

## EFFETS DE LA CANOPÉE DU CÈDRE DE L'ATLAS SUR LA STRUCTURATION DES PEUPELEMENTS DE NÉMATODES DANS DEUX VERSANT DU PARC NATIONAL DE CHRÉA (ALGÉRIE)

LEMITI Salima<sup>1</sup>, TAIEB SOLIMANE Soumia<sup>1</sup>, TAMI Hanifa<sup>1</sup> et DJAZOULI Zahr-Eddine<sup>1</sup>

1. Université Saad Dahlab Blida 1, Département des Biotechnologies, Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, B.P. 270, route de Soumâa, Blida, Algérie

Reçu le 20/05/2019, Révisé le 17/06/2019, Accepté le 19/06/2019

### Résumé

**Description du sujet :** L'étude porte tente de mettre en évidence l'impact de certains paramètres écologiques sur la disponibilité des groupes trophiques nématologiques dans un milieu naturel non anthropisé.

**Objectifs :** La présente étude a pour objet de comparer le peuplement nématologique du sol sous cèdre (*Cedrus atlantica*). Il s'agit d'une cédraie fermée avec des stratifications végétales différentes entre le versant nord et le versant sud du parc national de Chréa.

**Méthodes :** L'échantillonnage a porté sur une période de 12 mois et les données ont été traitées par différents indices de structure et de composition. La distribution verticale et les statuts écologique et trophique des espèces a également été précisée, selon les diverses profondeur pédologique.

**Résultats :** La disponibilité des nématodes, montre une gradation négative para rapport à la profondeur du profil pédologique. Au niveau des deux versants, l'indice de diversité de Shannon, affiche une diversité faible. En revanche, l'indice d'équitabilité, présente une tendance vers un équilibre entre espèce de nématodes. Les abondances nématologiques, font remarquer une tendance à la croissance en saison humide. Durant l'installation de la saison sèche, le profil des abondances diminue graduellement. La chronologie de recrutement et d'arrivée des taxons nématologiques parait similaire ce qui peut être attribué à une arrivée des assemblages trophiques en cascade en relation avec la disponibilité des proies et d'aliments.

**Conclusion :** Les cascades trophiques identifiées sous l'effet de l'ouverture de la canopée du cèdre au niveau des versants nord et sud du parc national de Chréa, expriment une stabilité certaine relative à la plasticité adaptative des divers groupes fonctionnels étudiés.

**Mots clés:** Cascade trophique ; diversité, fréquence/ abondance, profil pédologique, statut écologique.

## THE EFFECTS OF THE ATLAS'S CEDAR CANOPY ON THE STRUCTURATION ON NEMATODE STAND ON TWO SIDES OF NATIONAL PARK ALGERIA.

### Abstract

**Description of the subject:** this study aims to highlight the impact of certain ecological parameters on the availability of nematological trophic groups in a non-entropized naturel environment.

**Objective :** The objective of the study is to compare the nematological stand of cedar soil (*Cedrus atlantica*). It is a closed cedar with different plant stratifications between north and south of Chréa National Park.

**Methods :** The sampling covered a 12-month period and the data were processed by different structural and compositional indices. The vertical distribution and the ecological and trophic status of the species has also been specified, according to the various pedological depths

**Results :** The availability of nematodes shows a negative gradation with respect to the depth of the soil profile. At the two-slope level, the Shannon Diversity Index has a low diversity. On the other hand, the index of equitability shows a tendency towards a balance between species of nematodes. Nematological abundances, note a tendency to growth in the wet season. During the installation of the dry season, the abundance profile gradually decreases. The chronology of recruitment and arrival of nematological taxa seems similar, which can be attributed to the arrival of trophic assemblages in cascade in relation to the availability of prey and food.

**Conclusion :** The trophic cascades identified by the opening of the cedar canopy at the northern and southern slopes of Chréa National Park, express a certain stability relative to the adaptive plasticity of the various functional groups studied.

**Keywords :** Tropic waterfall; diversity, frequency / abundance, soil profile, ecological status.

\* Auteur correspondant: LEMITI Salima, E-mail: lemiti.salima@yahoo.com

## INTRODUCTION

Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une espèce de conifère endémique de l'Afrique du Nord. Il couvre les sommets des hautes montagnes du Maroc (130 000 ha) et de l'Algérie (27 000 ha) [1 ; 2]. C'est l'une des espèces de conifères les plus importantes de la région méditerranéenne et elle suscite un très grand intérêt en raison de ses nombreuses caractéristiques : rusticité et qualité du bois [3 ; 4], une faible sensibilité au feu et une valeur esthétique remarquable [5 ; 6]. Malgré cette importance, le Cèdre de l'Atlas continue d'être exposé à plusieurs contraintes qui en limitent l'extension et peuvent même affecter son existence. En effet, plusieurs forêts de cèdres indigènes sont actuellement en déclin à cause de la sécheresse et du changement climatique [7 ; 8 et 9]. Certains auteurs suggèrent également que d'autres facteurs, tels que la défoliation par les insectes [10 ; 11 ; 12 et 13], et la perte de la fertilité biologique du sol [14 ; 15 et 16], diminuent la vigueur initiale des arbres et les rendent plus fragiles à d'autres stress graves tels que la sécheresse [17 et 18].

