, et selon les besoins du marché. Il doit aussi tenir compte des conditions locales, de la date moyenne d'entrée au champ et de la date des gelées tardives et hâtives [163]. Toutefois, il est intéressant de viser un semis et une plantation aussi dense que possible [164]. En effet, une densité accrue permet de mieux couvrir le sol et de faire plus d'ombrage, ce qui limite le développement des plantes adventices [163].

Ainsi, le choix de l'espacement entre les rangs doit se faire en fonction du système de production et de la culture en prenant en compte si le travail est manuel ou mécanisé. A titre d'exemples, les espacements entre les rangs ou sur les rangs sont donnés pour quelques cultures maraichères [165] (tableau 2.1).

Tableau 2. 1: Espacement recommandés pour certains légumes [165].

	Cho u-fl.	Con .	Mel.	Har	Poi.	Ail	Oig	bet	Car	Cél	Nav. épin .	Rad.	Aub .	Pim.	Tom .	Lait.	Po m de ter.
Entre rang (cm)	75	120	150	75	15	20	35-	30	30	50	30	20	90	100	150	30	90
	90	180	180	90	20		45	40	85	75	50	30	120		180	40	
Sur rang (cm)	45	30	60	10	10	7-	10	5	5	30	5	5	45	45	50	25	20
	60		80			15		10		50	10		60		70	40	30

L'une des clés de la lutte contre les plantes adventices est surtout de connaître d'abord leur biologie, de les détruire alors qu'elles sont très jeunes avant la fin des semis et de la transplantation, ou en adoptant des moyens de prévention et des méthodes culturales appropriées. Il faut que la culture soit toujours en avance par rapport au stade des plantes adventices [163].

2.1.1.2. Amendements et fertilisation

Une bonne gestion des sols permet de limiter et de gérer la compaction en optimisant le PH, en augmentant le taux de matière organique par les apports, et en faisant un labour primaire adéquat [163].

Ainsi, pour offrir un bon potentiel productif, un sol en maraichage doit être en bon état, bien drainé, riche en matières organiques, en activité biologique et en éléments nutritifs. Les fumiers et les composts améliorent la structure, augmentent l'activité biologique et contribuent à maintenir l'humus du sol.

En révélant la richesse du sol en éléments nutritifs, en PH et en matière organique, les analyses de sol nous permettent de fertiliser de façon rationnelle [164, 166]. Le calcium, pouvant être lessivé, jumelé à un bon PH permet d'optimiser les cycles biologiques et d'améliorer la structure du sol, et le rendement et la qualité des sols [163].

Les besoins en éléments nutritifs diffèrent chez les légumes que ce soit en azote, en phosphore ou en potassium [167] (tableau 2.2).

De plus, une gestion adéquate de la fertilité ne peut se faire qu'avec une bonne rotation. Il est recommandé d'alterner les plantes exigeantes et peu ou moyennement

exigeantes (légumes racines, cucurbitacées et quelques légumes feuilles), avec des plantes exigeantes (crucifères, solanacées) placées en tête de rotation, d'alterner les cultures salissantes (carotte, oignon et pois) avec des cultures nettoyantes (pomme de terre, laitue) [164].

Selon WEILL et DUVAL [163], il est recommandé aussi d'alterner les légumes à enracinement superficiel (laitue, oignon, chou-fleur, céleri, épinard) avec des légumes à enracinement intermédiaire (pomme de terre, piment, aubergine, carotte, concombre, betterave) et profond (tomate, citrouille, melon) et d'intégrer les cultures dites régénératrices du sol comme les engrais verts.

Tableau 2. 2: Recommandations de fertilisation en azote des légumes et besoins en phosphore et en potassium [167]. (Une moyenne est faite pour chaque groupe de légume)

Analyse du sol (kg/ha)	Solan Chou	Cucurb. Laitue, Ail Oignon, épinard	Bett carotte radis	Légum	Légume	Besoin N (kg/ha)
Phosphore (P₂O₅)					Espèces Exigeantes	
0-50	240	185	160	140	Piment, aubergine, pom. de terre	140
50-100	215	160	140	120	Chou, tomate	135
100-150	190	140	110	105	Espèces Moyennement exigeantes	
150-200	165	120	95	90	Cucurbitacées	115
200-300	120	90	75	75	Ail, Oignon, betterave, radis	110
300-400	70	55	50	50	Epinard	120
+ 400	40	30	30	20	Espèces Peu exigeantes	
Potassium (K₂O)						
0-100	240	195	230	130	Carotte	80
100-200	200	165	190	110	Laitue	70
200-300	160	135	145	90	Haricot	45-60
300-400	120	100	100	70	Pois	20-35
400-500	85	70	75	55		
500-600	45	45	45	40		
+ 600	23	23	30	20		

2.1.1.3. L'irrigation

L'irrigation est une composante clé de la production des légumes, il s'agit d'un investissement qui permet de diminuer les risques liés aux aléas climatiques dans la production maraîchère. Les besoins en eau (tableau 2.3a) et la conception et la gestion d'un système d'irrigation varient selon le type de sol et le taux de la matière organique, ainsi que selon les cultures ; le stade de développement de la culture (tableau 2.3b) et le type d'enracinement des cultures (tableau 2.3c) [168, 169].

Tableau 2. 3: Gestion de l'irrigation en cultures maraîchères.

a) Besoins typiques en eau de certaines cultures [168]. Ces chiffres moyens doivent être nuancés selon les sols, le moment de la saison et les précipitations reçues		b) Périodes critiques pour l'irrigation de diverses cultures [169]		c) Classement des légumes en fonction de l'enracinement [169]
Culture	moyenne d'eau (mm/mois)	Culture	Période critique	Superficiel (moins de 30cm)
Céleri	200-250	Haricot, pois	Floraison, apparition des gousses	Céleri, radis, Fraise, laitue, Oignon, pomme de terre
Fraisier	100-120	Chou-fleur	Formation-grossissement de la pomme	Intermédiaire (30-60cm)
Piment	125-150	Concombre, courgette, melon	Floraison et fructification	Carotte, choufleur, Concombre, courgette, Haricot, piment, tomate
Oignon	75-100	Oignon	Formation et grossissement de bulbe	Profond (plus de 60cm)
Carotte	75-125	Pomme de terre	floraison	Asperge, citrouille, melon
Laitue	125-175	Aubergine, piment, tomate	Floraison et fructification	

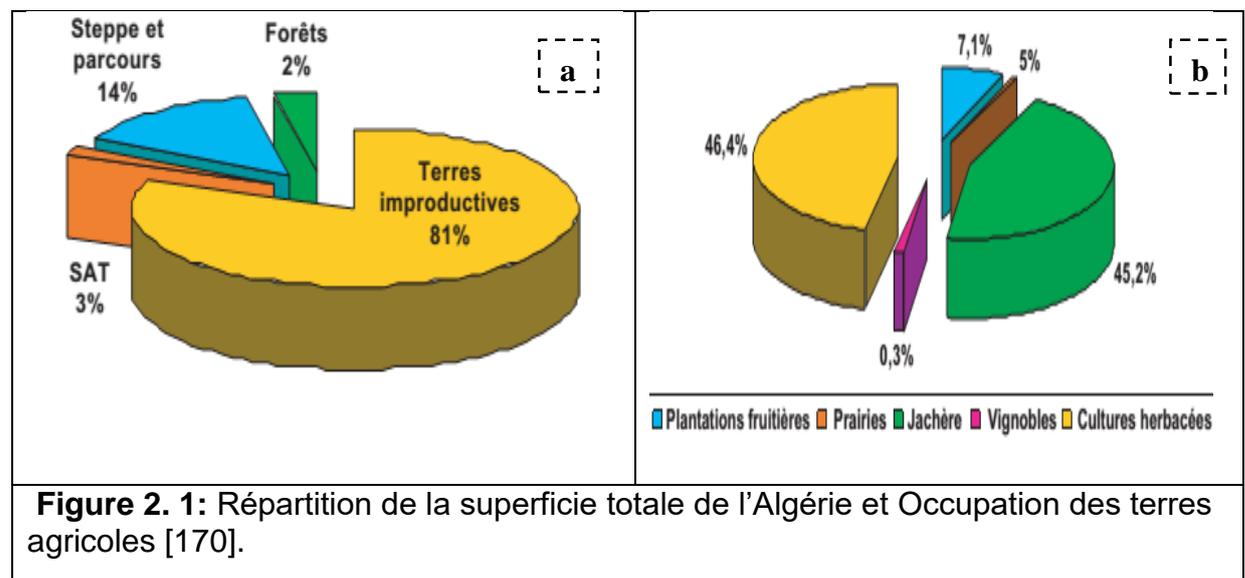
Les cultures maraîchères en Algérie

2.1.1.4. Répartition et occupation dans les zones agroécologiques de l'Algérie

L'Algérie, par sa position et l'immensité de son territoire, constitue un élément important de l'Afrique du Nord. Sa superficie totale est d'environ 238 millions d'hectares dont 8,4 millions d'hectares de superficie agricole totale (SAT) dont 1 million d'hectares environ de terres non productives (bâtiments, chemins, etc.), (figure 2.1a) [170].

La zone d'activité agricole, représente trois pour cent de la superficie totale de l'Algérie et comprend 4 millions ha de cultures herbacées, 3,4 millions ha de terres au repos (jachères), 823 165 ha de plantations fruitières, 82 743 ha de vignobles et 24 550 ha de prairies naturelles, (figure 2.1b) [170].

L'activité agricole est surtout dominante dans la zone nord du pays où les les cultures annuelles dont les grandes cultures (céréales, fourrages et légumineuses alimentaires, pomme de terre) sont particulièrement pratiquées.



Le Sahel et les zones littorales (région de Tipaza, d'Alger et de Jijel), grâce à des conditions climatiques très favorables (hiver généralement doux), sont occupés par les cultures maraîchères et plus particulièrement par la plasticulture. Le système de production est généralement intensif, l'assolement est triennal, quadriennal et parfois cuinquennal. L'utilisation des pesticides et des engrais est relativement importante pour les cultures menées sous serre [171].

Dans les plaines sublittorales (plaines d'Annaba et de la Mitidja), les cultures maraîchères, les cultures fourragères, les céréales et l'arboriculture fruitière se côtoient en fonction des disponibilités en eau, des besoins de la région et de l'adaptation des cultures pratiquées. L'assolement est généralement triennal, parfois biennal et rarement quadriennal. L'eau d'irrigation provient des barrages mais surtout des puits (nappes phréatiques). Cet important facteur de production conditionne l'intensification et le système de culture mis en place [171].

Les plaines intérieures, certains hauts plateaux et les hautes plaines céréalières ont des microclimats généralement contraignants (hiver froid à très froid, été chaud à très chaud et sec) où sont pratiquées les cultures maraîchères de plein champ (saison et arrière-saison). Là où l'eau est absente, l'assolement est généralement biennal (céréale-jachère), rarement triennal avec une rotation céréale-fourrage-jachère. Les cultures maraîchères de saison peuvent occuper une place relativement réduite [171].

En zone oasienne, le système de cultures maraîcher est basé sur les cultures en étage. Les surfaces sont réduites et l'eau et le sel (salinisation des sols) constituent les facteurs limitants de la production. Pour toute la zone saharienne, depuis les années 1980, deux éléments importants se sont développés et ont pris de l'ampleur : la plasticulture (particulièrement dans la région de Biskra) et l'irrigation sous pivot [171]. Les agriculteurs cultivent principalement des solanacées (poivron, tomate) sous serre pendant plusieurs années [171].

2.1.1.5. Principales cultures maraichères en Algérie

Les cultures maraichères occupent la troisième place, de point de vue superficie totale, après les céréales et l'arboriculture fruitière. Le tableau 2.4 résume les superficies des principales cultures maraichères pratiquées en Algérie avec leurs productions totales et rendements moyens respectifs, durant l'année 2009 à titre indicatif.

En général, la pomme de terre avec l'oignon, les melons et pastèques ainsi la tomate, les fèves vertes et les petits pois occupent les plus grandes superficies (tableau 2.4). En 2009, les rendements de la pomme de terre, de la tomate et du concombre sont importants en comparaison avec ceux des autres cultures maraichères.

Tableau 2. 4: Superficies et rendements des principales cultures maraichères en Algérie [170].

Espèces cultivées	Superficie (ha)	Production (Qx)	Rdt (Qx/ha)
Pommes de terre	105 121	26 360 570	250,8
Oignon	42 662	9 801 602	229,8
Tomate	20 789	6 410 343	308,4
Petit pois	28 724	1 029 707	35,8
Fève vertes	24 958	2 014 797	80,7
Melon, Pastèque	44 791	10 347 220	231,0
Carotte	16 337	2 712 185	166,0
Poivron	12 083	1 910 468	158,1
Ail	11 193	599 323	53,5
Courgette	11 949	1 898 868	158,9
Navet	8 187	1 129 590	138,0
Haricot vert	8 918	450 964	50,6
Piment	9 334	1 279 020	137,0
Chou-fleur	5 323	818 798	153,8
Aubergine	4 133	763 172	184,7
Concombre	4 080	1 017 860	249,5
Choux vert	3 085	467 880	151,7
Artichaut	2 724	395 354	145,1

2.1.1.6. Fertilisation des cultures maraichères en Algérie

L'Institut national de la vulgarisation agricole (INVA) et l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) recommandent des doses en fertilisants [170], qui sont largement suivies par les agriculteurs maraichers, sauf qu'il devrait être signalé la période des apports d'engrais et leur composition (tableau 2.5). Chez les petits agriculteurs, seul le fumier s'il est disponible au niveau de l'exploitation, est utilisé. La fertilisation en serres (tableau 2.5b) est généralement bien menée et les rendements sont assez intéressants compte tenu des investissements engagés [171].

Tableau 2. 5: Fertilisation des cultures maraichères en Algérie.

a) Recommandations de fertilisation pour quelques cultures maraichères irriguées en plein champ [172]

Culture	Type fumure Kg/ha	fumier	N	P₂O₅	K₂O
Pomme de terre saison	Fond	30 000	800		
	entretien		200		100
Pdt primeur	Fond	25 000	1200		
	entretien		200		200
Pdt de semence	Fond	30 000	800		
	Entretien		300		
Poivron	Fond	35 000		600	
	Couverture		200		200
Aubergine	Fond	40 000		400	
	entretien		200		
Carotte	Fond	20 000		500	
	Couverture		300		
Pastèque	Fond	30 000		400	
	Couverture		200		
Concombre		35 000		400	
Haricot		20 000		300	
Oignon				800	
Chou		30 000		300	
Laitue		40 000	300	200	400

b) Recommandations de fertilisation pour quelques cultures maraichères sous serre [172]

Culture	fumier	N+P₂O₅+K₂O
Concombre	40 000	800
Poivron	35 000	800
Courgette	30 000	450
Melon	50 000	1 000
Fraise	40 000	1 000
Tomate	40 000	800

Deuxième partie : Présentation de la région d'étude

Cette partie est consacrée à une description générale de la région de Tiaret ainsi que les aspects du milieu naturel qui compose le territoire de la wilaya du point de vue position géographique, relief et climatologie.

Introduction

La région de Tiaret est exposée à un climat semi-aride méditerranéen (pluies hivernales, sécheresse estivale). Ses pluies sont torrentielles et irrégulières aussi bien dans l'espace que dans le temps. Les averses orageuses de forte intensité sont particulièrement fréquentes en automne lorsque le couvert végétal est absent [173].

La région de Tiaret est soumise à une érosion intense, cause principale de l'envasement des ouvrages de stockage de l'eau dans la région. Ce sont le vent et le ruissellement qui sont les principaux agents d'érosion. L'érosion des sols se fait sous deux formes différentes. Autour de la région de Tiaret, les pentes sont relativement fortes, avec des sols imperméables, tandis qu'au niveau de la partie orientale de la région, les sols sont très perméables avec des pentes faibles. Le travail de la jachère nue une année entière facilite les deux types d'érosion car la couche superficielle ameublie est facilement emportée [174].

Situation géographique de la région d'étude

La wilaya de Tiaret est située à l'ouest du pays. Son territoire couvre une superficie d'environ 20110 km², et s'étend sur une partie de l'Atlas tellien (le massif de l'Ouarsenis) au nord et sur les hauts plateaux steppiques au centre et au sud. Toutefois, sur le plan administratif, elle est délimitée par Tissemsilt et Relizane au Nord ; par Laghouat et El Bayadh au Sud ; Mascara et Saïda à l'Ouest et par Djelfa à l'Est. Les coordonnées géographiques sont comme suit : longitude: $x_1= 0,487756001^\circ$ Est, $x_2= 2,671771000^\circ$, latitude: $y_1= 34,07297500^\circ$, $y_2= 35,71108600^\circ$ Nord et l'altitude par rapport au niveau de la mer ; 1031m [175] (figure 2.2).

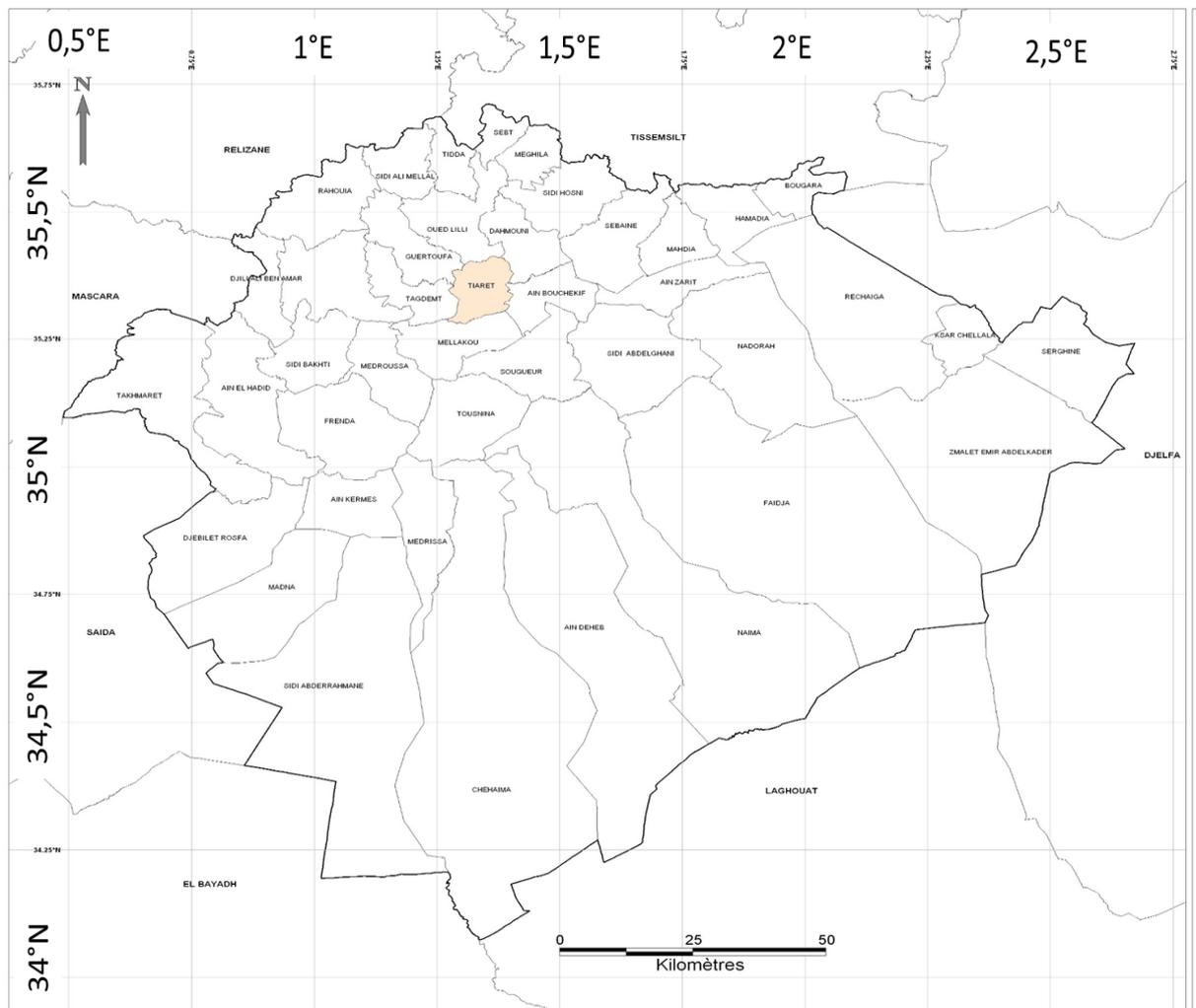


Figure 2. 2: Situation de la région d'étude (175).

Caractéristiques physiques de la région

2.2.1.1. Relief et hydrographie

La région de Tiaret est caractérisée par des reliefs variés et une altitude comprise entre 800-1200m. D'une manière globale, le relief est caractérisé par le versant méridional du chaînon de l'Atlas tellien (Ouarsenis) qui constitue sa limite septentrionale au sud-ouest par les monts de Frenda. Par ailleurs, les zones steppiques faisant partie des hautes plaines algéro-oranaises se dressent le massif du Nador relié au sud-est aux monts de Chellala, cet ensemble constitue les zones arides pré-atlasiques [174].

Le territoire de la wilaya de Tiaret est couvert d'un réseau hydrographique dense notamment dans sa partie nord constituée d'une zone montagneuse s'étendant du Djebel Nador jusqu'au versant sud de Frenda et comprenant d'importants massifs d'une altitude moyenne de 1000 mètres. Les principaux Oueds sont : Oued Touil, Oued Mina, Oued el Abed, Oued et Taht, Oued Rhiou, Oued Tiguiguest et Nahr Ouassel [176].

La longueur du réseau hydrographique de la wilaya s'élève à 1938km dont 889Km pour les oueds permanents et 1049Km pour les oueds intermittents [177].

2.2.1.2. Les sols

D'après MOUMENE [178], les sols calcimagnésiques carbonatés profonds à moyennement profonds sont les plus répandus dans le plateau du Sersou. L'abondance des matériaux calcaires justifie la grande extension de ces sols dans cette région. Les sols calcimagnésiques superficiels se prolongent dans la partie sud des collines de Tiaret, là où la lithologie est dominée par le calcaire conglomératique. Ces sols sont pauvres en matière organique, de texture généralement équilibrée à lourde argileuse à argilo-limoneuse (Ain El hadid, Frenda, Sougueur, Rechaiga).

Les vertisols calcaires profonds à moyennement profonds sont rencontrés sur les rebords Nord et Nord-ouest du plateau du Sersou et même le long de la vallée du Nahr Ouassel (Mellakou). Ces sols sont de couleurs brun-grisâtre très sombre et de texture, généralement argileux-limoneuse. Dans la partie nord-ouest de Tiaret (Mechra-sfa, Djillali Ben Amar et une partie de Tekhmaret), se trouvent les vertisols profonds constituant les terres à hautes potentialités agricoles. Ce sont des sols alluviaux avec une profondeur supérieure à 80cm, leur texture est souvent équilibrée à lourde riche en matière organique de couleur rouge sombre [176, 179]. On peut distinguer les vertisols et les sols calcimagnésiques.

- **Les Vertisols ou sols vertiques :**

Les sols vertiques sont des sols très argileux, constitués d'argiles gonflantes (montmorillonite). Ces mouvements vertiques incorporent la matière organique très profondément dans tout le profil du sol sans l'intervention d'une activité biologique. Généralement, en été, les sols vertiques sont très marqués en surface par d'importantes

fentes de retrait. Tandis qu'en hiver ou après une bonne pluie, le sol reste recouvert d'une couche d'eau de pluie que le sol a du mal à absorber et qui va surtout s'évaporer [179].

- **Les sols calcimagnésiques ou calcimorphes :**

Les sols calcimagnésiques ou sols calcimorphes riches en calcaire actif, proviennent de la dégradation des roches calcaires ou magnésiennes. Les sols où abonde le calcaire actif sont des sols agricoles difficiles. Ils sont très collants aussitôt qu'il pleut et bien trop secs pendant la période estivale. Si la matière organique est rapidement décomposée, l'humus formé est tout à fait indisponible [179]. Le calcaire actif a quatre effets principaux sur les sols.

- Il stimule fortement l'activité des lombrics, des bactéries et des autres composantes de la pédofaune ou de la pédoflore ;
- Il provoque un blocage précoce de l'humification avec la formation de mull carbonaté (l'humus est fortement lié à l'argile par un pont calcique) ;
- Le complexe argilo humique est très fortement floclé, ce qui donne aux sols une structure grumeleuse très caractéristique ;
- Le fer est retenu dans les horizons supérieurs qui apparaissent très colorés.

Parmi les sols calcimagnésiques on trouve les sols bruns calcaires et les sols bruns calciques, peu humifères. Ce sont des sols plus profonds et surtout beaucoup plus riches, initialement, en argile. Cette richesse en argile influe sur les processus de décarbonatation qui sont favorisés et entretenus parce qu'ils sont moins affectés par le calcaire actif, ne présentent pas tous les inconvénients cités et sont de très bonnes terres pour les céréales [179].

TOUMI [176] a réparti les aptitudes des terres de la région de Tiaret en 4 catégories : les terres hautement intensifiables situées dans la partie nord-ouest de la région, les terres moyennement intensifiables qui se trouvent sur le côté nord est, les terres moyennement à faiblement intensifiables situées plus à l'intérieur d'est en ouest et les terres à faible potentialité dans le sud de la région (figure 2.3).

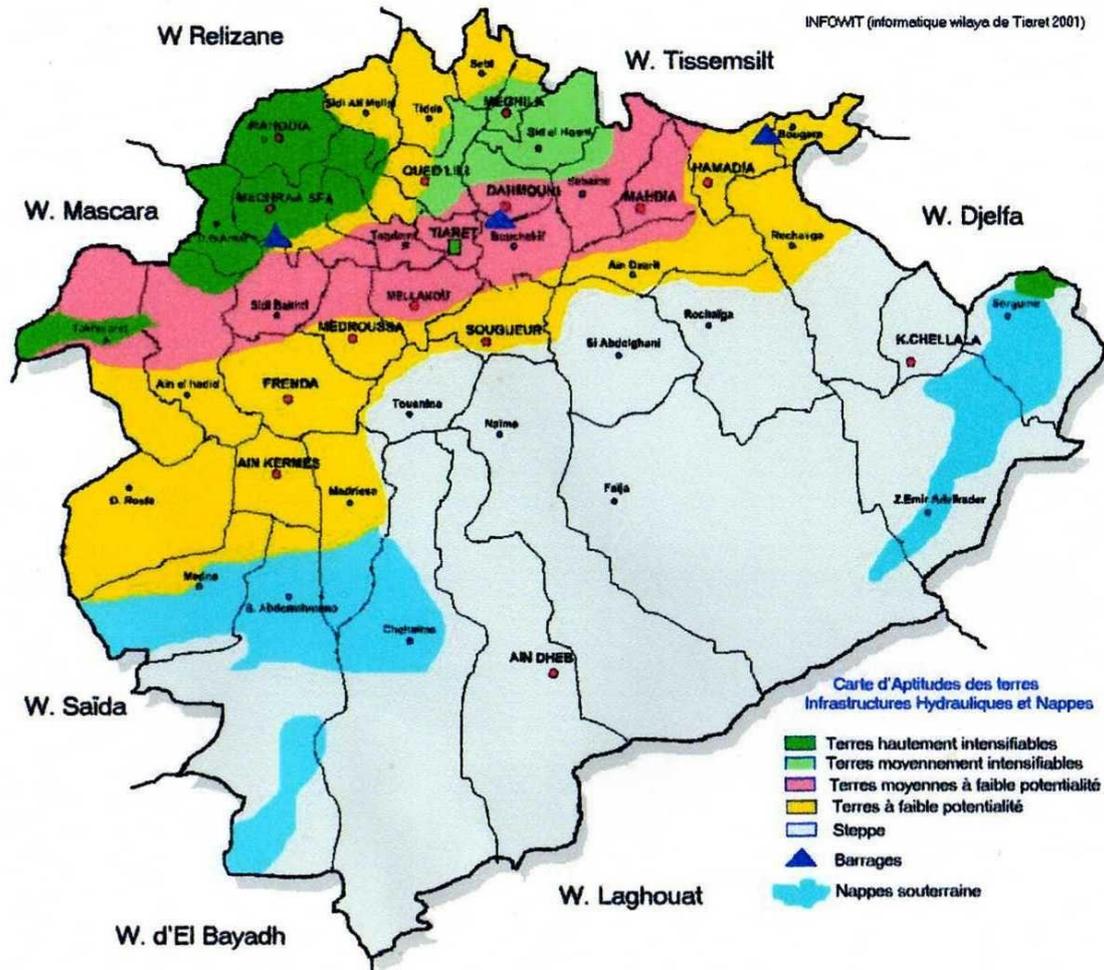


Figure 2. 3: Carte d'aptitudes des terres de la région de Tiaret [176].

Caractéristiques climatiques de la région

Les principales caractéristiques climatiques de la région sont liées à l'influence du relief, de l'altitude et de l'exposition. Le climat de la wilaya de Tiaret est, en général, caractérisé par un hiver rigoureux, accompagné souvent par des chutes de neige et un été chaud et sec. En hiver, la température moyenne enregistrée est de 7°C avec une pluviométrie moyenne de 136mm. En été, la température moyenne est de 24°C avec une pluviométrie moyenne de 35mm.

Avec une telle variation de pluviométrie, la ressource en eau représente un enjeu déterminant pour le développement de la région.

2.2.1.3. Pluviométrie

Les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région, par leur intensité, leur fréquence et leur irrégularité. Par ailleurs, la pluie est un facteur important en ce qui concerne l'érosion du sol. La quantité et l'intensité d'une pluie déterminent et influencent l'érosion linéaire et l'érosion en surface du sol. L'averse d'une intensité donnée agit comme source d'énergie pour la séparation des particules du sol et l'écoulement généré par la pluie comme moyen de leur transport [176].

La figure 2.4 montre les variations mensuelles par année (Figure 2.4a) et les variations annuelles des pluies (Figure 2.4b) sur une période de 10 ans (2005-2014) de la région de Tiaret [180].

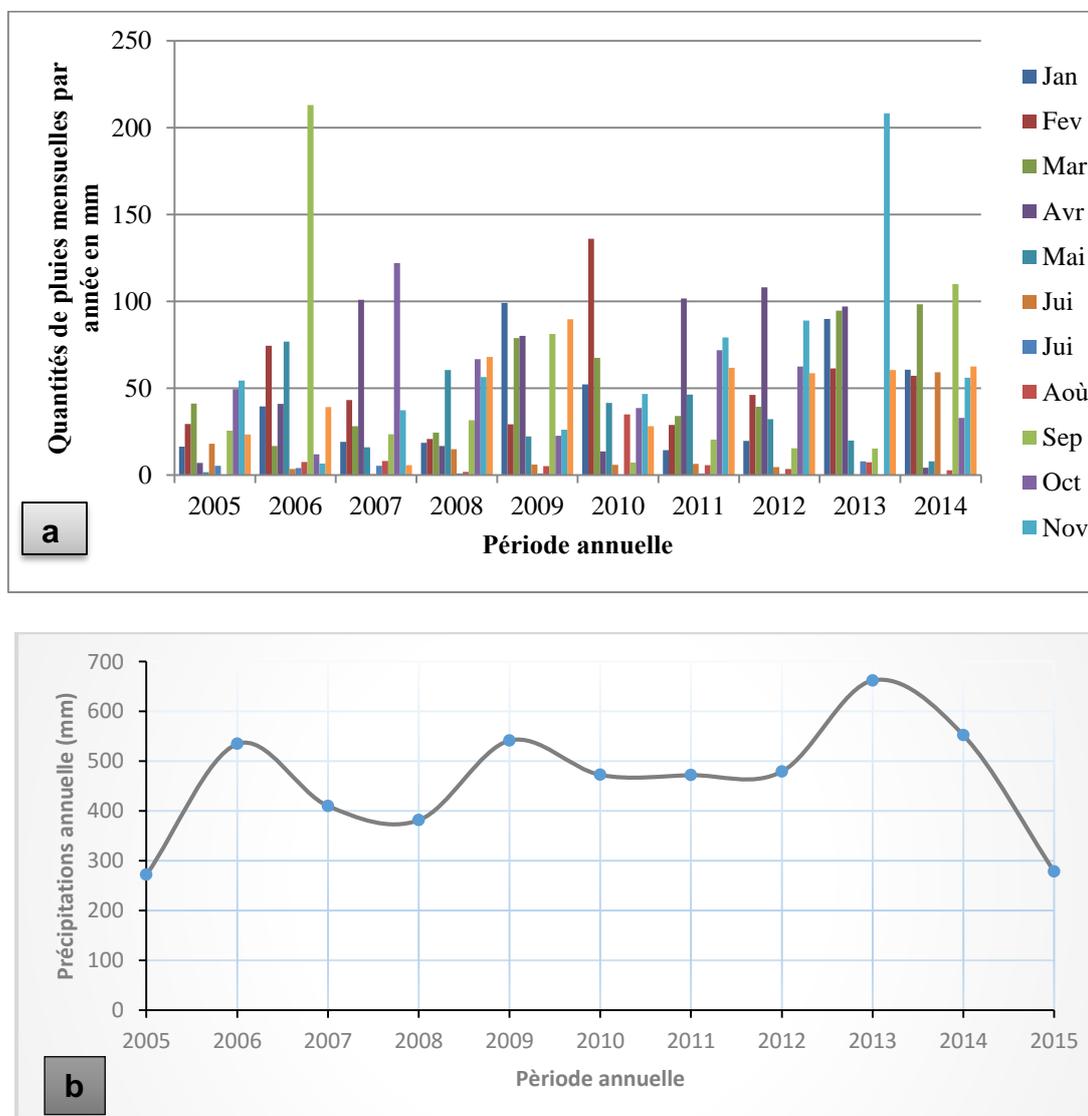


Figure 2. 4: Variations mensuelles et annuelles des quantités de pluies enregistrées dans la région de Tiaret durant la période de 2005 à 2014 [180].

D'après la figure 2.4 on remarque que l'année la plus pluvieuse est l'année 2013 avec une pluviométrie qui atteint les 662mm, par contre l'année la plus sèche correspond au 2005 avec une pluviométrie qui ne dépasse pas les 272mm. Tandis que, les mois les plus pluvieux de cette période sont Septembre 2006 et Novembre 2013 avec des valeurs de précipitations respectives de 213mm et 208,3mm.

2.2.1.4. Température

Avec la pluviométrie, la température de l'air est une caractéristique importante du climat. Les températures moyennes de la région subissent des variations régionales et saisonnières. Le contraste saisonnier est bien marqué entre l'hiver et l'été. Le régime des températures est fortement influencé par l'altitude. Celle-ci renforce les gelées en hiver mais aussi elle adoucit les températures en été. Les moyennes mensuelles de la température sont consignées dans le tableau 2.6.

Les températures moyennes les plus élevées sont de 28,7°C en juillet 2009 et de 28,4°C en août 2012. Les moyennes les plus basses sont enregistrées durant le mois de janvier et février 2006, avec 3,8 et 3,3°C respectivement (tableau 2.6).

Tableau 2. 6: Moyennes mensuelles des températures de la période 2005 à 2014 dans la région de Tiaret [180].

Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
2005	3,8	3,3	10,4	12,7	20,3	23	27,5	25,1	20,4	17,5	9,8	6,1
2006	4	5,3	9,9	15	19,4	24	27,4	25	21,2	18,7	12,3	6,9
2007	6,6	8,8	7,9	11,2	16,1	22	27	26,2	22,1	15	8,9	5,8
2008	5,6	8,5	9,2	13,4	16,1	22,2	27,6	27,1	21,5	15,3	7,8	5
2009	5,5	6	9,9	9,4	17,9	23,9	28,7	26,2	19,2	16,3	11,7	8,9
2010	7,3	8,8	10,2	12,9	14,7	20,4	27,5	20,4	21,4	16,5	10,4	8,7
2011	5,1	5,9	10,2	7,5	16,8	22,4	26,4	24,5	20	16,3	8,5	7,2
2012	4,9	2,4	9,5	5,3	17,9	23,5	26,5	28,4	25,2	18,1	11,4	9,6
2013	6,2	5,1	9,4	11,8	13,8	20,2	25,8	25,6	21,3	20,2	8,6	6,2
2014	7,2	8	8,5	14,4	17,9	22	25,2	26,9	23,2	17,6	12	6,1

Le climat de la région est, généralement, caractérisé par deux périodes principales. La première concerne le printemps et l'été durant lesquels les températures sont élevées et la seconde regroupe l'automne et l'hiver qui sont caractérisés par de basses températures.

Nous avons consigné dans le tableau 2.7 les valeurs des paramètres climatiques enregistrées en 2015, et nous avons remarqués que, durant l'année 2015, le mois le plus froid est Février avec une température moyenne de 5,1°C et le mois le plus chaud correspond au mois de Juillet avec une température moyenne de 27,6°C, et nous avons enregistré une pluviométrie annuelle de 278,5mm, et le mois le plus pluvieux c'est Février avec une précipitation de 81mm.

Tableau 2. 7: Températures moyennes mensuelles des maxima et des minima et pluviométrie mensuelles en 2015 [180] **M** : Moyenne mensuelle des températures maxima, **m** : Moyenne mensuelle des températures minima, **M+m/2** : Moyenne mensuelle des températures, **P** : pluviométrie mensuelle.

	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
TM °c	11,9	8,9	16,4	23,4	28,7	29,7	36,9	35	29,2	23,2	17,2	16,8
Tm °c	0	1,3	2,1	7,4	10,2	13	18,3	19,8	14,3	11,4	4,2	0,7
T °c	5,95	5,1	9,25	15,4	19,4	21,3	27,6	27,4	21,7	17,3	10,7	8,75
P mm	25,4	81	11,7	0,51	15,7	15,5	0	9,65	18	79,5	21,6	0

2.2.1.5. Vents dominants et sirocco

Le vent est l'un des facteurs les plus caractéristiques du climat, et la connaissance de sa force et de sa direction s'avère nécessaire, du fait qu'il accélère l'évaporation [181]. Comme partout dans les régions arides, les vents jouent un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols ainsi que dans les dégradations de la végétation et la destruction des sols. Leurs directions, leurs fréquences et leurs vitesses sont très variables au cours de l'année dans la région d'étude. Les vents les plus forts peuvent atteindre une vitesse de 25,6m/s. Cependant, en hiver les vents dominants sont ceux du secteur sud, du sud-ouest et de l'ouest. En été, ce sont d'abord les vents du nord qui soufflent, ensuite, ce sont ceux du nord-ouest, de l'ouest et du nord-est qui interviennent [180].

En ce qui concerne le sirocco, c'est durant la période sèche, qu'il cause plus de dégâts aux sols déjà déshydratés par l'effet de la chaleur estivale. Le sirocco peut souffler à n'importe quel moment de l'année sauf aux mois de Janvier et de décembre. Les maximums sont observés aux mois de Juillet avec 3.6 jours en moyenne et 2.8 jours au mois d'août [180].

2.2.1.6. Neige

L'utilité de la neige réside dans le fait qu'elle assure un rôle de régulation des écoulements superficiels et qu'elle alimente les nappes souterraines. Les chutes de neige sont assez fréquentes avec des épaisseurs inférieures à 15cm avec une moyenne de 5 jours de neige par an. C'est une ressource d'eau à ne pas négliger pour le sol et pour les végétaux. Durant l'année d'étude 2015, nous avons constaté 9 jours de neige [180].

2.2.1.7. Synthèse climatique

Le système d'EMBERGER, (1954) permet la classification des différents types de climats méditerranéens. Ceux-ci sont caractérisés par des saisons thermiques nettement tranchées et à pluviométrie concentrée sur la période froide de l'année. L'été est la saison sèche [182].

Pour la période annuelle considérée allant de 2006 à 2015, le calcul du quotient pluviothermique d'Emberger défini par la formule suivante : $Q = 2000 * P / (M-m)$ et modifié par STEWART [182] pour donner la nouvelle formule : $Q2=3,43*P / (M-m)$ a permis de la classer dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (**Q2 = 43,2**), (figure 2.5).

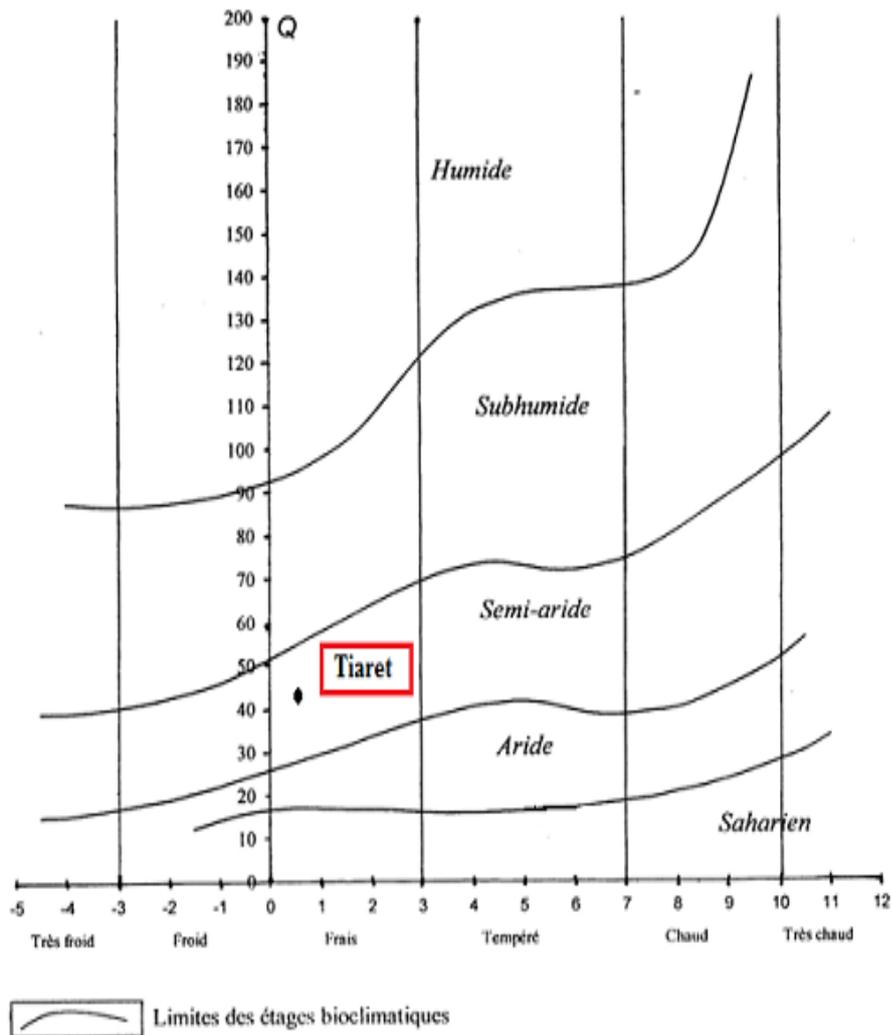


Figure 2. 5: Position de la région de Tiaret dans le climagramme d'Emberger

(**M** est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud et **m** celle des minima du mois le plus froid. La valeur **Q** est d'autant plus élevée que le climat est plus humide).

Le facteur de pluie de Lang a été modifié par DE MARTONNE en 1923, de manière à éviter d'avoir des valeurs négatives lorsque la température moyenne de l'air est inférieure à 0°C [183]. Cet indice (I_{dm}) permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (DE MARTONNE cité par DAJOZ [183]) :

$$I_{dm} = \frac{P}{T+10} = 17 \quad (T : \text{Température moyenne}, P : \text{Pluviométrie moyenne}).$$

La zone de Tiaret est comprise entre les isohyètes 500-600mm/an. Ce niveau de précipitations annuelles classe Tiaret dans l'étage bioclimatique subhumide. Or actuellement avec les changements climatiques notre région se retrouve dans l'étage bioclimatique semi-aride.

Concernant le Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN [183] (figure 2.6), établi sur la période allant de 2006 à 2015, la représentation sur un même graphique des températures et des précipitations moyennes mensuelles avec en abscisse les mois et $P = 2T$ [183], fait apparaître deux périodes, l'une sèche qui s'étale sur quatre mois, de la mi-mai jusqu'à la mi-septembre et l'autre humide et pluvieuse, qui s'étale de la mi-septembre jusqu'à mi de mai.

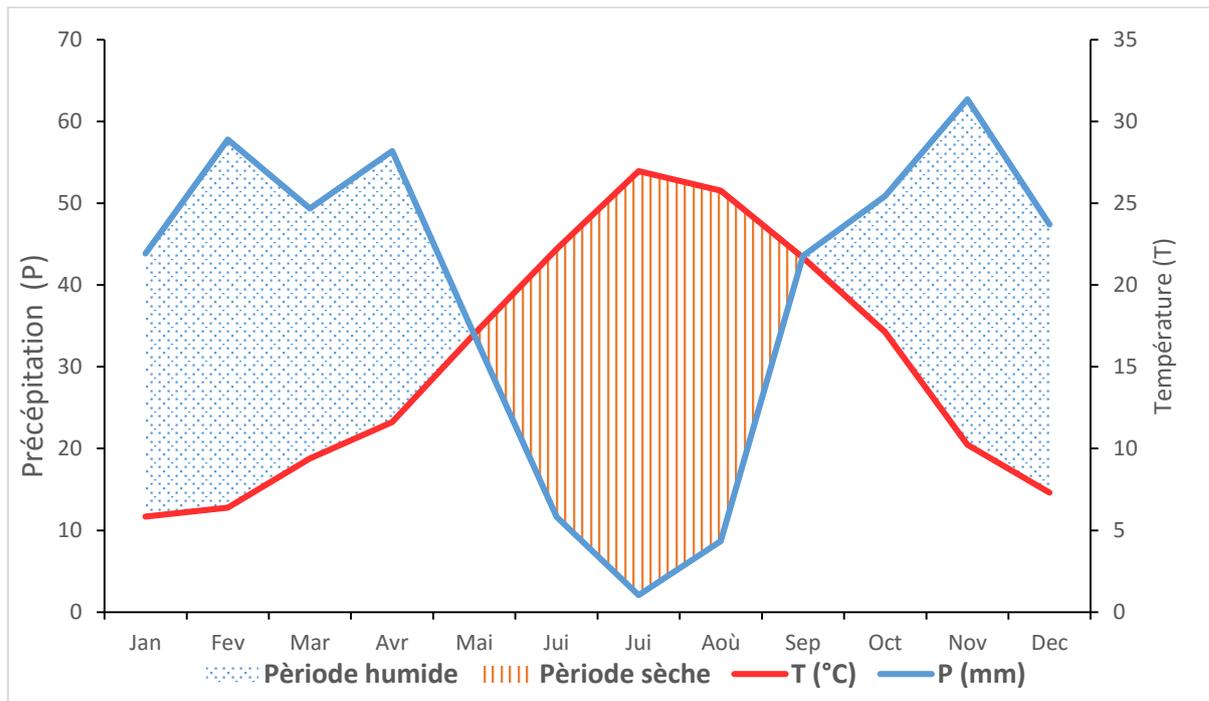


Figure 2. 6: Diagramme Ombrothermique de la région de Tiaret durant la période 2006 à 2015.

Couvert végétal naturel et cultivé de la région

2.2.1.8. Couvert végétal

Notre zone d'étude est constituée essentiellement d'une végétation à dominance résineuse. La conservation des forêts de la région de Tiaret mentionne les espèces dominantes suivantes [184].

- Le Pin d'Alep ; *Pinus halepensis* (Snouber en arabe), arbre forestier qui peut s'adapter à des terrains médiocres, c'est une essence spontanée en Algérie avec une régénération naturelle abondante.

- Le Chêne vert ; *Quercus ilex* (Bellout, kerrouche en arabe), arbre à croissance relativement lente, il ne présente aucune exigence particulière en matière de sol.
- Le Thuya de berberie ; *Tetraclines articulata* (Arar en arabe), c'est un résineux des régions chaudes à faible altitude.
- Le Genévrier rouge ; *Juniperus phonicea* (Taga en arabe), arbre de taille moyenne des régions sèches.
- L'Oléastre ; *Olea europea* synonyme d'olivier sauvage (Zeboudj en arabe), arbre centenaire (jusqu'à 300 ans) de 8 à 10m, se trouvant à une altitude de 0 à 1200m, souvent en buisson à feuillage persistant, enracinement très puissant, le tronc est souvent tortueux. C'est un arbre rustique qui craint le froid des zones arides à semi-aride à hiver frais et chaud. Il est indifférent pour les sols, mais préfère les terrains argileux, parfois ces arbres se trouvent en association avec le thuya.
- Le Cyprès vert ; *Cupressus sempervirens*, c'est une essence fugale de plaines et de montagnes, se trouve jusqu'à 800 à 1000 m d'altitude, cet arbre se contente de sols rocheux et fissurés, et se trouve dans la région sous forme dispersée.
- Le Pistachier Lentisque ; *Pistacia lentiscus* (Dherou en arabe), est très abondant partout, il peut former des touffes atteignant de très grandes dimensions : 10m de diamètres, son aptitude écologique est très large.
- Le Chêne kermès ; *Quercus coccifera* (Bellout El Hallouf), est souvent très abondant, formant des peuplements denses de type garrigue ou même maquis.
- L'Alfa ; *Stipa tenacissima* (Alfa en arabe) et le Diss ; *Ampelodesma mauritanica* (Diis en arabe). L'Alfa joue vis-à-vis du Diss un rôle de relais dans les zones les plus sèches. Il est rare de trouver ces deux graminées abondantes en mélange. Lorsque c'est le cas elles se partagent alors l'espace en fonction de la sécheresse édaphique (l'Alfa sur les pentes bien drainées et les Diss dans les bas-fonds argileux à meilleur pouvoir de rétention en eau.
- On peut noter la présence considérable de sous-bois formé principalement de *Phillyrea angustifolia*, *Calycotome spinosa*, de l'*Eucalyptus* et *Acacia cyanophilla*.

2.2.1.9. Occupation des terres agricoles de la région

La quasi-totalité du Sersou occidental et la partie Nord-Ouest du Sersou oriental sont intensément cultivées en céréales et légumes secs. D'immenses étendues de steppes à Armoise blanche, Alfa, Sparte, etc. plus ou moins dégradées par le surpâturage ou les labours caractérisent la majeure partie du Sersou oriental.

La région de Tiaret est dominée par le système « céréales-élevage », avec une superficie agricole totale de 1.984.106 ha (soit 56% de la superficie totale de la wilaya) répartis en 723.632ha de superficie agricole utile dont 886.384 ha de steppes et parcours, 219.890 ha d'alfa et 154.200 ha de forêts, 325.000ha sont cultivés annuellement en céréales, fourrages et légumes secs, 11470ha en cultures maraichères (figure 2.7) dont les 4/5 en pomme de terre et oignon. L'arboriculture fruitière occupe 23088ha, et les terres improductives 38.926ha.

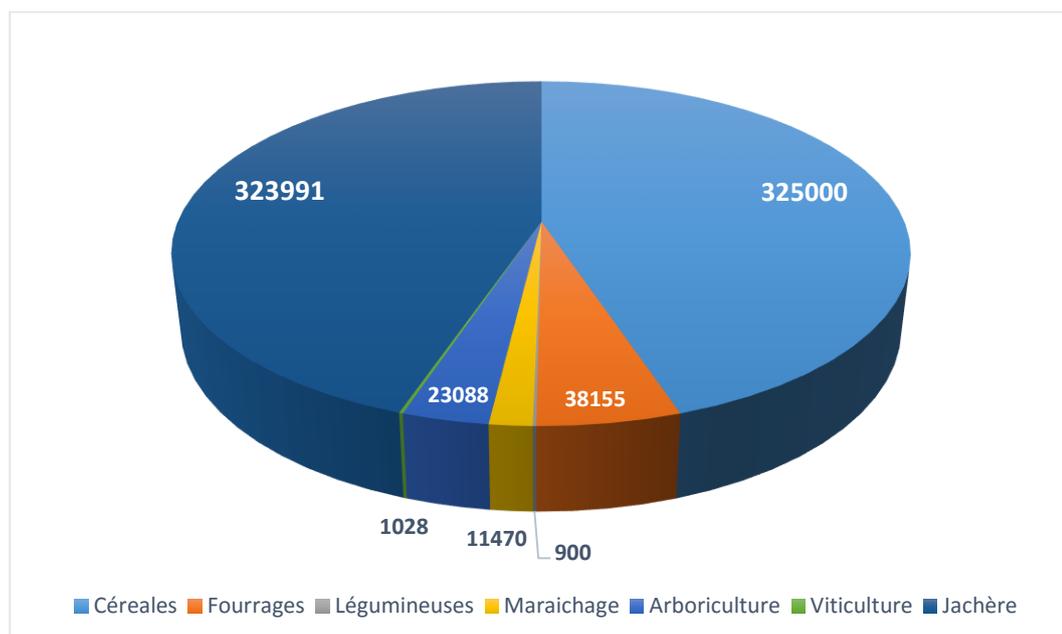


Figure 2. 7: Répartition de la SAU de la région d'étude [175].

2.2.1.10. Les cultures maraichères dans la région de Tiaret

Durant la campagne 2015 la superficie totale destinée au maraichage dans la wilaya de Tiaret a été de 11475ha dont les $\frac{3}{4}$ en pomme de terre et oignon. Le tableau 2.8 indique les principales cultures maraichères cultivées dans la région avec leurs superficie et production totale pendant l'année 2015.

Tableau 2. 8: Principales cultures maraichères pratiquées dans la wilaya de Tiaret en 2015 [175].

Culture	Superficie (ha)	Production (Qx)	Culture	Superficie (ha)	Production (Qx)
Pomme de terre	5075	1451643	Melon-Pastèque	336	94080
Oignon	2950	1597000	Aubergine	130	26000
Courgette	380	93100	concombre	125	35000
Tomate	300	84000	Haricot vert	98	13230
Poivron	257	38550	Ail	50	1810
Carotte	190	47500	Piment	41	4100
Navet	140	35000	Fève verte	200	17800
Petit pois	250	22500	Autres	953	156870

En 2015, les cultures de pomme de terre et d'oignon occupent les plus grandes superficies (5075 et 2950 ha respectivement) devant la courgette, les melons pastèques, la tomate, les poivrons et les petits pois avec les fèves (respectivement de 380, 336, 300, 257 et 250ha de superficies) (tableau.2.8). Les piments, ail et haricot vert sont beaucoup moins cultivés dans la région. Les productions les plus élevées en 2015 concernent l'oignon suivi par la pomme de terre (1 597 000 qx et 1.451 643 qx) viennent ensuite les melons pastèques, la courgette et la tomate dont les productions fluctuent entre 84000 et 94000 quintaux.

CHAPITRE 3

MATERIELS ET METHODOLOGIES DE L'ETUDE

3.1 Objectif de cette étude

Notre travail présente trois aspects ;

- Il cherche à évaluer qualitativement et quantitativement la nématofaune et l'acarofaune du sol à travers quelques stations maraichères représentatives de la région de Tiaret.
- Il consiste en une étude systématique des différentes espèces recueillies.
- Il renferme une analyse bioécologique de cette pédofaune.

Les prospections durant l'année 2015 ont été divisées au niveau de deux systèmes (modes) de cultures :

- Le système intensif dans les stations de Tekhmaret, Machraa Sfa, Rechaiga et Djillali Benamar ; caractérisé par l'intensivité des pratiques culturales, c'est-à-dire l'application intensive des produits phytosanitaires et des fertilisants, ainsi que les superficies de ces parcelles qui varient entre 2ha et 6ha.
- Le système extensif adopté dans les stations de Frenda, Mellakou, Ain elHadid et Sougueur ; caractérisé par des petites surfaces qui ne dépassent pas les 2ha, avec l'absence de la fertilisation minérale et des produits phytosanitaires, à l'exception du compost organique.

3.2 Présentation des sites d'échantillonnage

Les prélèvements des échantillons du sol ont été réalisés dans 22 parcelles maraichères réparties dans 8 communes (stations) de la wilaya de Tiaret (figure 3.1).

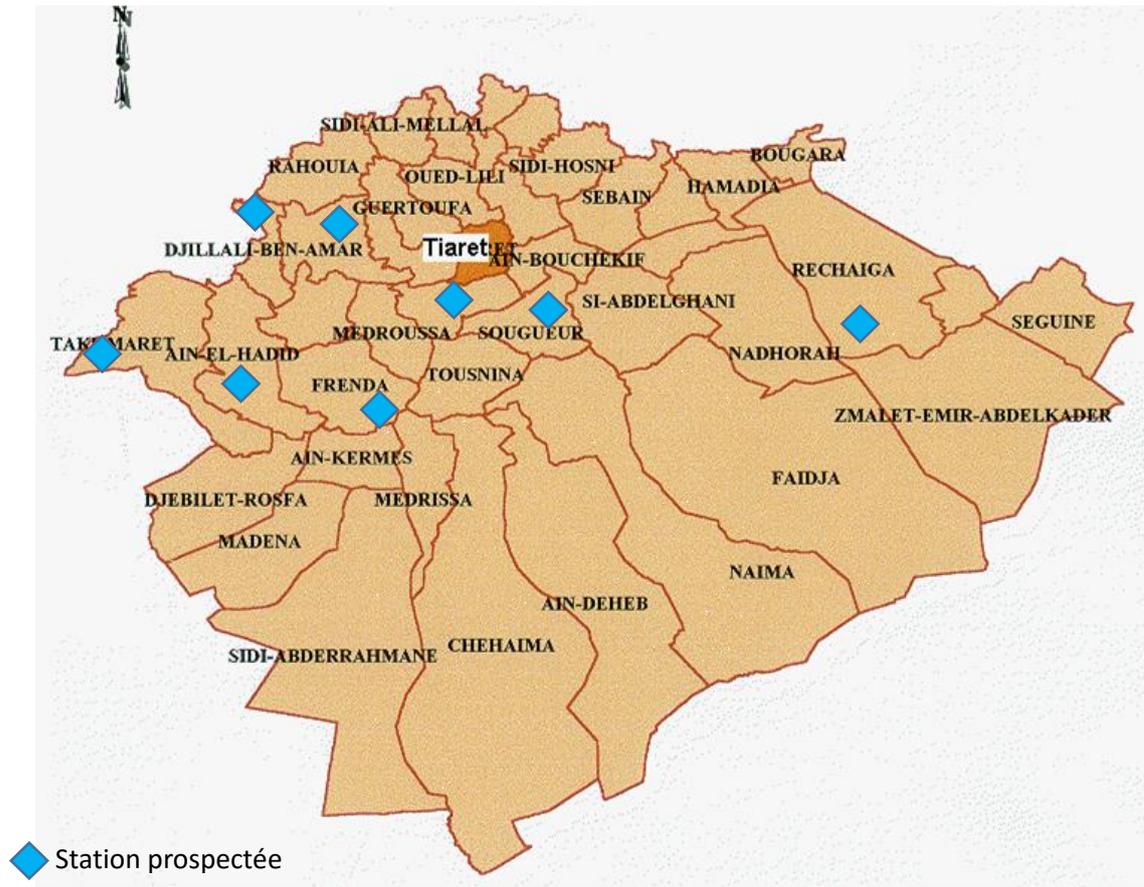


Figure 3. 1: les communes étudiées dans la région de Tiaret.

Chaque station (commune) est caractérisée par un type de sol bien défini. Le tableau 3.1 montre les résultats des analyses physico-chimiques du sol des différentes stations prospectées.

Les analyses ont été réalisées au laboratoire de pédologie de l'école nationale supérieure d'agronomie d'EL Harrach.

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 calcaire (CaCO_3), le pH et la conductivité électrique.

D'après HENIN [185], on peut déterminer la texture des sols suivant le diagramme de texture et on peut adopter une autre attitude visant à classer ces sols d'après leur teneur en calcaire totale :

- CaCo₃ totale inférieure à 5% correspond à un sol normal
- 5% < CaCo₃ totale < 20% correspond à un sol moyennement calcaire en ajoutant le suffixe calcaire à la texture,
- Une teneur de plus de 20% correspond à un sol « calcaro ».

Tableau 3. 1: les caractéristiques physico-chimique du sol [177].

	Physique (teneurs exprimées en%)						Chimique			
	A	Lf	Lg	Sf	Sg	pH	MO (%)	CaCo ₃ ttl %	CaCo ₃ act %	CE Mmhos
Frenda	29,2	25,7	12	26	4,5	7,6	11	17,47	12,7	0,4
Mellakou	30	11	7,3	50	1,1	7,5	7,2	28,16	17,3	0,4
Ain ElHadid	14	30	16	29	9	7,9	8,3	14,78	10,33	0,5
Sougueur	26,1	16,8	6,1	46	5	8	6,9	16,5	5	0,4
Tekhmaret	39	35	11	7	3	7,8	12	14	11	0,5
Machraa sfa	42	10	7	29	7	7,5	12	3,5	-	0,5
Rechaiga	31	28	19	16	3	8,1	13	11,34	5,37	0,9
Djellali										
Benamar	29	32	15	19	2	8,1	10	10,8	5,9	0,8

De même pour la teneur en matière organique : une teneur de MO comprise entre 4-10% correspond à un sol « humifère », et entre 10-20% c'est un sol « humo ».

Selon ces désignations, les sols prospectés ont la classification suivante :

Les stations de Frenda et de Djellali Benamar sont caractérisées par un sol Humo limono-argileux calcaire.

Les stations de Rechaiga et de Tekhmaret se caractérisent par des sols Humo argile limoneuse calcaire.

La station de Mellakou et de Sougueur avec un sol Calcaro argilo-sableux humifère.

La station d'Ain elHadid on trouve un sol Limoneux calcaire humifère.

Dans la station de Machraa Sfa est de type Humo argile sableuse.

3.3 Méthodologie d'étude pour la caractérisation de la nématofaune et de l'acarofaune

3.3.1 Prélèvement des échantillons du sol

Les schémas d'échantillonnage peuvent être aléatoires ou systématiques. L'échantillonnage aléatoire ne prend pas en compte la nature agrégée de la distribution que ce soit des microarthropodes ou des nématodes du sol et n'est seulement représentatif que pour de petites surfaces. L'échantillonnage systématique est une voie plus structurée dans la collecte des échantillons qui prend en compte le champ dans sa globalité et la distribution agrégée de la pédofaune du sol [85, 186]. D'une manière idéale, les échantillons devraient être préférentiellement collectés au milieu de la période de croissance ou à la récolte [186].

Dans ce travail, nous avons procédé à la méthode de prélèvement en diagonale, où nous avons pris 10 sous-échantillons élémentaires de 250g selon la diagonale de chaque parcelle et on les a rassemblé ensuite pour former un échantillon composite de 2,5kg. Les prélèvements élémentaires ont été pris à une profondeur approximative de 15 à 40cm autour de la rhizosphère, à l'aide d'une truelle à main, une pelle-bêche ou si c'est possible d'une tarière de pédologue cylindrique de 30cm en longueur et 20mm en diamètre. Ensuite, nous avons pris soin d'ensacher, de référencier et de refermer hermétiquement le sachet contenant l'échantillon.

Après échantillonnage, les échantillons sont emballés dans des boîtes en carton solide et placés au frais à l'ombre et acheminés rapidement au laboratoire.

3.3.2 Extraction des nématodes du sol

3.3.2.1 Choix de la méthode d'extraction

Le choix de la méthode d'extraction des nématodes du sol dépend des conditions techniques et matérielles disponibles, du type d'échantillon et des espèces de nématodes présents. Quelques méthodes d'extraction sont plus adaptées à certaines espèces de nématodes tandis que d'autres sont plus générales. Pour ce travail, nous avons choisi la technique par les seaux de BAERMANN, modifiée, dite méthode de flottaison et sédimentation, qui est la plus utile dans les conditions les plus rudimentaires [187] (figure 3.2). Cette méthode donne une estimation fiable des

nématodes mobiles de différentes tailles présents dans le sol tout en étant facilement répétable.

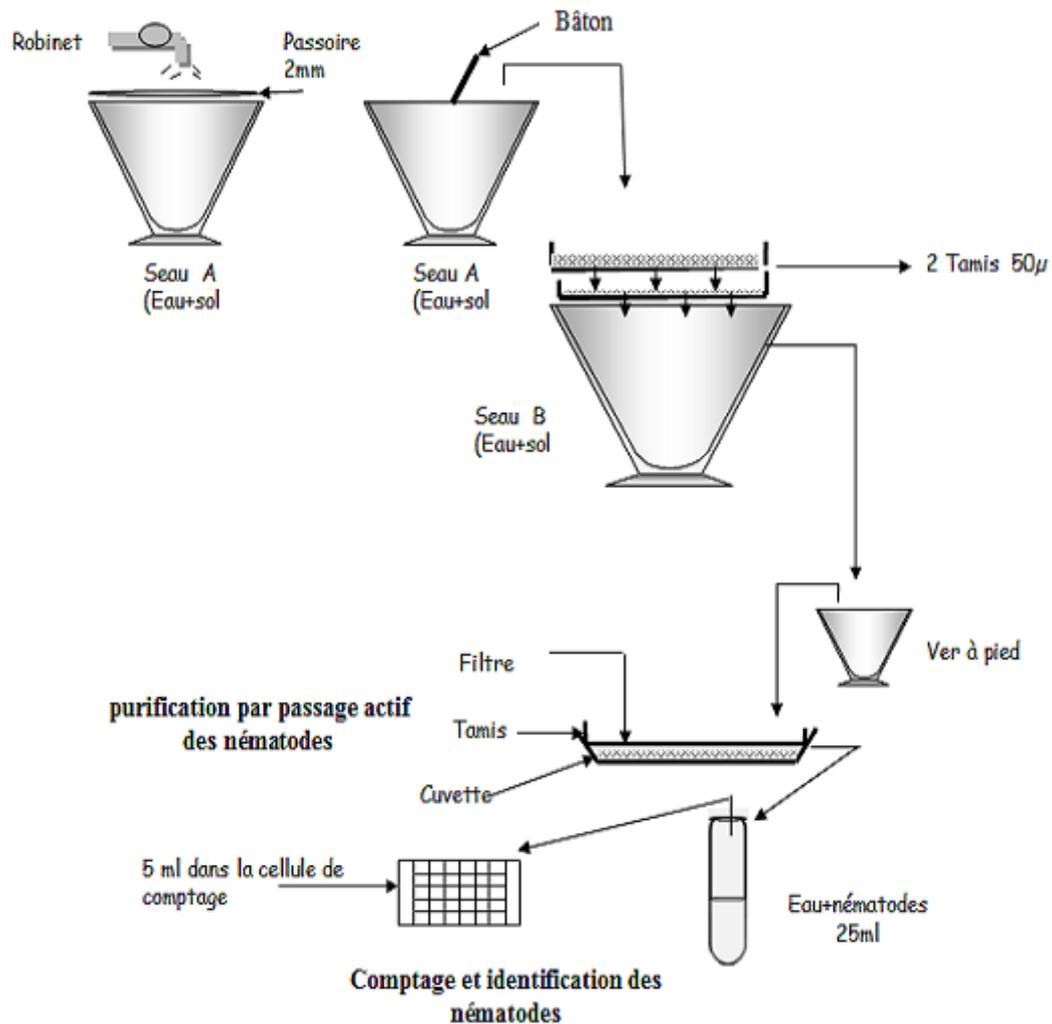


Figure 3. 2: Extraction et purification des nématodes [19].

3.3.2.2 Equipements utilisés et procédé d'extraction

Les sols secs doivent être, préalablement, bien mélangés et passés à travers un tamis à grosses mailles de 2mm dans un conteneur adapté. A partir de l'échantillon de sol, on prélève 250ml à l'aide d'un bécher et on le place dans un seau rempli de 6 litres d'eau. Puis on mélange, à l'aide d'un bâton 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 on verse délicatement les 3/4 de la partie supérieure de l'eau du seau à travers deux tamis superposés de 50 µ qui vont retenir les nématodes.

Ensuite, on rince le contenu des tamis de 50 μ m à l'intérieur d'un récipient étiqueté en s'assurant que les tamis soient correctement nettoyés par un jet d'eau. La procédure est répétée 3 à 4 fois pour récupérer le maximum de nématodes.

3.3.2.3 Purification des nématodes par passage actif

Nous procédons 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 [187]. Il est impossible d'observer les nématodes à ce stade. Pour cela on place des filtres Kleenex humidifiés sur des tamis en plastiques au-dessus d'assiettes en plastique en s'assurant que la base du tamis soit entièrement recouverte par le filtre (figure 3.3).

Il est très important que la base du tamis soit légèrement surélevée (~2 mm) par rapport au fond de l'assiette utilisée, grâce par exemple à trois ou quatre petits 'pierres' mis à la base des tamis. Si cela n'est pas fait, les nématodes ne peuvent pas migrer facilement dans l'eau.

Nous versons ensuite le contenu du récipient étiqueté sur le papier-filtre et le tamis et on laisse le dispositif de préférence à l'obscurité pendant 3 jours (Figure 3.3). Après, on récupère le contenu des assiettes dans des tubes à essai, et on les laisse se décanter pendant 1 heure. A la fin, on réduit le volume jusqu'à 25ml en versant délicatement l'excès d'eau.



Figure 3. 3: Procédé de purification des nématodes (Original).

3.3.2.4 Dénombrement et identification des taxons

Après homogénéisation des tubes, nous prélevons 5ml de solution qu'on dépose dans la cellule de comptage pour le dénombrement des taxons sous une loupe binoculaire. L'identification morphologique a été basée sur l'observation de certains caractères phénologiques discriminants comme 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 et la position de la vulve. Les différents taxons de nématodes ont été identifiés au niveau générique en adoptant différentes clés [188, 189, 190, 191]. La classification des groupes trophiques a été établie selon YEATES et *al.* [49].

3.3.3 Extraction des acariens du sol

On compte parmi les techniques d'extraction des acariens le triage à la main ; les méthodes sélectives qui se basent essentiellement sur le tactisme des animaux et les méthodes mécaniques dans lesquelles le rôle des animaux est passif.

La première technique est très difficile car elle nécessite plus de temps et d'attention, la seconde technique est utilisée dans le cas des sols plus ou moins humides alors que la 3^{ème} technique est beaucoup plus adaptée au sol sablonneux [192].

3.3.3.1 Choix de la méthode d'extraction

Pour la réalisation du présent travail, nous avons opté pour la méthode d'extraction par l'appareil de BERLESE (figure 3.4) dont le principe repose sur le phototactisme négatif des acariens [192]. C'est une méthode dynamique ou sélective qui utilise le tactisme des individus. Les acariens quittent l'échantillon en réponse à un stimulus thermodynamique.



Figure 3. 4: Extraction des acariens par l'appareil de Bèrlèse.

Les échantillons, après avoir été homogénéisés, sont placés sur des grilles dont les mailles sont supérieures à 2 mm afin de capturer aussi bien les petits que les grands Oribates. Ces grilles sont placées sur des entonnoirs dont la partie distale débouche dans un bûcher contenant de l'alcool à 70 %. Les entonnoirs, qui sont soutenus par des supports, sont en verre ou en matière plastique dont les surfaces doivent être bien lisses. Une source lumineuse, placée à 15-20 cm au-dessus, va provoquer un dess chement progressif du sol ce qui entraîne une fuite graduelle des acariens, lesquels pour éviter le gradient thermique, vont tomber dans les b chers.

3.3.3.2 Montage et identification des acariens

Le premier travail d'abord, après l'extraction, a pour but la séparation des différents groupes d'acariens en utilisant une loupe binoculaire. C'est une opération très longue et fastidieuse, car elle réclame beaucoup de temps et d'attention comme l'a signalé TRAVE [47].

Le montage consiste à la dernière étape. Les acariens sont placés entre lame et lamelle dans le liquide de Faure. Il est souhaitable d'utiliser des lames creuses pour obtenir de meilleures préparations, pour éviter l'écrasement des acariens et pour pouvoir manipuler avec plus de facilité. L'identification des acariens est réalisée selon

les clés de détermination d'ATHIAS [193], de KRANTZ [124] et de TRAVE [47]. Ces clés restent toutefois insuffisantes, puisqu'elles nous permettent d'arriver uniquement au rang des familles. La détermination est raffinée au rang du genre grâce à l'assistance de Mr GHEZALI de l'ENSA.

3.4 Méthodes de traitement des données

Les données recueillies sur les populations nématofauniques et acarofauniques recensées sont analysées grâce à différents indices écologiques de composition et de structure et par des méthodes statistiques.

3.4.1 Indices écologiques de composition, de structure et de distribution

3.4.1.1 Richesse totale (S)

C'est le nombre total des espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Ce paramètre s'applique dans le cadre du présent travail aux nombres d'espèces d'Acariens ou de nématodes [194].

3.4.1.2 Densité appliquée à la nématofaune et à l'acarofaune

Elle s'exprime au nombre d'individus rapporté à l'unité de surface ou de volume [29, 194]. Les nématodes dans chaque échantillon, ont été comptés en nombre d'individus de chaque taxon par dm³ (N/dm³) [195]. Le nombre des individus de chaque espèce ou de l'ensemble des espèces d'Acariens présents a été comptabilisé sur un mètre carré [25].

3.4.1.3 Fréquences centésimales (AR)

La fréquence centésimale est exprimée par le rapport entre le nombre des individus d'une espèce ou d'une catégorie, d'une classe ou d'un ordre (n_i) sur le nombre total des individus de toutes les espèces confondues (N) [194] : $AR\% = n_i/N * 100$.

3.4.1.4 Indices écologiques de structure et appliqués aux nématodes

L'indice de Shannon-Weaver est considéré comme le meilleur moyen pour traduire la diversité des taxons identifiés au niveau de chaque station [196]. Il est donné par la formule suivante : $H' = -\sum (ni/N) \log_2 (ni/N)$ avec ni : nombre d'individus de l'espèce i , N : nombre total des individus.

L'un des paramètres potentiels 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 [111].

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 colonisateurs, 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 sensibles à divers stress [197, 198].

L'indice de Maturité utilisé dans notre étude est celui appliqué aux nématodes phytophages [13] qui se calcule par l'expression : $IM = \sum vi*(ni/N)$, (vi) sont les valeurs des indices c-p rangées entre 1 à 5 pour chaque taxon "i".

L'indice de Wasilewska (**WI**) a été utilisé. Cet indice a été proposé par WASILEWSKA [199] et 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 bactériovores, **NP** : nématodes phytophages

3.4.1.5 Amplitude d'habitat et Barycentre

On a évalué la répartition spatiale des espèces par le calcul de l'amplitude d'habitat (AH) et le barycentre (g) de chaque espèce [200].

Le barycentre d'une espèce ou préférendum écologique mesure le centre de gravité (poids écologique d'une espèce dans un gradient d'un descripteur) de la distribution de ses individus et précise la place des espèces le long des niches écologiques. Il s'exprime par la formule suivante :

- **G (barycentre) = $x_1 + 2 x_2 + 3 x_3 + \dots + n \cdot x_n / \sum_{i=1}^n x_i$** , où; x_i : représente l'abondance ou la densité de l'espèce dans chaque classe de gradient (dans cette étude : la culture pratiquée).

L'amplitude d'habitat mesure l'hétérogénéité de la distribution d'une espèce et traduit la largeur de sa niche spatiale. Elle traduit la plasticité écologique de l'espèce. Ces paramètres sont définis comme suit pour une succession de n milieux :

AH = $e^{H'}$, **e** : base des logarithmes népériens, où H' est la diversité de SHANNON calculée avec des logarithmes népériens.

Les deux paramètres peuvent varier de 1 à n (pour n milieux étudiés). AH vaut 1 quand l'espèce est présente que dans un milieu et n quand l'espèce est répandue de manière égale dans les (n) milieux [200].

3.4.1.6 Diagramme des fréquences-abondances

La 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%. L'abondance correspond au logarithme décimal $\log(N+1)$, où N est la moyenne des effectifs des taxons dans les échantillons où ils ont été trouvés. Le seuil d'abondance est de $200N/L$ de sol ; ($\log(200) = 2,3N/L$) [201]. Chez les nématodes, le diagramme fréquence-abondance permet de définir des communautés de nématodes selon qu'il s'agit de nématodes peu fréquents et abondants, nématodes fréquents et abondants, nématodes peu fréquents et peu abondants ou de nématodes fréquents et peu abondants (figure 3.5).

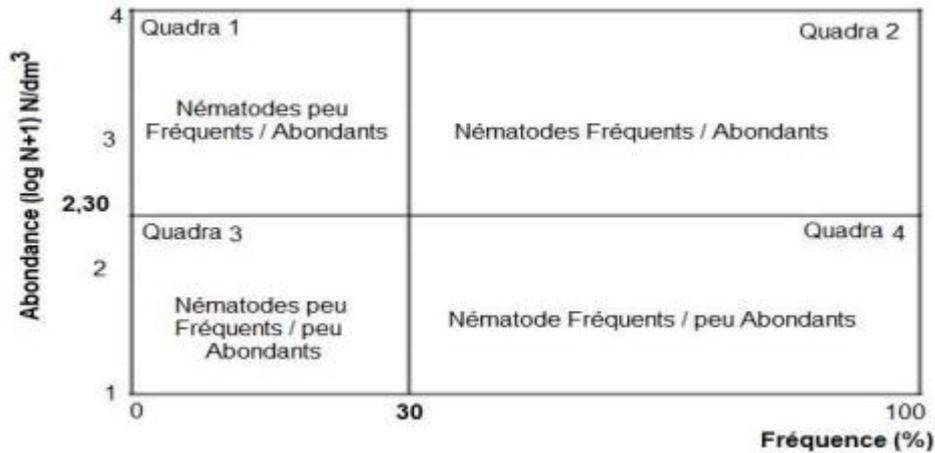


Figure 3. 5: Diagramme de fréquence et d'abondance des nématodes [201].

3.4.2 Exploitation statistique

3.4.2.1 Analyses de variances (Systat 12.0)

Dans les conditions paramétriques, les moyennes des différentes variables à analyser ont été comparées à l'aide d'une ANOVA (ANalysis Of VAriance) en prenant en compte plusieurs facteurs, pour voir si elles varient significativement selon les conditions étudiées. Il est arrivé que toutes les interactions entre facteurs n'ont pas été pertinentes à tester : nous avons utilisé dans ce cas le modèle linéaire global (GLM). En conditions non paramétriques, nous avons utilisé le test de Kruskal-Wallis.

3.4.2.2 Corrélations (Past. 1.81)

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.

Dans le présent travail, l'analyse a concerné la relation entre les caractéristiques physico-chimiques du sol et la nématofaune d'une part et l'acarofaune du sol d'autre part.

3.4.2.3 Analyses multivariées (ACP/AFC)

Le principe de ces analyses 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 les 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 [202].

3.4.2.4 Similarité des groupes

Nous avons testé les similarités globales entre les taxons des nématodes au niveau des différentes cultures pratiquées par une ANOSIM (ANalysis Of SIMilarity), un test non paramétrique de différence significative basée sur une mesure de distance [203]. L'indice de Bray-Curtis a été ici choisi comme mesure de similarité et valeurs de p ont été déduites de 10000 permutations.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 Evaluation globale de la diversité et de la structure des nématodes dans les sols maraichers de la région de Tiaret

4.1.1 Composition taxonomique du peuplement des nématodes

Les analyses nématologiques des échantillons prélevés dans les sols maraichers révèlent la présence de (20) espèces de nématodes. Selon la classification de DE LEY et BLAXTER [83], SIDDIQI [88], les espèces de nématodes répertoriés appartiennent à 2 ordres (*Rhabditida* et *Dorylaimida*) et à 10 familles (tableau 4.1).