Au sein des écosystèmes terrestres, le sol est probablement l'un des compartiments biologiques les plus riches en espèces et donc potentiellement l'un des plus vulnérables à ces régimes de stress [16]. Le nombre estimé d'espèce d'arthropodes dans la litière et dans le sol dépasserait considérablement celui proposé par Erwin [19] pour les canopées (30 millions d'espèces) et ferait du sol la troisième frontière biologique [20 et 21]. Le potentiel de recrutement d'un nombre aussi important d'espèces dans les sols est lié à la partition de niche et la ségrégation spatiale et temporelle entre espèces, la forte diversité des micro-habitats ainsi que la nature même du milieu [22].

De nombreux travaux ont reconnu l'importance de la faune édaphique dans le fonctionnement du sol [23 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 28 et 29], ainsi que l'effet de la modification structurelle sur le fonctionnement des écosystèmes, tels que la productivité ou le recyclage de la matière organique [30 ; 31 ; 32 ; 33 ; 34 et 22]. Toutefois, malgré cette contribution importante sur la relation entre diversité et fonctionnement des écosystèmes, ce savoir reste fragmentaire car peu de données sont disponibles sur la biologie et sur l'impact fonctionnel des nématodes.

Dans le parc national de Chréa, les profils pédologiques développés sous cèdre fermé sont très propices à une production végétale contrastés sous canopée et hors canopée. Cette différence conditionne le mode d'incorporation de la matière organique au sol en influençant la nature et l'organisation des communautés de nématode.

Les connaissances sur la nématofaune des forêts et celle associée au cèdre du parc de Chréa sont inexistantes, ainsi nous avons entrepris cette étude novatrice qui vise à quantifier la diversité et la richesse des nématodes et à décrire la structuration des guildes trophiques selon l'ouverture de la canopée du cèdre.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Zone d'étude

Cette étude a été menée dans le parc national de Chréa situé dans la région centrale de l'Algérie (36°19'-36°30' N et 2°38'- °02' E), à environ 40 km au sud-ouest d'Alger et au sud de la ville de Blida (Fig. 1). Il couvre environ 27 000 ha de hautes montagnes (900-1550 m) et se caractérise par une topographie fortement en pente et un sol schisteux. La cédraie de Chréa occupe les altitudes les plus élevées dans la partie centrale du parc entre 1300 et 1550 m. Elle couvre 1230 ha avec une densité généralement élevée (distance entre les arbres : environ 3 à 5 m).

Les essences ont entre 80 et 120 ans, une hauteur de 15 à 25 m et une circonférence de 40 à 65 cm. Cependant, sur les pentes du versant sud, les hautes crêtes sont dénudées, et la densité des arbres est plus faible (environ 70~100 arbres/ha) [12 et 13]. En raison de l'altitude, le sous-bois est principalement constitué d'herbe ; cependant, certaines espèces d'arbustes telles que *Taxus baccata* L., *Ilex aquifolium* L., *Acer obtusatum* Willd., *Juniperus oxycedrus* L. et d'autres arbustes existent individuellement ou en groupes [35]. Le climat est caractérisé par une pluviosité exceptionnelle ; l'Atlas jouant le rôle d'une barrière fait que cette région est la plus humide d'Algérie. Bien que méditerranéen, le climat est largement influencé par l'altitude. Il est frais et humide, avec des précipitations annuelles moyennes de 950 à 1200 mm, avec des températures moyennes mensuelles comprises entre 3 et 7°C en hiver et entre 18 et 23 °C en été ; la neige est relativement fréquente (50-100 cm/an).

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson fait ressortir une longue saison humide (pluies- neige- nébulosité) s'étendant

généralement de la mi-septembre à la fin avril, elle est entrecoupée d'une période sèche de mai à septembre [13 et 36].