Tableau 4. 1: Inventaire global de la nématofaune sols maraichers de la région de Tiaret (les numéros correspondent aux 8 groupes trophiques mentionnés par YEATES et al., [49] (2): fongivores; (1): phytophages; (a): sédentaire; (b): endoparasite migrateur ; (c): semi endoparasite; (d): ectoparasite; (e): poils absorbant et cellule épidermique. (5) : prédateurs ; (8) : omnivores. c-p: Indice de colonisateur- persistant).

Ordre	Famille	Genre	Groupe trophique	c-p	
<i>Rhabditida</i>	<i>Aphelenchidae</i>	<i>Aphelenchus sp</i> Bastian, 1865	2 /1e	2	
	<i>Anguinidae</i>	<i>Ditylenchus sp</i> Filipjev, 1936	2 ou 1b	2	
	<i>Dolichodoridae</i>	<i>Bitylenchus sp</i> Filipjev, 1934		1d	3
		<i>Telotylenchus sp</i> Siddiqi, 1960		1c	3
		<i>Histotylenchus sp</i> Siddiqi, 1971		1	3
		<i>Quinisulcius sp</i> Siddiqi, 1971		1d	3
		<i>Telotylenchoides sp</i> Siddiqi, 1971		1c	3
		<i>Trophurus sp</i> Loof, 1956		1d	3
		<i>Tylenchorhynchus sp</i> Cobb, 1913		1d	3
	<i>Hoplolaimidae</i>	<i>Helicotylenchus sp</i> Steiner, 1945		1c	3
		<i>Rotylenchulus sp</i> Linford & Oliveira, 1940		1a	3
	<i>Tylenchidae</i>	<i>Tylenchus sp1</i> Bastian, 1865		2 ou 1e	2
		<i>Tylenchus sp2</i> Bastian, 1865		2 ou 1e	2
		<i>Coslenchus sp</i> Siddiqi, 1978		1e	2
<i>Pratylenchidae</i>	<i>Pratylenchus sp</i> Filipjev, 1936		1b	3	
	<i>Pratylenchoides sp</i> Winslow, 1958		1b	3	
<i>Paratylenchidae</i>	<i>Paratylenchus sp</i> Micoletzky, 1922		1d	2	
<i>Dorylaimida</i>	<i>Dorylaimidae</i>	<i>Dorylaimus sp</i>	8	4	
	<i>Thornenematidae</i>	<i>Ecumenicus sp</i>	8	5	
	<i>Mononchidae</i>	<i>Mononchus sp</i>	5	4	

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

Les nématodes rencontrés sont répartis en 4 groupes fonctionnels : les phytoparasites, les fongivores, les prédateurs-omnivores et les bactériovores.

1. Les nématodes phytoparasites dont :

- Les phytoparasites obligatoires avec 13 genres comme « *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Paratylenchus*, *Tylenchorynchus*, *Trophurus*, *Helicotylenchus*, *Ditylenchus*, *Paratylenchoides*, *Quinisulcius*, *Telotylenchus*, *Bitylenchus*, *Telotylenchoides*, *Histotylenchus* ».
- Les phytoparasites facultatifs avec 3 genres comme « *Tylenchus*, *Coslenchus*, *Aphelenchus* ».

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

3. Les nématodes prédateurs-omnivores sont représentés par « *Dorylaimus*, *Ecumenicus* et *Mononchus* ».

4. Les nématodes libres du sol qui incluent en grande partie les nématodes bactériovores (non identifiés).

Les valeurs de l'indice colonisateur-persistant (c-p) qui rangent du colonisateur (c-p=1) aux persistant (c-p=5) correspondent aux caractéristiques d'histoire de vie associés dont les stratégies r- et k-, respectivement. Les nématodes avec un c-p=1 sont dits r-stratégistes ou colonisateurs, caractérisés par une courte durée de génération, une fluctuation large des populations et une fécondité élevée. Ceux avec un c-p=5 sont k-stratégistes ou persistants, produisant moins de progéniture et, généralement, apparaissent tard dans la succession [197, 198]. Les valeurs faibles et grandes de l'indice de c-p correspondent aux taxons relativement, tolérants ou sensibles aux perturbations écologiques [204].

4.1.2 Répartition globale des nématodes en fonction du système de culture

Les abondances moyennes des espèces identifiées varient considérablement dans les sols maraîchers en fonction des systèmes de cultures (figure 4.1).

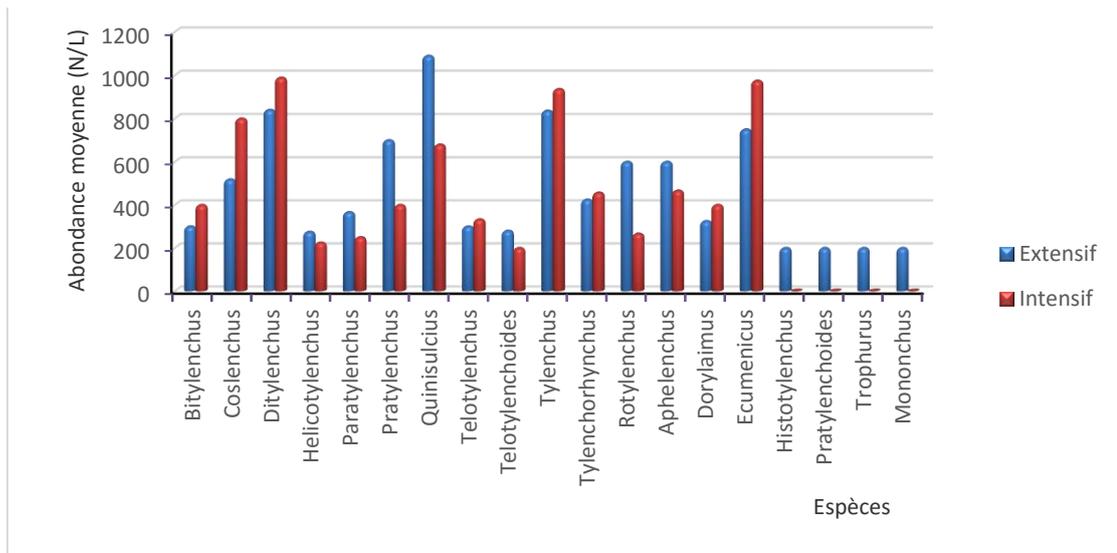


Figure 4. 1: Répartition globale des taxons de nématodes en fonction du système de culture.

Les espèces phytoparasites *Quinisulcius*, *Ditylenchus* et *Tylenchus* pullulent en système extensif avec des abondances moyennes respectives de l'ordre de 1090 ; 840 et 836,4 N/L de sol. Alors que *Ditylenchus*, *Tylenchus* et *Coslenchus* pullulent en système intensif avec des abondances moyennes de 988,8 ; 936,4 ; 800 N/L respectivement. Par ailleurs, les taxons *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchulus*, *Aphelenchus*, *Pratylenchus*, *Dorylaimus* semblent indifférents au système de culture et ont des densités moyennes oscillant entre 266,6 et 600 N/L de sol. Nous pouvons constater par contre que les nématodes du genre *Histotylenchus*, *Pratylenchoides*, *Trophurus* et *Mononchus* sont rares et représentés seulement dans le système extensif avec une abondance moyenne de 200N/L (figure 4.1).

La comparaison des moyennes d'abondances des nématodes (test de Kruskal-Wallis) a révélé une différence non significative entre les système intensif et extensif ($P=0,5 > 5\%$) mais une différence significative entre les taxons ($P=0,01 < 5\%$).

4.1.3 Structure et composition des nématodes identifiés en fonction du système de culture.

La structure et la composition des nématodes identifiés dans les deux systèmes de cultures sont analysées selon le diagramme des fréquences-abondances de FORTUNER et MERNY [201]. Dans le système intensif, les nématodes identifiés se classent en deux groupes (figure 4.2).

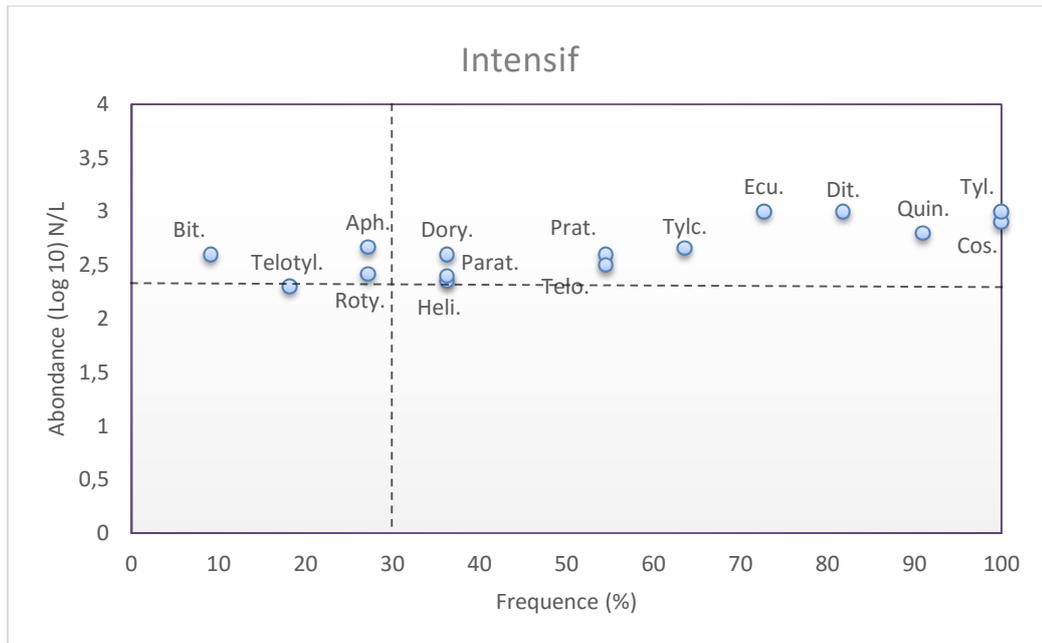


Figure 4. 2: Fréquences-abondances des taxons nématofauniques en système maraîcher intensif.

Aph: Aphelenchus; **Bit:** Bitylenchus; **Cos:** Coslenchus; **Dory:** Dorylaimus; **Dit:** Ditylenchus; **Heli:** Helicotylenchus; **Prat:** Pratylenchus; **Parat:** Paratylenchus; **Telo:** Telotylenchus; **Telotyl:** Telotylenchoïdes; **Troph:** Trophurus; **Tylc:** Tylenchorhynchus; **Tyl:** Tylenchus; **Roty:** Rotylenchulus.

➤ Les nématodes du premier groupe en haut à gauche du diagramme), sont abondants et peu fréquents. Ils ont été rencontrés dans moins de 30% des sites prospectés et sont représentés par les genres *Bitylenchus*, *Telotylenchoïdes*, *Aphelenchus* et *Rotylenchulus*.

➤ Les nématodes du second groupe en haut à droite du diagramme, sont fréquents et abondants. Ils sont représentés par les genres *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Dorylaimus*, *Pratylenchus*, *Telotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Ecumenicus*, *Ditylenchus*, *Quinisulcius*, *Tylenchus* et *Coslenchus*. 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*, *Paratylenchus* et *Ditylenchus*.

En système extensif, le diagramme de fréquence-abondance révèle deux autres groupes différents (figure 4.3).

➤ Les nématodes du premier groupe (en haut à gauche du diagramme), sont abondants et peu fréquents. Ils sont représentés par *Trophurus*, *Mononchus*, *Pratylenchoides*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Histotylenchus*, *Rotylenchulus*.

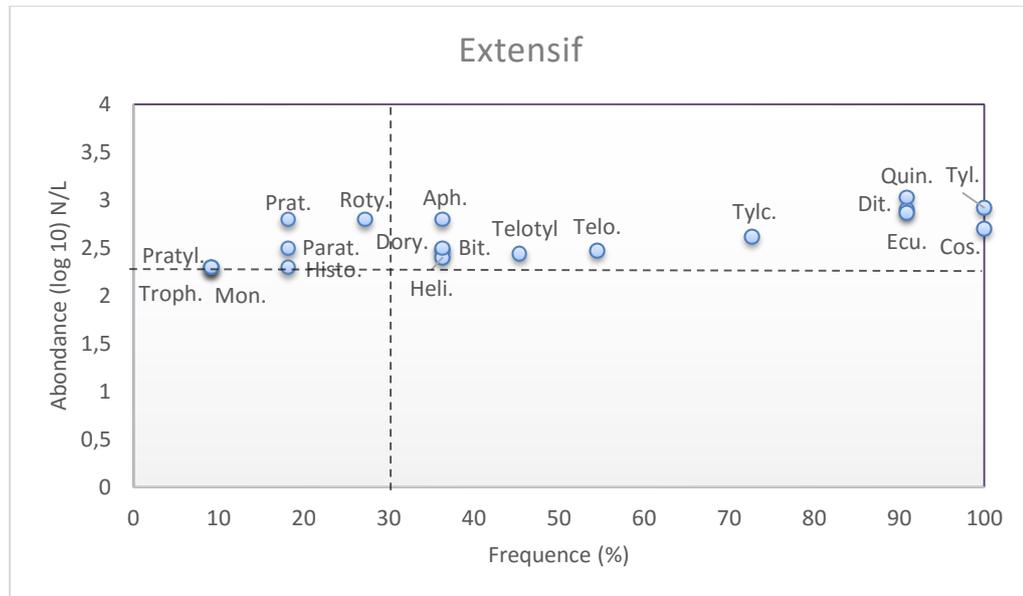


Figure 4. 3: Fréquences-abondances des taxons nématofauniques en système maraîcher extensif.

Aph: Aphelenchus; **Bit:** Bitylenchus; **Cos:** Coslenchus; **Dory:** Dorylaimus; **Dit:** Ditylenchus; **Heli:** Helicotylenchus; **Histo:** Histotylenchus; **Mon:** Mononchus; **Parat:** Paratylenchus; **Prat:** Pratylenchus; **Pratyl:** Pratylenchoides; **Telo:** Telotylenchus; **Telotyl:** Telotylenchoides; **Troph:** Trophurus; **Tylc:** Tylenchorhynchus; **Tyl:** Tylenchus; **Roty:** Rotylenchulus

➤ Les nématodes du second groupe (en haut à droite du diagramme), sont fréquents et abondants et représentés par *Helicotylenchus*, *Bitylenchus*, *Aphelenchus*, *Telotylenchoides*, *Telotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Dorylaimus*, *Ditylenchus*, *Quinisulcius*, *Coslenchus*, *Ecumenicus* et *Tylenchus*.

4.1.4 Structure et composition des nématodes identifiés en fonction des cultures

Les différents diagrammes révèlent qu'en général les nématodes identifiés dans les principales cultures maraichères (Pomme de terre, Oignon, Tomate, Piment) se distribuent en 2 groupes (figure 4.4) : Abondant peu fréquent (en haut à gauche du diagramme), Abondant et fréquent (en haut à droite). Ainsi, on constate que les taxons *Ecumenicus*, *Ditylenchus*, *Tylenchus*, *Quinisulcius* et *coslenchus* sont toujours abondants et fréquents quel que soit la culture.

Dans la culture de pomme de terre, on remarque que les genres *Aphelenchus*, *Paratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Telotylenchoides*, *Helicotylenchus*, *Bitylenchus*, *Telotylenchus*, *Pratylenchus*, *Dorylaimus* sont abondants et peu fréquents, alors que *Quinisulcius*, *Tylenchorhynchus*, *Ditylenchus*, *Ecumenicus*, *Tylenchus*, *Coslenchus* sont abondants et fréquents sur cette culture.

La culture de l'oignon est la moins riche en espèces, où la plupart des taxons identifiés sont abondants et fréquents tels *Tylenchorhynchus*, *Telotylenchoides*, *Aphelenchus* et *Telotylenchus*. Par contre, les taxons *Dorylaimus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Trophurus* et *Mononchus* sont abondants et peu fréquents.

La culture de tomate malgré la plus riche en espèces avec 15 taxons identifiés, ne comprend que 5 genres *Bitylenchus*, *Aphelenchus*, *Telotylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Histotylenchus* abondants et peu fréquents alors que le reste des taxons *Rotylenchulus*, *Dorylaimus*, *Pratylenchus*, *Telotylenchoides* et *Helicotylenchus* sont abondants et fréquents.

Sur la culture de piment *Dorylaimus*, *Pratylenchoides*, *Pratylenchus*, *Bitylenchus* et *Rotylenchulus*, sont abondants et peu fréquents. Tandis que les espèces des genres *Paratylenchus*, *Telotylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Helicotylenchus* sont abondants et fréquents (figure 4.4).

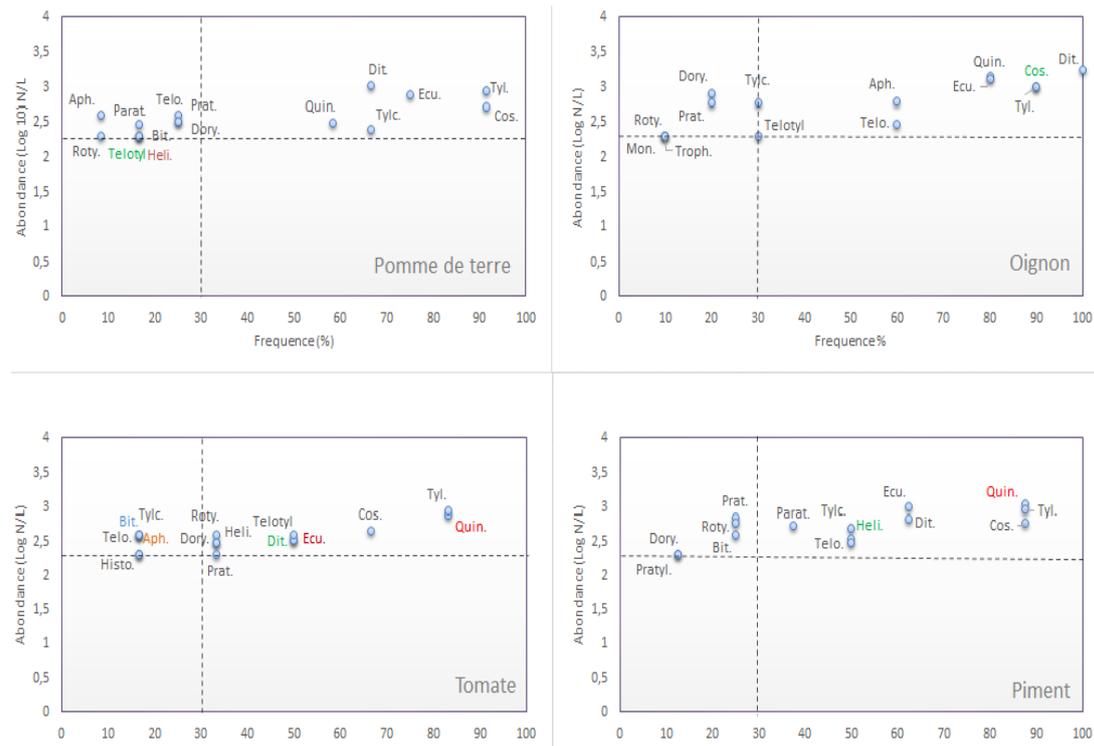


Figure 4. 4: Fréquences-abondances des taxons nématofauniques dans les principales Solanacées cultivées et l'oignon. Aph: Aphelenchus; Bit: Bitylenchus ; Cos: Coslenchus; Dory: Dorylaimus; Dit: Ditylenchus; Heli: Helicotylenchus; Histo: Histotylenchus; Mon: Mononchus; Parat: Paratylenchus; Prat: Pratylenchus; Pratyl: Pratylenchoïdes; Telo: Telotylenchus; Telotyl: Telotylenchoides; Troph: Trophurus; Tylc: Tylenchorhynchus; Tyl: Tylenchus; Roty: Rotylenchulus.

La comparaison des fréquences-abondances des nématodes phytoparasites, par paire, entre 2 cultures de familles différentes (test one way Anosim), a révélé des différences marginalement significatives entre la pomme de terre et l'oignon ($P=7\%$), et entre le piment et l'oignon ($P=6\%$). On constate une similitude des taxons phytophages entre la culture de pomme de terre et d'oignon avec des niveaux de fréquence-abondance très similaires à l'exception du genre *Aphelenchus* qui est plus fréquent sur la culture d'oignon. Il en est de même entre l'oignon et le piment excepté pour les taxons *Helicotylenchus* et *Paratylenchus* qui sont abondants et fréquents sur la culture de piment mais absents sur l'oignon.

La comparaison à l'aide de l'ANOSIM entre l'oignon et la tomate a révélé une différence significative ($P=0,05$). Les taxons *Rotylenchulus*, *Telotylenchoides* et *Pratylenchus* sont plus fréquents sur la culture de tomate, alors que les espèces du genre *Aphelenchus*, *Telotylenchus* et *Tylenchorhynchus* sont en revanche plus fréquents dans la culture d'oignon.

4.1.5 Distribution des groupes trophiques dans les sols maraichers de la région de Tiaret.

4.1.5.1 Variations des groupes trophiques dans les cultures en fonction du système de culture

De manière globale, dans les cultures conduites en intensif, nous remarquons une dominance des nématodes bactérivores avec des abondances relatives élevées qui vont de 39% sur pomme de terre jusqu'à 57% sur laitue. Les nématodes phytoparasites ont des abondances relatives comprises entre 26% sur pastèque et 38% sur pomme de terre, tandis que les nématodes prédateurs-omnivores sont les moins abondants quelque soit la culture. Au niveau de la culture de piment, on peut remarquer une disparité par rapport aux autres cultures : les nématodes phytoparasites sont très abondants (53%) suivis par les nématodes fongivores (34%) alors que les nématodes prédateurs-omnivores sont absents (figure 4.5).

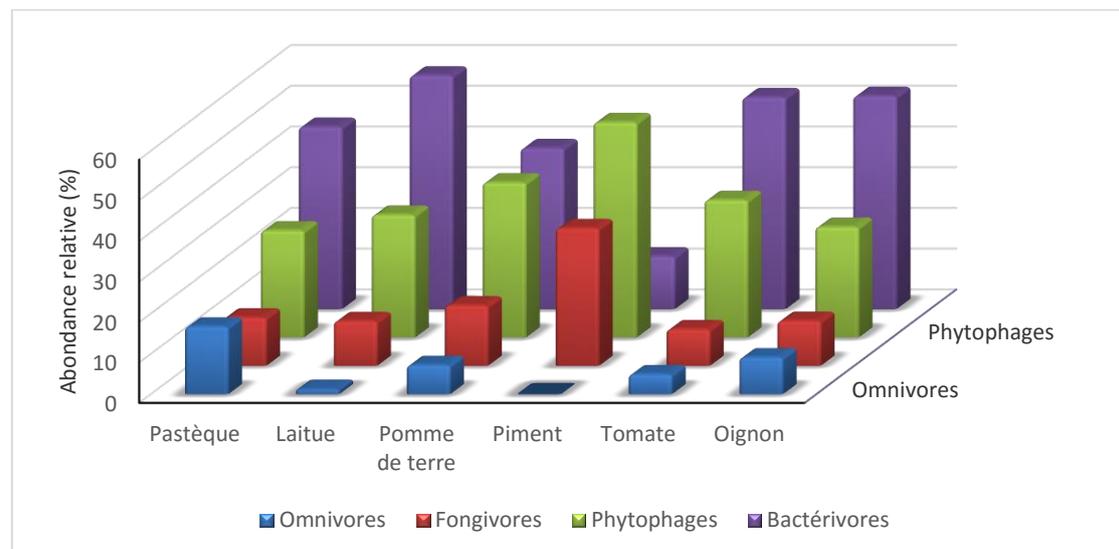


Figure 4. 5: Distribution des abondances relatives des différents groupes trophiques nématofauniques en système intensif dans la région de Tiaret.

En ce qui concerne le système de culture extensif, nous remarquons à contrario une dominance des nématodes phytoparasites dans toutes les cultures, à l'exception de la culture de fève où les nématodes bactérivores dominent avec 56% (figure 4.6).

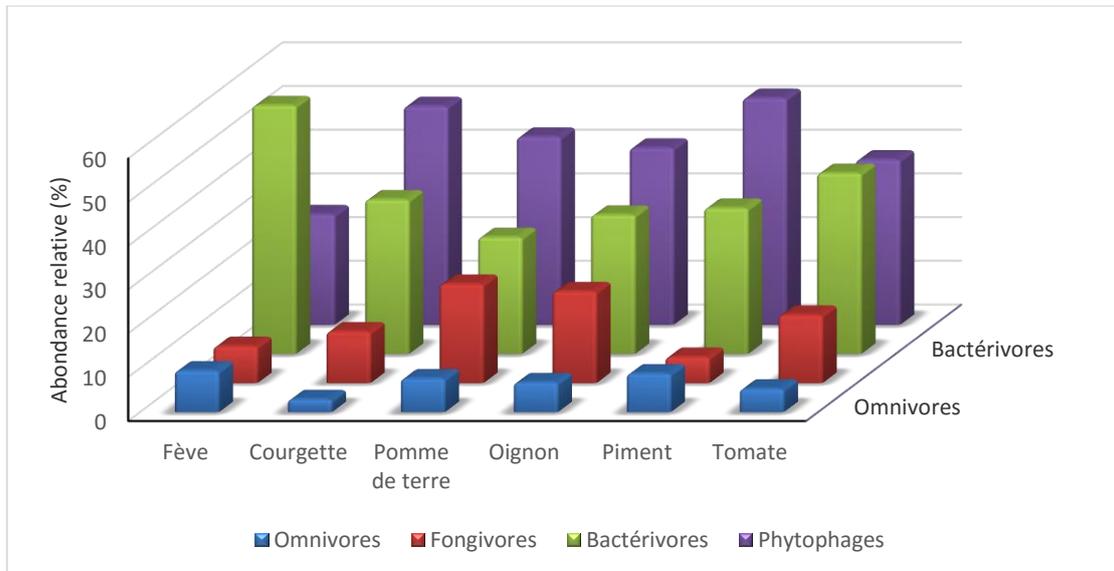


Figure 4. 6: Distribution des abondances relatives des différents groupes trophiques nématofauniques en système extensif dans la région de Tiaret.

La comparaison des moyennes d'abondance relative (Anova one way) a révélé seulement une différence hautement significative du point de vue des groupes trophiques : entre les phytoparasites et les nématodes prédateurs-omnivores ($P=0,002$), entre les phytoparasites et les fongivores ($P=0,005$), entre les bactérovores et les prédateurs-omnivores ($P=0,001$), entre les bactérovores et les fongivores ($P=0,004$). Néanmoins, il n'y a pas de différence dans la distribution des groupes trophiques des nématodes selon le système de culture ($P=1>5\%$) ou dans les différentes cultures respectives ($P=0,8>5\%$).

4.1.5.2 Analyse de la variation de l'abondance des groupes trophiques dans les sols maraichers étudiés

Nous avons adopté une ANOVA en prenant en compte séparément l'effet de tous les facteurs sur les variations des abondances nématofauniques dans les sols maraichers prospectés (Modèle linéaire global, Systat 12). Les résultats du GLM indiquent une différence très hautement significative du facteur groupe trophique seulement, ce qui est en accord avec les résultats obtenus dans le paragraphe précédent. Alors que la différence n'est pas significative ($P=1$) pour les autres facteurs pris en considération dans cette analyse (Système de culture, précédent cultural et le type de sol) (figure 4.7 et tableau 4.2).

Nous pouvons donc dire que l'abondance des communautés de nématodes est strictement en relation avec la nature du groupe trophique ($p < 1\text{‰}$) ; l'abondance des bactérivores et celle des phytoparasites est nettement plus élevée que celle des fongivores puis celle des omnivores (figure 4.7).

Tableau 4. 2: Résultats de la comparaison des moyennes des abondances nématofauniques sous l'effet du précédent cultural, des groupes trophiques, du système de culture et du type de sol maraîcher ($*p < 1\text{‰}$)**

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne des carrés	F-ratio	p-value
Précédent cultural	0	5	0	0	1
Système de culture	0	1	0	0	1
Type de sol	0	1	0	0	1
groupe troph	9 227,045	3	3 075,682	28,06	0,000***
Erreur	3 178,731	29	109,611		

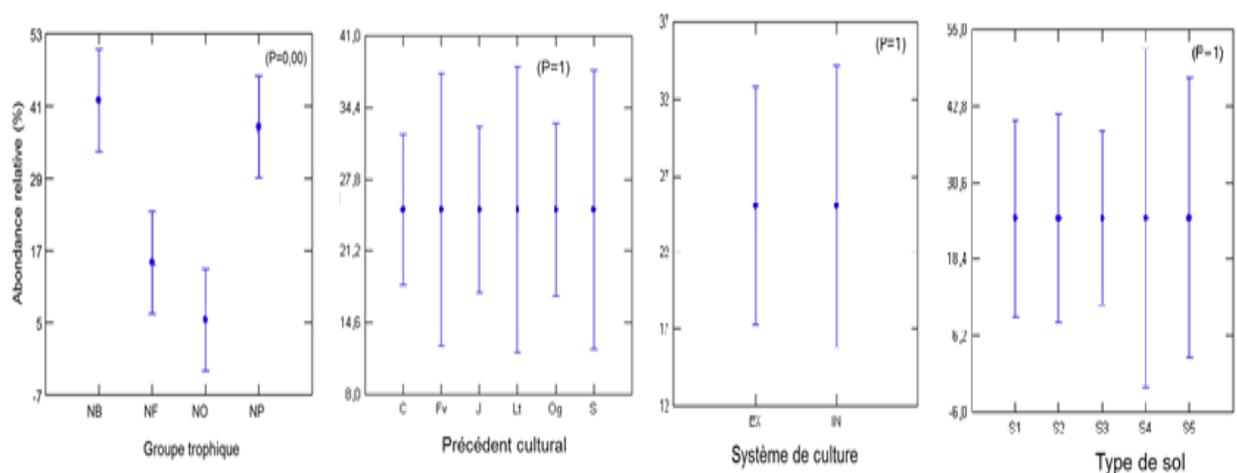


Figure 4. 7: Analyse de la variabilité des abondances nématofauniques dans les sols maraîchers à Tiaret.

4.1.6 Diagnostic écologique de la nématofaune des sols maraichers étudiés à

Tiaret.

4.1.6.1 Richesse spécifique

Le système extensif semble le plus riche avec 19 taxons rencontrés en comparaison avec le système intensif qui ne compte que 15 taxons de nématodes. La richesse en nématodes est plus élevée sur les cultures de pomme de terre, d'oignon, piment et tomate et elle semble similaire, entre 12 et 15 taxons dans les différents types de sol (figure 4.8).

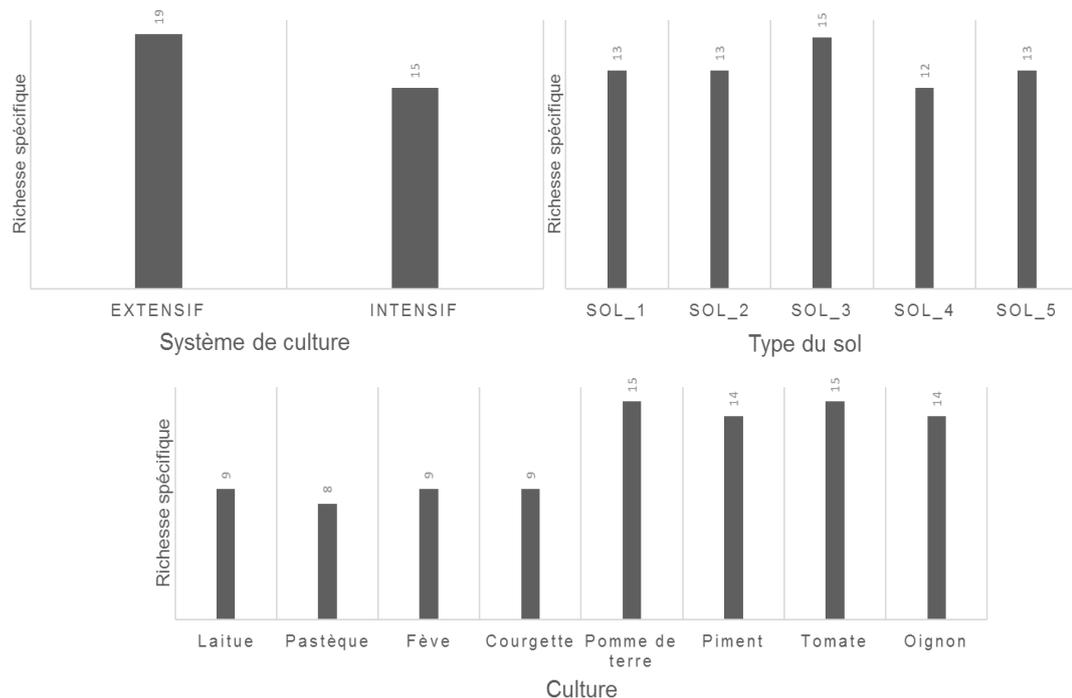


Figure 4. 8: Richesse globale des communautés de nématodes maraichers dans la région de Tiaret.

4.1.6.2 Indice de diversité de Shannon (H')

Les deux systèmes de culture semblent présenter une diversité similaire en nématodes : de $H' = 2,8$ bits au niveau du système extensif et 2,57 bits en système de culture intensif. Au niveau des cultures pratiquées, l'indice H' varie entre 1,8 sur pastèque et 2,6 bits sur tomate mais ne diffère pas d'un sol à l'autre, où il est compris entre 2,36 et 2,47 bits (figure 4.9).

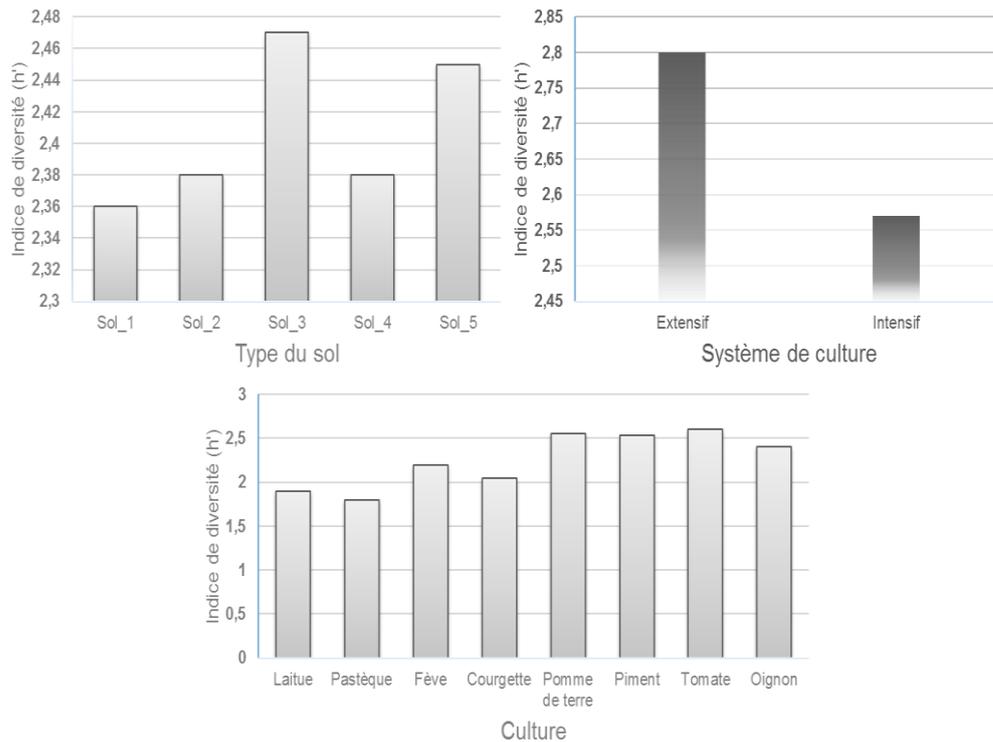


Figure 4. 9: Variation de la diversité des nématodes maraichers dans la région de Tiaret.

4.1.6.3 Indice de Wasilewska (IW)

En général, les valeurs de l'indice de Wasilewska sont faibles (figure 4.10). Dans le système extensif, l'IW égal à 0,85, avec une forte abondance des nématodes phytoparasites par rapport aux bactériovores et fongivores. Dans le système intensif, IW=1,56 où les bactériovores sont plus abondants. Selon les cultures pratiquées, l'IW varie de 0,77 sur piment, indiquant que les phytoparasites sont plus abondants par rapport aux bactériovores, à 2,58 sur fève. L'IW oscille entre 0,72 en sols «limoneux calcaire humifère», indiquant une abondance importante des nématodes phytoparasites, à 1,95 pour les sols du type «humus argile limoneuse calcaire».

4.1.6.4 L'indice de maturité (IM)

Les indices de maturité sont les mêmes quelque soit le système de culture (IM=2,8). La valeur la plus élevée de l'IM (3,35) est signalée sur pastèque, la plus faible (2,49) est observée sur laitue. En effet, sur pastèque, les taxons ayant des valeurs de c-p comprises entre 3 et 5 sont plus nombreux alors que sur la laitue, les taxons ont plutôt des valeurs de c-p compris entre 2 et 3. Selon les types de sol, les valeurs de l'IM oscillent entre 2,64 et 2,94 (figure 4.11).

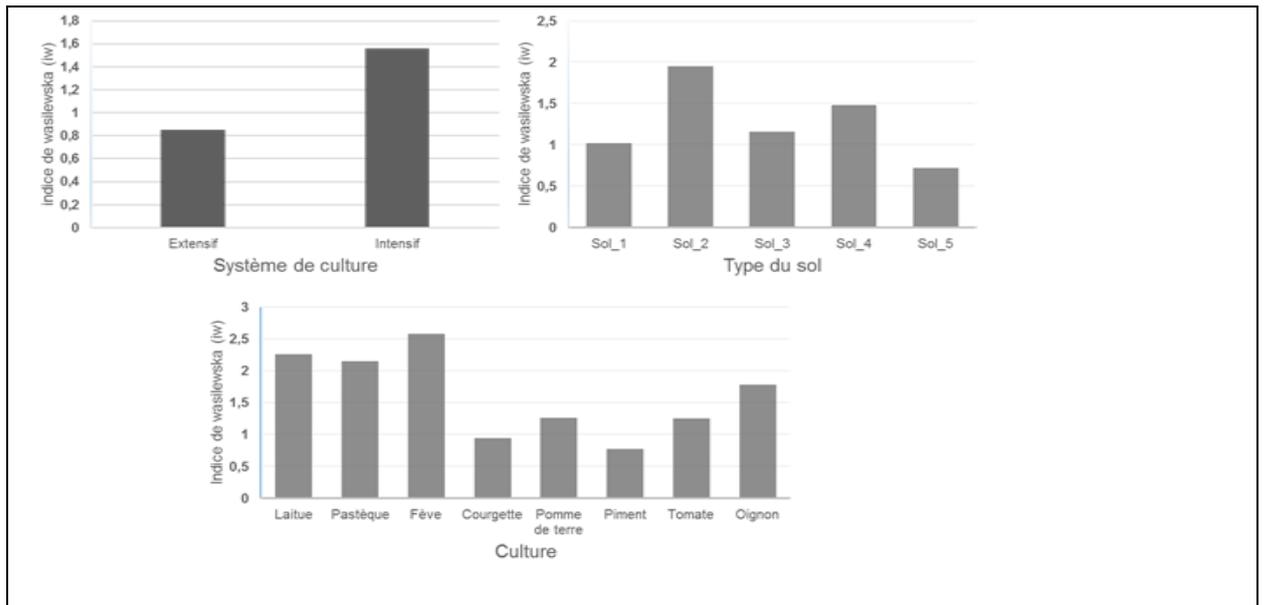


Figure 4. 10: Variation de l'indice de Wasilewska dans les sols maraichers étudiés.