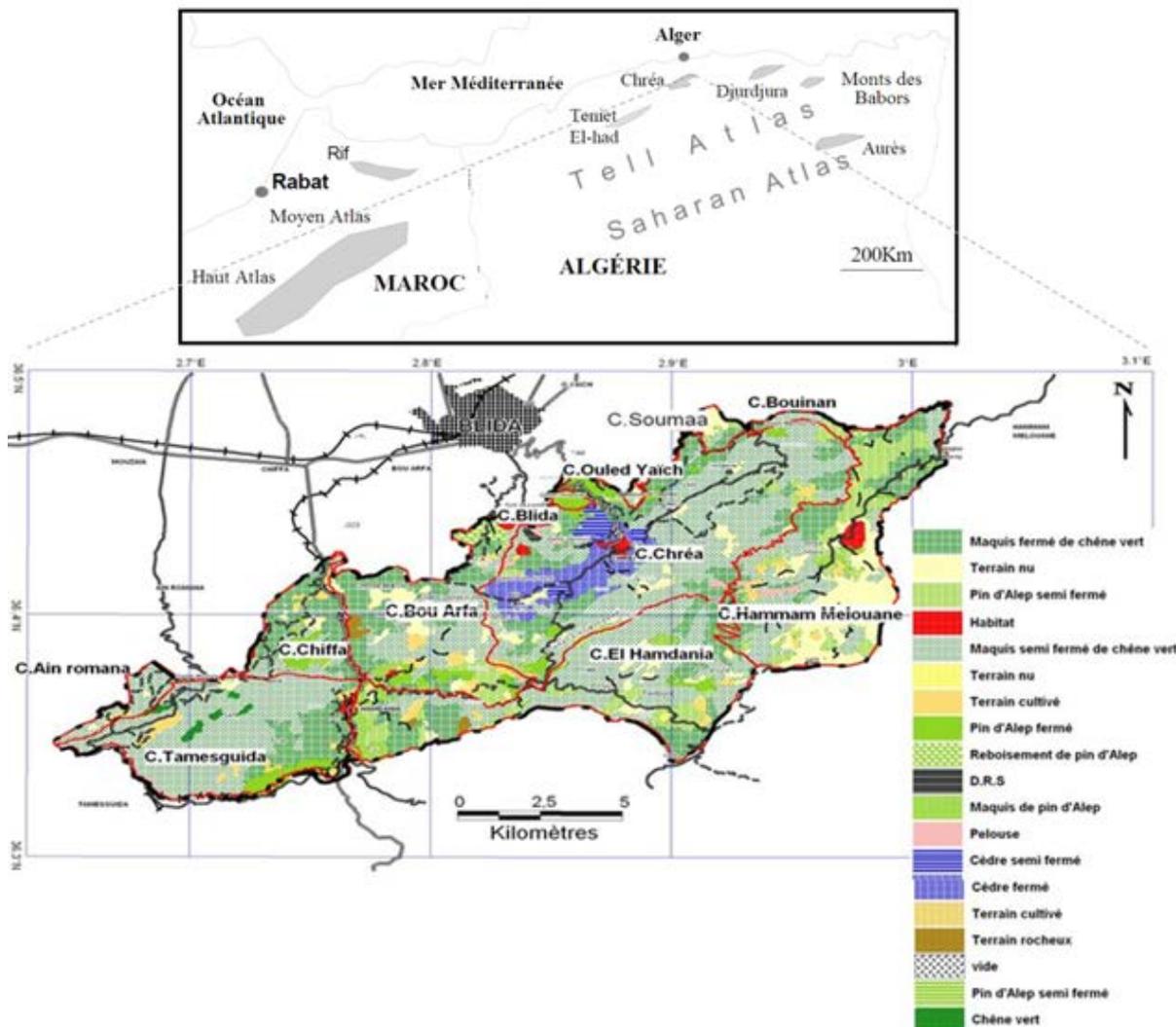


Figure 1: Présentation du site d'étude

**2. Sites d'échantillonnage**

Le choix des sites d'étude s'est porté sur des parcelles de cédraie fermée (Fig. 1). Compte tenu des objectifs de l'étude, les placettes d'étude choisies devaient différer entre elles par l'ouverture de la canopée (zone canopée et zone hors canopée) et les versant (nord et sud). De plus, pour chacun des systèmes, l'historique des parcelles choisies est connu (feu de forêt, pression des riverains, etc....).

**3. Techniques d'échantillonnage**

Ils ont été réalisés (à l'aide d'une sonde de 5 cm de diamètre), de septembre 2015 à aout 2016. Chaque mois, 4 séries de prélèvements sont réalisés (canopée-nord, hors canopée-nord, canopée-sud et hors canopée-sud) à raison de 5 carottes dans chaque station. Les 4 points de

prélèvements ont été choisis de façon casualisée à l'intérieur d'un carré de 10 m de côté [37]. Dans chaque carotte, 3 niveaux ont été considérés : 0-10 cm, 10-20 cm, et 20-30 cm.

**4. Préparation, identification et dénombrement des nématodes**

Les nématodes sont extraits de 250 cm<sup>3</sup> de sol en utilisant la méthode des seaux de Dalmasso [38], dite méthode de flottaison et de sédimentation. Elle est basée sur les différences de densité entre les nématodes et les différentes parties du sol. Elle nous permet d'extraire les nématodes de différente taille du sol en superposant des tamis à différentes mailles.

Cette méthode est très rudimentaire et demande un équipement minimal, elle est peu coûteuse. L'identification morphologique est basée sur l'observation de certains caractères discriminants tel que, la présence ou l'absence du stylet, sa longueur et sa forme ; la forme de la tête et de la queue ; la longueur du corps et la disposition de la glande œsophagienne par rapport à l'intestin. Les nématodes ont été identifiés jusqu'au genre selon la clé dichotomique de Jacob et Middepiaats [39], en utilisant le stéréomicroscope.

Les collections du laboratoire de zoologie agricole et forestière du département des Biotechnologies (Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Blida 1, Algérie) ont également été utilisées comme référence. L'évaluation de la disponibilité des nématodes dans les différents échantillons, est réalisée grâce à une cellule de comptage. Les populations de nématodes du sol sont exprimées en nombre de nématode par 1L de sol [40].