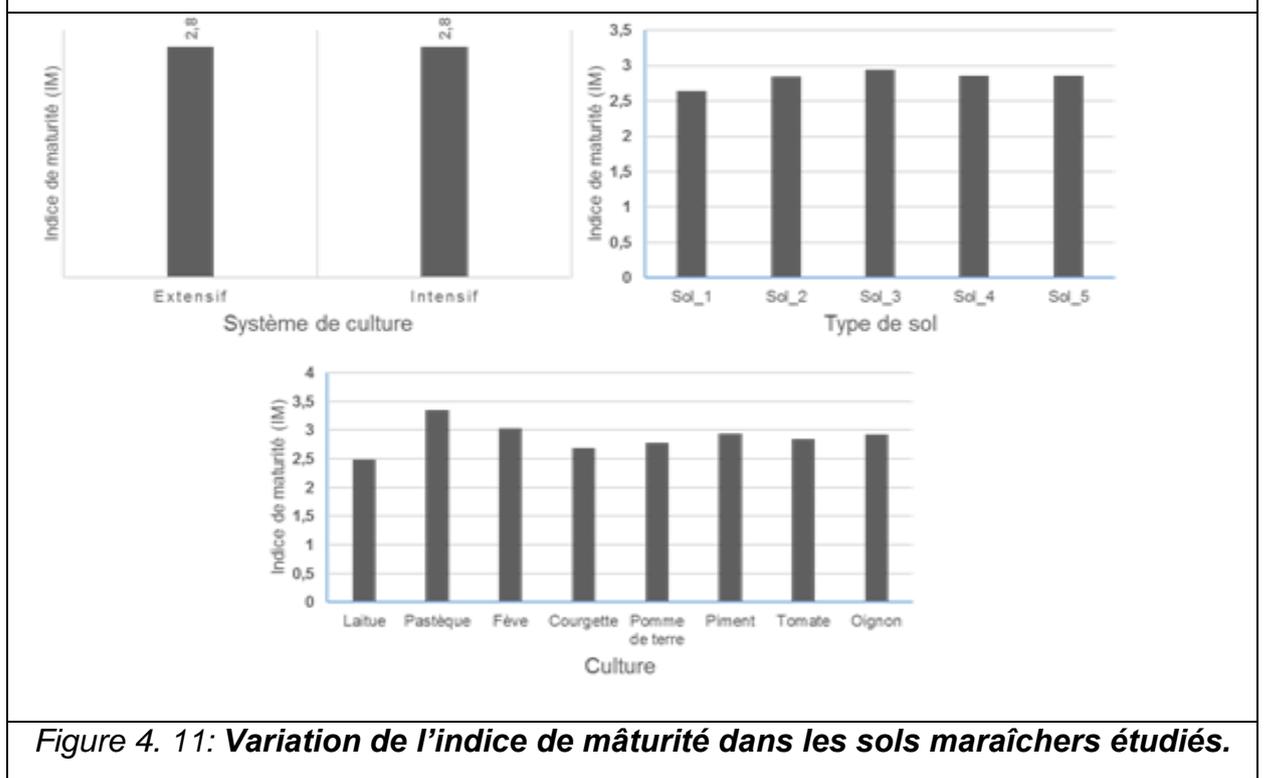


Figure 4. 11: Variation de l'indice de maturité dans les sols maraichers étudiés.

4.1.6.5 Amplitude d'habitat (AH) et Barycentre (g) des taxons de nématodes

On a examiné l'amplitude d'habitat et le barycentre des peuplements nématofauniques par rapport aux cultures pratiquées (pomme de terre, piment, tomate, oignon, fève, laitue, pastèque, courgette) (figure 4.12) pour entrevoir la tendance d'occupation maximale des groupes de phytoparasites inventoriés au niveau des différents sites investigués.

Les habitats respectifs ont été classés en prenant en compte des abondances moyennes des espèces supérieures à 300N/L dans les différentes cultures pratiquées comme suit : fève, courgette, tomate, piment, pomme de terre, laitue, oignon, pastèque.

Tableau 4. 3: Variations de l'amplitude d'habitat et du barycentre des taxons des nématodes sur maraîchage à Tiaret. pm : piment / pt : pomme de terre / tm : tomate

	Bit.	Cos.	Dit.	Parat.	Prat.	Quin.	Telo.	Telo tyl	Tyl.	Tylc.	Roty.	Aph.	Dory.	Ecu.
AH	1,21	2,32	2,20	1,38	1,45	2,54	1,54	1,30	2,72	1,86	1,29	1,26	1,56	2,30
g	3,78	4,90	5,32	4,81	5,59	4,93	4,55	3,36	5,05	4,17	4,29	5,28	4,74	5,73
	tm/ pm	pt	pt	pt	pt	pt	pm/ pt	tm	pt	pm	pm	pt	pm/ pt	pt/ lt

A l'examen du Tableau 4. 3, nous constatons que seulement trois milieux (cultures) possèdent des espèces qui leur sont inféodées. Cependant, sur les 14 espèces prises en considération, plus de la moitié caractérise la culture de pomme de terre suivi par la culture de piment avec 5 espèces puis la culture de tomate avec 2 espèces seulement.

Ainsi, nous pouvons constater qu'aucune espèce n'est répandue dans plus de trois cultures de manière égale ($AH > 3$). Les valeurs de AH les plus élevées concernant les 5 espèces *Tylenchus*, *Coslenchus*, *Quinisulcius*, *Ditylenchus* et *Ecumenicus*, dont l'amplitude d'habitat est supérieure à 2. D'une manière générale, on observe que ces espèces ayant les amplitudes les plus élevées caractérisent la culture de pomme de terre. En revanche, les espèces *Dorylaimus* et *Telotylenchus*, ont leur barycentre situé entre les cultures de piment et de pomme de terre, et une valeur de AH égale à 1,5. Les espèces strictement phytoparasites *Paratylenchus* et *Pratylenchus* sont caractérisés par une légère préférence pour la pomme de terre et sont très faiblement répandus sur les autres cultures maraichères avec une valeur de AH de 1,4. Tandis que, les espèces *Rotylenchulus* et *Tylenchorhynchus* sont inféodés à la culture de piment avec des valeurs de AH de 1,3 et 1,8 respectivement. Concernant les espèces du genre *Telotylenchoides* et *Bitylenchus*, on remarque qu'elles sont strictement inféodées à la culture de tomate, d'après nos observations.

4.1.7 Influence des facteurs édaphiques sur les communautés des nématodes

4.1.7.1 Répartition des nématodes en relation avec les types de sols maraîchers étudiés

Nous avons analysé par une ACP l'effet du type de sol sur les taxons des nématodes identifiés. La classification hiérarchique ascendante (CAH), est réalisée afin d'expliquer les groupes apparentés et de statut homogène (figure 4.12a et b). Les analyses physico-chimiques des échantillons de sols prélevés dans les différents sites maraichers investigués nous ont permis de classer 5 types de sol :

- sol 1 : humo argile sableuse
- sol 2 : humo argile limoneuse calcaire,
- sol 3 : humo limono-argileux calcaire,
- sol 4 : calcaro Argilo-sableux humifère,
- sol 5 : limoneux calcaire humifère.

L'ACP est satisfaisante, dans la mesure où plus de 84% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes F1xF2.

Les vecteurs correspondant aux sols humo limono-argileux calcaire (sol 3) et aux sols calcaro argilo-sableux humifère (sol 4) situés du côté positif de l'axe 2, se trouvent très proches l'un de l'autre et dans la même direction. Les vecteurs des autres types de sol se trouvent du côté négatif de l'axe 2, le vecteur du sol 5 (limoneux calcaire humifère) est plus proche de l'axe 2, alors que le vecteur du sol 2 (humus argile limoneuse calcaire) est très proche de l'axe 1 (figure 4.12a). La projection des groupes sur les axes factoriels met en évidence une affinité de certains phytophages avec les types de sol.

Les résultats du dendrogramme de la CAH révèlent la présence de quatre groupes (figure 4.12b).

Le groupe 4 rassemblant les taxons *Rotylenchulus*, *Bitylenchus*, *Paratylenchus*, *Telotylenchus* et *Helicotylenchus* semble n'avoir aucune corrélation avec les différents types de sols maraîchers investigués : ces taxons sont généralement peu abondants ou absents sur les sols.

Les genres représentatifs du groupe 2 : *Aphelenchus*, *Dorylaimus* et *Tylenchorhynchus* sont attirés par les sols humus argile limoneuse calcaire, calcaro Argilo-sableux humifère et humus limoneux-argileux calcaire.

Le groupe 3 de *Pratylenchus* s'avère inféodé au sol limoneux calcaire humifère. Quant aux taxons du groupe 1 représentés par *Ditylenchus*, *Quinisulcius*, *Ecumenicus*, *Coslenchus* et *Tylenchus* se développent ou sont très abondants sur tous les types de sol sauf au niveau des sols limoneux calcaire humifère où ils sont peu abondants.

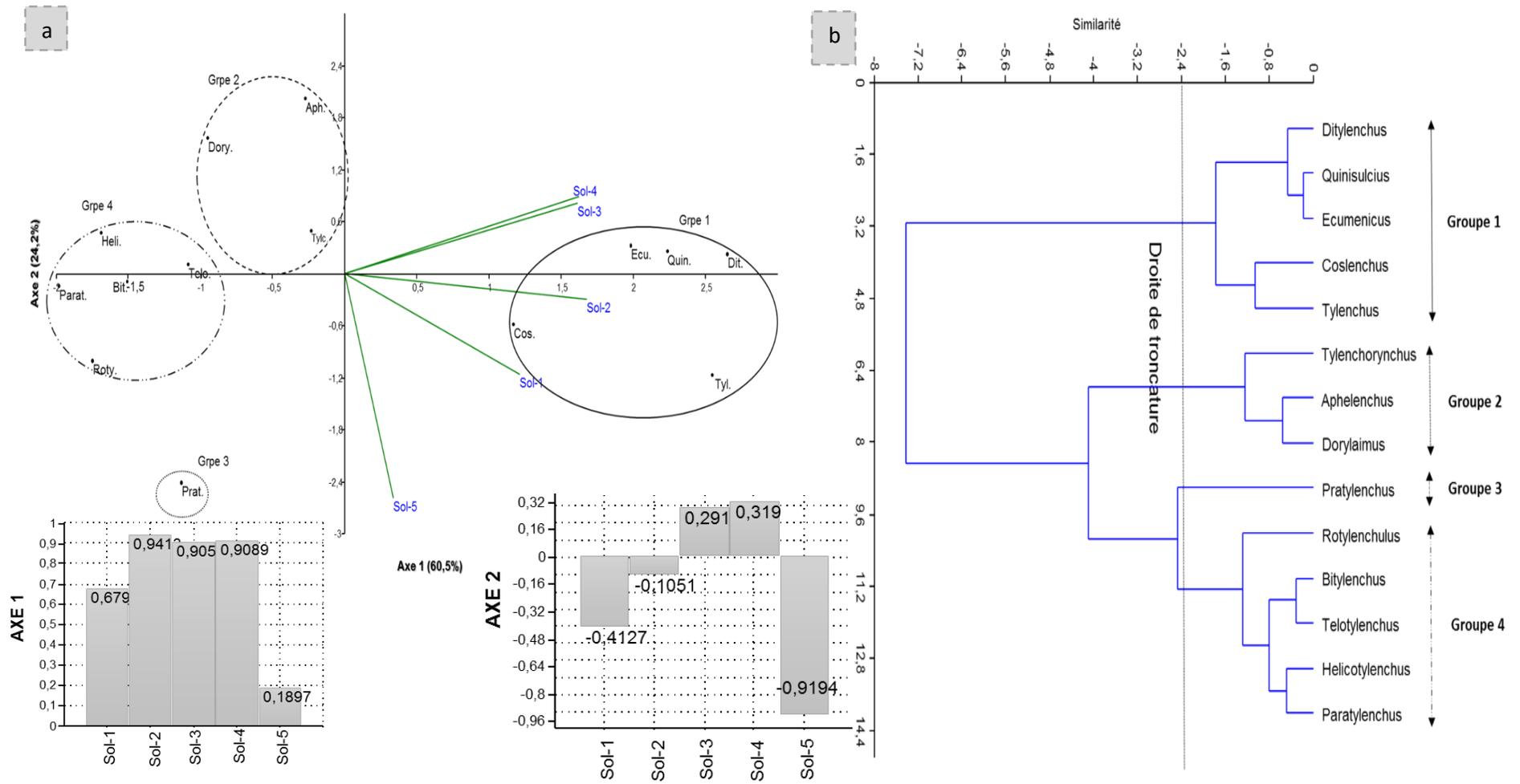


Figure 4. 12: **Projection des variables des abondances nématofauniques selon le type de sol maraicher dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée**

4.1.7.2 Effet des caractéristiques physiques du sol sur les groupes fonctionnels nématofauniques

Pour évaluer l'influence des caractéristiques physiques sur les groupes fonctionnels, on a réalisé une analyse de corrélation (tableau 4.4). Les valeurs relatives aux corrélations des facteurs physiques apparaissent encadrées en vert, ceux des groupes trophiques en bleu. Alors que les corrélations entre ces paramètres sont représentées en blanc.

Tableau 4. 4: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les communautés trophiques des nématodes et les caractéristiques physiques des sols maraîchers étudiés. (Au dessous de la diagonale sont indiqués les valeurs du coefficient "r" de Pearson, au-dessus les risques associés. NP : Nématodes Phytoparasites ; NF : Nématodes Fongivores ; NO : Nématodes Omnivores-prédateurs ; NB : Nématodes Bactérovores ; Carré couleur jaune : les probabilités ($p < 0,05$) ; Carré couleur bleu : les probabilités sont marginales ($p = 6\%$)).

	A	LF	LG	SF	SG	NP	NF	NO	NB
A		0,552	0,353	0,458	0,379	0,804	0,550	0,349	0,272
LF	-0,248		0,034	0,019	0,890	0,901	0,848	0,484	0,123
LG	-0,379	0,742		0,096	0,966	0,704	0,213	0,514	0,776
SF	-0,307	-0,791	-0,626		0,910	0,971	0,922	0,466	0,069
SG	-0,361	-0,058	0,018	0,047		0,267	0,776	0,467	0,280
NP	-0,105	0,052	-0,16	-0,015	0,446		0,020	0,227	0,829
NF	0,249	-0,080	-0,494	0,041	0,120	0,787		0,033	0,639
NO	0,382	0,291	-0,272	-0,302	-0,301	0,480	0,746		0,032
NB	0,442	0,590	0,120	-0,668	-0,435	-0,091	0,197	0,748	

Les résultats consignés dans le tableau 4.4 indiquent que plus de 80% des valeurs des coefficients de corrélation n'ont pas un risque associé inférieur à 0.05. Néanmoins, il apparaît que la variation de la teneur de limon fin est corrélée positivement aux taux de limon grossier avec une probabilité associée de $P=0,03$, alors qu'une corrélation négative est enregistrée pour le limon fin et le sable fin ($p=0,019$).

En ce qui concerne les relations entre les groupes fonctionnels, nous remarquons des corrélations positives entre les nématodes phytoparasites et les fongivores ($p=0,02$), entre les fongivores et les nématodes omnivores-prédateurs ($p=0,03$). Ainsi que les nématodes bactérovores sont corrélés positivement avec le groupe des omnivores-prédateurs ($p=0,03$).

Pour les interactions groupes trophiques/caractéristiques physiques, les résultats révèlent qu'il n'y a pas de corrélations entre eux, sauf qu'une corrélation négative marginale est enregistrée entre les nématodes bactérivores et le taux du sable fin avec une probabilité marginale associée de $p=0,06$ (tableau 4.4). Le développement des groupes trophiques n'est donc pas affecté par les caractéristiques physiques du sol.

4.1.7.3 Effet des caractérisations chimiques du sol sur les groupes trophiques

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 représentées en blanc. La grande majorité des paramètres leurs valeurs ne présentent pas un risque associé inférieur à 0.05 (tableau 4.5).

Il apparait des résultats indiqués dans le tableau 4.5 que le calcaire total est bien corrélé avec le calcaire actif ($p=0,0008$), par contre la teneur en calcaire total est négativement corrélée avec la matière organique ($p=0,03$). Alors que la salinité du sol et le pH sont corrélés positivement ($p=0,059$).

Nous constatons par ailleurs des corrélations positives des nématodes phytophages avec les nématodes fongivores ($p=0,02$) et avec les nématodes omnivores ($p=0,03$), entre les nématodes bactérivores et les nématodes omnivores-prédateurs ($P=0,03$).

Néanmoins, les caractéristiques chimiques du sol semblent ne pas affecter le développement des groupes trophiques d'une manière significative, à l'exception des corrélations marginales négatives des nématodes phytoparasites ($p=0,08$) et fongivores ($p=0,06$) avec la salinité du sol.

Tableau 4. 5: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les communautés trophiques des nématodes et les caractéristiques chimiques des sols maraîchers étudiés. (Au dessous de la diagonale sont indiqués les valeurs du coefficient "r" de Pearson, au-dessus les risques associés. NP : Nématodes Phytoparasites ; NF : Nématodes Fongivores ; NO : Nématodes Omnivores-prédateurs ; NB : Nématodes Bactérivores ; Carré jaune et vert : ($p < 0,05$) ; Carré blanc : les probabilités sont marginales.

	PH	MO	CaCo3 ttl	CaCo3 act	CE	NP	NF	NO	NB
PH	.....	0,934	0,691	0,568	0,059	0,197	0,305	0,546	0,609
MO	0,034	.....	0,037	0,132	0,177	0,914	0,928	0,661	0,284
CaCo3 ttl	-0,167	-0,735	.....	0,0008	0,209	0,87	0,707	0,542	0,889
CaCo3 act	-0,238	-0,579	0,93	.....	0,182	0,501	0,551	0,268	0,795
CE	0,687	0,529	-0,497	-0,523	.....	0,08	0,06	0,292	0,698
NP	-0,509	0,045	0,068	0,279	-0,643	.....	0,02	0,227	0,829
NF	-0,41	0,037	0,158	0,249	-0,675	0,787	.....	0,03	0,639
NO	-0,252	0,184	0,254	0,445	-0,425	0,48	0,746	.....	0,032
NB	0,214	0,432	-0,059	0,109	0,163	-0,091	0,197	0,748	.....

4.1.7.4 Effet des caractéristiques physiques du sol sur les taxons des nématodes

Nous avons tenu compte seulement des corrélations obtenues entre ces deux facteurs (caractéristiques physiques/ nématodes phytophages). Les valeurs relatives aux corrélations des facteurs physiques apparaissent encadrées en jaune, ceux des nématodes phytophages en bleu. Alors que les corrélations entre les deux paramètres sont représentées en blanc (tableau 4.6).

Les résultats dévoilent des corrélations positives pour les taxons *Bitylenchus* ($p=0,04$), *Pratylenchus* ($p=0,02$) et *Rotylenchulus* ($p=0,003$) mais une corrélation négative pour *Tylenchorynchus* avec le taux de sable grossier, ($p=0,04$). Le genre *Telotylenchus* présente une très bonne affinité avec le limon fin ($P=0,002$) mais pas avec le sable fin (corrélation négative, $p=0,04$). Pour le genre *Histotylenchus*, une corrélation positive est signalée avec la teneur en sable fin ($p=0,006$). Des corrélations marginales positives avec le sable grossier sont indiquées pour *Dorylaimus* ($P=0,06$) et *Paratylenchus* ($P=0,08$), ainsi qu'une corrélation marginale positive avec le limon grossier pour le taxon *Telotylenchus* ($p=0,07$). Cependant, l'abondance du genre *Histotylenchus* semble corrélée négativement avec le limon grossier (p marginale = 8%) (tableau 4.6).

Tableau 4. 6: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons nématofauniques et les caractéristiques physiques des sols maraîchers étudiés. Carré couleur jaune : probabilités <0,05 ; Carré couleur bleu : probabilités marginales ; Carré couleur vert: corrélations

	A	LF	LG	SF	SG	Bit.	Cos.	Dit.	Heli.	Parat.	Prat.	Quin.	Telo.	Telotyl	Tyl.	Tylc.	Roty.	Aph.	Dory.	Ecu.	Histo.
A	.....	0,552	0,354	0,458	0,379	0,683	0,249	0,423	0,717	0,838	0,130	0,915	0,462	0,674	0,439	0,469	0,403	0,874	0,567	0,601	0,731
LF	-0,248	.....	0,035	0,019	0,890	0,312	0,902	0,582	0,819	0,484	0,417	0,870	0,002	0,447	0,437	0,597	0,819	0,571	0,843	0,645	0,104
LG	-0,379	0,742	.....	0,096	0,966	0,701	0,579	0,476	0,870	0,838	0,464	0,868	0,073	0,665	0,162	0,362	0,828	0,234	0,418	0,364	0,081
SF	-0,307	-0,791	-0,627	.....	0,910	0,498	0,314	0,490	0,483	0,399	0,754	0,986	0,043	0,134	0,836	0,828	0,903	0,270	0,664	0,694	0,006
SG	-0,361	-0,058	0,018	0,048	.....	0,048	0,778	0,929	0,171	0,086	0,028	0,987	0,619	0,113	0,257	0,048	0,004	0,682	0,062	0,929	0,473
Bit.	-0,172	-0,411	-0,162	0,283	0,711	.....	0,544	0,495	0,140	0,208	0,106	0,736	0,910	0,215	0,213	0,169	0,008	0,718	0,125	0,879	0,680
Cos.	0,461	-0,052	0,233	-0,409	0,120	0,254	.....	0,952	0,324	0,760	0,638	0,697	0,768	0,504	0,531	0,310	0,763	0,519	0,689	0,436	0,070
Dit.	0,331	0,230	-0,297	-0,287	0,038	-0,285	-0,026	.....	0,174	0,862	0,808	0,143	0,663	0,767	0,081	0,190	0,419	0,116	0,209	0,008	0,795
Heli.	0,153	0,097	-0,070	-0,292	0,536	0,570	0,402	0,533	.....	0,223	0,253	0,069	0,420	0,103	0,008	0,022	0,321	0,595	0,024	0,135	0,162
Parat.	-0,086	0,291	0,087	-0,347	0,642	0,499	-0,129	0,074	0,485	.....	0,010	0,658	0,094	0,002	0,540	0,262	0,036	0,259	0,183	0,395	0,290
Prat.	-0,582	0,335	0,304	-0,133	0,761	0,613	-0,198	-0,103	0,458	0,832	.....	0,957	0,074	0,070	0,721	0,485	0,012	0,495	0,101	0,697	0,373
Quin.	-0,045	0,070	-0,071	0,007	0,007	0,143	0,165	0,567	0,670	-0,187	0,023	.....	0,812	0,764	0,098	0,507	0,620	0,028	0,146	0,156	0,769
Telo.	-0,305	0,898	0,663	-0,721	0,209	-0,048	-0,125	0,184	0,333	0,631	0,661	0,101	.....	0,125	0,768	0,929	0,577	0,474	0,609	0,423	0,083
Telotyl	-0,177	-0,315	-0,183	0,578	-0,603	-0,492	-0,279	-0,126	-0,617	-0,909	-0,669	0,127	-0,588	.....	0,409	0,123	0,059	0,156	0,334	0,541	0,050
Tyl.	0,320	-0,321	-0,545	0,088	0,455	0,495	0,262	0,650	0,849	0,256	0,151	0,625	-0,125	-0,340	.....	0,005	0,579	0,212	0,017	0,089	0,798
Tylc.	-0,301	0,222	0,374	0,092	-0,711	-0,538	-0,413	-0,517	-0,782	-0,451	-0,290	-0,276	0,038	0,591	-0,872	.....	0,211	0,799	0,059	0,334	0,424
Roty.	-0,344	-0,097	0,092	0,052	0,882	0,848	0,128	-0,334	0,404	0,738	0,823	-0,209	0,234	-0,689	0,233	-0,496	.....	0,234	0,220	0,689	0,433
Aph.	-0,067	-0,237	-0,476	0,444	-0,173	-0,153	-0,269	0,599	0,224	-0,453	-0,284	0,762	-0,298	0,552	0,496	-0,108	-0,475	.....	0,262	0,155	0,220
Dory.	0,240	0,084	0,334	-0,183	-0,682	-0,588	0,169	-0,498	-0,776	-0,524	-0,621	-0,563	-0,215	0,394	-0,800	0,689	-0,488	-0,451	.....	0,075	0,939
Ecu.	0,220	0,194	-0,372	-0,166	0,038	-0,065	-0,322	0,846	0,576	0,350	0,164	0,552	0,331	-0,256	0,637	-0,394	-0,169	0,553	-0,660	.....	0,978
Histo.	-0,145	-0,616	-0,650	0,860	-0,298	-0,174	-0,668	-0,110	-0,546	-0,428	-0,366	-0,125	-0,647	0,707	-0,109	0,330	-0,325	0,488	0,033	0,012	.....

4.1.7.5 Effet des caractérisations chimiques du sol sur les taxons des nématodes

L'analyse indiquée dans le tableau 4.7 montre des corrélations négatives du genre *Coslenchus* avec les teneurs en calcaire total ($p=0,02$) et actif ($p=0,04$) d'une part, et une corrélation positive de ce même taxon avec la matière organique ($p=0,04$) d'autre part. On constate également que les taxons *Telotylenchoïdes* ($p=0,06$) et *Aphelenchus* ($p=0,08$) se développent bien en présence du calcaire total, (tableau 4.7). Les nématodes du genre *Histotylenchus* présentent même une corrélation positive avec le calcaire total ($p=0,01$), mais pas en présence de la matière organique (corrélation négative, $p=0,01$). Par ailleurs, la salinité du sol semble affecter négativement le développement de *Tylenchus*, *Aphelenchus* et *Ecumenicus* avec une corrélation négative ($P=0,04$, p marginales= $0,07$) respectivement. A contrario, le taxon *Dorylaimus* présente une bonne affinité pour la salinité du sol avec une corrélation positive et une probabilité associée de $P=0,01$ (tableau 4.7).

Tableau 4.7: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons nématofauniques et les caractéristiques chimiques des sols maraîchers étudiés. Carré couleur jaune : probabilités <0,05 ; Carré couleur bleu : probabilités marginales ; Carré couleur vert: corrélations

	PH	MO	CaCo3 ttl	CaCo3 act	CE	Bit.	Cos.	Dit.	Heli.	Parat.	Prat.	Quin.	Telo.	Telotyl	Tyl.	Tylc.	Roty.	Aph.	Dory.	Ecu.	Histo.
PH	.....	0,93449	0,692	0,5680	0,059	0,101	0,699	0,776	0,159	0,771	0,989	0,270	0,400	0,721	0,052	0,290	0,683	0,425	0,221	0,362	0,719
MO	0,035	.....	0,038	0,1320	0,178	0,808	0,042	0,572	0,365	0,758	0,758	0,864	0,453	0,228	0,762	0,516	0,870	0,377	0,602	0,928	0,019
CaCo3 ttl	-0,167	-0,735	.....	0,0008	0,210	0,655	0,027	0,965	0,429	0,399	0,765	0,524	0,629	0,070	0,757	0,185	0,330	0,090	0,774	0,556	0,019
CaCo3 act	-0,239	-0,579	0,930	.....	0,183	0,784	0,045	0,798	0,869	0,749	0,868	0,273	0,812	0,281	0,953	0,264	0,426	0,106	0,514	0,263	0,169
CE	0,688	0,529	-0,497	-0,524	.....	0,303	0,322	0,301	0,269	0,625	0,614	0,244	0,597	1,000	0,044	0,266	0,712	0,077	0,016	0,077	0,228
Bit.	-0,621	-0,103	-0,188	-0,116	-0,418	.....	0,544	0,495	0,140	0,208	0,106	0,736	0,910	0,215	0,213	0,169	0,008	0,718	0,125	0,879	0,680
Cos.	-0,163	0,724	-0,766	-0,717	0,403	0,254	.....	0,952	0,324	0,760	0,638	0,697	0,768	0,504	0,531	0,310	0,763	0,519	0,689	0,436	0,070
Dit.	-0,121	0,237	-0,018	0,108	-0,419	-0,285	-0,026	.....	0,174	0,862	0,808	0,143	0,663	0,767	0,081	0,190	0,419	0,116	0,209	0,008	0,795
Heli.	-0,549	0,371	-0,327	-0,070	-0,446	0,570	0,402	0,533	.....	0,223	0,253	0,069	0,420	0,103	0,008	0,022	0,321	0,595	0,024	0,135	0,162
Parat.	-0,124	0,130	-0,347	-0,135	-0,206	0,499	-0,129	0,074	0,485	.....	0,010	0,658	0,094	0,002	0,540	0,262	0,036	0,259	0,183	0,395	0,290
Prat.	-0,006	-0,130	-0,126	0,071	-0,212	0,613	-0,198	-0,103	0,458	0,832	.....	0,957	0,074	0,070	0,721	0,485	0,012	0,495	0,101	0,697	0,373
Quin.	-0,444	0,073	0,266	0,442	-0,466	0,143	0,165	0,567	0,670	-0,187	0,023	.....	0,812	0,764	0,098	0,507	0,620	0,028	0,146	0,156	0,769
Telo.	0,347	0,311	-0,203	0,101	0,222	-0,048	-0,125	0,184	0,333	0,631	0,661	0,101	.....	0,125	0,768	0,929	0,577	0,474	0,609	0,423	0,083
Telotyl	0,151	-0,480	0,669	0,435	0,000	-0,492	-0,279	-0,126	-0,617	-0,909	-0,669	0,127	-0,588	.....	0,409	0,123	0,059	0,156	0,334	0,541	0,050
Tyl.	-0,703	0,128	-0,131	-0,025	-0,720	0,495	0,262	0,650	0,849	0,256	0,151	0,625	-0,125	-0,340	.....	0,005	0,579	0,212	0,017	0,089	0,798
Tylc.	0,428	-0,271	0,521	0,449	0,448	-0,538	-0,413	-0,517	-0,782	-0,451	-0,290	-0,276	0,038	0,591	-0,872	.....	0,211	0,799	0,059	0,334	0,424
Roty.	-0,172	-0,069	-0,397	-0,329	-0,156	0,848	0,128	-0,334	0,404	0,738	0,823	-0,209	0,234	-0,689	0,233	-0,496	.....	0,234	0,220	0,689	0,433
Aph.	-0,330	-0,363	0,637	0,613	-0,656	-0,153	-0,269	0,599	0,224	-0,453	-0,284	0,762	-0,298	0,552	0,496	-0,108	-0,475	.....	0,262	0,155	0,220
Dory.	0,487	0,219	-0,122	-0,273	0,803	-0,588	0,169	-0,498	-0,776	-0,524	-0,621	-0,563	-0,215	0,394	-0,800	0,689	-0,488	-0,451	.....	0,08	0,939
Ecu.	-0,374	0,038	0,247	0,450	-0,656	-0,065	-0,322	0,846	0,576	0,350	0,164	0,552	0,331	-0,256	0,637	-0,394	-0,169	0,553	-0,660	.....	0,978
Histo.	-0,152	-0,791	0,792	0,538	-0,480	-0,174	-0,668	-0,110	-0,546	-0,428	-0,366	-0,125	-0,647	0,707	-0,109	0,330	-0,325	0,488	0,033	0,012	.....

4.1.8 Influence de quelques paramètres agronomiques sur la répartition des nématodes

Les prospections réalisées dans les différentes stations conduites en intensif et en extensif dans la région de Tiaret, nous ont permis de recenser les paramètres agronomiques suivants ; 8 cultures maraichères (Pomme de terre, Oignon, Tomate, Piment, Laitue, Courgette, Pastèque et Fève), 5 types de sols et 6 types de précédents culturaux (Jachère, Céréales, Oignon, Fève, Laitue et Solanacée)

Nous avons réalisé des AFC pour analyser dans un premier temps l'impact du système de culture avec la culture pratiquée en place, et dans un deuxième le précédent cultural avec le type de sol sur la répartition des taxons. La classification hiérarchique ascendante (CAH), est réalisée afin de constituer les groupes ayant des caractéristiques semblables

4.1.8.1 Influence du système de culture et de la culture pratiquée

L'AFC établie est satisfaisante du moment qu'elle explique 65,4% de la variabilité totale, dont 29,1% de la variabilité sur le premier axe factoriel, 20% sur le second et seulement 16,3% de la variabilité totale sur le troisième axe. Les résultats de la CAH révèlent la présence de 4 groupes, mettant en évidence l'affinité de certains taxons avec les cultures pratiquées et le système de culture (figure 4.13 b).

Le groupe 1 représenté par les taxons *Telotylenchoides* et *Dorylaimus*, beaucoup plus attirés par la fève en extensif. Les taxons du 2eme groupe (*Bitylenchus*, *Helicotylenchus* et *Rotylenchulus*) strictement phytoparasites sont inféodés à la tomate conduite en intensif. Dans le groupe 3 qui contient 2 sous-groupes, le premier représenté avec les genres *Paratylenchus* et *Telotylenchus* qui s'avèrent inféodés à la laitue conduite en intensif et à la courgette conduite en extensif, et le deuxième sous-groupe avec les taxons *Quinisulcius* et *Tylenchorhynchus* qui semblent préférer le piment et la tomate cultivés en système extensif notamment. Le 4^{eme} groupe, rassemble 3 sous-groupes ; le premier où les genres *Pratylenchus* et *Ecumenicus* présentent une bonne affinité avec la culture de pastèque en intensif, le deuxième sous-groupe est représenté par les taxons les plus abondants et les plus fréquents quel que soit le système de culture ou la culture pratiquée qui sont ; *Tylenchus*, *Ditylenchus* et *Coslenchus*. Enfin le taxon *Aphelenchus* forme un sous-groupe

séparé, qui est généralement, peu abondants dans les cultures étudiées (figures 4.13).

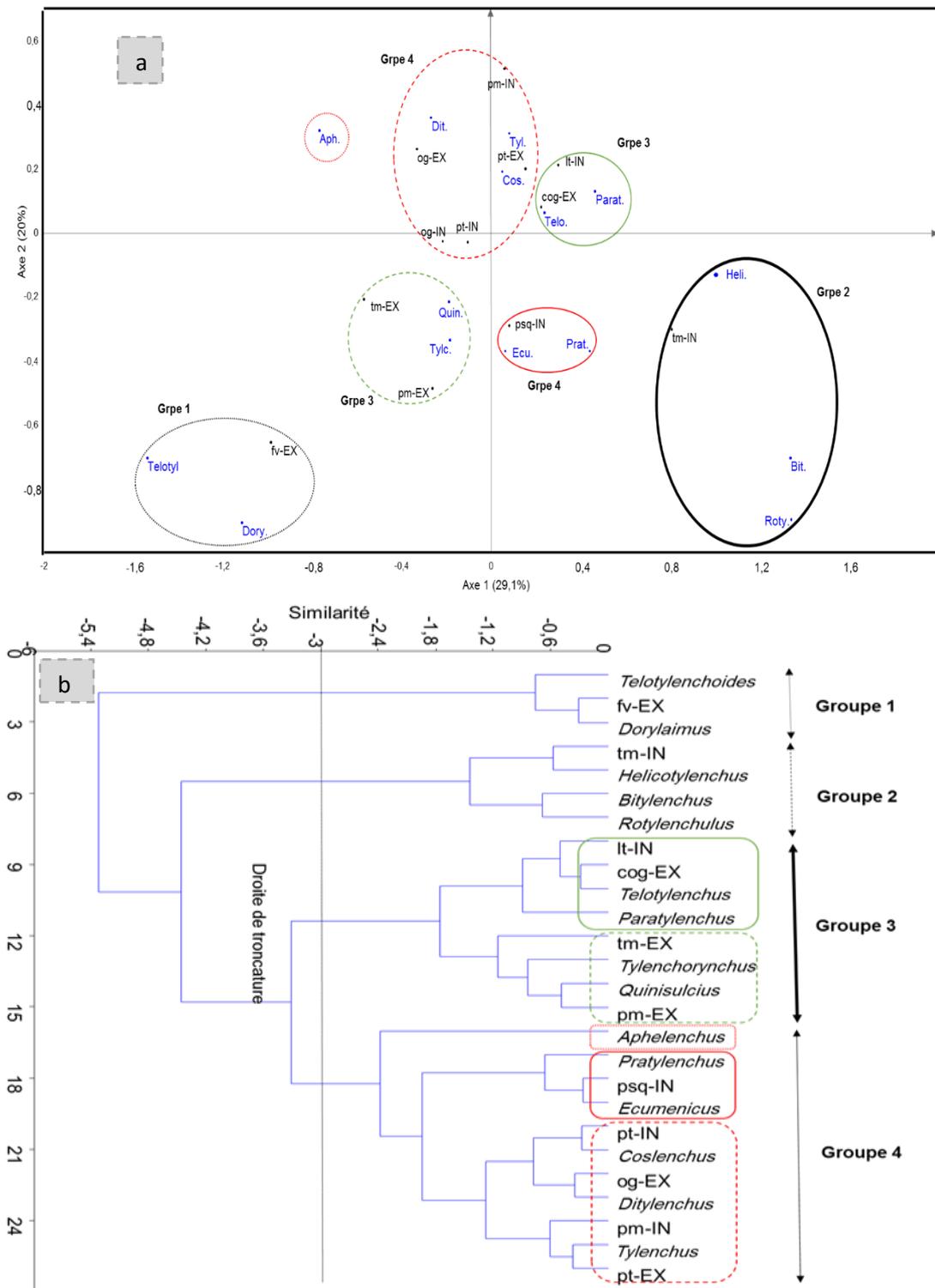


Figure 4. 13 : Projection des variables des abondances nématofauniques selon la culture pratiquée dans chaque système de culture considéré dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée. IN : Système intensif ; EX : Système extensif ; pt : Pomme de terre ; og : Oignon ; tm : Tomate ; pm : Piment ; psq : Pastèque ; fv : Fève ; It : Laitue ; cog : Courgette.

4.1.8.2 Influence du précédent cultural et du type de sol

La projection des variables des abondances des taxons nématofauniques, des précédents culturaux et des types de sols maraîchers sur le plan de l'AFC explique 79,2% de la variabilité totale, dont 39,3% de la variabilité sur l'axe 1, 23,5% sur l'axe 2 et 16,4% sur l'axe 3.

Les résultats de l'AFC et de la CAH (figure 4.14 a et b) révèlent la présence de 5 groupes dont deux sous-groupes du groupe 5 mettant en évidence une affinité des nématodes avec les précédents culturaux et le type de sol.

Dans le groupe 1, *Telotylenchoïdes* et *Dorylaimus* sont inféodés aux sols Humo limono-argileux calcaire et s'adaptent bien après les céréales, comme précédent cultural.

Le groupe 2 est représenté par des taxons strictement phytoparasites (*Bitylenchus*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus* et *Rotylenchulus*) qui abondent dans les sols limoneux calcaire humifère avec la laitue comme précédent cultural.

Les genres *Quinisulcius*, *Aphelenchus* et *Ecumenicus* sont beaucoup plus attirés par les précédents culturaux ; les céréales et les solanacées. Le 4^{ème} groupe est représenté par les genres *Tylenchus* et *Ditylenchus* qui abondent après l'oignon comme précédent cultural.

Pour les taxons du groupe 5 ; on distingue les genres *Tylenchorhynchus*, *Coslenchus*, et *telotylenchus*, qui n'ont pas de préférence à un sol précis ou précédent cultural et le taxon *Helicotylenchus*, qui pullule, notamment, après la fève (figure 4.14 b).