**5. Analyses écologiques des données**

Les résultats ont été exprimés en tant que richesse totale (S), représentant le nombre d'espèces capturées au niveau de chaque site au cours d'une session d'échantillonnage [41]. La richesse des espèces a été calculée selon le programme de raréfaction du logiciel Past vers 1.81 [42]. Nous avons appliqué les analyses de richesse d'espèce sur les limites supérieures et inférieures à hauteur d'un intervalle de confiance 95%. Ce qui définit le nombre

prévu d'espèces représenté parmi un nombre donné d'individus [43]. De plus, les résultats ont été exprimés en tant que fréquence (F%), ce qui représente la proportion en pourcentage du nombre d'individus (ni) par rapport au nombre total d'individus capturés de toutes les espèces d'une station (N) [44]. La constante des espèces a été appréhendée (C%). Elle exprime le pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de relevés [45]. On considère qu'une espèce est : Accidentelle : si  $C% < 25%$  ; dans ce cas l'espèce arrive par accident ou par hasard. Elle n'a aucun rôle dans le peuplement, Accessoire: si  $25% \leq C% \leq 50%$ . Celle-ci n'appartient pas au peuplement mais sert à son fonctionnement, Régulière: si  $50% \leq C% \leq 75%$ , Constante: si  $75% \leq C% \leq 100%$ , Omniprésente: si  $C% = 100%$ . Les espèces constantes et omniprésentes sont les plus dominantes, car elles ont plus de nourriture et sont d'étendue plus vaste.

Le diagramme des Fréquences-Abondances des peuplements de nématodes a été considéré pour chaque site. 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 de 30%. Cependant l'abondance, correspond au logarithme décimal  $\log(N+1)$ , ou N est la moyenne des effectifs des taxons dans les échantillons où ils ont été trouvés. Le seuil d'abondance est de  $200N/dm^3$  de sol ( $\log 200 = 2,30N/dm^3$ ) (Fig. 2) [46].

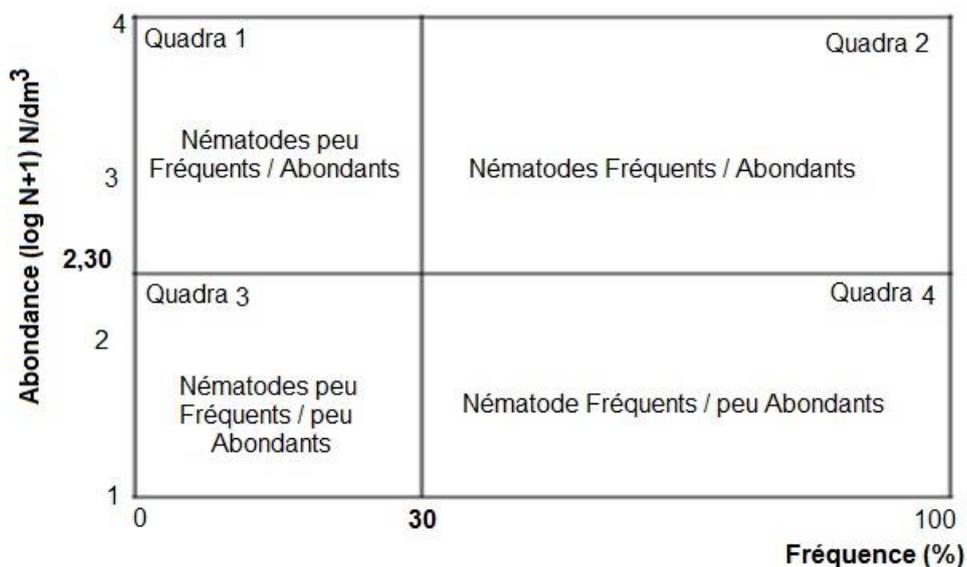


Figure 2 : Diagramme Fréquences-Abondances

Pour expliquer la diversité des peuplements de nématodes, nous avons également utilisé l'indice de Shannon ( $H = - \sum P_i \times \log(P_i)$ , où  $P_i = n_i / N$ ). ( $H$ ) augmente avec ( $S$ ), mais ne dépasse pas dans la pratique 5,0 dans les peuplements biologiques [47].

L'indice d'équitabilité ( $E$ ) indique la répartition de l'espèce dans le peuplement.

Il dérive de  $H$  ( $E=H/\ln S$ ) [44]. Les valeurs variaient de 0 (une espèce dominante) à 1 (toutes les espèces étant également représentées dans le peuplement).

#### 6. Analyses statistiques des données

La comparaison des indices de structure a été réalisée par les méthodes d'inférence statistique permettant de la simulation de données notamment les tests de Bootstrap et de Permutation. L'analyse était conduite par le logiciel PAST vers. 1.81 [43], sur une matrice basée sur l'abondance des taxa dans les 4 sites. Pour explorer la différence de structure des peuplements de nématodes de la zone canopée et la zone hors canopée au niveau des versants nord et sud, des diagrammes de Rang-abondance ont été tracés, et comparés au modèle de Motomura (1932) :  $\log(N) = a \times R + b$ , où  $N$  est l'abondance (valeurs logarithmique) rassemblé pour une espèce et  $R$  est la pente [48]. Les comparaisons des pentes des communautés ont été faites en utilisant la procédure décrite dans PAST vers 1.81 [43]. Brièvement, les analyses de covariance ont été conduites en considérant les pentes comme moyennes et les carrés des erreurs standards des valeurs  $x$  comme les variances. La

probabilité correspondante est calculée avec le test de Barlett.

Les données recueillies sur la disponibilité des taxons au niveau des sites d'étude ont été analysées afin de dégager les caractéristiques majeures de distribution. Une analyse de la variance type GLM a été réalisée sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance ( $C.V. < 15\%$ ). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel SYSTAT vers. 12.0 [49].

## RÉSULTATS

### 1. Estimation de la richesse spécifique

Les résultats de l'inventaire des nématodes au niveau des profils pédologiques de la cédraie fermée du parc national de Chréa reportés dans les graphiques de raréfaction (Fig. 3), montrent que l'abondance globale est en relation avec les versants. Il ressort une très faible divergence de faiblesse dans la gradation du nombre de taxa entre le versant nord et le versant sud. Cette raréfaction se traduit à partir de 10 taxa et une échelle de 5600 spécimens pour le versant nord (Fig. 3a) et de 11 taxa avec une échelle de 7200 spécimens pour le versant sud (Fig. 3b). La tendance des profils du nombre d'espèces par rapport au nombre d'individus réconforte le dispositif d'échantillonnage de la présente étude (Fig. 3).

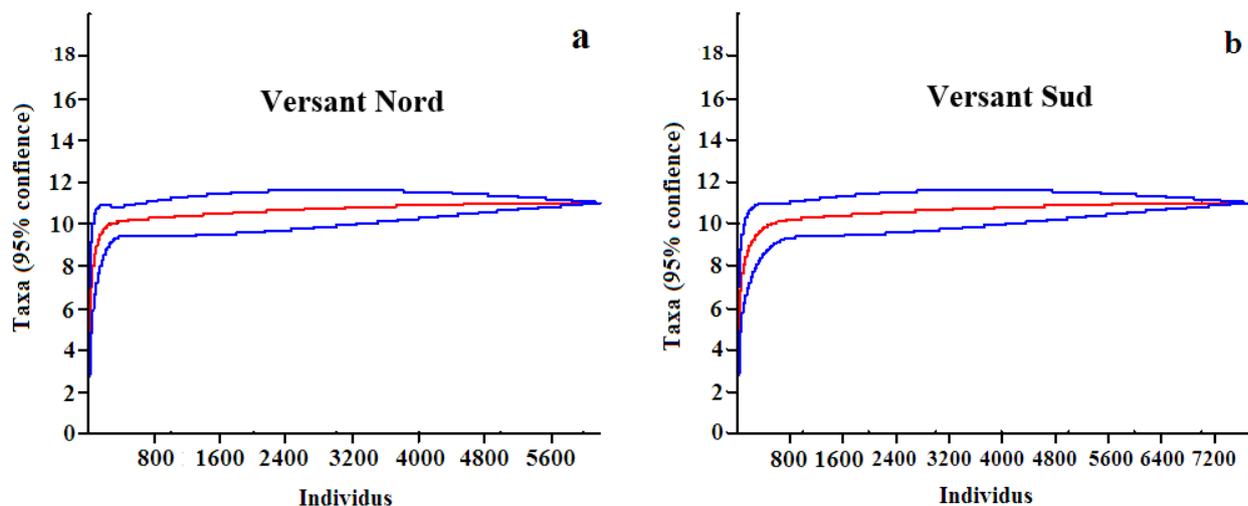


Figure 3 : Curve de raréfaction

## 2. Inventaire des nématodes rencontrés sous cèdre de l'Atlas

Les analyses nématologiques ont dévoilé la présence de 10 genres, réparties dans 8 Familles (Tableau 1). Parmi lesquels, Helicotylenchus, Ditylenchus, Aphelenchoides, Aphelencoïdes et Monochus sont les plus

représentés sur le versant nord. Cependant, Tylenchus, Dorylaimus, Eurydorilaimus, Ecuminus et Cephalobus leur représentativité est plus prononcée sur le versant sud. Les Pratylenchus sont les spécimens les moins représentés et sont disponibles pareillement sur les deux versants.

Tableau 1 : Nématodes de la cédraie du parc national de Chréa

Famille	Genre	Espèce	code	Versant Nord	Versant Sud
				<i>ni</i>	<i>ni</i>
Tylenchidae	Tylenchus	<i>Tylenchus sp.</i>	Tyl	604	644
	Ditylenchus	<i>Ditylenchus sp.</i>	Dity	1613	2149
Pratylenchidae	Pratylenchus	<i>Pratylenchus sp.</i>	Praty	2	2
Hoplolaimidae	Helicotylenchus	<i>Helicotylenchus sp.</i>	Helico	65	38
Aphelenchidae	Aphelenchus	<i>Aphelenchus sp.</i>	Aphes	90	51
Aphelenchoididae	Aphelencoïdes	<i>Aphelencoïdes sp.</i>	Aphus	67	38
Dorylaimidae	Eurydorilaimus	<i>Eurydorilaimus sp.</i>	Eury	95	118
	Ecumenicus	<i>Ecumenicus sp.</i>	Ecum	275	433
	Dorylaimus	<i>Dorylaimus sp.</i>	Dory	272	377
Cephalobidae	Cephalobus	<i>Cephalobus sp.</i>	Cephal	2578	3459
Monochidae	Monochus	<i>Monochus sp.</i>	Mono	523	388

## 3. Effet de la canopée et des profils pédologiques sur la disponibilité des nématodes

La disponibilité des nématodes renseignée dans le tableau 2, montre une gradation négative par rapport à la profondeur du profil pédologique. Ainsi, au niveau du versant nord,

sous canopée, le gradient est au profit du profil H1<H2<H3. Cependant, en hors canopée, le profil H1 se distingue nettement des profils H2 et H3. En revanche, au niveau du versant sud, sous canopée ou en hors canopée, le profil H1 s'individualise par une suprématie numérique par rapport aux profils H2 et H3.