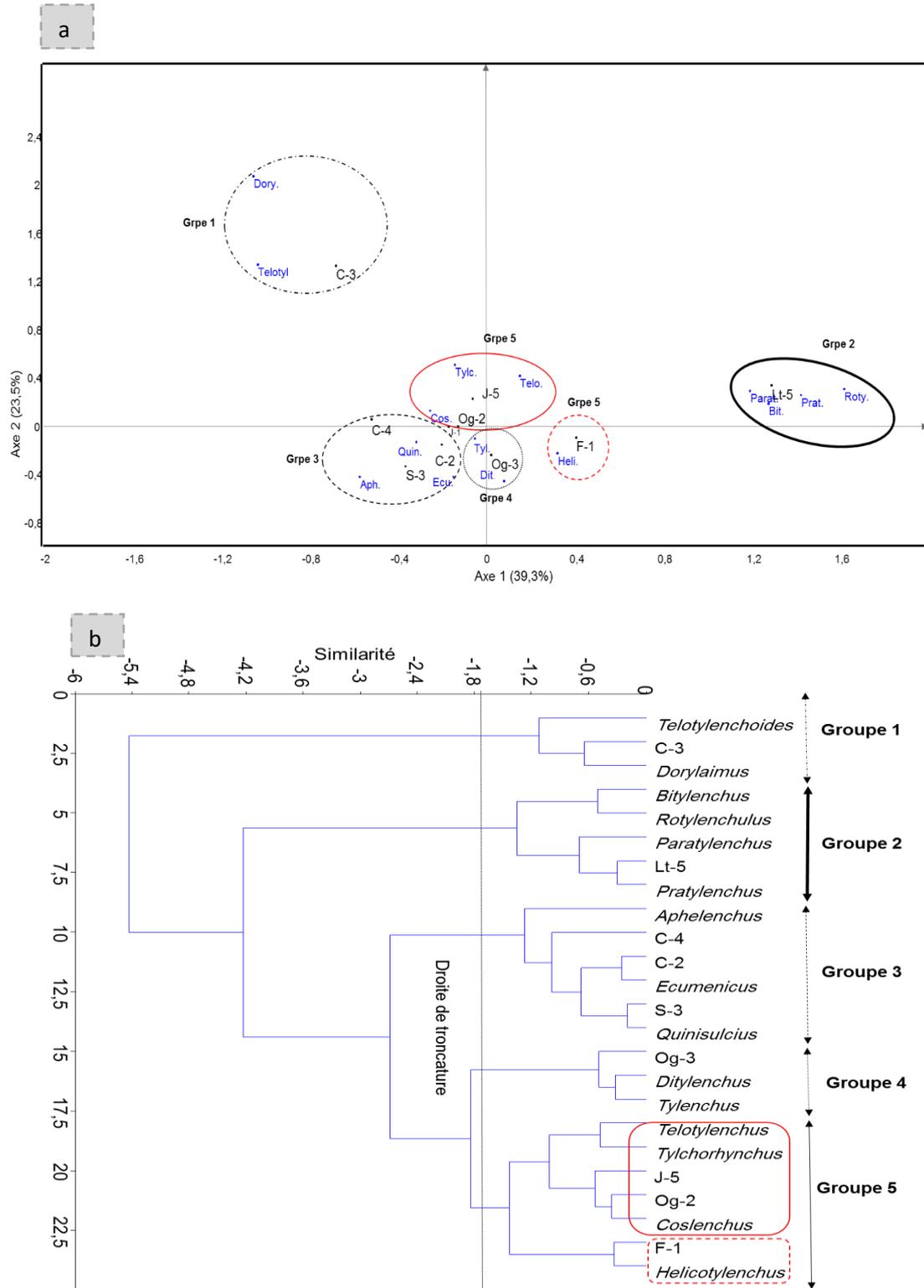


Figure 4.14: Projection des variables des abondances nématofauniques selon précédent cultural et du type de sol maraîcher dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée 1 : Sol humo argile sableuse ; 2 : Humo argile limoneuse calcaire ; 3 : Humo limono-argileux calcaire ; 4 : Calcaro argilo-sableux humifère ; 5 : Limoneux calcaire humifère ; J : Jachère ; C : Céréales ; S : Solanacée ; Og : Oignon ; Lt : Laitue ; F : Fève.

4.2 Evaluation globale de la diversité de l'acarofaune dans les sols maraichers de la région de Tiaret

4.2.1 Composition taxonomique du peuplement acarofaunique

Les résultats de l'inventaire et des abondances de l'acarofaune du sol échantillonnée dans les sols maraichers de la région de Tiaret sont consignés dans le tableau 4.8.

Tableau 4.8: Inventaire de l'acarofaune du sol dans les sols maraichers de la région d'étude.

Ordre	Famille	Espèces	Ni
Oribatida	<i>Carabodidae</i>	<i>Carabodes sp (Koch, 1836)</i>	2
	<i>Gustaviidae</i>	<i>Ceratoppia sp (Hermann, 1804)</i>	22
	<i>Phenopelopidae</i>	<i>Eupelops sp (Ewing, 1917)</i>	3
	<i>Oppiidae</i>	<i>Oppia bicarinata (Paoli, 1908)</i>	12
		<i>Oppia neerlandica (Oudemans, 1900)</i>	6
	<i>Oribatulidae</i>	<i>Oribatullidae sp (Berlese, 1896)</i>	1
	<i>Phthiracaridae</i>	<i>Phthiracarus sp (Nicolet, 1855)</i>	4
	<i>Scheloribatidae</i>	<i>Scheloribates sp (Berlese, 1908)</i>	33
Gamasida	<i>Gamasidae</i>	<i>Gamasidae sp</i>	25
Actinedida	<i>Actinedidae</i>	<i>Actinedidae sp</i>	1

L'inventaire réalisé au cours de cette étude a révélé une faible richesse en espèces: 10 taxons seulement ont été rencontrés. L'ordre des Oribates est le plus important représenté par 8 espèces, par rapport à celui des Gamasides et des Trombidiformes qui ne comptent qu'une seule espèce chacun.

L'espèce *Scheloribates sp* est la plus dominante avec 35 individus, suivie par *Gamasidae sp* et *Ceratoppia sp* avec 25 et 22 individus, respectivement. La quatrième position revient à *Oppia bicarinata* avec 12 individus, puis à *O. neerlandica* avec 6 individus, en cinquième position. Les autres espèces *Phthiracarus sp*, *Eupelops sp*, *Carabodes sp*, *Oribatullidae sp* et *Actinedidae sp*, ont des abondances très faibles ne dépassant pas les 4 individus (tableau 4.8).

4.2.2 Densité des acariens du sol en fonction du système de culture

Les densités globales des espèces des acariens du sol identifiées varient considérablement dans les sols maraichers en fonction du système de culture (figure 4.15).

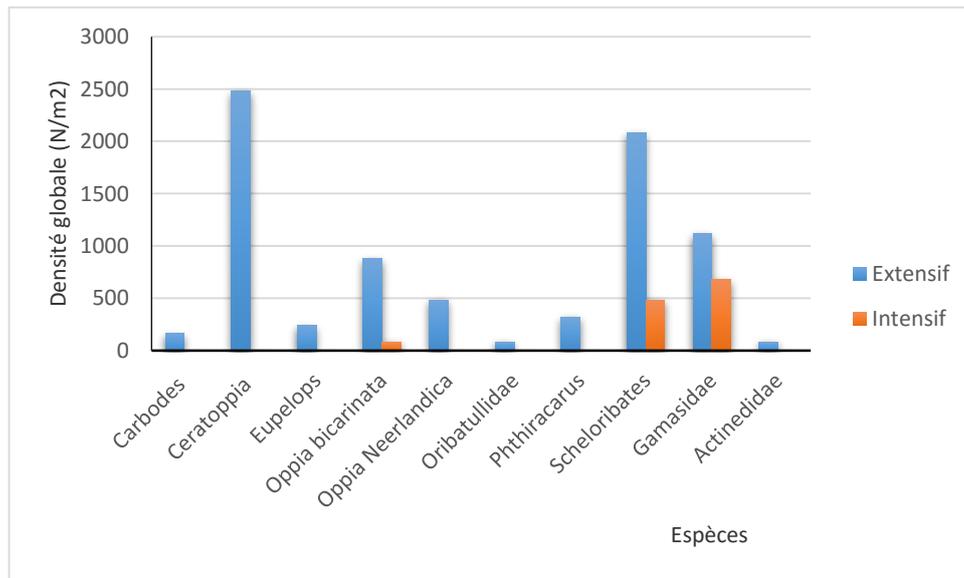


Figure 4.15: Répartition globale des taxons d'acariens en fonction du système de culture.

En effet, les espèces *Scheloribates sp* et *Ceratoppia sp* sont les plus abondantes dans le système de culture extensif avec des densités globales de 2480N/m² et 2080N/m² respectivement, suivies par *Gamasidae sp* avec une densité de 1120N/m² et *Oppia bicarinata* avec 880N/m². Les autres espèces sont faiblement représentées avec des densités ne dépassant pas les 480N/m² (figure 4.15).

En ce qui concerne les cultures conduites en intensif, on constate la présence de trois espèces seulement, en l'occurrence *Scheloribates sp*, *Gamasidae sp* et *Oppia bicarinata* avec des densités de 680N/m², 480N/m² et 80N/m², respectivement.

La comparaison des moyennes des densités de l'acarofaune par le test de Kruskal-Wallis a révélé une différence hautement significative entre le système intensif et extensif des cultures maraichères ($P=0,004 < 1\%$) et une différence non significative entre les taxons ($P=0,5 > 5\%$).

4.2.3 Diagnostic écologique de l'acarofaune dans les sols maraichers étudiés de la région de Tiaret.

4.2.3.1 Fréquence d'occurrence et constance des espèces identifiées selon les systèmes de culture

Les fréquences d'occurrence et les constances respectives des espèces identifiées dans le système de culture extensif, sont consignés dans le tableau 4.9.

Tableau 4.9: Statut écologique de l'acarofaune des systèmes maraichers étudiés et cultivés en extensif.

Espèce	Fréquence d'occurrence (C%)	Constance
<i>Scheloribates sp</i>	70	Régulière
<i>Gamasidae sp</i>	50	Régulière
<i>Oppia bicarinata</i>	40	Accessoire
<i>Phthiracarus sp</i>	30	Accessoire
<i>Carabodes sp</i>	20	Accidentelle
<i>Ceratoppia sp</i>	20	Accidentelle
<i>Oppia neerlandica</i>	20	Accidentelle
<i>Eupelops sp</i>	10	Accidentelle
<i>Oribatullidae sp</i>	10	Accidentelle
<i>Actinedidae sp</i>	10	Accidentelle

On constate la présence de 3 classes de constance des espèces sur les cultures conduites en extensif. La première classe est celle des espèces régulières *Scheloribates* et *Gamasidae*, la seconde classe, celle des espèces accessoires est représentée par *Oppia bicarinata* et *Phthiracarus*. Les autres espèces appartiennent à la classe des espèces accidentelles.

Concernant le système intensif, on distingue deux classes seulement, la classe des espèces accessoires *Scheloribates sp* et *Gamasidae sp* et une seule espèce accidentelle qui est *Oppia bicarinata* (tableau 4.10).

Tableau 4. 10: **Statut écologique de l'acarofaune des systèmes maraîchers étudiés et cultivés en intensif.**

Espèce	Fréquence d'occurrence (C%)	Constance
<i>Scheloribates</i> <i>sp</i>	44,4	Accessoire
<i>Gamasidae</i> <i>sp</i>	44,4	Accessoire
<i>Oppia bicarinata</i>	11,1	Accidentelle

4.2.3.2 Richesse et diversité globale des communautés des acariens des sols maraîchers étudiés

Les valeurs de la richesse spécifique selon les systèmes de cultures révèlent que le système extensif est le plus riche comprenant 10 espèces, alors que le système intensif n'en renferme que 3 espèces seulement. Les richesses acarofauniques comparées au niveau des cultures pratiquées, ne diffèrent pas beaucoup et oscillent entre 4 espèces sur la culture d'oignon et 6 espèces sur les cultures de tomate et de fève (figure 4.16).

Selon les types de sol, on constate que le type de sol calcaro argilo-sableux humifère est le plus riche avec 9 espèces, tandis que les sols humo argile sableuse et humo argile limoneuse calcaire sont plutôt pauvres avec 2 espèces représentées.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon – Weaver (Figure 4.17) sont pour la plupart inférieures à 2 bits. Le système extensif semble plus diversifié (1,8 bits) par rapport au système intensif (0,9 bits).

Selon les types de sol, les valeurs de l'indice de diversité sont pratiquement les mêmes et varient entre 1,4bits et 1,6bits. On remarque que le sol de type calcaro argilo-sableux humifère (sol 5) est le plus diversifié par rapport aux autres types de sol.

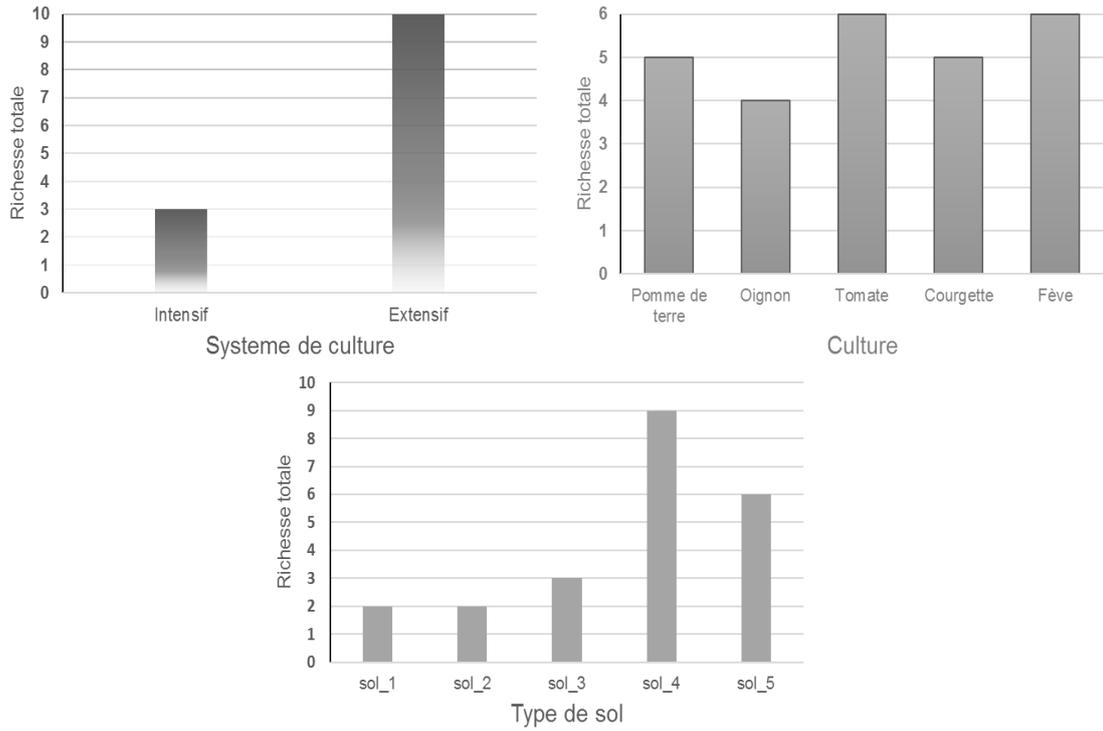


Figure 4. 16: Richesse globale des communautés d'acariens des sols maraichers étudiés dans la région de Tiaret.

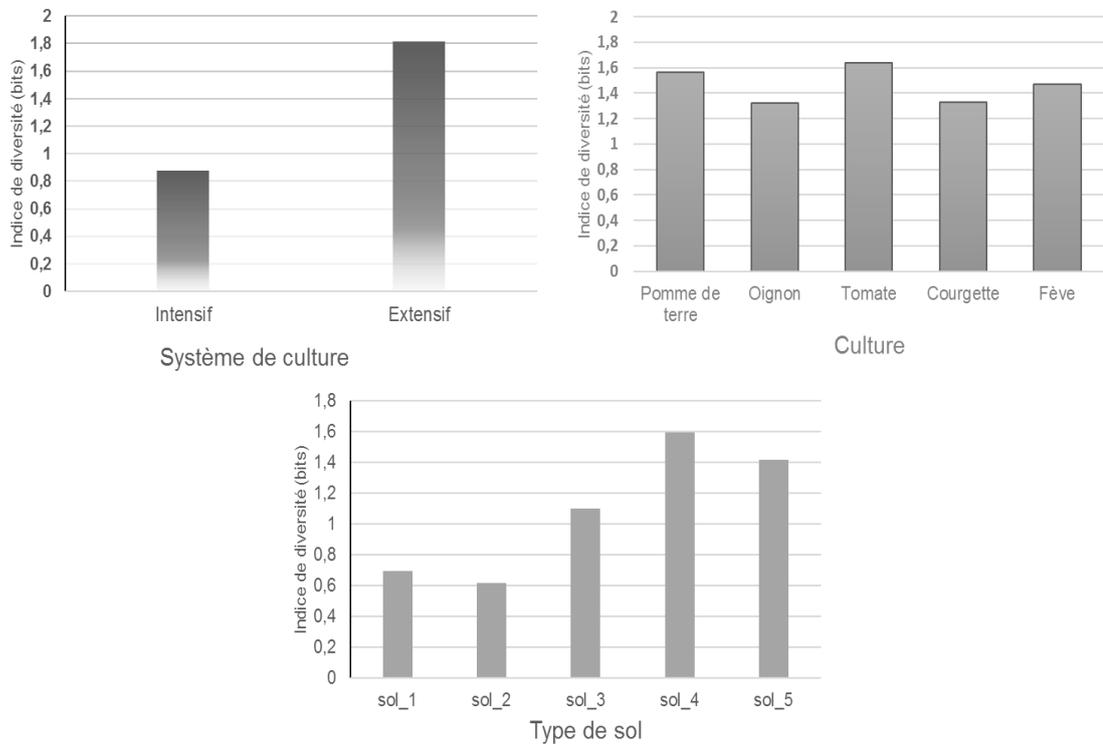


Figure 4.17: Variation de la diversité acarofaunale des sols maraichers dans la région de Tiaret.

4.2.4 Influence des facteurs édaphiques sur les acariens du sol maraîcher

4.2.4.1 Répartition des acariens selon les types de sol

Nous nous sommes posé la question de savoir comment se répartit la communauté acarofaunique selon les types de sols maraîchers investigués dans la région de Tiaret. Nous avons adopté pour cela une analyse en composantes principales (ACP) suivie d'une CAH afin de distinguer des groupes apparentés (figure 4.18 a et b).

Les résultats obtenus par l'ACP sont satisfaisants du fait que 90% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes ACP1x ACP2.

Les vecteurs correspondants aux sol-1 (Humo argile sableuse), sol-2 (Humo argile limoneuse calcaire) et sol-3 (Humo limono-argileux calcaire) sont très assemblées et proches du côté positif de l'axe 1 et qui ont en commun leurs richesse en matière organique. Les deux autres vecteurs du sol-4 (Calcaro argilo-sableux humifère) et sol-5 (Limoneux calcaire humifère) sont proches l'un de l'autre, et dans la même direction du côté négatif de l'axe 1 (figure 4.18a).

La classification hiérarchique ascendante (CAH), est réalisée afin de constituer des groupes de taxons ayant des caractéristiques semblables pour mettre en évidence l'affinité de ces taxons avec les différents types de sol. Les résultats révèlent la présence de 3 groupes (figure 4.18b). Le groupe 1 renferme les espèces *Scheloribates sp* et *Gamasidae sp* qui sont indifférents vis-à-vis du type de sol, avec une légère préférence aux sols riches en matière organique. Alors que l'espèce *Ceratoppia sp* qui présente une nette préférence pour les types de sol-4 et sol-5 ; Calcaro argilo-sableux humifère, Limoneux calcaire humifère, riche en matière organique. Pour les autres taxons du groupe 3, du fait qu'ils sont faiblement représentés, on constate qu'ils n'ont pas d'affinité avec les types de sol.

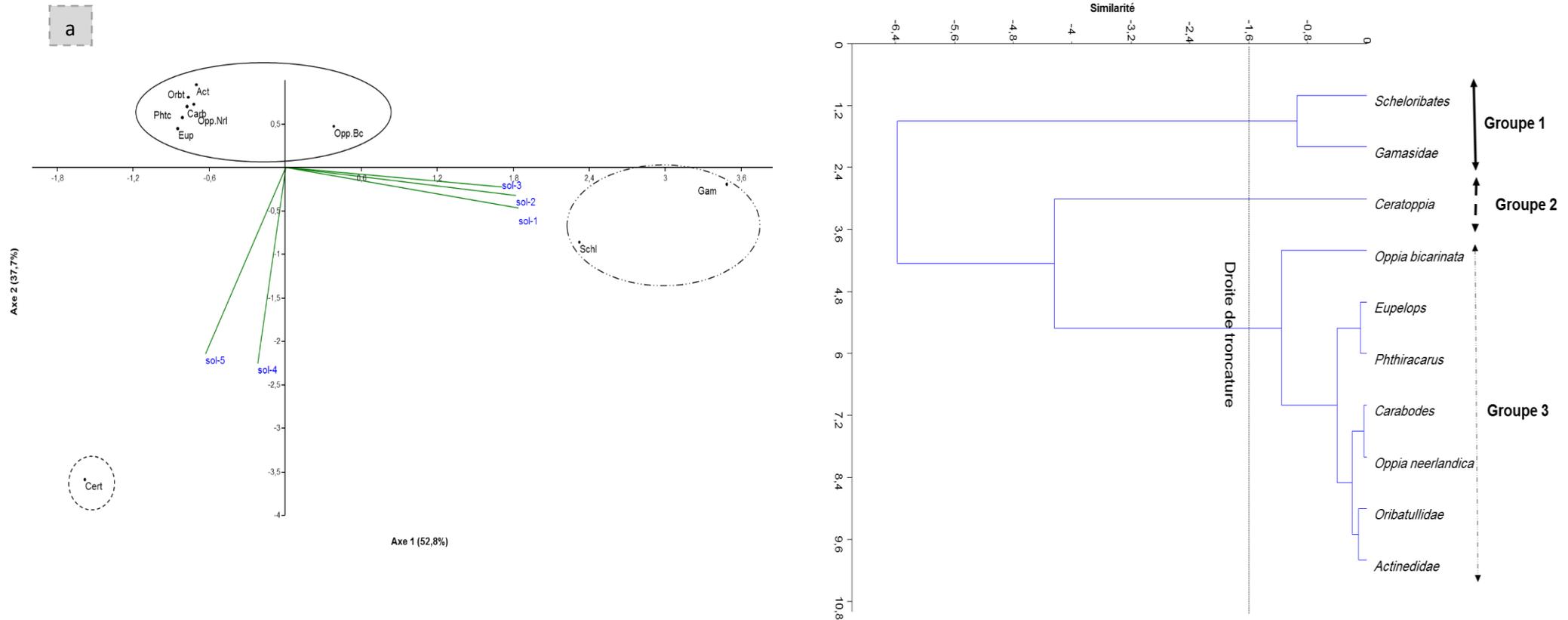


Figure 4. 18: Analyse en composantes principales et CAH associée sur la variation des taxons d'acariens en relation avec les types de sols maraîchers dans la région de Tiaret.

4.2.4.2 Influence des caractéristiques physiques des sols maraîchers étudiés sur l'acarofaune.

On a tenu compte que des corrélations obtenues entre les caractéristiques physiques et les abondances des acariens inventoriés. Les valeurs relatives aux corrélations des caractéristiques physiques apparaissent encadrées en vert, ceux des acariens en bleu, alors que les corrélations entre les deux paramètres sont représentés en blanc (tableau 4.11).

Les résultats dévoilent des corrélations négatives et significatives entre les taxons *Eupelops* ($p=0,04$) et *Oribatullidae sp* ($p=0,02$) avec le taux d'argile, ainsi qu'une corrélation négative marginale pour *Phytiracarus* ($P=0,06$). Les espèces *Oppia bicarinata*, *O. neerlandica* et *Scheloribates sp* présentent une très bonne affinité avec le sable fin d'où des corrélations positives ($p=0,008$, $p=0,04$ et p marginale= $0,08$ respectivement). Quant à l'espèce de gamaside, une corrélation marginale négative est signalée avec le taux de sable grossier. Ce même paramètre est corrélé positivement avec le taxon *Oribatullidae sp* ($p=0,04$) (tableau 4.11).

4.2.4.3 Influence des caractéristiques chimiques des sols maraîchers étudiés sur l'acarofaune.

Les résultats reportés dans le tableau 4.12 montrent d'une part que le calcaire total favorise le développement des taxons *Ceratoppia*, *O. bicarinata*, *O. neerlandica*, *Scheloribates* et *Actinedidae sp* d'où leurs corrélations positives et significatives vis-à-vis de ce facteur, (avec des probabilités associées respectives $p=0,05$; $0,01$; $0,02$; $0,04$ et $0,04$). Par contre, la teneur en matière organique affecte négativement *Oppia bicarinata*, avec une corrélation négative et une probabilité associée de $P=0,02$.

D'une autre part, des corrélations marginales positives sont signalées avec le taux du calcaire actif pour les taxons ; *Ceratoppia* ($p=0,07$), *Oppia neerlandica* ($p=0,07$), *Scheloribates* ($p=0,08$) et *Actinedidae sp* ($p=0,09$) (tableau 4.12).

Tableau 4.11: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons nématofauniques et les caractéristiques physiques des sols maraîchers étudiés.

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

	A	LF	LG	SF	SG	Carb	Cert	Eup	Opp.Bc	Opp.Nrl	Orbt	Phtc	Schl	Gam	Act
A	.....	0,553	0,354	0,458	0,379	0,126	0,458	0,040	0,677	0,925	0,026	0,060	0,954	0,537	0,997
LF	-0,249	.....	0,035	0,019	0,890	0,643	0,320	0,988	0,155	0,127	0,520	0,865	0,172	0,141	0,182
LG	-0,380	0,743	.....	0,096	0,966	0,994	0,605	0,681	0,100	0,236	0,367	0,800	0,277	0,272	0,361
SF	-0,308	-0,791	-0,627	.....	0,910	0,208	0,103	0,429	0,008	0,041	0,935	0,327	0,089	0,162	0,102
SG	-0,361	-0,059	0,018	0,048	.....	0,688	0,642	0,269	0,355	0,232	0,046	0,403	0,337	0,060	0,214
Carb	-0,588	-0,195	-0,003	0,499	0,169	.....	0,002	0,001	0,563	0,104	0,078	0,000	0,048	0,411	0,078
Cert	-0,308	-0,405	-0,218	0,617	-0,196	0,900	.....	0,062	0,224	0,003	0,534	0,023	0,000	0,052	0,001
Eup	-0,730	0,006	0,174	0,327	0,445	0,933	0,683	.....	0,987	0,468	0,004	0,000	0,307	0,978	0,411
Opp.Bc	-0,176	-0,554	-0,622	0,845	-0,379	0,242	0,484	0,007	.....	0,032	0,466	0,816	0,113	0,075	0,101
Opp.Nrl	-0,040	-0,586	-0,474	0,726	-0,477	0,616	0,887	0,301	0,751	.....	0,682	0,289	0,000	0,001	0,000
Orbt	-0,768	0,269	0,370	0,035	0,715	0,655	0,260	0,883	-0,303	-0,173	.....	0,015	0,892	0,242	0,736
Phtc	-0,687	-0,072	0,108	0,399	0,345	0,974	0,779	0,990	0,099	0,429	0,808	.....	0,170	0,768	0,242
Schl	-0,025	-0,535	-0,439	0,638	-0,392	0,710	0,941	0,415	0,604	0,968	-0,057	0,537	.....	0,006	0,000
Gam	0,258	-0,569	-0,443	0,546	-0,686	0,339	0,703	-0,012	0,660	0,925	-0,468	0,125	0,861	.....	0,002
Act	-0,002	-0,525	-0,374	0,618	-0,493	0,655	0,919	0,339	0,620	0,980	-0,143	0,468	0,988	0,912	.....

Tableau 4. 12: Corrélations de Pearson et probabilités associées entre les taxons nématofauniques et les caractéristiques chimiques des sols maraîchers étudiés.

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

	PH	MO	CaCo3 ttl	CaCo3 act	CE	Carb	Cert	Eup	Opp.Bc	Opp.Nrl	Orbt	Phtc	Schl	Gam	Act
PH	.....	0,934	0,692	0,569	0,059	0,511	0,287	0,806	0,685	0,272	0,742	0,683	0,142	0,389	0,208
MO	0,035	.....	0,038	0,132	0,178	0,111	0,115	0,185	0,020	0,111	0,467	0,146	0,168	0,393	0,215
CaCo3 ttl	-0,167	-0,735	.....	0,001	0,210	0,175	0,050	0,438	0,011	0,021	0,964	0,315	0,048	0,107	0,046
CaCo3 act	-0,239	-0,579	0,930	.....	0,183	0,152	0,077	0,336	0,113	0,079	0,820	0,248	0,080	0,268	0,092
CE	0,688	0,529	-0,497	-0,524	.....	0,439	0,397	0,552	0,210	0,352	0,805	0,500	0,293	0,732	0,448
Carb	-0,274	-0,607	0,531	0,557	-0,320	.....	0,002	0,001	0,563	0,104	0,078	0,000	0,048	0,411	0,078
Cert	-0,431	-0,601	0,690	0,656	-0,349	0,900	.....	0,062	0,224	0,003	0,534	0,023	0,000	0,052	0,001
Eup	-0,104	-0,521	0,321	0,392	-0,249	0,933	0,683	.....	0,987	0,468	0,004	0,000	0,307	0,978	0,411
Opp.Bc	-0,171	-0,789	0,828	0,604	-0,497	0,242	0,484	0,007	.....	0,032	0,466	0,816	0,113	0,075	0,101
Opp.Nrl	-0,443	-0,606	0,786	0,653	-0,381	0,616	0,887	0,301	0,751	.....	0,682	0,289	0,000	0,001	0,000
Orbt	0,140	-0,302	-0,019	0,097	-0,105	0,655	0,260	0,883	-0,303	-0,173	.....	0,015	0,892	0,242	0,736
Phtc	-0,172	-0,563	0,408	0,463	-0,281	0,974	0,779	0,990	0,099	0,429	0,808	.....	0,170	0,768	0,242
Schl	-0,568	-0,539	0,711	0,652	-0,426	0,710	0,941	0,415	0,604	0,968	-0,057	0,537	.....	0,006	0,000
Gam	-0,355	-0,352	0,611	0,446	-0,145	0,339	0,703	-0,012	0,660	0,925	-0,468	0,125	0,861	.....	0,002
Act	-0,499	-0,492	0,715	0,633	-0,314	0,655	0,919	0,339	0,620	0,980	-0,143	0,468	0,988	0,912	.....

4.2.5 Influence de quelques paramètres agronomiques sur la répartition des acariens des sols maraichers étudiés.

4.2.5.1 Influence des cultures pratiquées

Nous avons réalisé une AFC suivie d'une CAH (figure 4.19 a et b) pour expliquer comment se répartissent les communautés d'acariens des sols maraichers étudiés selon la culture pratiquée. Nous avons pris en considération 6 cultures (Pomme de terre, Oignon, Tomate, Laitue, courgette et fève), sachant que nous n'avons pas trouvé d'acariens au niveau des sols cultivés en piment et pastèque.

Les résultats obtenus par cette analyse sont satisfaisantes, (67,9%) de la variance est exprimée, sur le premier axe 34,9% et 23,9% sur le deuxième, et le troisième contribue à seulement 9,1%.

Le groupe 1 rassemble deux sous-groupes ; le premier est représenté par l'espèce des *Gamasidae* qui abonde sur la culture d'oignon et de la laitue, le deuxième sous-groupe comprend les taxons *Scheloribates*, *Ceratoppia*, *Oppia neerlandica* et *Actinedidae* qui se développent mieux sur la culture de fève.

Pour les taxon *Carabodes* et *O. bicarinata* du groupe 2, s'avèrent attirer par les cultures de pomme de terre et tomate. Quant au groupe 3 rassemblant les taxons *Phitracarus*, *Oribatullidae* et *Eupelops* semble préférer la culture de courgette.

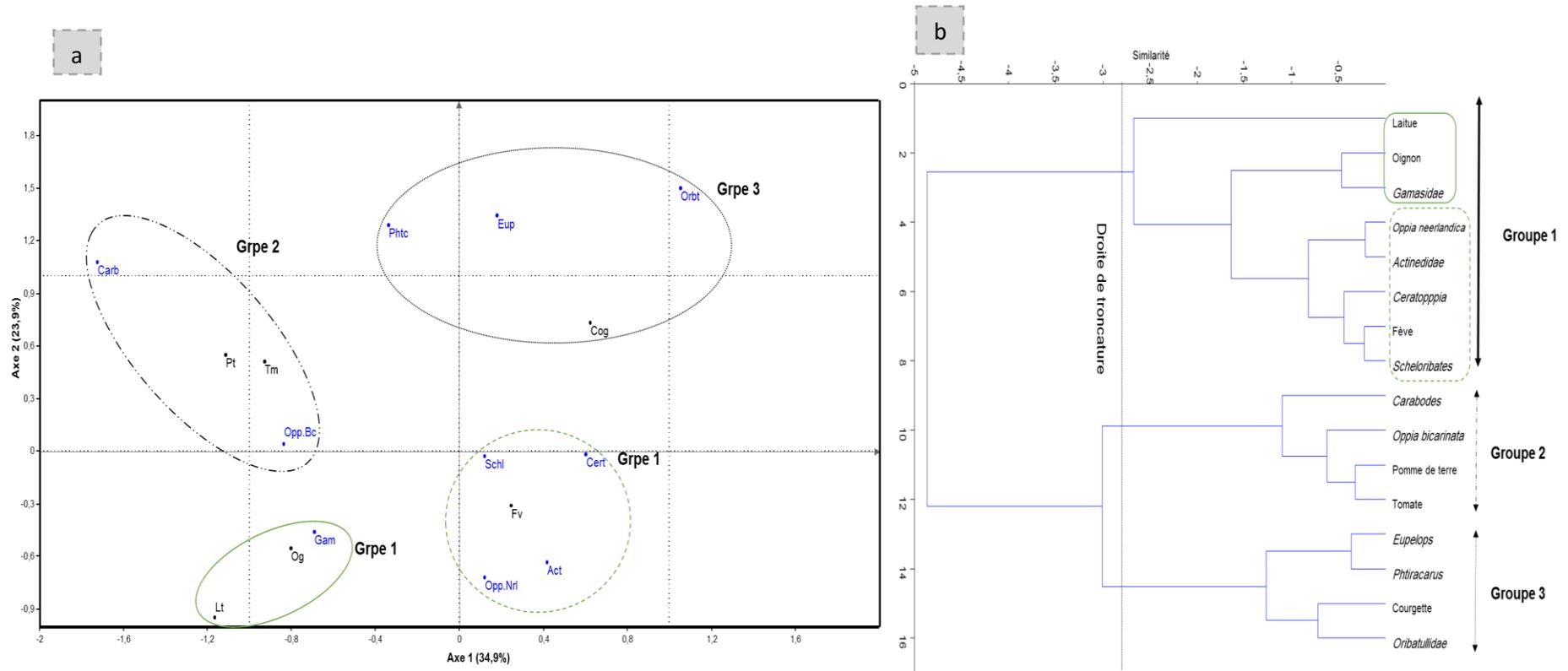


Figure 4.19: Projection des variables des abondances acarofauniques selon la culture pratiquée dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'ACF et CAH associée. pt : Pomme de terre ; og : Oignon ; tm : Tomate ; fv : Fève ; lt : Laitue ; cog : Courgette.

4.2.5.2 Influence du précédent cultural

Le système de rotation utilisé dans les stations maraichères étudiées repose sur les précédents culturaux suivant ; les céréales, les solanacées, la jachère, la fève et l'oignon. L'analyse de la densité des acariens par l'AFC explique l'affinité de certains taxons par rapport aux précédents culturaux employés (Figure 4.20a). Les axes factoriels de l'AFC expriment 65% de l'information, le premier axe contribue avec 32,7% et le deuxième avec 20,3%, le troisième avec seulement 12% de la variabilité totale.

La classification hiérarchique ascendante a montré la présence de deux groupes (figure 4.20b). La projection des groupes sur les axes factoriels met en évidence la contribution des précédents culturaux dans le développement de certains taxons.

En effet, les taxons *Scheloribates*, *Gamasidae*, *O. bicarinata* du groupe 1 s'avèrent indifférents vis-à-vis des précédents culturaux.

Le deuxième sous-groupe du groupe 2 représenté par les taxons *Oribatullidae*, *Ceratoppia*, *Phtiracarus*, *Eupelops* et *Carabodes* qui sont attirés par les milieux laissés en jachère. Ces taxons pullulent, notamment, après la jachère.

Les taxons du premier sous-groupe du groupe 2 *O. Neerlandica* et *Actinedidae* semblent n'avoir aucune corrélation avec les cultures pratiquées en rotation du fait qu'ils sont très peu abondants.

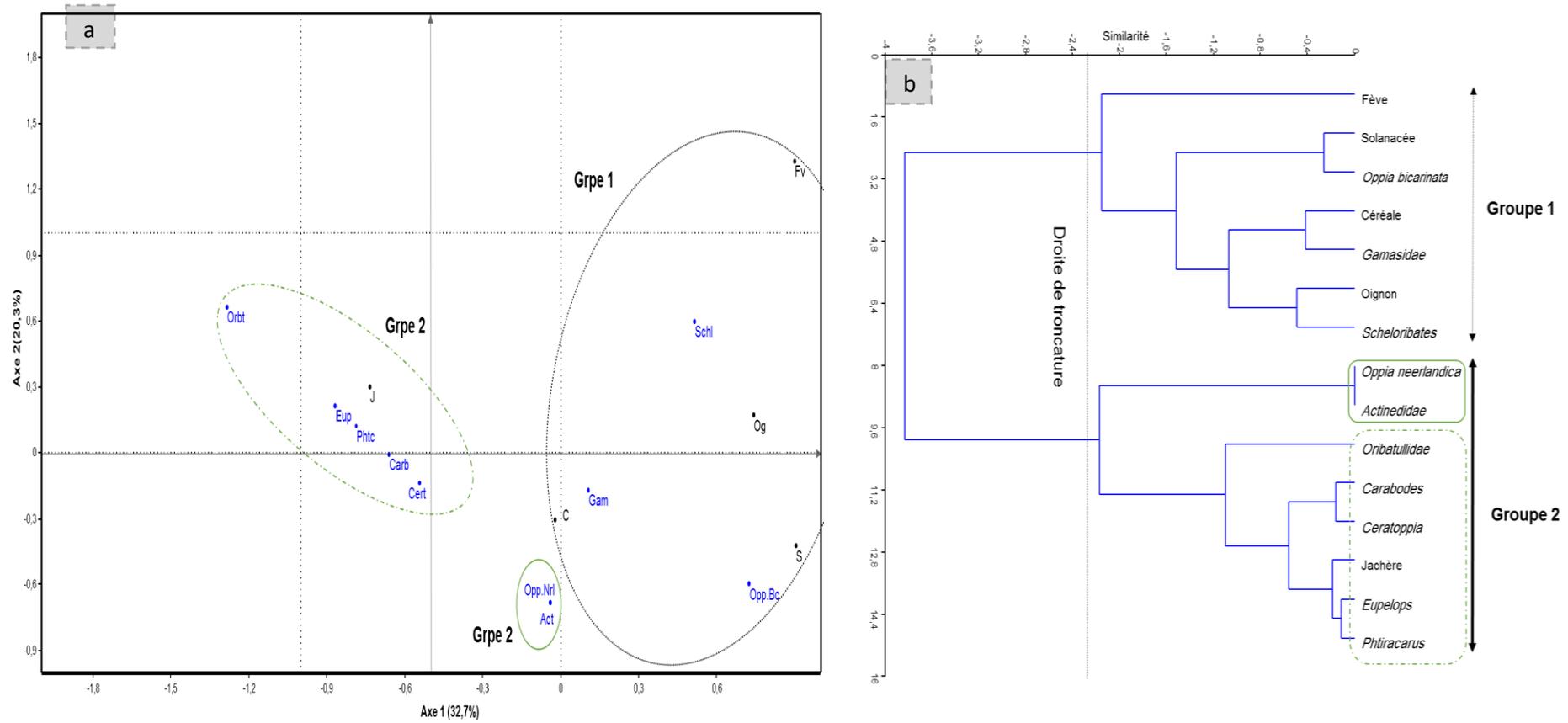


Figure 4. 20: Projection des variables des abondances acarofauniques selon le précédent cultural dans la région de Tiaret sur le plan factoriel de l'AFC et CAH associée. S : solanacée ; og : Oignon ; C : céréale ; fv : Fève ; J : jachère

4.3 Discussion

4.3.1 Composition taxonomique du peuplement des nématodes

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 20 espèces de nématodes associées aux cultures maraichères dans la région de Tiaret (*Aphelenchus sp*, *Bitylenchus sp*, *Coslenchus sp*, *Ditylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Histotylenchus sp*, *Dorylaimus sp*, *Ecumenicus sp*, *Telotylenchus sp*, *Telotylenchoides sp*, *Tylenchorhynchus sp*, *Mononchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Pratylenchoides sp*, *Paratylenchus sp*, *Trophurus sp*, *Tylenchus sp1*, *Tylenchus sp2*, *Rotylenchulus sp*, *Quinisulcius sp*).

Du point de vue des taxons rencontrés, notre inventaire se rapproche des investigations réalisées par NETSCHER [205] au Sénégal, DIONGUE [206] au Niger, NETSCHE et LUC [207] en Mauritanie, KANDJI et *al.*, [208] au Kenya et HLOUA & *al.* [209] en Tunisie sur culture de pomme de terre, de BELLAHAMOU [210] dans la région de Ouargla, et ceux de HADROUG [211] à Béjaia. Néanmoins, on remarque l'absence du genre *Meloidogyne*, le plus redoutable sur cultures maraichères, dans notre région ce qui est confirmé par les prospections réalisées par NEBIH HADJ-SADOK [19] sur les hauts plateaux.

Parmi les espèces identifiées, nos résultats rejoignent ceux de FODIL [212] et NEBIH HADJ-SADOK [19]. La plupart des taxons sont des phytoparasites, alors que seuls 3 espèces sont fongivores (*Aphelenchus*, *Ditylenchus* et *Tylenchus*) et 3 espèces sont des omnivores-prédateurs (*Dorylaimus*, *Ecumenicus* et *Mononchus*).

4.3.2 Répartition globale et structure des nématodes en fonction du système de culture

Les abondances moyennes des taxons identifiés varient considérablement sur les cultures maraichères de la région de Tiaret. Nous avons constaté que les genres *Ditylenchus* et *Tylenchus* sont dominants quel que soit le système de culture employé (Intensif ou extensif). En revanche, le taxon *Quinisulcius* domine sur les cultures conduites en extensif, tandis que *Pratylenchus* et *Tylenchorhynchus* sont moyennement abondants dans les deux systèmes de culture. TRAORE & *al.* [213] mentionnent l'espèce *Tylenchorhynchus* est le plus abondant sur sorgho et BRIAR et

al. [214] signalent la dominance de l'espèce *Pratylenchus* sur les cultures de Maïs et de tomate.

Les résultats de nos investigations ont mis en évidence que l'abondance des taxons des nématodes identifiés ne diffère pas significativement entre les deux systèmes de culture. BRIAR et *al.* [214] a observé dans ce contexte une différence non significative de l'abondance des espèces phytoparasites entre les deux systèmes de culture. Par contre, BERKELMANS et *al.* [215] ont constaté que les apports organiques et les apports synthétisés réduits des pratiques culturales favorisent la multiplication des espèces prédateurs-omnivores et éliminent l'espèce *Pratylenchus* comparé au système conventionnel. D'ailleurs l'intensification de l'agriculture nécessite généralement des pratiques comme l'addition des composés synthétiques (pesticides, fertilisants), la manipulation des résidus organiques et leur incorporation dans le sol [216]. Il s'est avéré que le travail et l'amendement du sol influencent la structure (diversité et densité) de la communauté des nématodes [217]. Ainsi, selon HLOUA et *al.* [209], l'espèce *Globodera* est plus abondant dans une culture intensive de pomme de terre, et *Pratylenchus* est plus dominant dans le système extensif [218].

En général, nos résultats s'accordent avec ceux de WARDLE [219], qui a trouvé, à travers une synthèse de 63 études, que l'abondance ou la diversité des nématodes n'était pas affecté par les systèmes des cultures [220].

A la question de savoir quels sont les nématodes qui abondent et fréquentent les sols maraîchers étudiés, nous avons examiné les diagrammes de fréquence-abondance. A cet effet, il a été constaté que tous les densités des taxons identifiés dépassaient le seuil d'abondance établi par FORTUNER et MERNY [201] dans les deux systèmes de cultures. Nous avons distingué une différence seulement pour les genres *Dorylaimus*, *Pratylenchus* et *Paratylenchus* qui sont plus fréquents dans le système intensif que dans le système extensif, tandis que *Telotylenchoides* est plus fréquent sur le système extensif. Les nématodes des genres *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Paratylenchus* et *Tylenchorhynchus* sont des parasites actifs sur les cultures maraichères. Ils se multiplient rapidement sur ces spéculations et sont susceptibles de causer des pertes de rendements importants. DE GUIRAN et NETSCHER [221] ; DE GUIRAN [222] affirment que *Pratylenchus* et *Ditylenchus* sont extrêmement polyphages et sont parmi les genres les plus redoutables en région

méditerranéenne, ils se développent sur céréales [214, 223]; riz [224]; fève [225] et la vigne [226]. Les nématodes des genres *Bitylenchus*, *Rotylenchulus*, *Histotylenchus*, *Helicotylenchus* et *Trophurus* sont peu fréquents dans les sols maraîchers étudiés 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, comme le tabac [227] ; tomate et gombo [228] et le sorgho [213].

Divers auteurs ont signalé l'importance particulière des nématodes à galles sur les cultures maraîchères, suivis par les genres suivant par ordre d'importance ; *Rotylenchulus spp.*, *Ditylenchus spp.*, *Pratylenchus spp.*, *Globodera* et *Heterodera spp.*, *Trichodorus spp.*, *Belonolaimus spp.*, ainsi que d'autres espèces qui sont d'importance mineure de point de vue pertes économiques [85].

Les taxons *Tylenchus*, *Coslenchus*, *Quinisulcius*, *Ditylenchus* et *Ecumenicus* sont très abondants et fréquents sur les principales cultures maraîchères prospectés (Pomme de terre, Oignon, Tomate et Piment), ce qui permet de dire qu'ils sont dans les conditions écologiques particulièrement favorables à leur multiplication. En effet, NORTON et NIBLACK [229], confirment que la multiplication des nématodes est en relation avec la qualité et la disponibilité des ressources alimentaires, les relations biotiques avec les microorganismes du sol et les facteurs physico-chimiques du milieu. Selon, HADROUG [211], FODIL [212] et NEBIH HADJ-SADOK [19], les taxons *Tylenchus* et *Coslenchus* seraient peu fréquents sur les cultures maraîchères. Nos investigations ont montré que le nématode du genre *Ditylenchus* considéré très redoutable sur l'oignon, est très fréquent sur cette culture par rapport aux autres cultures pratiquées. Nos résultats ont révélé que *Pratylenchus* et *Rotylenchulus* sont abondants sur toutes les cultures, notamment sur tomate où ils sont plus fréquents par rapport aux autres cultures. BRIAR et al. [214] et HLAOUA et al. [209] confirment en effet que *Pratylenchus* est très abondant sur tomate, pomme de terre, et il a été fréquemment lié à la culture du sorgho [230, 231, 232, 233].

Les populations de nématodes ne restent pas stables en subissant 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 [234]. Selon VILLENAVE et al. [235], 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.

4.3.3 Distribution des groupes trophiques dans les sols maraichers

Selon les systèmes de culture et les cultures pratiquées, quatre groupes trophiques, bien que fixes du point de vue composition, ont été retrouvés à des proportions variables dans la région maraîchère étudiée

Les nématodes bactériovores et phytoparasites ont été les plus dominants dans la totalité des stations prospectées. Le premier groupe représente une composante dominante de la nématofaune dans les cultures conduites en intensif. Ceci est probablement dû aux différents amendements organiques et chimiques ainsi que la modification de la structure physique du sol par les travaux mécaniques répétés comme il a été observé par FRECKMAN [75] et HLAOUA et *al.* [209]. Les nématodes fongivores viennent en troisième position et présentent une abondance relative moyenne ne dépassant pas les 17%. Plusieurs auteurs soulignent que les nématodes mycophages sont plus importants dans les sols où le système de culture est diversifié [209, 236]. Selon YEATES et BONGERS [76], le rapport des bactériovores et fongivores est conçu comme indicateur de la voie de décomposition de la matière organique. La dominance des nématodes bactériovores pourrait être due à un milieu perturbé et stressé comme le confirment en partie les travaux de KORENKO et SCHMIDT [237] qui expliquent contrairement, que les mycophages dominent dans les systèmes inertes ou peu perturbés. Néanmoins, LIANG et *al.* [238] ; et VILLENAVE et *al.* [239], BULLUCK et *al.* [240] soulignent une augmentation de l'abondance des nématodes bactériovores et fongivores lors de l'application du fumier organique, par rapport à l'application d'une fertilisation chimique. D'ailleurs, une forte multiplication des nématodes bactériovores est peut-être liée directement à des populations élevées des bactéries associées aux amendements organiques [240]. D'autres travaux menés par TODD et *al.* [241] ; BRIAR et *al.* [242] ont révélé par contre que l'abondance des nématodes bactériovores dans une prairie naturelle était inférieure en comparaison avec un écosystème cultivé, contrairement aux nématodes phytoparasites et fongivores qui sont beaucoup plus abondants dans les prairies naturelles.

Certains travaux ont montré que les nématodes phytoparasites sont plus abondants dans les sols peu perturbés que dans les sols fréquemment travaillés [237, 243]. Ceci est probablement dû à la richesse en plantes et à la présence permanente des systèmes racinaires sur lesquels ils peuvent prélever leurs besoins. Dans notre étude, les nématodes phytoparasites sont les plus importants dans les stations conduites en extensif. Ainsi, KORENKO et SCHMIDT [237] considère que la nature des plantes présentes semble déterminer fortement l'abondance et l'activité de la nématofaune phytoparasite. Tandis que, FERRIS *et al.* [244] et MCSORLEY et FREDERICK [245] ont observé que les apports organiques et les pratiques culturales limités favorisent la multiplication des nématodes bactérivores et omnivores-prédateurs et diminuent les phytoparasites, comparé au système conventionnel. D'autres travaux montrent également que la suppression des nématodes phytoparasites est due à l'addition des amendements organiques et l'enfouissement des résidus végétales dans le sol [246, 247, 248].

Comparé aux autres groupes de nématodes, les prédateurs et les omnivores ont des proportions très faibles. Ceci est expliqué par les travaux de FERRIS *et al.* [249] qui ont montré que dans les premiers 15cm du sol, le nombre de ces deux groupes nématofauniques est probablement au-dessous du niveau duquel ils auront un impact sur la régulation des populations des autres nématodes. Ce groupe de nématodes se caractérise par une taille relativement grande et ils sont généralement les plus sensibles aux changements de l'écosystème. D'ailleurs, ils utilisent les macropores du sol pour se déplacer et effectuer leurs activités trophiques. Ainsi, la compaction des sols a un effet négatif sur ces nématodes [250]. Ils sont aussi sensibles aux herbicides et autres pesticides ainsi qu'à l'application de la fertilisation minérale et les pratiques culturales en agriculture conventionnelle [112, 249, 251].

Les facteurs comme le système de culture et le précédent cultural n'affectent pas significativement l'abondance relative des groupes trophiques rencontrés lors de cette étude. L'abondance des communautés nématofauniques est alors strictement en relation avec la nature du groupe trophique. En effet, BRIAR *et al.* [214, 242] montrent qu'il y'a une différence significative pour les nématodes bactérivores entre les systèmes de culture conventionnel et organique et n'ont pas pour les autres groupes trophiques. Généralement, les apports organiques externes dans la forme du compost d'origine animale ou végétale augmentent l'activité et la biomasse

microbienne [252, 253]. En conséquence, l'augmentation des bactérivores est peut-être attribué à l'augmentation dans la biomasse microbienne [249].

4.3.4 Diagnostic écologique des communautés des nématodes dans les sols maraichers

Le nombre total des genres et les différents indices de diversité permettent selon YEATES et *al.* [243] de distinguer entre différents systèmes de culture. FERRIS et *al.* [249] ont signalé que la notion de diversité comme indicateur de stabilité peut fournir un aperçu sur la variation des conditions et la résilience des fonctions composantes du système sol.

Selon le système de culture, nous avons trouvé que le système extensif est plus riche avec 19 taxons que le système intensif avec 15 taxons. Dans les cultures pratiquées, on constate que la pomme de terre, l'oignon, la tomate et le piment sont les plus riches génériquement par rapport aux autres cultures. Les valeurs de la richesse dans les 5 types de sol varient de 12 à 15 espèces.

Les système extensif et intensif paraissent similaires du point de vue de la diversité nématofaunique. En effet, YEATES et BONGERS [76] ; BRIAR et *al.* [242] et GARCIA-RUIZ et *al.* [220] révèlent qu'il n'y a pas de différence dans la diversité entre le système conventionnel et organique. Les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver (H') varient de (1,8 à 2,6bits) dans les cultures, les cultures de pomme de terre, piment et tomate sont les plus diversifiées avec des valeurs presque similaires oscillant entre (2,5 et 2,6bits). Par ailleurs, la diversité ne diffère pas entre les 5 types de sols maraichers oscillant entre 2,4 et 2,5bits.

KORENKO et SCHMIDT [237] considèrent que la plus grande diversité de la nématofaune existe dans les sols peu travaillés, tandis que NEHER [254] a trouvé que l'absence des racines vivantes durant une très longue période de l'année limite l'augmentation du peuplement des nématodes surtout les parasites des plantes. Les études révèlent que la diversité nématologique varie selon les agrosystèmes et les communautés des nématodes sont plus diversifiées dans le système non conventionnel par rapport au système conventionnel [112, 255, 256, 257]. Des valeurs de diversité comparable à nos résultats sont obtenues sur céréales (2-2,3) par HU et Qi [258]. Par contre, des valeurs de diversité plus faibles sont enregistrés

par NEBIH HADJ-SADOK [19] sur culture maraichères (0,67-1,23), HLAOUA et *al.* [209] sur culture intensive de pomme de terre (0,57-0,98) et GARCIA-RUIZ et *al.* [220] sur des vergers d'oliviers (0,36-0,77). Tandis que, BRIAR et *al.* [242] ont constaté que le système cultivée est plus diversifié avec une valeur de $H'=2,4$, par rapport au système naturel (prairie) avec une faible diversité (1,74). Cependant, les prairies naturelles sont considérées plus riches génériquement et plus diversifiées que les systèmes agricoles [241, 259].

Des indices de maturité (IM) faibles indiquent que l'environnement est plus perturbé avec la présence d'une importante population de nématodes colonisateurs caractérisés par une faible valeur de c-p (cycle court, grande faculté de reproduction). Des indices élevés montrent par contre, que le milieu est peu perturbé et présente un haut degré de persistance dans la population de nématodes caractérisé par une grande valeur de c-p (nématodes à cycle long et à faible taux de reproduction) [111, 244]. Dans la présente étude, entre les deux systèmes de culture on a trouvé la même valeur de IM qui est de 2,8 indiquant un faible degré de perturbation du milieu qui résulte des abondances élevées des espèces persistantes (le cas de *Dorylaimus et Ecumenicus*). DONG et *al.* [260] ont trouvé la même valeur de l'IM=2,02 entre les systèmes conventionnel et non-conventionnel., alors que BRIAR et *al.* [242] ont souligné une différence entre le système conventionnel et organique avec des valeurs respectives de IM 2 et 2,2. Cependant, GARCIA-RUIZ et *al.* [220] indiquent de leur côté que le système conventionnel est plus perturbé comprenant une grande abondance des nématodes bactérivores opportunistes de c-p1. Sur des vergers d'oliviers conduits en système conventionnel et organique, ces mêmes auteurs ont trouvé des valeurs respectives de l'IM de 3,1 et 3,4. Dans un système naturel (une prairie), l'indice de maturité est élevé avec une valeur de 3,4 d'après les travaux de BRIAR et *al.* [242]. Les systèmes non perturbés sont associés en général à des communautés de nématodes persistantes de c-p (3-5) [214, 244, 251].

Selon les cultures pratiquées, les valeurs de l'IM oscillent entre (2,5 et 3,35). La valeur la plus élevée est signalée dans la culture de pastèque (3,35), ou on remarque une grande abondance de l'espèce *Ecumenicus* caractérisé par une valeur de c-p5, la valeur la plus faible est observée sur la culture de laitue (2,5) due à l'abondance des espèces de la famille des *Tylenchidae* caractérisée par une valeur de c-p2. HLAOUA et *al.* [209] ont enregistré des valeurs très faibles de l'IM (0,33 et 1,47) sur des cultures

intensives de pomme de terre, tandis que, FRECKMAN et ETTEMA [112] ont retrouvé des valeurs comparables avec les nôtres (2,42 et 2,65) pour des cultures annuelles.

Le rapport des groupes trophiques (NF+NB/NP) (IW) proposé par WASILEWSKA [114] 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.

Dans ce travail, les valeurs de IW sont généralement faibles, selon les systèmes de cultures. On a constaté dans le système extensif une abondance importante des nématodes phytoparasites par rapport aux autres groupes trophiques (IW=0,85), contrairement au système intensif qui abrite beaucoup plus les nématodes bactériovores avec une valeur de IW=1,56. Ce qui est confirmé par les travaux de DONG et *al.* [260] (3,71-16,72) qui a constaté que la densité des nématodes bactériovores diminue dans le système agricole non conventionnel, Pour les cultures pratiquées, les valeurs de IW oscillent entre (0,77 et 2,58), La valeur la plus élevée est enregistrée dans la culture de fève (2,58) indiquant la forte dominance des nématodes bactériovores sur cette culture, les valeurs les plus faibles de IW (0,77 et 0,9) sont observées sur les cultures de piment et de courgette indiquant ainsi des abondances très élevées des nématodes phytoparasites par rapport aux bactériovores. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles trouvées par NEBIH HADJ-SADOK [19] sur cultures maraichères (7,19-37,78). Par ailleurs, NEHER et CAMPBELL [261] dans une culture annuelle (champs de soja) enregistre un rapport de 0,11 alors que dans une culture pérenne de *Festuca*, le rapport est de 0,2.

4.3.5 Influence des facteurs édaphiques sur les communautés des nématodes

BARDGETT [7] a argumenté que la première étape pour comprendre les facteurs qui contrôlent l'abondance et l'activité des organismes du sol et entraînent la variabilité spatiale et temporelle dans les communautés biologiques, est de comprendre la matrice physico-chimique dans laquelle ils vivent. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, non seulement, influencent l'activité biologique du sol, mais elles sont modifiées aussi par les organismes du sol. Plusieurs propriétés physiques, chimiques et biochimiques qui déterminent le sol et sa variabilité spatiale

et temporelle, contribuent à définir le type ou la qualité du sol [185]. En conséquence, les propriétés du sol ne sont pas prises individuellement pour donner une estimation appropriée de la qualité du sol [220]. Selon HENIN [185], on peut définir un type de sol suivant la texture et son taux en calcaire et en matière organique.

Dans ce travail, les types de sol définis dans la région d'étude sont au nombre de cinq ; Sol-1 : Humo Argile sableuse, Sol-2 : Humo Argile limoneuse calcaire, Sol-3 : Humo Limono-argileux calcaire, Sol-4 : Calcaro Argilo-sableux humifère, Sol-5 : Limoneux calcaire humifère. L'analyse de l'ACP a révélé une certaine affinité des taxons de nématodes vis-à-vis de ces types de sol.

Les espèces *Rotylenchulus*, *Bitylenchus*, *Paratylenchus*, *Telotylenchus* et *Helicotylenchus* qui sont exclusivement phytoparasites, semblent n'avoir aucune affinité vis-à-vis des types de sol maraîchers étudiés. D'ailleurs, ces espèces sont généralement peu abondants ou absents sur ces sols maraichers, et nous pouvons dire que ces espèces phytoparasites ne supportent pas la nature argileuse et lourde des sols de la région d'étude. Toutefois, la sensibilité prononcée des nématodes phytoparasites aux sols argileux, a été signalée précédemment par la littérature scientifique [262, 263, 264]. Tandis que, les espèces *Aphelenchus*, *Dorylaimus* et *Tylenchorhynchus* préfèrent les sols plus ou moins lourds, humifères et peu calcaires. Par ailleurs, l'espèce phytoparasite redoutée *Pratylenchus* qui est très polyphage, s'avère inféodée au sol limoneux. En ce qui concerne les genres *Coslenchus*, *Ditylenchus*, *Ecumenicus*, *Tylenchus* et *Quinisulcius*, ils sont généralement très abondants et se développent sur tous les types de sols prospectés. En revanche, les résultats obtenus par HLAOUA et al. [209] et CADET et DEBOUZIE [218] montrent le manque d'affinité des taxons phytoparasites *Globodera*, *Meloidogyne* et *Pratylenchus* à l'égard des sols lourds. En effet, 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* sp. (Endoparasite migrant) se rencontre préférentiellement dans les sols argileux alors que *Meloidogyne* sp. (Endoparasite sédentaire) est plutôt observé dans les sols sableux [263]. De plus, ESTIOKO et REYES [265], 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.

Selon KANDJI et *al.* [208], les corrélations entre les propriétés physico-chimiques du sol jouent un rôle important dans l'abondance, la distribution et la structure des communautés de nématodes. Les propriétés physico-chimiques du sol n'affectent pas significativement les communautés des nématodes au niveau trophique. Les communautés de phytophages et de fongivores occupent la même niche écologique, et il serait donc probable que cela soit dû à une absence de compétition alimentaire entre ces deux groupes. En effet, plusieurs auteurs confirment que les nématodes fongivores n'ont pas un régime alimentaire fixe et peuvent être à la fois phytoparasites (poils absorbants) et fongivores, comme c'est le cas d'*Aphelenchus* et *Tylenchus* [94, 266, 267]. Aussi, une corrélation positive est enregistrée entre les nématodes bactériovores et omnivores-prédateurs comme l'ont trouvé NAHAR et *al.* [248] qui mentionnent par ailleurs une corrélation négative entre les nématodes libres et les phytoparasites. Pour cette raison, l'un des objectifs majeurs d'une agriculture durable, est d'augmenter la population des nématodes libres et de diminuer celle des nématodes phytoparasites [214].

Nos résultats ont mis en évidence que la texture et les propriétés chimiques du sol n'ont pas une influence importante sur le développement des groupes trophiques des nématodes. Néanmoins, on constate que les nématodes bactériovores peuvent être affectés par le taux de sable fin et la salinité des sols (Conductivité électrique, CE) peut inhiber le développement des nématodes phytoparasites et fongivores. Les sols sableux à texture grossière sont favorables à la survie et au développement des nématodes [263, 264], notamment les bactériovores, la conductivité électrique est corrélée positivement avec les nématodes libres, alors que les sols argileux inhibent fortement le développement de tous les groupes trophiques des nématodes [19]. Le pH agit positivement sur le groupe des phytoparasites et fongivores, tandis que la matière organique qui affecte négativement le développement des taxons phytoparasites [19, 246, 248, 268].

Toutefois, les nématodes, par leurs excréments, contribuent à améliorer la stabilité structurale des sols. Il a été constaté que les acides humiques synthétisés étaient généralement plus abondants dans les débris végétaux après un développement massif des nématodes. Ainsi qu'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 [41 ; 269]. En présence de nématodes bactérivores et fongivores plus d'azote est disponibles sous la forme d'ammonium qu'en leur absence [270].

Plusieurs auteurs soulignent par contre que la matière organique favorise la multiplication des nématodes bactérivores et fongivores [75, 240, 271, 272, 273] et celle des nématodes omnivores-prédateurs [252, 272, 268]. 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 [274].

D'après nos résultats, le sable grossier favorise la pullulation des taxons *Bitylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* et *Paratylenchus*. Tandis que l'espèce *Histotylenchus* présente une bonne affinité avec le sable fin d'une part, et d'autre part il est affecté négativement par le taux du limon grossier. Par ailleurs l'espèce *Telotylenchus* est corrélé positivement avec les taux du limon. Selon CADET [263], la granulométrie du sol influence directement les peuplements de nématodes, mais ses effets dépendent des caractéristiques morphologiques et biologiques de l'espèce. En effet, plusieurs travaux montrent le lien étroit entre la taille des particules du sol et la répartition des espèces de nématodes [275, 276]. NEBIH HADJ-SADOK [19] a souligné que les espèces *Meloidogyne*, *Paratrichodorus* et *Scutellonema* présentent des tendances préférentielles vis-à-vis du sable grossier mais pas à l'argile, et les travaux de CADET et DEBOUZIE [218] et HLAOUA et *al.*, [209] ont mis en évidence une certaine affinité entre les sols sableux et les espèces phytoparasites ; *Meloidogyne*, *Globodera* et *Pratylenchus*.

Nos résultats dévoilent que les espèces *Telotylenchoides*, *Aphelenchus* et *Histotylenchus* semblent bien se développer en présence du calcaire, contrairement à *Coslenchus* qui est corrélé négativement avec les taux du calcaire totale et actif, tandis que la matière organique affecte négativement le taxon *Histotylenchus*. En outre, les genres *Tylenchus*, *Aphelenchus* et *Ecumenicus* se développent mal dans les sols salés, alors que *Dorylaimus* supporte bien la salinité du sol. En revanche, plusieurs auteurs soulignent l'importance des propriétés chimiques du sol dans la répartition et l'abondance des nématodes notamment des phytophages [19, 112, 214, 277, 278].

Selon NEBIH HADJ-SADOK [19], le phosphore assimilable présente une corrélation positive avec les nématodes phytoparasites, en particulier *Amplimerlinus* et *Scutellonema*. Néanmoins, les résultats de DANA et al. [279] révèlent une corrélation positive de l'abondance de *Helicotylenchus* et *Xiphinema* avec les quantités de phosphore, de fer et de magnésium. PROT [280] signale que les fortes concentrations en sels minéraux (KN₃, NaCl, Ca(N₃)₂, MgSO₂), ont un effet répulsif sur les *Meloidogyne* sp.

4.3.6 Influence de quelques paramètres agronomiques sur la répartition des nématodes

Les nématodes constituent des modèles biologiques pour étudier l'impact des changements de pratiques agricoles à l'échelle des agroécosystèmes [112]. En effet, plusieurs facteurs ont une influence sur les communautés des nématodes du sol cultivé tel que la rotation et l'assolement cultural, la compaction du sol, l'irrigation et le travail du sol ainsi que l'intensivité des cultures [214, 260, 281, 282, 283].

En effet, l'analyse de l'influence du système de culture et des cultures pratiquées dans la région maraîchère de Tiaret, montre la présence d'une affinité de certains taxons avec ces deux paramètres. D'ailleurs, les espèces strictement phytoparasites *Bitylenchus*, *Helicotylenchus* et *Rotylenchulus* s'avèrent inféodés à la culture de tomate intensive, ces résultats sont en concordance partielle avec les travaux de DIOP [284] qui a souligné l'importance de ces espèces ainsi que *Meloidogyne* sur les cultures de tomate au Sénégal. Par contre, plusieurs auteurs ont constaté que l'espèce *Pratylenchus* est plus abondant sur les cultures de tomate [214, 238, 240]. Cependant, TRAORE et al., [213] ont remarqué l'abondance de *Pratylenchus* et *Tylenchorhynchus* sur les cultures de sorgho.

Tandis que, les taxons *Telotylenchus* et *Paratylenchus* sont plus abondants sur les cultures de courgette et la laitue. Plusieurs auteurs confirment l'abondance de ces espèces sur les cultures maraîchères [19, 227]. Par ailleurs, les espèces *Ditylenchus*, *Tylenchus* et *Coslenchus* qui sont les plus abondants et les plus fréquents, n'ont pas de préférence quelconque vis-à-vis les cultures pratiquées et le système de culture. Cependant, *Quinisulcius* et *Tylenchorhynchus* semblent être affectés par l'intensivité des cultures. La fertilisation et l'intensivité des cultures peuvent affecter non seulement la productivité, mais aussi les communautés des nématodes du sol des

agroécosystèmes [251, 285]. Ainsi, l'application des pesticides et des amendements organiques et inorganiques, a des effets significatifs sur l'abondance et la diversité des nématodes phytoparasites [10, 286].

En ce qui concerne l'analyse de l'influence du type du sol et le précédent cultural sur la répartition des nématodes, on trouve une certaine variation entre les taxons. En effet, les espèces phytoparasites considérés redoutables pour les cultures (*Bitylenchus*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus* et *Rotylenchulus*) sont abondantes sur le sol limoneux et après la laitue utilisée comme précédent cultural. Cependant, *Tylenchus* et *Ditylenchus* pullulent après la culture d'oignon et *Helicotylenchus* pullule après la fève. Quant au groupe rassemblant les taxons *Tylenchorhynchus*, *Coslenchus*, *Telotylenchus*, il semble n'avoir aucune préférence pour les précédents culturaux et les sols. Cela a été confirmé par les travaux de NEBIH HADJ-SADOK [19] qui a constaté que *Tylenchorhynchus*, *Rotylenchulus* et *Coslenchus* semble n'avoir aucune corrélation avec les cultures en rotation. En revanche, ce même auteur, a noté que les légumineuses, utilisés comme précédents culturaux, contribuent au développement de *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* et *Paratylenchus*, et les céréales contribuent à l'infestation par les nématodes à kystes. Les travaux de MOKABLI et *al.* [287] signalent la pullulation du nématode à kyste *Heterodera* sur céréales. Plusieurs travaux montrent que la pullulation des nématodes dans les sols est la conséquence des pratiques culturales [222, 288].

4.3.7 Evaluation globale de la diversité de l'acarofaune dans les sols maraichers

Les stations prospectées se montrent dans leurs majorités moins favorables et les conditions qui y règnent sont loin d'offrir un milieu adéquat quant au développement des acariens. L'inventaire de l'acarofaune a révélé une composition taxonomique relativement faible. En effet, 10 espèces sont recueillies et regroupées dans 9 familles et 3 ordres, au terme de cette étude, ce qui est en accord avec les signalements de GHEZALI [25] et GHEZALI et FEKKOUM [289] qui a constaté la présence de 11 espèces dans des régions à climat semi-aride. HARKAT et *al.* [290] ont noté la présence de 16 espèces d'oribates sur des vergers de pommier, EL-SHARABAZY et IBRAHIM [291], en Egypte ont dénombré 15 espèces d'oribates sur une culture de Mango et LONGSTAFF et *al.*, [292] ont signalé jusqu'à 23 espèces sur des champs agricoles arables en Australie.

Ces résultats de la richesse spécifique dans les sols cultivés sont nettement plus faibles comparés à ceux trouvés dans les milieux naturels et forestiers. En effet, les populations d'Oribates sont négativement affectés par les pratiques agricoles [293]. MAHUNKA et PAOLETTI [294] ont trouvé plus de 20 espèces d'oribates sur des terrains sylvicoles et jusqu'à 12 espèces, seulement, sur des champs de maïs en Italie. BEHAN-PELLETIER et WALTER [149], dans une étude en milieu forestier, ont noté la présence de 88 espèces représentant 46 familles. Dans une forêt au Venezuela, BEHAN-PELLETIER et *al.* [295] ont enregistré une richesse de 69 espèces. WINCHESTER et *al.* [296] ont relevé 43 espèces d'Oribates dans une forêt Canadienne. LINDO et WINCHESTER [297] ont enregistré un total de 88 espèces dans un milieu forestier. Tandis que, DECHENE et BUDDLE [298] ont signalé une richesse plus importante dans la litière que dans le sol d'une forêt au Canada, avec respectivement, 81 et 42 espèces d'Oribates. Ainsi, LINDO et WINCHESTER [297] et FAGAN et *al.* [299] notent que la diversité au niveau de la litière est plus importante que dans le sol.

Cette différence de richesse est expliquée par le degré de la stabilité des milieux et leur préservation auquel s'ajoutent les conditions climatiques et édaphiques. Dans les milieux aride et semi-aride, certaines espèces marquent une absence totale, selon GHEZALI [25]. En effet, O'LEAR et BLAIR [300] et LINDBERG et *al.* [301] soulignent que les régions où la pluviométrie et le substrat nutritionnel font défaut, la présence des Oribates est compromise. Par contre, leur présence est particulièrement marquée au niveau des zones humide et subhumide où les conditions climatiques et nutritionnelles sont favorables comme le confirme VREEKEN-NUIJS et *al.* [302].

La faible diversité acarofaunique trouvée dans notre région d'étude se justifie par le climat semi-aride. Dans les régions aride et semi-aride, en plus d'un climat désertique continental caractérisé par de basses températures hivernales, des températures estivales très élevées et d'une faible humidité, les pressions anthropiques croissantes exercées sur le couvert végétal naturel, contribuent à réduire la communauté d'acariens et à accélérer les mécanismes de dégradation des surfaces et à initier des processus de désertification. GARCIA et *al.* [303] ont montré que le sol d'Espagne sous climat méditerranéen, perd de sa qualité due à la régression de la matière organique et de l'activité microbienne. Dans le même sens, PASCAL et *al.* [304] notent que dans les secteurs étendus des régions méditerranéennes, la végétation

est exposée aux conditions climatiques difficiles. D'autres facteurs peuvent influencer la présence des Oribates et leur développement comme les fluctuations diurnes de la température [305].

L'intensivité des cultures affecte significativement la diversité et la densité des acariens du sol, comme nous avons identifié 10 taxons d'acariens dans le système extensif avec des abondances pouvant atteindre les 2480N/m², et seulement 3 espèces dans le système intensif avec des abondances, relativement faibles, ne dépassant pas les 680N/m². Ces résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs études reliant le déclin des communautés des microarthropodes du sol avec le système intensif des cultures [219, 306, 307, 308, 309]. WICKINGS et GRANDY [310] ont mentionné que l'intensité des pratiques agricoles altère significativement la densité des microarthropodes et la composition de ses communautés. Les microarthropodes sont généralement, plus abondants et plus diverses dans les sols non-perturbés que dans les sols arables conventionnels [311]. En revanche, plusieurs auteurs ont présenté des données d'une diversité très pauvre des communautés des Oribates (une richesse totale jusqu'à 17 espèces) sur des terres arables conduite intensivement [312, 313, 314, 315]. Par ailleurs, les travaux de BEHAN-PELLETIER [15] ont montré que l'effet des pesticides sur les Oribates est sélectif, dépendant de la nature du pesticide, et que l'action des insecticides varie en fonction des espèces, en augmentant l'abondance de certains taxons et en diminuant l'abondance d'autres taxons.

Cette étude a montré également que la distribution spatiale des espèces d'acariens est différente. En effet, certaines taxons *Gamasidae sp*, *Schelorbates sp* et les espèces de la famille *Oppiidae*, généralement classifiés comme agrophiles et ubiquistes, montrent une distribution assez large et ceci malgré les variations des conditions biotiques et abiotiques des milieux prospectés. Il semble que ces espèces sont plus tolérantes et qu'elles sont moins affectées par ces variations. Ce sont des espèces qui semblent vivre plus dans le sol qu'au niveau de la litière et présentent probablement une grande aptitude à l'adaptation lorsque les conditions sont défavorables, [46, 316, 317, 318, 319]. Ces espèces sont caractérisés par une grande capacité de dispersion, une fécondité relativement élevée et un cycle de vie court [46, 145]. Par contre, d'autres espèces présentent une aire de distribution assez limitée et leur présence est manifestement liée à des conditions optimales spécifiques. Ces

espèces semblent très exigeantes. En revanche, l'effet du type d'écosystème sur la composition des communautés des acariens du sol est très significatif, indiquant que les espèces avec différentes stratégies d'histoire de vie sont, différemment filtrées par les pratiques de la gestion des terres [320, 321]. De plus, les acariens Gamasides peuvent réduire la densité des Oribates [322] en imposant une pression de prédation sur les individus juvéniles et faiblement sclérotinés [323, 324]. Par ailleurs, la chimie des tissus des plantes peut influencer la densité et l'activité des acariens prédateurs, par l'altération des densités des proies [310, 325], les nématodes par exemple constituent une portion substantielle du régime alimentaire des acariens mésostigmate et oribate [310, 326].

La plupart des auteurs, étudiant les effets des activités agricoles sur les acariens Oribates, ont indiqué que les pratiques agricoles affectent négativement les communautés des oribates [17, 327]. Ceci peut être expliqué par des modifications dans les propriétés du sol ainsi que les caractéristiques des Oribates [17]. Les pratiques agricoles sont variées : l'utilisation des pesticides, l'irrigation, le labour, la récolte et les résidus des plantes après récolte ; peuvent modifier les propriétés du sol par la détérioration des couches supérieures du sol, la modification d'habitat, la porosité du sol, et la détérioration de l'accessibilité aux nutriments [306, 310, 327, 328]. Plusieurs auteurs ont noté que les pratiques de gestion des sols influencent l'emplacement, l'accessibilité et la chimie de la litière dans le sol, qui jouent un rôle significatif dans la structure des microarthropodes du sol [310, 329, 330, 331]. Pour BEDANO et *al.* [308] le travail du sol n'a pas affecté les oribates, ceci peut être expliqué par l'effet bénéfique du labour sur la structure du sol. Par contre, la fertilisation, en augmentant la fertilité du sol, stimule souvent l'accroissement de l'abondance totale des microarthropodes du sol [332, 333].

Plusieurs études indiquent que le couvert végétal et les résidus des plantes fournissent les conditions favorables pour les microarthropodes du sol, depuis que les plantes ont un effet considérable sur la faune du sol par la modification du microclimat [334, 335]. Ainsi, la présence des résidus des plantes diminue la fluctuation des températures et la perte d'humidité des couches supérieures du sol, et assure également une source d'aliments pour les acariens [336, 337]. Une autre raison pour la diminution d'abondance et la diversité est l'histoire des stratégies de vie des oribates. Le faible taux de métabolisme, le long développement et la faible

fécondité, sont les caractéristiques qui rendent les oribates incapables de répondre rapidement aux perturbations à court terme [15]. Ainsi, la régénération suite au décroissement des populations est assez lente [338].