Tableau 2 : Disponibilité comparée des nématodes (Probabilité associée/ Moyennes arithmétiques)

Versant Nord	H1_canopée	H2_canopée	H3_canopée	H1_Hors canopée	H2_Hors canopée	H3_Hors canopée
H1_canopée	-	0,046*	0,007**			
H2_canopée	177,82/89,27	-	0,005**			
H3_canopée	177,82/52,90	89,27/52,90	-			
H1_Hors canopée				-	0,02*	0,009**
H2_Hors canopée				110,45/72,36	-	0,513 <sup>NS</sup>
H3_Hors canopée				110,45/53,27	72,36/53,27	-
Versant Sud	H1_canopée	H2_canopée	H3_canopée	H1_Hors canopée	H2_Hors canopée	H3_Hors canopée
H1_canopée	-	0,007**	0,005**			
H2_canopée	180,55/86,09	-	0,167 <sup>NS</sup>			
H3_canopée	180,55/64,27	86,09/64,27	-			
H1_Hors canopée				-	0,003**	0,005**
H2_Hors canopée				209/92,72	-	0,358NS
H3_Hors canopée				209/65,54	92,72/65,54	-

H1 : 0-10 cm, H2 : 10-20 cm, H3 : 20-30 cm, NS : Non significative à 5%, \*\* : Significative à 1%, \*\*\* : Significative à 0,1%

#### 4. Variation temporelle de la disponibilité des nématodes

Le graphe de la figure 4 présente la fluctuation spatio-temporelle des peuplements nématologiques sous l'effet du versant et de l'ouverture de la canopée de la cédraie. Dans l'esprit de mieux visualiser la tendance générale de la disponibilité des nématodes recensés, nous avons été conduits à tracer la courbe moyenne des abondances.

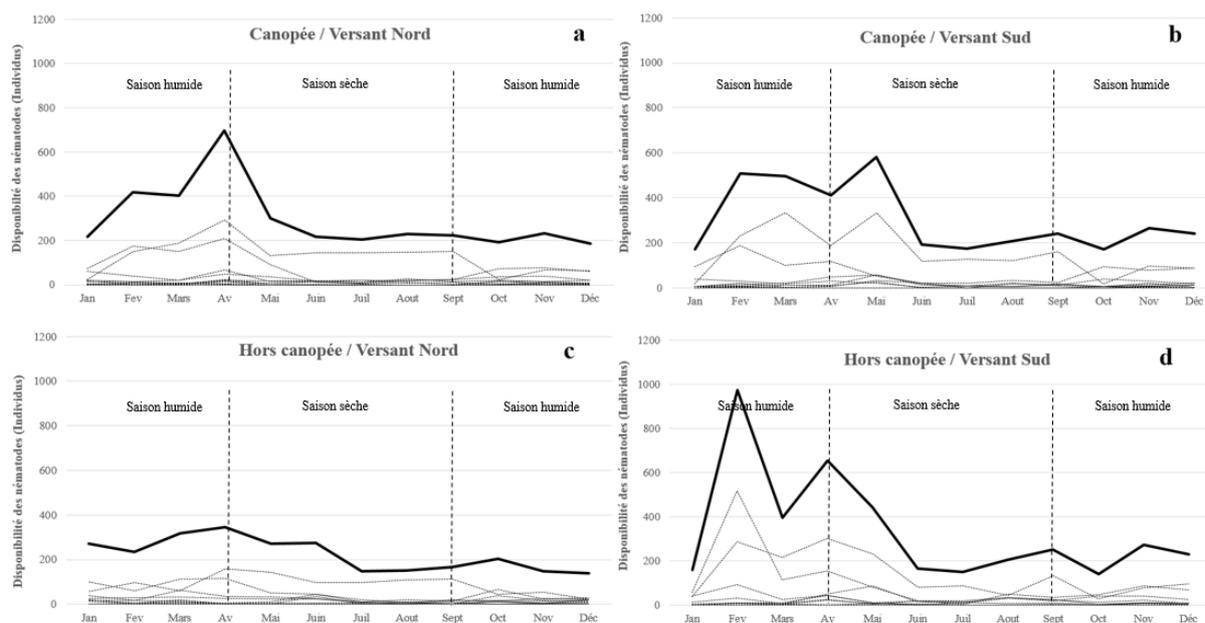


Figure 4 : Profil annuel des nématodes sous cèdre de l'atlas

Le modèle GLM appliqué à la disponibilité globale des nématodes, montre des différences significatives pour l'effet saison. On peut préciser que la saison humide dépasse significativement la saison sèche en termes d'abondance. La tranche numérique des abondances 100-400 et 400-700 étant plus importante durant la saison humide (Fig. 5a). La zone canopée renferme les plus fortes abondances par rapport à la zone hors canopée. La tranche numérique des abondances 400-700, est en faveur de la zone canopée (Fig. 5b). En revanche, la différence significative des abondances signalée entre les versants, dépend des paliers de disponibilité. La fréquence 100 - 400 est en faveur du versant nord, alors que la fréquence 400-700 distingue le versant sud (Fig. 5c).