Les valeurs de diversité des oribates sont toutes inférieures à 2bits (0,6bits-1,8bits). En effet, le système extensif présente une diversité plus importante (1,8bits) par rapport au système intensif avec une valeur d'indice de diversité de 0,9bits seulement. MINOR et CIANCIOLO [314] ont signalé une faible diversité d'acariens sur une culture de maïs conduite en intensive (0,28-0,41bits), tandis que la diversité ne diffère pas entre l'intensivité et l'extensivité dans des zones de pâturage agricole (1,44-1,43bits) [339]. ARROYO et ITURRONDOBEITIA [340], ont révélé une diversité plus importante des acariens Oribates dans différents milieux: entre 1,9bits, et 2,7bits sur des cultures céréalières, 2,8bits et 3,1bits sur des prairies naturelles, et des diversités supérieures à 3,5bits dans des milieux forestiers. GHEZALI et FEKKOUM, [289] et GHEZALI [25], quant à eux ont pu trouver des valeurs de l'indice de Shannon-Weaver oscillant entre 2,5 et 4,4 dans différents milieux forestiers en Algérie

En outre, des études précédentes ont démontré que les acariens du sol sont sensibles aux différentes perturbations physiques et chimiques [341]. Par exemple, la densité des communautés des acariens du sol, la richesse et la structure sont influencées par le climat, le type de végétation, la porosité du sol, l'humidité du sol et le pH ainsi que la matière organique [156, 342, 343, 344]. En effet, dans quelques études, l'abondance des acariens marque un changement avec le type du sol et augmente avec la profondeur de la couche organique [311, 345]. La corrélation d'assemblage des acariens avec la matière organique et le carbone microbienne a été observé plusieurs fois [302, 324, 346, 347]. Ceci peut être expliqué par le fait que les acariens Oribate, principalement, s'alimentent sur les microorganismes et la matière organique morte [15, 324]. Plusieurs études ont montré une corrélation entre la matière organique et la structure des communautés des oribates, principalement, des corrélations positives entre le pourcentage du carbone dans le sol et l'abondance et la richesse spécifique des oribates [318, 346, 348, 349]. Tandis que, nos résultats indiquent que les quantités de la matière organique ne contrôlent pas la densité des Oribates, ce qui est confirmé par les travaux d'OSLER et MURPHY [312] qui n'ont pas trouvé une corrélation entre la matière organique et l'abondance des acariens du sol. De même, l'humidité du sol, est l'un des facteurs décisifs affectant les

communautés des Oribates [324, 342, 350]. La sécheresse induit expérimentalement diminue significativement l'abondance et la richesse spécifique des acariens, alors que l'irrigation augmente la diversité [301, 351]. Ainsi, le pH du sol est supposé d'être l'un des principaux facteurs influençant l'abondance et la communauté des acariens [16, 324]. Ces mêmes auteurs ont remarqué que l'espèce *Phytiracarus* est fortement associé avec un pH élevé, alors que les espèces *Scheloribates* et *Eupelops* ont une abondance élevée dans les sols à pH faible.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La question principale à laquelle nous avons tenté de répondre au cours de ce travail peut se formuler de la manière suivante : quel est l'effet de l'intensification des cultures maraichères, au court terme, sur la diversité et la structure des populations des nématodes et des acariens du sol ?

Au terme de cette étude, les résultats obtenus sur la composition taxonomique globale des nématodes et des acariens dans les sols maraichers étudiés révèlent la présence de 20 espèces de nématodes avec une dominance particulière de l'ordre des *Rhabditida* par rapport à l'ordre des *Dorylaimida*, et de 10 espèces d'acariens avec une abondance de l'ordre des Oribates.

Nous avons constaté que l'intensification des cultures maraichères n'affecte pas significativement les abondances moyennes des taxons des nématodes. Les genres *Ditylenchus*, *Tylenchus* et *Ecumenicus* sont généralement dominants et le groupe des taxons *Telotylenchoides*, *Histotylenchus*, *Pratylenchoides*, *Trophurus* et *Mononchus* ne sont observés que rarement avec des abondances trop faibles, ne trouvant pas sur cultures maraichères les conditions favorables à leur pullulation.

La distribution des groupes fonctionnels des nématodes dans les sols maraichers est strictement en relation avec la nature du groupe trophique. Les bactérivores et phytoparasites prédominent dans les sols maraichers étudiés. Le système extensif est légèrement plus diversifié que le système intensif. Néanmoins, la diversité des nématodes ne diffère pas selon les types de sol et les cultures de tomate, pomme de terre, oignon sont les plus diversifiés.

La différence est observée dans la répartition des acariens du sol qui est influencée significativement par le système de culture. Le système extensif est de loin plus diversifié par rapport à l'intensif, mais la diversité de l'acarofaune semble pratiquement, la même dans les différentes cultures.

L'analyse des corrélations a révélé que le développement des taxons des nématodes et des acariens du sol peut être affecté par les caractéristiques physico-chimiques du sol, et non pas le développement des groupes trophiques nématofauniques d'une

manière significative. En effet, d'une part, nous avons constaté que le développement des taxons de nématodes *Bitylenchus*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Histotylenchus* et *Dorylaimus* semblent favorisés par des teneurs en sable élevées, et D'autre part, l'espèce du genre *Telotylenchus* présente une bonne affinité avec le taux en limon et le calcaire favorise le développement de *Aphelenchus*, *Telotylenchoides* et *Histotylenchus*, mais inhibe celui de *Coslenchus*. Concernant les acariens, on a remarqué que le sable et le calcaire présentent une bonne affinité avec *Scheloribates* et les espèces de la famille *Opiidae*.

En ce qui concerne la tendance globale de la répartition des nématodes et des acariens du sol sous l'influence des cultures pratiquées et les précédents culturaux, les analyses multivariées ont mis en exergue une certaine affinité de quelques taxons vis-à-vis des certaines familles botaniques.

Cette étude ne constitue qu'un bref aperçu de base sur les organismes du sol permettant en parallèle avec d'autres analyses et d'autres méthodes de suivre l'évolution de l'état de nos sols agricoles, de trouver les solutions nécessaires pour remédier à la situation dans laquelle se trouvent actuellement nos agroécosystèmes qui sont menacés par l'utilisation abusive des produits phytosanitaires. Donc, Pour une meilleure gestion du sol dans un esprit de développement durable, il est indispensable d'acquérir des informations fiables et bien structurées sur l'état du sol et son fonctionnement biologique.

Un système de gestion agricole qui combine un minimum de perturbation du sol avec un couvert du sol permanent et une rotation des cultures, est l'issue majeur de l'initiative vers un système de culture plus durable [352, 353].

La recherche des facteurs biotiques et abiotiques qui conditionnent la présence et l'absence des arthropodes et des nématodes au niveau du sol est une question très délicate. Elle nécessite une meilleure compréhension des mécanismes qui régissent les écosystèmes édaphiques afin de pouvoir faire une analyse globale et de tirer un ensemble de renseignements qui peuvent être utilisés dans le domaine de la pratique en particulier en agriculture.

Enfin, la conception de pratiques agronomiques capables de promouvoir les processus écologiques nécessite cependant une amélioration des connaissances actuelles du fonctionnement biologique du sol, en particulier du rôle des organismes, des interactions trophiques ou non trophiques et de la biodiversité du sol.

APPENDICE A

PHOTOS DE QUELQUES ESPECES DE NEMATODES OBSERVEES

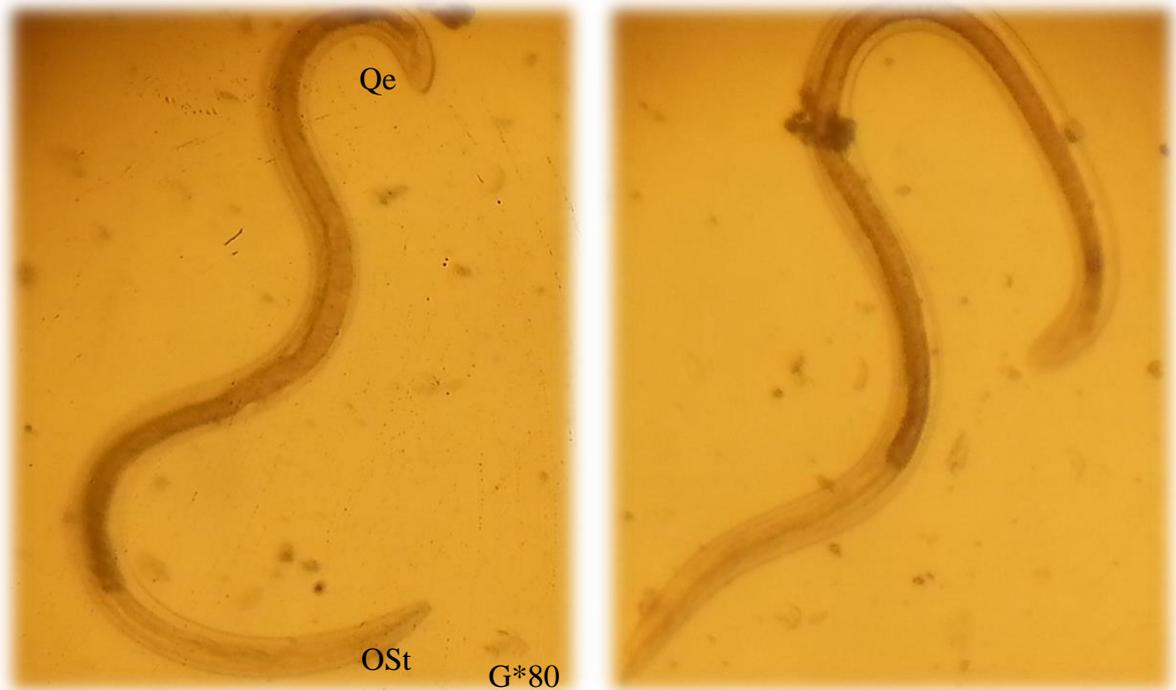


Figure A1 : Morphologie d'*Ecumenicus* sp (Originale).



Figure A2 : Morphologie de *Coslenchus* sp [19].



Figure A3 : Partie antérieure de *Pratylenchus* sp (Originale).

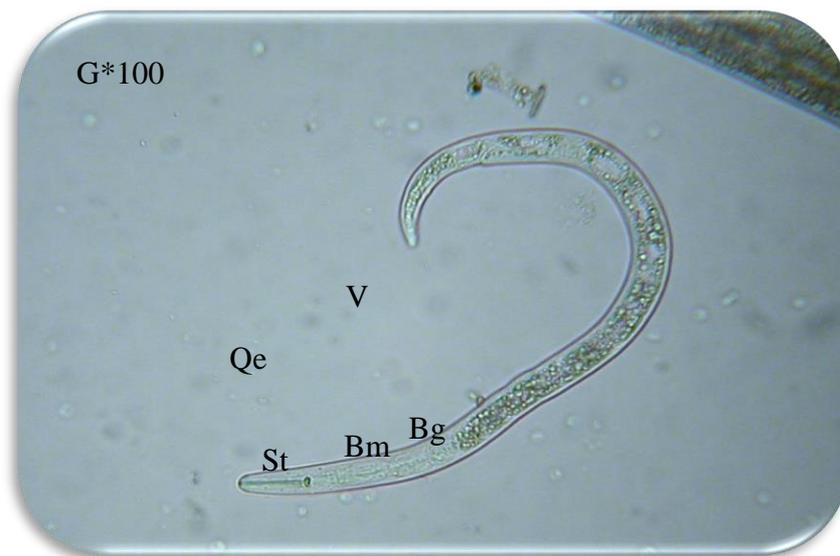


Figure A4 : Morphologie de *Paratylenchus* sp (Originale)

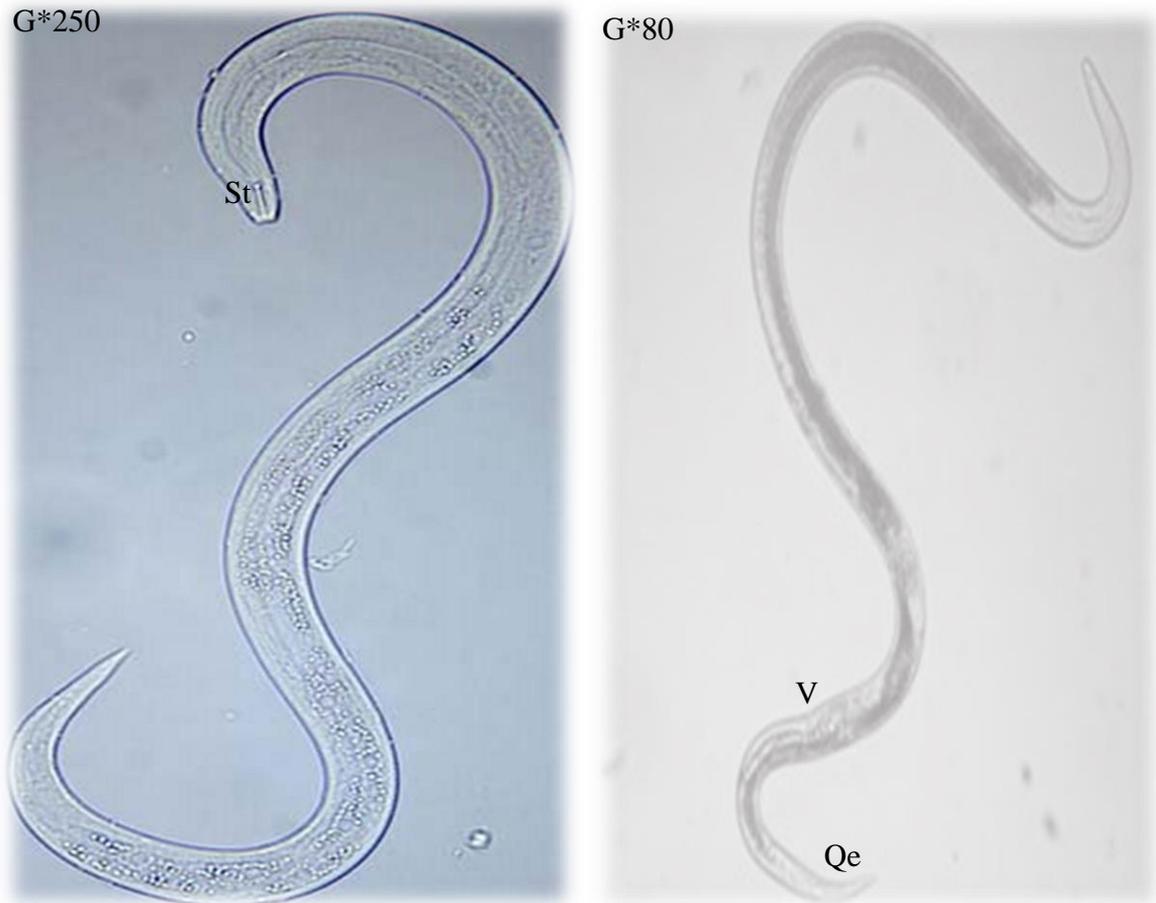


Figure A5 : Morphologie de *Ditylenchus* sp (Originale).

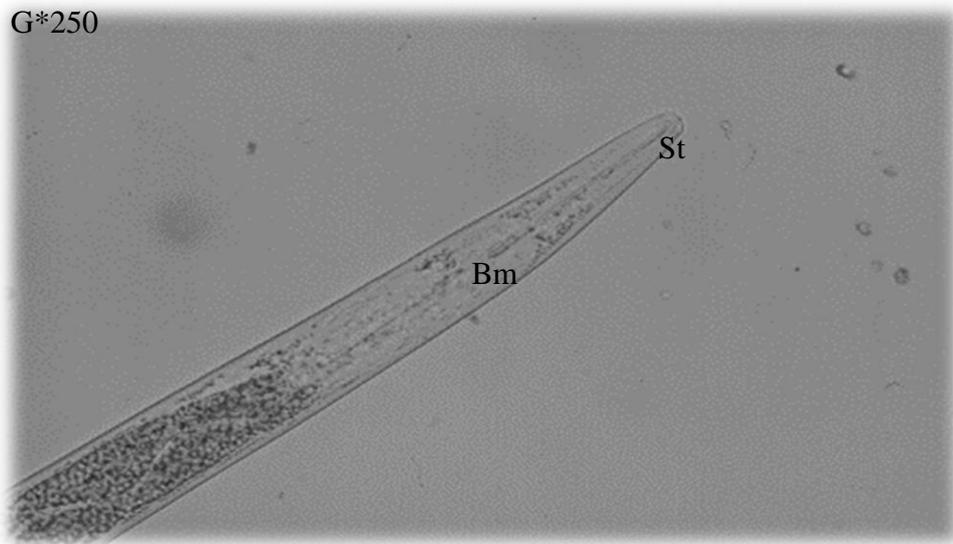


Figure A6 : Partie antérieure d'*Aphelenchus* sp (Originale).



Figure A7 : Morphologie de *Rotylenchulus* sp (Originale).

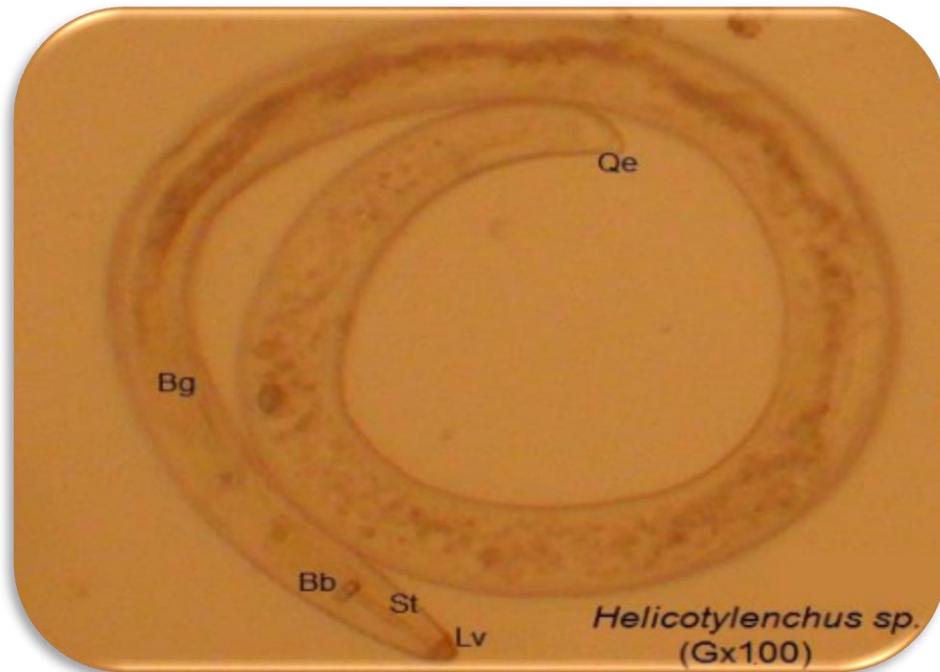


Figure A8 : Morphologie d'*Helicotylenchus* sp [19].

APPENDICE B

LISTE DES ABREVIATIONS PHOTOS

Lv : lèvres

St : Stylet

Ost : Odontostyle

Bb : Boutons basaux

Bm : Bulbe musculaire médian

Bg : Bulbe glandulaire

Int : Intestin

V : Vulve

Qe : Queue

Post : Postérieure

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A. (eds) (1994) Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication No. 35, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
2. Doran, J.W., Sarrantonio, M. and Liebig, M.A. (1996) Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy* 56, 1–54.
3. Doran, J.W. and Safley, M. (1997) Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: Pankhurst, C., Doube, B.M. and Gupta, V.V.S.R. (eds) *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 1–28.
4. Gold, M.V. (2007) Sustainable agriculture: definitions and terms. Special Reference Briefs 99–02, USDA, Beltsville, Maryland www.nal.usda.gov/afsic/pubs/terms/srb9902.shtml.
5. Tittonell, P., Scopel, E., Andrieu, N., Posthumus, H., Mapfumo, P., Corbeels, M., van Halsema, G.E., Lahmar, R., Lugandu, S., Rakotoarisoa, J., Mtambanengwe, F., Pound, B., Chikowo, R., Naudin, K., Triomphe, B., Mkomwa, S., 2012. Agroecologybased aggradation-conservation agriculture (ABACO): Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa. *Field Crop Res.* 132:168–174.
6. Masse, D., Ndour-Badiane, Y., Hien, E., Akpo, L.E., Assigbetse, K., Bilgo, A., Diedhiou, I., Hien, V., Chapuis-Lardy, L. 2013. L'agriculture africaine face aux changements globaux : recherches et innovations basées sur les sciences de l'écologie. *C. R. Biologies* 336 :289–294.
7. Bardgett, R.D. (2005) *The Biology of Soil: A Community and Ecosystem Approach*. Oxford University Press, Oxford, UK.
8. Stirling Graham R. (2014). *Biological control of plant-parasitic nematodes: soil ecosystem management in sustainable agriculture*, 2nd ed, CPI Group (UK) Ltd, Croydon, CR0 4YY, 535p.
9. Neher, D.A. (2010) Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. *Annual Review of Phytopathology* 48, 371–394.

10. Ferris, H. and Matute, M.M. (2003) Structural and functional succession in the nematode fauna of a soil food web. *Applied Soil Ecology* 23, 93–110.
11. Ferris, H. (2010) Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web. *Journal of Nematology* 42, 63–67.
12. Sánchez-Moreno, S., Jiménez, L., Alonso-Prados, J.L. and García-Baudín, J.M. (2010) Nematodes as indicators of fumigant effects on soil food webs in strawberry crops in Southern Spain. *Ecological Indicators* 10, 148–156.
13. Cluzeau, D., Guernion, M., Chaussod, R., Martin-Laurent, F., Villenave, C., Cortet, J., Ruiz-Camacho, N., Pernin, C., Mateille, T., Philippot, L., Bellido, A., Rouge, L., Arrouays, D., Bispo, A., Peres, G., 2012. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: baselines for microbial and soil fauna parameters for different land use types. *European Journal of Soil Biology* 49: 63-72.
14. Ugarte, C. M., Zaborski, E. R., Wander, M. M., 2013. Nematode indicators as integrative measures of soil condition in organic cropping systems. *Soil Biol. Biochem.* 64: 103-113.
15. Behan-Pelletier, V.M. 1999: Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 411-423.
16. Lebrun, Ph., van Straalen, N.M. 1995: Oribatid mites : prospects for their use in ecotoxicology – *Experimental & Applied Acarology* 19: 361-379.
17. Gergocs V., Hufnagel L. 2009: Application of Oribatid mites as indicators *Applied Ecology and Environmental research* 7(1) pp. 79-98.
18. 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.
19. Nebih Hadj-Sadok D., 2013 - Etude De La Diversite Des Communautés De Nematodes Associee Aux Cultures Maraicheres. Thèse de Doctorat en Biologie, Université Saad Dahlab Blida, 159p.
20. WITH, C, 1904. The Notostigmata, a new suborder of Acari. — *Vidensk. Medd. Naturh. Foren. Kjobenhavn*, 1904: 137-192, pis. 46.
21. Grandjean, F. 1934. Oribates de l'Afrique du Nord. 2 Eme série, *Bull. Soc. Hist., Nat. Afr. Nord*, (25): 235 - 252.

22. ANDRE M. 1935 : Notes sur le genre *Catolacus* d'Udvardy (Acariens) avec description d'espèces nouvelles Africaines. *Bul.Soc.Hist. Nat. Afr. Nord*-26bis pp.79-127.
23. GRANDJEAN, F., 1953a. Essai de classification des Oribates (Acariens). *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 78: 421-446.
24. ATHIAS-HENRIOT C., 1959 - *Acarologie appliquée et agronomie algérienne*. I Remarques générales sur l'acarologie économique. II Cas de l'agriculture algérienne. *Acarologia*, T.1, Fasc. 2, pp. 181-196.
25. Ghezali, D., 2013. – *Systématique et bioécologie des acariens du sol en Algérie*. Thèse de Doctorat en Science. *Ecol. Nat. Sup. Agro*. 161p.
26. Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J-P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol.*, 42:S3-S15.
27. Gessner, M.O., Swan, C.M., Dang, C.K., McKie, B.G., Bardgett, R.D., Wall, D.H., Hattenschwiler, S., 2010. Diversity meets decomposition. *Trends Ecol. Evol.* 25:372-380.
28. Nielsen, U.N., Ayres, E., Wall, D.H., Bardgett, R.D., 2011. Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity –function relationships. *Eur. J. Soil Sci.* 62:105 – 116.
29. Bachelier G., 1978. *La faune du sol, son écologie et son action*. Initiation-Documentation Techniques, 38 O.R.S.T.O.M, Paris, 391 p, 4 pl.
30. Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., 1979. *Decomposition in Terrestrial Environments*. Blackwell Scientific, Oxford, UK. 372 p.
31. Rapoport E.H. (1966) - *Comentarios sobre la diataxis de algunos animales del suelo, con especial referencia a su distribución espacial*. In *Monografías 1, Progresos en Biología del Suelo*, *Actas del primer Col. latinoamericano del Biol. del Suelo*, Univ. Nac. Bahia Blanca (Argentina). Centro coop. cient. UNESCO para América latina, Montevideo (Uruguay), 283-297.
32. ANDRÉ, H.M., NOTI, H.-M., LEBRUN, Ph. 1994. « The soil fauna : the other last biotic frontier ». *Biodiversity and Conservation*. 3. 45-56.
33. WALLWORK J.A. (1976) - *The distribution and diversity of soil fauna*. Academic Press (London, New-York, San Francisco), 355 p.

34. Dumont, M., 2008. Apports de la modélisation des interactions pour une compréhension fonctionnelle d'un écosystème. Application à des bactéries nitrifiantes en chémostat. Thèse de doctorat. Université Montpellier II. 228p.
35. Sidy Diakhaté, 2014. Influence de l'arbuste *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst (Caesalpinioideae) sur les communautés de microorganismes et de nématodes d'un sol cultivé en mil au Sénégal (Nioro). Th. Doct. Univ Cheikh anta diop. Dakar. Pp; 142.
36. De Ruiter, P.C., Neutel, A.M., Moore, J.C., 1998. Biodiversity in soil ecosystems, the role of energy flow and community stability. *Appl. Soil Ecol.* 10:217-228.
37. Doran, J.W., Zeiss, M.R., 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 15:3-11.
38. Bardgett, R. D., Wardle, D.A., 2010. *Aboveground-Belowground Linkages: Biotic Interactions, Ecosystem Processes and Global Change.* Oxford University Press, Oxford, UK.
39. Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J-P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol.*, 42: S3-S15.
40. Ferris, H., Sánchez-Moreno, S., Brennan, E.B., 2012. Structure, functions and interguild relationships of the soil nematode assemblage in organic vegetable production. *Applied Soil Ecology* 61: 16- 25.
41. Seastedt T. R., 1984 - The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, 29, pp 25–46.
42. Ingham, R.E., Trofymow, J.A., Ingham, E.R. 1985. Interaction of bacteria, fungi and their nematode-grazers; effect on nutriment cycling and plant growth. *Ecol. Mongr.*, 55: 119-14.
43. Coleman, D.C. 1986. The role of microfloral and faunal interactions in affecting soil processes. *Biol. Fertil. Soils*, 22: 22-30.
44. Verhoef, H.A., Brussaard, L. 1990. Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agrosystem. The contribution of soil animals. *Biochemistry*, 11: 175-211.
45. Lussenhop, J. 1992. Mechanisms of micro-arthropod-microbial interaction in soil. *Adv. Ecol. Res.*, 23: 1-33.

46. Migliorini, M., Pierto, P.F., Bernini, F. 2002. Comparative analysis of two edaphic zoocoenoses (Acari, Oribatida; Hexopoda, Collembola) in the area of Orio al serio Airport Bergamo, Norther Italy. *Pedobiologia*, 47: 9-18.
47. TRAVE J., 1963. Ecologie et biologie des Oribates (Acariens) saxicoles et arboricoles. *Vie et milieu*, Suppl. 14: pp.1-267.
48. Cortet, J. 1999. Les microarthropodes du sol et la décomposition de la matière organique. Bio-indicateur de la gestion des sols agricoles en zone de grandes cultures. Doctorat ès Sciences de l'université de Provence, 160p.
49. 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.
50. Zhao, J., Neher, D.A., 2013. Soil nematode genera that predict specific types of disturbance. *Appl. Soil Ecol.* 64:135-141.
51. Lincoln, R., Rosshall, G., Clark, P.F. 1982. In: Vikram, M. 1986. Soil inhabiting arthropods as indicators of environmental quality. *Acta Biologica Hungarica*, 37(1): 79-84.
52. Gulvik, M.E. 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Pol. J. Ecol.*, 55(3): 415-440.
53. MEEUS J. H. A., 1993 -The Transformation of Agricultural Landscapes in Western Europe. *Science of the Total Environment*129, pp: 171-190.
54. ROBINSON R. A. ET SUTHERLAND W. J., 2002 -Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39, pp: 157-176.
55. MATSON P. A., PARTON W. J., POWER A. G. ET SWIFT M. J., 1997 - Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277, pp: 504 - 536.
56. TILMAN D., CASSMAN K. G., MATSON P. A., NAYLOR R. ET POLASKY S., 2002 - Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, pp: 671-677.
57. POSCHOLD P., BAKKER J. P. ET KAHMEN S., 2005 -Changing land use and its impact on biodiversity. *Basic and Applied Ecology* 6, pp: 93 – 98.
58. SCHRECK E., 2008 -Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration. Impact sur les lombriciens. Thèse doc. Univ.de Toulouse III, 300 p.

59. DEBRAS J.F., 2007 -Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs : le cas du psylle *Cacopsylla pyri* L. dans les vergers du sud-est de la France. Thèse Doct. Sci. De la vie. Univ. d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 240 p.
60. CITEAU L., BISPO A., BRADY M. ET KING D., 2008- Gestion durable des sols. Ed. Quae. 228 p.
61. SMEATON T.C., DALY A.N. ET CRANWELL J.M., 2003- Earthworm responses to cultivation and irrigation in a South Australian soil. *Pedobiologia*, 47, pp: 379-385.
62. PERRIN A., PROBST A. ET PROBST J., 2008 - Impact of nitrogenous fertilizers on carbonate dissolution in small agricultural catchments: Implications for weathering CO₂ uptake at regional and global scales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, 3123 p.
63. SON J., RYOO M., JUNG J. ET CHO K., 2007 -Effects of cadmium, mercury and lead on the survival and instantaneous rate of increase of *Paronychiurus kimi*(Lee) (Collembola). *Applied Soil Ecology*, 35, pp: 404-411.
64. LOWE C. N. ET BUTT K. R., 2002 -Growth of hatchling earthworms in the presence of adults: interactions in laboratory culture. *Biol. Fertil. Soils* 35, pp: 204-209.
65. ERIKSEN-HAMEL N. S. ET WHALEN J. K., 2007- Impacts of earthworms on soil nutrients and plant growth in soybean and maize agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 120, pp: 442-448.
66. EDWARDS C.A. ET BOHLEN P.J., 1996 -The biology and ecology of earthworms. Chapman and Hall, New York. 426 p.
67. CHAN K. Y., 2001 -An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil Tillage Res.* 57, pp: 179-191.
68. GUERIF J., 1994 - Influence de la simplification du travail du sol sur l'état structural des horizons de surface: conséquences sur leurs propriétés physiques et leurs comportements mécaniques, pp : 13-33, In G. Monnier, et al., Ed. Simplification du travail du sol, Vol. 65. INRA éditions, Paris (France).
69. LANGMAACK M., SCHRADER, S., RAPP-BERNHARDT U. ET KOTZKE K., 1999 -Quantitative analysis of earthworm burrow systems with respect to

- biological soil-structure regeneration after soil compaction. *Biol. Fertil. Soils* 28, pp: 219-229.
70. JEGOU D., BRUNOTTE J., ROGASIK H., CAPOWIEZ Y., DIESTEL H., SCHRADER S. ET CLUZEAU D., 2002 - Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study. *Eur. J. Soil Biol.* 38, pp: 329-336.
71. PERNIN C., 2003 - Épandage de boues d'épuration en milieu sylvopastoral. Étude des effets in situ et en mésocosme sur la mésosofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège *Quercus suber* L. Thèse Doc. Sci. Envir. Univ. De droit, éco et des sci, Aix Marseille III, 222 p.
72. Moens, M. and Perry, R. (2006). *Plant Nematology*. CAB International, Wallingford. 447 pp.
73. Jeffery, S., Gardi, C.A. Jones, L. Montanarella, L. Marmo, L. Miko, K., Ritz, G., Peres, J., Rombke, Van der Putten, W.H. (eds). 2010. *European Atlas of Soil Biodiversity*. European Commission, Publications office of the European Union, Luxembourg.
74. Djigal, D., Chabrier, C., Duyck, P.F., Achard, R., Quénéhervé, P., Tixier, P., 2012. Cover crops alter the soil nematode food web in banana agroecosystems. *Soil Biol. Biochem.* 48:142-150.
75. Freckman, D.W., 1988 - Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 24, pp 195-217.
76. Yeates, G.W., Bongers, T., 1999 - Nematode diversity in agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 74, pp 113-135.
77. Neher D. A., 2001 - Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology*, 33, pp 161-168.
78. 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.
79. 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.
80. Eisenback J.D., 1998 - Morphology and Systematics. In: *Plant and Nematode Interactions*. Ed. Barker K.R., Pederson G.A. and Windham G.L. Madiscon, Wisconsin, USA Publishers, pp 37-63.

81. Blaxter ML., De Ley P., Garey JR., Liu LX., Scheldeman P., Vierstraete A., Vanfleteren JR., Mackey LY., Dorris M., Frisse LM., Vida JT. & Thomas WKA., 1998 - Molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature*, 392, pp 71-75.
82. 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.
83. De Ley, P. and Blaxter, M.L. (2002) Systematic position and phylogeny. In: Lee, D.L. (ed.) *The Biology of Nematodes*. Taylor & Francis, London, pp. 1–30.
84. Evans, A.A.F. (1998) Reproductive mechanisms. In: Perry, R.N. and Wright, D.J. (eds) *The Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant-parasitic Nematodes*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 133–154.
85. Bridge John & James L. Starr, 2007- *Plant Nematodes of Agricultural Importance*. Manson Publishing Ltd, 33–34 Alfred Place, London WC1E 7DP, UK. 149p.
86. Bonkowski, M., Villenave, C., Griffiths, B., 2009. Rhizosphere fauna: functional and structural diversity of intimate interactions of soil fauna with plant roots. *Plant Soil* 321:213–232.
87. Quentin, M., Abad, P., Favery, B. 2013. Plant parasitic nematode effectors target host defense and nuclear functions to establish feeding cells. *Front. Plant Sci.* 4:53.
88. Siddiqi M R (2000) *Tylenchida: parasites of plants and insects*. CABI, Wallingford, UK. 833 p.
89. Tanney, J. B., Hutchison, L. J., 2011. Encapsulation and immobilization of a mycophagous nematode by two *Sphaerobolus* species. *Botanique* 89:745-751.
90. Yeates, G. W., 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biol. Fertil. Soils* 37:199-210.
91. Hanel, L., 2010. An outline of soil nematode succession on abandoned fields in South Bohemia. *App. Soil Ecol.* 46:355–371.
92. Darby, B.J., Neher, D.A., Housman, D.C., Belnap, J., 2011. Few apparent short-term effects of elevated soil temperature and increased frequency of summer precipitation on the abundance and taxonomic diversity of desert soil micro- and meso-fauna. *Soil Biol. Biochem.* 43:1474-1481.

93. Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W., 2010. *Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. 289p.
94. 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.
95. 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.
96. 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.
97. 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.
98. JONES F.G.W. (1975)-The soil as an environment for plant parasitic nematodes. *Ann. Appl. Biol.*, 79, 2, 113-139.
99. Buchan, D., Gebremikael, M.T., Ameloot, N., Sleutel, S., Neve, S.D., 2013. The effect of free-living nematodes on nitrogen mineralisation in undisturbed and disturbed soil cores. *Soil Biol. Biochem.* 60:142-155.
100. Djigal, D, Brauman, A., Diop, T.A., Chotte, J.L., Villenave, C., 2004. Influence of bacterial-feeding nematodes (Cephalobidae) on soil microbial communities during maize growth. *Soil Biol. Biochem.* 36:323-331.
101. Ferris, H., Bongers, T., 2006. Nematode indicators of organic enrichment. *J. Nematol.* 38:3-12.
102. Mao, X., Hu, F., Griffiths, B., Li, H., 2006. Bacterial-feeding nematodes enhance root growth of tomato seedlings. *Soil Biol. Biochem.* 38:1615-1622.
103. Mao, X., Hu, F., Griffiths, B., Chen, X., Liu, M., Li, H., 2007. Do bacterial-feeding nematodes stimulate root proliferation through hormonal effects? *Soil Biol. Biochem.* 39:1816-1819.
104. Fu, S.L., Ferris, H., Brown, D., Plant, R., 2005. Does the positive feedback effect of nematodes on the biomass and activity of their bacteria prey vary with nematode species and population size? *Soil Biol. Biochem.* 37:1979–1987.

105. Blanc, C., Sy, M., Djigal, D., Brauman, A., Normand, P., Villenave, C., 2006. Nutrition on bacteria by bacterial-feeding nematodes and consequences on the structure of soil bacterial community. *Eur. J. Soil Biol.* 42:70-78.
106. Chen, J., Ferris, H., 2000. Growth and nitrogen mineralization of selected fungi and fungalfeeding nematodes on sand amended with organic matter. *Plant Soil* 218:91-101.
107. Osler, G.H.R., Sommerkorn, M., 2007. Toward a complete soil C and N cycle: incorporating the soil fauna. *Ecology* 88:1611-1621.
108. Cardoso, I.M., Kuyper, T.W., 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agric. Ecosyst. Environ.* 116:72-84.
109. Yeates, G.W., Ferris, H., Moens, T., Van der Putten, W.H., 2009. The role of nematodes in ecosystems. In: Wilson, M.J., Kakouli-Duarte, T. (Eds.), *Nematodes as Environmental Indicators*. CAB International, pp. 1–45.
110. Zhao, J., Shao, Y., Wang, X., Neher, D.A., Xu, G., Li, Zh., Fu, S., 2013. Sentinel soil invertebrate taxa as bioindicators for forest management practices. *Ecol. Indic.* 24: 236-239.
111. Bongers, T., 1990 - The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83, pp. 14-19.
112. 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.
113. 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.
114. Wasilewska L., 1979 - The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses. *Polish Ecological Studies*, 5, pp 97–145.
115. Saly A., & Ragala P., 1984 - Free-living nematodes-bioindicators of the effects of chemization on the soil fauna. *Sbornik Uvtiz Ochrana Rostlin*, 20, pp 15–21.
116. Taylor DP., 1968 – Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites. *Mnuel FAO*, 135p.

117. Norton, D.C., 1989 - Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities. *Nematol.*, 21, pp 299-307.
118. 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.
119. 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., Wallingford, UK, CAB International Institute of Parasitology, pp 1-45.
120. Evans K., Trudgill D. L., and Webster J. M., 1993 - *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*. Ed., CAB International, Wallingford, England. 648p.
121. Berthet, P. 1964 : *Activité des Oribates (Acari-Oribatida) d'une Chênaie*. Mém.Inst. Rech. Sci. Nat ; Belgique, Bruxelles, pp.1-152.
122. Maraun, M., H. Schatz, & S. Scheu. 2007. *Awesome or ordinary? Global diversity patterns of oribatid mites*. *Ecography* 30:209-216.
123. Walter, D.E., Proctor, H.C. (1999): *Mites: Ecology, Evolution and Behaviour*. – CABI Publishing, Wallingford. 322pp.
124. Krantz G.W. 1978. *A Manual of Acarology*. Second Edition. – Oregon State Univ. Book Stores, Inc., Corvallis, 509p.
125. Evans G.O., J. G. Sheals & D. Macfarlane, 1961. *The terrestrial Acari of the British Isles. An introduction to their morphology, biology and classification, I. Introduction and biology*. London, 219 p.
126. Hammen L. van der. 1968. *Introduction générale, la classification, la terminologie morphologique, l'ontogenèse et l'évolution des Acariens*. – *Acarologia*, 10: 401-412.
127. Hammen L. van der. 1972. *A revised classification of the mites (Arachnidea, Acarida) with diagnoses, a key, and notes on phylogeny*. – *Zool. Meded.*, 47(22): 273-292.
128. Lindquist E.E. 1984. *Current theories on the evolution of major groups of Acari and on their relationships with other groups of Arachnida, with consequent implications for their classification*. – In: D.A. Griffiths and C.E. Brown (Eds), *Acarology VI*, 1. John Wiley, N.Y.: 28-62.
129. Evans G.O. 1992. *Principles of Acarology*. – C.A.B. International, Vol. 1 - 262p., Vol. 2 - 301p.