Cette dernière, fait remarquer une tendance à la croissance progressive des abondances dès le début de la saison humide (novembre-décembre), avec un niveau global supérieur vers la fin de la même saison (février-mars-avril) au niveau des deux versants (Fig. 4a et c et Fig. 4b et d). De même, si l'on excepte le mois de mai pour la zone canopée versant sud (Fig. 4b), le profil des abondances ont une tendance générale à une diminution graduelle durant l'installation de la saison sèche (Fig. 4).

#### 5. Structuration des peuplements de nématodes

Le nombre de taxa enregistré est importants, mais ne diffèrent pas significativement entre canopée et hors canopée dans les deux versants. Le nombre d'individus est très important, il est en faveur de la zone sous canopée dans le versant nord. En revanche, dans le versant sud, l'importance individuelle est en faveur de la zone hors canopée (Tableau 3). Pour l'indice de diversité de Shannon, par référence aux valeurs de  $H_{max}$ , nous pouvons néanmoins observer une diversité faible ( $H < H'$ ).

Au niveau des deux versants, les zones hors canopée diffèrent significativement par rapport aux zones canopée. Pour l'indice d'équitabilité, il affiche des valeurs similaires sur le plan versant et ouverture de la canopée ( $p < 5\%$  ; Tableau 3). Cette situation présente une tendance vers un équilibre entre espèce de nématodes (Tableau 3).

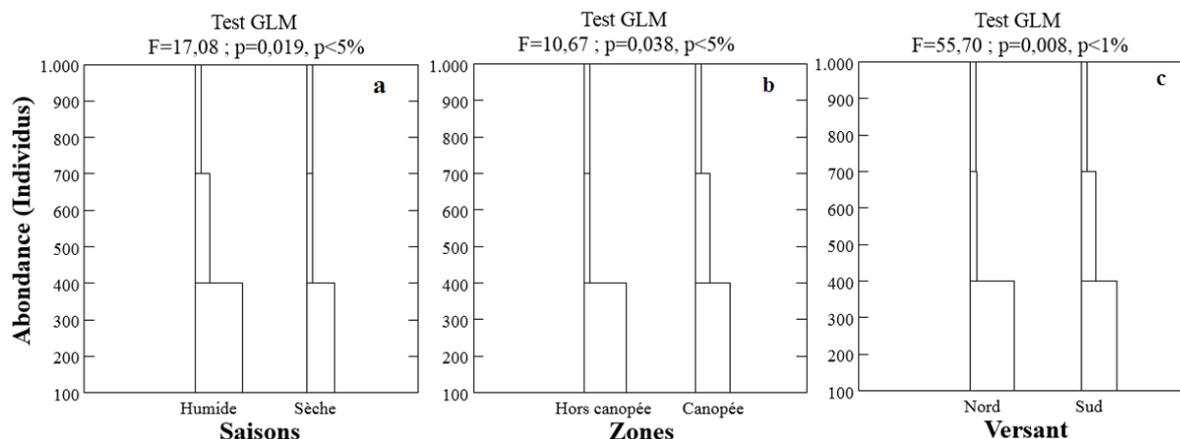


Figure 5 : Disponibilité comparée des peuplements de nématodes selon la saison, ouverture de la canopée et du versant

Tableau 3 : Indices de structure des peuplements de nématodes

		Canopée	Hors canopée	Test Bootstrap (p)	Test Permutation (p)
Versant Nord	Taxa S	10	11	0,457 <sup>NS</sup>	0,498 <sup>NS</sup>
	Individus	3520	2664	0***	0***
	Indice de Shannon (H)	1,576	1,732	0***	0***
	H <sub>max</sub> (H')	3,33	3,46		
	Equitabilité (E)	0,4837	0,5137	0,417 <sup>NS</sup>	0,452 <sup>NS</sup>
Versant Sud	Taxa S	10	11	0,474	0,494
	Individus	3657	4040	0***	0***
	Indice de Shannon (H)	1,463	1,582	0***	0***
	H <sub>max</sub> (H')	3,33	3,46		
	Equitabilité (E)	0,4321	0,442	0,655 <sup>NS</sup>	0,633 <sup>NS</sup>

NS :Non significative à 5%, \*\*: Significative à 1%, \*\*\* : Significative à 0,1%

**6. Statut écologique et affiliation trophique des peuplements de nématodes**

Sur l'ensemble de 20 sorties, nous avons noté un effectif total de 13881 d'individus. Les fréquences d'occurrence maximale des différentes espèces sont présentées dans le tableau 4. Les espèces possédant la fréquence d'abondance la plus importante sont *Ditylenchus sp.* et *Cephalobus sp.* au niveau

des deux versants et en zones canopée et hors canopée. Plusieurs espèces présentent une fréquence un peu moins élevée de l'ordre de moins de 10 %, dont : *Tylenchus sp.*, *Pratylenchus sp.*, *Helicoenchus sp.*, *Aphelenchus sp.*, *Aphelenchoides sp.*, *Dorylaimus sp.*, *Eurydorylaimus sp.*, *Ecuminicus sp.* et *Mononchus sp.*