130. Beron P. 2008. *Acarorum Catalogus 1. Acariformes: Calyptostomatoidea (Calyptostomatidae), Erythraeoidea (Smarididae, Erythraeidae)*. Pensoft & Natn. Mus. Nat. Hist., Sofia, 272pp.
131. DINDAL, D.L. 1978. Soil organisms and stabilizing wastes. Composting and Recycling Conference. Colloque. Juillet-Août 1978. éd. 8-11.
132. Norton RA, Bonamo PM, Grierson JD, Shear WA, 1988a. Oribatid mite fossils from a terrestrial Devonian deposit near Gilboa, New York. *Journal of Paleontology* 62, 259-269.
133. Kethley JB, Norton RA, Bonamo PM, Shear WA, 1989. A terrestrial alicorhagiid mite (Acari: Acariformes) from the Devonian of New York. *Micropaleontology* 35, 367-417.
134. Schneider K., Maraun M., 2005. Feeding preferences among dark pigmented fungal taxa (“Dematiacea”) indicate limited trophic niche differentiation of oribatid mites (Oribatida, Acari). *Pedobiologia* 49:61–67.
135. Schatz H., Behan-Pelletier V.M., 2008. Global diversity of oribatids (Oribatida: Acari: Arachnida). *Hydrobiologia* 595:323–328.
136. Lindo Z., Winchester N.N., 2008. Scale dependent diversity patterns in arboreal and terrestrial oribatid mite (Acari: Oribatida) communities. *Ecography* 31:53–60.
137. Schatz H., 2005. Diversity and global distribution of oribatid mites—evaluation of the present state of knowledge. *Phytophaga* 14:485–500.
138. Grandjean F. 1969. Considérations sur le classement des Oribates. Leur division en 6 groupes majeurs. – *Acarologia*, 11: 127-153.
139. Balogh J., S. Mahunka. 1983. Primitive Oribatids of the Palaearctic Region. – J. Balogh (Ed.) *The Soil Mites of the World*, 1, Akadémiai Kiadó, Budapest, 365p.
140. Norton, R. A. 1994. Evolutionary aspects of oribatid mite life histories and consequences for the origin of the Astigmata. *Mites. Ecological and evolutionary analyses of life-history patterns*: 99-135.
141. Jordan, M. E. 2001. Population dynamics of oribatid mites (acari: oribatida) on horse pastures of north central Florida. Master of Science. University of Florida. P: 114.
142. Norton RA, Kethley JB, Johnston D.E., 1993. Phylogenetic perspectives on genetic systems and reproductive modes of mites. In: Wrensch DL, Ebbert MA

- et al (eds) Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites. Chapman and Hall, New York, p 8
143. Fischer B. M., H. Schatz, M. Maraun, 2010. Community structure, trophic position and reproductive mode of soil and bark-living oribatid mites in an alpine grassland ecosystem. *Exp Appl Acarol* (2010) 52:221–237.
 144. Siepel, H., 1990a. Niche relationships between two panphytophagous soil mites, *Nothrus silvestris* Nicolet (Acari, Oribatida, Nothridae), and *Platynothrus peltifer* (Koch) (Acari, Oribatida, Camisiidae). *Biol. Fertil. Soils* 9, 139–144.
 145. Luxton, M. 1981: Studies on the Oribatid mites of a Danish Beech wood soil IV. Developmental biology. – *Pedobiologia* 21: 312-340.
 146. Cannon, R.S.C., Block, W., 1988. Cold tolerance of microarthropods. *Biol. Rev.* 63, 23–77.
 147. Scheu S, Drossel B., 2007. Sexual reproduction prevails in a world of structured resources in short supply. *Proc Roy Soc Lond B* 274:1225–1231.
 148. Gan, H. J., D. R. Zak, & M. D. Hunter. 2013. Chronic nitrogen deposition alters the structure and function of detrital food webs in a northern hardwood ecosystem. *Ecological Applications*. In press. [doi: 10.1890/12-1895.1].
 149. Behan-Pelletier VM, Walter DE., 2000. Biodiversity of Oribatid mites (Acari: Oribatida) in tree canopies and litter. In: Coleman DC, Hendrix PF (eds) *Invertebrates as webmasters in ecosystems*. CABI Publishing, Wallingfort, p 187.
 150. Erdmann G, Floren A, Linsenmair KE & al., 2006. Little effect of forest age on oribatid mites on the bark of trees. *Pedobiologia* 50:433–441.
 151. Sidorchuk EA., 2009. New data on the fauna of oribatid mites (Acari, Oribatida) from the polar Urals. *Entomol Rev* 89:554–563.
 152. Behan VM & Hill SB. 1978. Feeding habits and spore dispersal of oribatid mites in the North American arctic. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 15, 497-516.
 153. Maraun M, Heethoff M, Scheu S & al., 2003. Radiation in sexual and parthenogenetic oribatid mites (Oribatida, Acari) as indicated by genetic divergence of closely related species. *Exp Appl Acarol* 29:265–277.
 154. Schneider K, Migge S, Norton RA & al., 2004. Trophic niche differentiation in soil microarthropods (Oribatida, Acari): evidence from stable isotope ratios (N 15/ N 14). *Soil Biol Biochem* 36:1769–1774.

155. Erdmann G, Otte V, Langel R & *al.*, 2007. The trophic structure of bark-living oribatid mite communities analysed with stable isotopes (N 15, C 13) indicates strong niche differentiation. *Exp Appl Acarol* 41:1–10.
156. WAUTHY Georges, 1982 - Revue critique des relations entre la faune, la matière organique et les microorganismes dans les horizons organiques forestiers. *Agronomie*, 1982, 2 (7), pp ; 667-675.
157. ZYROMSKA-RUDZKA H. (1974) - Analysis of a sheep Pasture ecosystem in the Pieniny mountains (The Carpathians). XIV - The occurrence of Oribatid mites, intermediate hosts of Cestodes. *Ekologia Polska*, 22,314,669-678.
158. LOOTS G.C. et RYKE P.A.J. (1967) - The ratio Oribatei: Trombidiformes with reference to organic matter content in soils. *Pedobiologia*, 7, 213, 121-124.
159. ROCKETT C.L. et WOODRING J.P. (1966) - Oribatid mites as predators of soil nematodes. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 59, 669-671.
160. Heidemann Kerstin, Stefan Scheu, Liliane Ruess, Mark Maraun, 2011 - Molecular detection of nematode predation and scavenging in oribatid mites: Laboratory and field experiments. *Soil Biology & Biochemistry* 43 (2011). Pp; 2229-2236.
161. Anibal R. Oliveira, Gilberto J. de Moraes, Luiz C. C. B. Ferraz, 2007 - Consumption rate of phytonematodes by *Pergalumna* sp. (Acari: Oribatida: Galumnidae) under laboratory conditions determined by a new method. *Exp Appl Acarol* (2007) 41: pp; 183-189.
162. Chauv C & Foury C., 1994 – Production légumière. Tome 3 .Ed Tech et Doc Lavoisier. 563p.
163. Weill Anne & Jean Duval, 2009, Bio-action. Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée. MAPAQ, PSDAB, 2009.
164. La France, D. la culture biologique des légumes, éditions Berger, Austin, 2007, 525p.
165. Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO). Recommandations pour les cultures légumières, publication 363F. 2007.
166. Jobin, P. & Petit, J. la fertilisation organique des cultures. FABQ, 2004, 53p.
167. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). Guide de référence en fertilisation, 2003, 294p.

168. Beaulieu R. L'approvisionnement en eau : contraintes et perspectives, colloque sur l'irrigation : l'eau source de qualité et de rendement, CRAAQ, 2006.
169. Verhallen, Anne. Irrigation des cultures légumières. MAAAR, 2002.
170. MADR, 2009- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques.
171. Abdelguerfi, A. & Zeghida, A., 2005. Utilisation des engrais par culture en Algérie, publiée par la FAO, Rome, 2005, 56p.
172. INVA-ITCMI.2002. Recueil des fiches techniques valorisées.
173. Arabi M., et E. Roose, 1989. Influence du système de production et du sol sur l'érosion et le ruissellement en nappe en milieu montagnard méditerranéen (station de Ouzera). Bulletin Réseau érosion, IRD, Montpellier (France).
174. Perrin R., 1960. Le Sersou. Etude de géographie humaine (Premier article). In: Méditerranée, 1^{ère} année, n°2-3, 1960. pp. 61-118.
175. Direction des Services Agricoles (D. S. A) de Tiaret, 2015
176. Toumi S., 2013. – Application des techniques nucléaires et de la télédétection à l'étude de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Mina. Thèse Doctorat en Science. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique. 189p
177. Labdelli F., 2015. – Etude du nématode à kyste *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924 (Tylenchida, Heteroderidae) des céréales dans la région de Tiaret. Thèse Doctorat en Science. Université Ibn Khaldoun de Tiaret. 143p.
178. Moumene T., 1993. –Contribution à la connaissance des sols céréaliers dans la région de Tiaret. Caractérisation de la matière organique, étude minéralogique. Thèse magister. Institut national d'agronomie. 163p.
179. Pouget, 1973. – Etude agropédologique du plateau du Sersou. Direction des Etudes de Milieu et de la Recherche Hydraulique. 54p.
180. Office National de Météorologie (O. N. M), 2016.
181. Mackenzie. D., Peterson. D. w., Peterson. D. L., & Thornton. P. E., 2000 - Climatic and biophysical controls on conifer species distributions in mountain forests of Washington State, USA, *Journal of Biogeography*, 30, 1093–1108.
182. STEWART P., 1969 – Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; Quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Afri. Du nord*, pp : 24-24.
183. DAJOZ R., 1971 – Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
184. Conservation des Forêts de la Wilaya de Tiaret, 2015.

185. Henin S., 1976. – Cours physique du sol. Vol. 1. Texture, Structure, Aération. ORSTOM, Paris. EDITEST, Bruxelles. 160p.
186. Coyne, D.L., Nicol, J.M. et Claudius-Cole, B. 2010. Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Secrétariat SP-IPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin. 93p.
187. 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.
188. Mai W.F. et Lyon H.H., 1975 - Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes. Cornell University Press. Ithaca and London, 219 p.
189. Anderson R.V. & Mulvey R. H., 1979 - Plant-parasitic Nematodes in Canada Part 1 An illustrated key to the genera, Biosystematics Research Institute Ottawa, Ontario. 158p.
190. Brzeski M., 1998 - Nematodes of Tylenchida and temperate Europe. Muzeum in Insitut Zoologii Polska Akademia Nawik Warszawa, Poland, 386p.
191. Mekete T., Dababat A., Sekora N., Akyazi F., Abebe E., 2012. Identification key for agriculturally important plant-parasitic nematodes Prepared for the International Nematode Diagnosis and Identification Course 2012 - A manual for nematology. Mexico, D.F: CIMMYT.
192. VANNIER, G. (1979). Relations trophiques entre la microfaune et la microflore du sol ; aspects qualitatifs et quantitatifs. Bollotino di Zoologia, 46, p 343-361.
193. ATHIAS H. C., 1958 - Les organes cuticulaires sensoriels et glandulaires des gamasides. Poroidotaxie et adenotaxie. Bull. Zool., France 94/3, pp.485-492.
194. Ramade, 1984 – Elément d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Mc GrawHill, Paris, 397p.
195. 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.
196. BLONDEL J., 1979 – Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
197. Bongers, T. & Bongers, M., 1998 - Functional diversity of nematodes. Applied Soil Ecology, 10, pp 239-251.

198. Bongers T., & Ferris H., 1999 - Nematode community structure as a biomonitor in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 14, pp 224–228.
199. Wasilewska, L., 1994 - The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. *Pedobiologia* 38, pp 1-11.
200. Dajoz R. 2003 - Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 615 p.
201. Fortuner R et Merny G ,1973 - les nématodes parasites les racines associées au riz en Basse-Casamance (Sénégal et en Gambie. Cahier ORSTOM, Série Biologique, 21 ; pp.3-30.
202. Phillippeau, G., 1986 - Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. SESI-ITCF, Paris.
203. CLARKE, K.R., 1993. Non parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
204. 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.
205. Netscher C., 1970 - Les nématodes parasites des cultures maraîchères au Sénégal. Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Biol., 11, pp 209-229.
206. Diongue A., 1996 – Initiation à la nématologie: Application aux cultures maraîchères, Rapport de Stage, départ.de formation en protection des végétaux, Niamey, Niger, 52p.
207. Netsche RC. et Luc M., 1974 - Nématodes associés aux cultures maraîchères en Mauritanie. *Agron. trop*, Nogent., 29, pp 697-701.
208. Kandji S. T., Callistus, K., Ogot, P. and Albrecht, A., 2001 - with some soil physico-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology* 18, pp.143–157.
209. Hlaoua W., S. Kallel et N. Horrigue-Raouani, 2010. - Effets des composantes de l'environnement et des pratiques culturelles sur les communautés des nématodes associées à la culture de pomme de terre en Tunisie. *Nematol. medit.* (2010), 38: 13-26.
210. BELLAHAMMOU S., 2010_Contribution à l'étude de la diversité de la nématofaune Associés aux cultures maraîchères dans la vallée d'Oued Righ

- wilaya d'Ouarghela Projet de fin d'étude, d'ingénieurs d'état en agronomie, protection des végétaux, Dép. Agr., Univ Saad Dahleb, Blida, 69p.
211. Hadroug S., 2012. - Contribution à l'étude de la diversité des nématodes associés aux cultures maraîchères dans la région de Bejaia. Mém. Ing. D'état. Université Saad Dahleb De Blida. 113p.
212. Fodil A., 2013. - Evaluation de l'état d'infestation de la tomate par des *Meloidogyne* (*Nematoda-Meloidogynidae*) dans la wilaya de Boumerdes relation *Meloidogyne*-communauté de nématode. Mém. Ing. D'état. Université Saad Dahleb De Blida. 97p.
213. TRAORE M., F. LOMPO, B. THIO, B. OUATTARA, K. OUATTARA et M. SEDOGO, 2012. Influence de la rotation culturale avec apport de matières organiques exogènes et d'une fertilisation minérale sur les nématodes phytoparasites en culture du sorgho au Centre Ouest du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(2): 628-640.
214. Briar, S. S., Grewal, P. S., Somasekhar, N., Stinner, D., and Miller, S. A. 2007. Soil nematode community, organic matter, microbial biomass and nitrogen dynamics in field plots transitioning from conventional to organic management. Applied Soil Ecology 37:256–266.
215. Berkelmans, R., Ferris, H., Tenuta, M., and Bruggen, A. H. C. van. 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 23:223–235.
216. Yeates, G. W., Wardle, D. A., and Watson, R. N. 1999. Response of soil nematode populations, community structure, diversity and temporal variability to agricultural intensification over a seven-year period. Soil Biology and Biochemistry 31:1721–1733.
217. McGarry D., Bridge B.J. et Radford B.J., 2000. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semiarid subtropics. Soil & Tillage Research, 53: 105-115.
218. Cadet P. et Debouzie D., 1990. Évolution spatio-temporelle d'un peuplement de nématodes parasites de la canne à sucre. Revue de Nématologie, 13: 79-88.
219. Wardle, D.A. (1995) Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. Advances in Ecological Research 26, 105–183.

220. García-Ruiz R., V. Ochoaa, B. Viñegla, M.B. Hinojosa, R. Peña-Santiago, G. Liébanasa, J.C. Linaresc, J.A. Carreira, 2009. - Soil enzymes, nematode community and selected physico-chemical properties as soil quality indicators in organic and conventional olive oil farming: Influence of seasonality and site features. *Applied Soil Ecology*. Vol 41, pages; 305-314.
221. 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.
222. De Guiran G., 1983 – les nématodes parasites des cultures en pays tempérées. Ed. littoral SA.; Beziers, France, 40p.
223. 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.
224. Nguyen K B., 1983 - Plant parasitic nematodes of South Vietnam. *Journal of Nematology*, 15, pp 319-323.
225. 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.
226. 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.
227. Pérez M. and Fernandez E., 1998 - Plant parasitic nematodes associated with tobacco (*Nicotiana tobacum*) in the Pinard el Rio province of Cuba. *Nematropica*, 28, pp 187-193.
228. 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.
229. Norton D.C. et Niblack T.L., 1991. Biology and ecology of nematodes. Pp. 47-72. In: *Manual of Agricultural Nematology* (Nickle W.R., ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA.
230. Motalaote B, Starr JL, Frederiksen RA, Miller FR. 1987. Host status and susceptibility of sorghum to *Pratylenchus* species. *Revue Nématol .*, 10(1): 81-86.

231. Mc Donald HA, Nicol MJ. 2005. Nematodes Parasites of Cereals. In Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture (2nd edn), Luc M, Sikora RA, Bridge J (eds). Cabi Publishing: Wallingford, UK; 131-192.
232. Talwana HL, Butseye MM, Tusiime G. 2008. Occurrence of plant parasitic nematodes and factors that enhance population buildup in cereal-based cropping systems in Uganda. *African Crop Science Journal*, 16(2): 119-131.
233. Villenave C, Saj S, Pablo AL, Sall S, Djigal D, Pablo JL, Bonzi M. 2010. Influence of long-term organic and mineral fertilization on soil nematofauna when growing *Sorghum bicolor* in Burkina Faso. *Biol. Fertil. Soil*, 46: 659-670.
234. Hanel, L. 2008. Nematode assemblages indicate soil restoration on colliery spoils afforested by planting different tree species and by natural succession. *Applied Soil Ecology* 40:86–99.
235. 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 Congrès Mondial de l'Association Internationale de science du sol. Senegal.
236. Didden W.A.M., Marinissen J.C.I., Vreeken-buijs M.J., Burgers S.L., Geurs M. et Brussaard L., 1994. Soil meso and macro fauna in two agricultural systems: factors affecting population dynamics and evaluation of their role in carbon and nitrogen dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 51: 171-186.
237. Korenko V. et Schmidt C., 2006. Effect of agricultural practices in the rice crop system on nematode communities in Uruguay. *Nematologia Mediterranea*, 34: 151-159.
238. Liang W., Y. L., Qi Li, S. Zhong, X. Zhang, J. Wang, 2009. - Nematode faunal response to long-term application of nitrogen fertilizer and organic manure in Northeast China. *Soil Biology & Biochemistry* 41 (2009) 883–890.
239. Villenave, C., Bongers, T., Ekschmitt, K., Fernandes, P., Oliver, R., 2003. Changes in nematode communities after manuring in millet fields in Senegal. *Nematology* 5, 351–358.

240. 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. *Applied Soil Ecology* 21, 233–250.
241. Todd, T. C., Powers, T. O., and Mullin, P. G. 2006. Sentinel Nematodes of land-use change and restoration in tallgrass prairie. *Journal of Nematology* 38:20–27.
242. Briar S., C. Barker, M. Tenuta, Martin H. Entz, 2012. - Soil Nematode Responses to Crop Management and Conversion to Native Grasses. *Journal of Nematology* 44(3):245–254.
243. Yeates, G. W. 1991. Impact of historical changes in land use on the soil fauna. *New Zealand Journal of Ecology* 15:99–106.
244. Ferris, H., Bongers, T., and De Geode, R. G. M. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18:13–29.
245. McSorley, R., Frederick, J.J., 1999. Nematode population fluctuations during decomposition of specific organic amendments. *Journal of Nematology* 31, 37–44.
246. Abawi, G.S., Widmer, T.L., 2000. Impact of soil health management practices on soil born pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 15, 37–47.
247. Wang, K. H., McSorley, R., Marshall, A. J., and Gallaher, R. N. 2004. Nematode community changes associated with decomposition of *Crotalaria juncea* amendment in litterbags. *Applied Soil Ecology* 27: 31–45.
248. Nahar, M.S., Grewal, P.S., Miller, S.A., Stinner, D., Stinner, B.R., Kleinhenz, M.D., Wszelaki, A., Doohan, D., 2006. Differential effects of raw and composted

- manure on nematode community, and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties. *App. Soil Ecol.* 34, 140-151.
249. Ferris, H., Venette, R.C., Lau, S.S., 1996. Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems and their impact on soil fertility. *Appl. Soil Ecol.* 3, 161-175.
250. Ritz, K., Trudgill, D.L., 1999. Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges. *Plant Soil* 212, 1-11.
251. Fiscus, D.A., Neher, D.A. 2002. Distinguishing sensitivity of free-living soil nematode genera to physical and chemical disturbances. *Ecol. Appl.* 12, 565-575.
252. Alon, A., Steinberger, Y. 1999. Effect of nitrogen amendments on microbial biomass, above-ground biomass and nematode population in the Negev Desert soil. *J Arid Environ.* 41, 429-441.
253. Lundquist, E.J., Jackson, L.E., Scow, K.M., Hsu, C., 1999. Changes in microbial biomass and community composition, and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of rye into three California agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.* 31, 221-236.
254. Neher, D.A., 1999. Nematode communities in organically and conventionally managed agricultural soils. *Journal of Nematology* 31, 142–154.
255. Mader, P., Fliebbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U., 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694–1697.
256. Asteraki, E.J., Hart, B.J., Ings, T.C., Manley, W.J., 2004. Factors influencing the plant and invertebrate diversity of arable field margins. *Agric. Ecosyst. Environ.* 102, 219–231.

257. Zhang XK, Li Q, Zhu AN, Liang WJ, Zhang JB, Steinberger Y (2012) Effects of tillage and residue management on soil nematode communities in North China. *Ecol Indic* 13:75–81
258. 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.
259. Culman, S. W., DuPont, S. T., Glover, J. D., Buckley, D. H., Fick, G. W., Ferris, H., and Crews, T. E. 2010. Long-term impacts of high-input annual cropping and unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs in Kansas, USA. *Agriculture Ecosystems and Environment* 137:13–24.
260. Dong Z., Ruixing H., Q. Chen, Zhu O., Feng G., 2013. - Response of soil nematodes to elevated temperature in conventional and no-tillage cropland systems. *Plant Soil* (2013) 373:907–918.
261. 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.
262. 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.
263. Cadet P., 1987 - Etude comparative des peuplements naturels de nématodes parasites associés à la canne à sucre. *Nematologica*, 33, pp 97-105.
264. 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.

265. Estioko RV. and Reyes TT., 1984 – Population dynamics of plant parasitic nematodes associated with sugarcane in Negros Occidental in relation to soil type and weather pattern. Proc. Philippine Sugar Technol. Ass., 31, pp 235-252.
266. Hofman TW, 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.
267. Okada, H., Tsukiboshi, T., and Kadota, I. 2002. Mycetophagy in *Filenchus misellus* (Andrassy, 1958) Lownsbery & Lownsbery, 1985 (*Nematoda: Tylenchidae*), with notes on its morphology. Nematology 4:795–801.
268. McSorley, R., and Frederick, J. J. 1999. Nematode population fluctuations during decomposition of specific organic amendments. Journal of Nematology 31:37–44.
269. 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.
270. Trofymow J. A., & 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.
271. Griffiths, B. S., Ritz, K., and Wheatley, R. E. 1994. Nematodes as indicators of enhanced microbiological activity in a Scottish organic farming system. Soil Use Management 10:20–24.
272. Ferris, H., Bongers, T., and De Goede, R. G. M. 1999. Nematode faunal indicators of soil food web condition. Journal of Nematology 31:534–535.
273. Gunapala, N., Scow, K.M., 1998. Dynamics of soil microbial biomass and activity in conventional and organic farming systems. Soil Biol. Biochem. 30, 805-816.
274. 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.
275. 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.

276. Prot, J. C. and Van Gundy D, 1981 - Soil texture and migration. *J. Nematol.*, 13, pp 213-217.
277. Todd, T. C., Blair, J. M., and Milliken, G. A. 1999. Effects of altered soil-water availability on a tallgrass prairie nematode community. *Applied Soil Ecology* 13:45–55.
278. Adekunle O. K., Saurabh K., Ramdeen P., Vipin H., Gaurav R., Neeraj V., Raja R., Sanjay K., A.A. Zaidi, 2006. - Plant parasitic and vector nematodes associated with Asiatic and Oriental hybrid lilies. *Bioresource Technology* 97 (2006) 364–371.
279. 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.
280. Prot J.C., 1979 - Influence of concentration gradients of salts on the behaviour of four plant parasitic nematodes. *Rev. Nématol.*, 2, pp 11-6.
281. Bouwman, L.A., Arts, W.B.M., 2000. Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Appl. Soil Ecol.* 14, 213-222.
282. López-Fando, C., Bello, A., 1995. Variability in soil nematode populations due to tillage and crop rotation in semi-arid mediterranean agrosystems. *Soil Tillage Res.* 36, 59-72.
283. Sanchez-Moreno S, Minoshima H, Ferris H, Jackson LE (2006) Linking soil properties and nematode community composition: effects of soil management on soil food webs. *Nematology* 8:703–715.
284. M. T. Diop, 1994. – les nématodes parasites des cultures maraichères au Sénégal, Distribution de *Pasteuria penetrans*, *Actinomyce* parasite des nématodes du genre *Meloidogyne*. Mémoire D. E. A. de Biologie animale. Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal. 70p.
285. Okada, H., Harada, H., 2007. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Applied Soil Ecology* 35, 528–598.
286. Liang, W.J., Li, Q., Jiang, Y., Neher, D.A., 2005. Nematode faunal analysis in an aquic brown soil fertilized with slow-release urea, Northeast China. *Applied Soil Ecology* 29, 185–192.

287. 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.
288. NETCHER C., et SIKORA A., 1990_ Nematodes parasites of vegetable .In plant parasitic nematode in tropical and subtropical agriculture. Ed. luc M. SIKORA A. et Bridge. CAB Internation, pp.237-283.
289. Dj. Ghezali et Fekkoum S., 2012. - répartition spatio-temporelle des acariens (*Acari: Oribatida* Michael, 1883 and *Gamasida* Reuter, 1909) dans différents étages bioclimatiques du nord de l'Algérie. *Lebanese Science Journal*, Vol. 13, pp ; 49-68.
290. HARKAT H., GHEZALI Dj., BENHAMACHA M. and LABADIA F., 2016. - Study of the temporal distribution of oribatids in an orchard of apple trees (Variety HANA) in the region of Boufarik (Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 10(4) April 2016, Pages: 120-130.
291. H. M. EL-SHARABASY and A. IBRAHIM, 2010. - Communities of Oribatid Mites and Heavy Metal Accumulation in Oribatid Species in Agricultural Soils in Egypt Impacted by Waste Water. *Plant Protect. Sci.* Vol. 46, 2010, No. 4: 159–170.
292. Longstaff, B.C., Greenslade, P.J.M., Colloff, M., Reid, I., Hart, P., Packer, I. 1999. Managing soils in agriculture, the impact of soil tillage practices on soil fauna. RIRDC Publication No. 99/18, Canberra, Australia, 65 pp.
293. Crossley, D.A., Mueller, B.R., Perdue, J.C., 1992. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 40, 37–46.
294. Mahunka, S., Paoletti, M.G., 1984. Oribatid mites and other mites (*Tarsonemidae*, *Anoetidae*, *Acaridae*) from woods and farms mono-cultivated with corn in the low laying plain (Veneto and Friuli, NE Italy). *Redia* 67, 93–128.
295. Behan-Pelletier, V.M., Paoletti, M.G., Bisset, B., Stinner, B.R., 1993. Oribatid mites of forest habitats in northern Venezuela. *Trop. Zool. (special issue)* 1, 39–54.
296. WINCHESTER, N.N., BEHAN-PELLETIER, V.M., RING, R.A., 1999: Arboreal specificity, diversity and abundance of canopy-dwelling oribatid mites (*Acari: Oribatida*). *Pedobiologia* 43, pp.391–400.

297. LINDO Z., WINCHSTER, N.N. (2006): A comparison of microarthropod assemblages with emphasis on oribatid mites in canopy suspended soils and forest floors associated with Ancient western red cedar trees-*Pedobiologia* 50: pp.31-41.
298. Dechene AD, Buddle CM (2009) Effects of experimental forest harvesting on oribatid mite biodiversity. *Forest Ecol Manage* 258:1331–1341.
299. Fagan LL, Didham RK, Winchester NN, Behan-Pelletier V, Clayton M, Lindquist E, Ring RA (2005) An experimental assessment of biodiversity and species turnover in terrestrial vs canopy leaf litter. *Oecologia* 147(2) 335–347.
300. O'LEAR H.A., BLAIR J.M. (1999): Responses of soil microarthropods to changes in soil water availability in tallgrass prairie. *Biology and Fertility of Soils* 29 (2), pp.207-217.
301. LINDBERG N., ENGTSSON J.B., PERSSON T. (2002): Effects of experimental irrigation And drought on the composition and diversity of soil fauna in a coniferous stand.-*Journal of Applied Ecology* 39(6): pp.924-936.
302. VREEKEN - NUIJS M.J., HASSINK J., BRUSSAARD L. 1998: Relationships of soil Microarthropd biomass with organic matter and pore size distribution in soil in soils under different land use. *Soil Biology and Biochemistry* 30(1):97-106.
303. Garcia C., Hermaudez T., Costa F., (1994): Medical activity in soil Mediterranean environmental conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 26 pp.1185 - 1191
304. PASCAL J.A., GARCIA C., HERMANDEZ T., MORENO J.L., ROS M., 2000: Soil Microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. *Soil Biol. Biochem.* 32 pp. 1877-1883.
305. Uvarov, A.V. (2003) Effects of diurnal temperature fluctuations on population responses of forest floor mites. – *Pedobiologia* 47(4) 331-339.
306. FOX C.A., FONSECA, E.J.A., MILLER, J.J., TOMLIN, A.D. (1999): The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till and conventional continuous corn on a clay loam soil. – *Appl. Soil Ecol.* 13(1):pp. 1-8.
307. Cortet J, Joffre R, Elmholt S, Krogh PH. 2003. Increasing species and trophic diversity of mesofauna affects fungal biomass, mesofauna community structure and organic matter decomposition processes. *Biol Fertil Soils*37:302–312.

308. Bedano J.C., Cantus M.P., Doucet M.E. (2006): Abundance of soil mites (Arachnida: Acari) in a natural soil of central Argentina. *Zoological Studies* 44(4):pp.505-512.
309. Sanchez-Moreno, S., Nicola, N.L., Ferris, H., Zalom, F.G., 2009. Effects of agricultural management on nematode-mite assemblages: soil food web indices as predictors of mite community composition. *Applied Soil Ecology* 41, 107–117.
310. Kyle Wickings, A. Stuart Grandy, 2013. - Management intensity interacts with litter chemistry and climate to drive temporal patterns in arthropod communities during decomposition. *Pedobiologia* 56 (2013) 105– 112.
311. PETERSEN H., LUXTON M., 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39, pp.287–388.
312. G.H.R. Osler, D.V. Murphy, Oribatid mite species richness and soil organic matter fractions in agricultural and native vegetation soils in Western Australia, *Appl. Soil Ecol.* 29 (2005) 93-98.
313. J.M. Cianciolo, R.A. Norton, The ecological distribution of reproductive mode in oribatid mites, as related to biological complexity, *Exp. Appl. Acarol* 40 (2006) 1-25.
314. M.A. Minor, J.M. Cianciolo, Diversity of soil mites (Acari: Oribatida, Mesostigmata) along a gradient of land use types in New York, *Appl. Soil Ecol.* 35 (2007) 140-153.
315. P. Luptáčík, D. Miklisová, L. Kovác, 2012. - Diversity and community structure of soil Oribatida (Acari) in an arable field with alluvial soils. *European Journal of Soil Biology* 50 (2012) 97-105.
316. Beckmann, M., 1988. The development of soil mesofauna in a ruderal ecosystem as influenced by reclamation measures. I. Oribatei (Acari). *Pedobiologia* 31, 391–408.
317. Scheu, S., Schulz, E., 1996. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatids and saprophagous soil macro-invertebrates. *Biodivers. Conserv.* 5, 235–250.
318. Kovác, L., L'uptáčík, P., Miklisová, D, Mati, R. (2001) Soil Oribatida and Collembola communities across a land depression in an arable field. – *Eur. J. Soil Biol.* 37: 285-289.
319. Maraun, M., Salamon, J.A., Schneider, K., Schaefer, M., Scheu, S. (2003b) Oribatid mite and collembolan diversity, density and community structure in a

- moder beech forest (*Fagus sylvatica*) effects of mechanical perturbations. – *Soil Biology & Biochemistry* 35(10) 1387-1394.
320. Aoki, J.I., 1979. Difference in sensitivities of oribatid families to environmental change by human impacts. *Rev. d'Ecol. Biol. Sol* 16, 415–422.
321. Maraun, M., Scheu, S., 2000. The structure of oribatid mite communities (Acari, Oribatida): patterns, mechanisms and implications for future research. *Ecography* 23, 374–383.
322. K. Schneider, M. Maraun, Top-down control of soil microarthropodseevidence from a laboratory experiment, *Soil Biol. Biochem.* 41 (2009) 170-175.
323. W. Karg, Acari (Acarina), Milben, Parasitiformes (Anactinochaeta), Cohors Gamasina Leach, Raubmilben, in: F. Dahl (Ed.), *Die Tierwelt Deutschlands* 59. Teil, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York, 1993
324. Janet Wissuwa, Jörg-Alfred Salamon, Thomas Frank, 2013. - Oribatida (Acari) in grassy arable fallows are more affected by soil properties than habitat age and plant species. *European Journal of Soil Biology* 59 (2013) 8-14.
325. Forkner, R.E., Hunter, M.D., 2000. What goes up must come down? Nutrient addition and predation pressure on oak herbivores. *Ecology* 81, 1588–1600.
326. Bastow, J.L., 2012. Resource quality in a soil food web. *Biology and Fertility of Soils* 48, 501–510.
327. Hulsman, A., Wolters, V., (1998) The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida. - *Appl. Soil Ecol.* 9: 327-332.
328. Grandy, A.S., Robertson, G.P., 2006. Aggregation and organic matter protection following cultivation of an undisturbed soil profile. *Soil Science Society of America Journal* 70, 1398–1406.
329. Hansen, R.A., Coleman, D.C., 1998. Litter complexity and composition are determinants of the diversity and species composition of oribatid mites (Acari: Oribatida) in litterbags. *Applied Soil Ecology* 9, 17–23.
330. Scheu, S., Albers, D., Alpehi, J., Buryrn, R., Klages, U., Migge, S., Platner, C., Salamon, J.A., 2003. The soil fauna community in pure and mixed stands of beech and spruce of different age: trophic structure and structuring forces. *Oikos* 101, 225–238.
331. Nielsen, U.N., Osler G.H.R., Campbell, C.D., Neilson, R., Burslem, D., van der Wal, R., 2010. The enigma of soil animal species diversity revisited: the role of smallscale heterogeneity. *Plos One* 5, e11567.

332. L. Cole, Sarah M. Buckland, Richard D. Bardgett. 2005. - Relating microarthropod community structure and diversity to soil fertility manipulations in temperate grassland. *Soil Biology & Biochemistry* 37 (2005) 1707–1717.
333. Cole L., Buckland S.M., Bardgett R.G. (2008) Influence of disturbance and nitrogen addition on plant and soil animal diversity in grassland. – *Soil Biology & Biochemistry* 40(2) 505–514.
334. Koehler, H., Born, H. (1989) The influence of vegetation structure on the development of soil mesofauna. – *Agriculture Ecosystems and Environment* 27(1-4) 253-269.
335. Minor, M.A., Norton, R.A. (2004) Effects of soil amendments on assemblages of soil mites (Acari : Oribatida, Mesostigmata) in short-rotation willow plantings in central New York Canadian Journal of Forest Research-Revue (Canadienne de Recherche Forestiere) 34: 1417-1425.
336. Coleman, D., Fu, S., Hendrix, P., Crossley Jr., D. (2002) Soil foodwebs in agroecosystems: impacts of herbivory and tillage management. – *Eur. J. Soil Biol.* 38(1) 21-28.
337. Koukoura, Z., Mamolos, A.P., Kalburtji, K.L. (2003) Decomposition of dominant plant species litter in a semi-arid grassland. – *Appl. Soil Ecol.* 23(1) 13-23.
338. Zaitsev, A.S., Chauvat, M., Pflug, A., Wolters, V. (2002) Oribatid mite diversity and community dynamics in a spruce chronosequence. – *Soil Biology & Biochemistry* 34(12) 1919-1927.
339. N.L. Schon, A.D. Mackay, M.A. Minor, G.W. Yeates, M.J. Hedley, 2008. - Soil fauna in grazed New Zealand hill country pastures at two management intensities. *applied soil ecology* 40 (2008) 218–228.
340. Arroyo, J., Iturrondobeitia, J.C. (2006) Differences in the diversity of oribatid mite communities in forests and agrosystems lands. – *European Journal of Soil Biology* 42: 259-269.
341. B. Yang, Xianghui L., H. Chen, Feng G., 2013. - The specific responses of Acari community to Bt cotton cultivation in agricultural soils in northern China. *Applied Soil Ecology* 66 (2013) 1– 7.
342. Noti, M.I., Andre, H.M., Ducarme, X., Lebrun, P., 2003. Diversity of soil oribatid mites (Acari: Oribatida) from High Katanga (Democratic Republic of Congo): a multiscale and multifactor approach. *Biodivers. Conserv.* 12, 767–785.

343. Sinclair, B.J., Stevens, M.I., 2006. Terrestrial microarthropods of Victoria Land and Queen Maud Mountains, Antarctica: implications of climate change. *Soil Biol. Biochem.* 38, 3158–3170.
344. Illig, J., Norton, R.A., Scheu, S., Maraun, M., 2010. Density and community structure of soil-and bark-dwelling microarthropods along an altitudinal gradient in a tropical montane rainforest. *Exp. Appl. Acarol.* 52, 49–62.
345. Uffe N. Nielsen, Graham H.R. Osler, Rene van der Wal, Colin D. Campbell, David F.R.P. Burslem, 2008. - Soil pore volume and the abundance of soil mites in two contrasting habitats. *Soil Biology & Biochemistry* 40 (2008) 1538–1541.
346. J.C. Bedano, M.P. Cantu, M.E. Doucet, Abundance of soil mites (Arachnida: Acari) in a natural soil of central Argentina, *Zool. Stud.* 44 (2005) 505e512.
347. S. Saitoh, S. Fujii, H. Takeda, Evaluation of the bottom-up force of accumulated organic matter on microarthropods in a temperate forestfloor, *Eur. J. Soil Biol.* 47 (2011) 409e413.
348. Black, H.I.J., Parekh, N.R., Chaplow, J.S., Monson, F., Watkins, J., Creamer, R., Potter, E.D., Poskitt, J.M., Rowland, P., Ainsworth, G., Hornung, M. (2003): Assessing soil biodiversity across Great Britain: national trends in the occurrence of heterotrophic bacteria and invertebrates in soil. – *Journal of Environmental Management* 67(3): 255-266.
349. Salmon, S., Mantel, J., Frizzera, L., Zanella, A. (2006): Changes in humus forms and soil animal communities in two developmental phases of Norway spruce on an acidic substrate. – *Forest Ecology and Management* 237(1-3): 47-56.
350. M. Maraun, H. Martens, S. Migge, A. Theenhaus, S. Scheu, Adding to the enigma of soil animal diversity': fungal feeders and saprophagous soil invertebrates prefer similar food substrates, *Eur. J. Soil Biol.* 39 (2003c) 85e95.
351. M.A. Tsiafouli, A.S. Kallimanis, E. Katana, G.P. Stamou, S.P. Sgardelis, Responses of soil microarthropods to experimental short-term manipulations of soil moisture, *Appl. Soil Ecol.* 29 (2005) 17-26.
352. Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E. and Hobbs, P.R. (2006) *No-tillage Seeding in Conservation Agriculture*, 2nd edn. CAB International/FAO, Oxford, UK.

353. Hobbs, P.R., Sayre, K. and Gupta, R. (2008) The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 543–555.