Tableau 4 : Indices de structure des peuplements de nématodes

Canopée versant Nord						
Espèce	code	ni	F%	C%	Statut écologique	Statut trophique
<i>Tylenchus sp.</i>	Tyl	368	10,45	100	Omniprésente	Phytophages
<i>Helicoenchus sp.</i>	Helico	33	0,94	50	Régulière	Phytophages
<i>Ditylenchus sp.</i>	Dity	974	27,67	100	Omniprésente	Fungivores
<i>Aphelenchus sp.</i>	Aphes	41	1,16	41,67	Accessoire	Fungivores
<i>Aphelenchoides sp.</i>	Aphus	53	1,51	66,67	Régulière	Fungivores
<i>Dorylaimus sp.</i>	Dory	116	3,30	100	Omniprésente	Omnivores
<i>Eurydorilaimus sp.</i>	Eury	38	1,08	50	Régulière	Omnivores
<i>Ecuminicus sp.</i>	Ecum	114	3,24	100	Omniprésente	Omnivores
<i>Mononchus sp.</i>	Mono	257	7,30	100	Omniprésente	Prédateur
<i>Cephalobus sp.</i>	Cephal	1526	43,35	100	Omniprésente	Bactériovores
Canopée versant Sud						
Espèce	code	ni	F%	C%	Statut écologique	Statut trophique
<i>Tylenchus sp.</i>	Tyl	252	6,89	100	Omniprésente	Phytophages
<i>Helicoenchus sp.</i>	Helico	19	0,52	41,67	Accessoire	Phytophages
<i>Ditylenchus sp.</i>	Dity	911	24,91	100	Omniprésente	Fungivores
<i>Aphelenchus sp.</i>	Aphes	12	0,33	33,33	Accessoire	Fungivores
<i>Aphelenchoides sp.</i>	Aphus	10	0,27	33,33	Accessoire	Fungivores
<i>Dorylaimus sp.</i>	Dory	148	4,05	91,67	Constante	Omnivores
<i>Eurydorilaimus sp.</i>	Eury	68	1,86	50	Régulière	Omnivores
<i>Ecuminicus sp.</i>	Ecum	174	4,76	100	Omniprésente	Omnivores
<i>Mononchus sp.</i>	Mono	233	6,37	100	Omniprésente	Prédateur
<i>Cephalobus sp.</i>	Cephal	1830	50,04	100	Omniprésente	Bactériovores
Hors canopée versant Nord						
Espèce	code	ni	F%	C%	Statut écologique	Statut trophique
<i>Tylenchus sp.</i>	Tyl	236	8,86	100	Omniprésente	Phytophages
<i>Pratyenchus sp.</i>	Praty	2	0,08	8,33	Accidentelle	Phytophages
<i>Helicoenchus sp.</i>	Helico	32	1,20	50,00	Régulière	Phytophages
<i>Ditylenchus sp.</i>	Dity	639	23,99	100	Omniprésente	Fungivores
<i>Aphelenchus sp.</i>	Aphes	49	1,84	41,67	Accessoire	Fungivores
<i>Aphelenchoides sp.</i>	Aphus	14	0,53	66,67	Régulière	Fungivores
<i>Dorylaimus sp.</i>	Dory	156	5,86	100	Omniprésente	Omnivores
<i>Eurydorilaimus sp.</i>	Eury	57	2,14	66,67	Régulière	Omnivores
<i>Ecuminicus sp.</i>	Ecum	161	6,04	100	Omniprésente	Omnivores
<i>Mononchus sp.</i>	Mono	266	9,98	100	Omniprésente	Prédateur
<i>Cephalobus sp.</i>	Cephal	1052	39,49	100	Omniprésente	Bactériovores
Hors canopée versant Sud						
Espèce	code	ni	F%	C%	Statut écologique	Statut trophique
<i>Tylenchus sp.</i>	Tyl	392	9,70	100	Omniprésente	Phytophages
<i>Pratyenchus sp.</i>	Praty	2	0,05	16,67	Accidentelle	Phytophages
<i>Helicoenchus sp.</i>	Helico	19	0,47	75,00	Constante	Phytophages
<i>Ditylenchus sp.</i>	Dity	1238	30,64	100	Omniprésente	Fungivores
<i>Aphelenchus sp.</i>	Aphes	39	0,97	58,33	Régulière	Fungivores
<i>Aphelenchoides sp.</i>	Aphus	28	0,69	41,67	Accessoire	Fungivores
<i>Dorylaimus sp.</i>	Dory	229	5,67	100	Omniprésente	Omnivores
<i>Eurydorilaimus sp.</i>	Eury	50	1,24	50,00	Régulière	Omnivores
<i>Ecuminicus sp.</i>	Ecum	259	6,41	100	Omniprésente	Omnivores
<i>Mononchus sp.</i>	Mono	155	3,84	83,33	Constante	Prédateur
<i>Cephalobus sp.</i>	Cephal	1629	40,32	100	Omniprésente	Bactériovores

Le statut écologique des différentes espèces de nématodes (tableau 4), démontrent qu'il varie selon l'ouverture de la canopée et les versants. Ainsi, sous canopée et hors canopée au niveau du versant nord, les espèces : *Tylenchus sp.*,

*Helicoenchus sp.*, *Ditylenchus sp.*, *Aphelenchoides sp.*, *Dorylaimus sp.*, *Eurydorilaimus sp.*, *Ecuminicus sp.*, *Mononchus sp.* et *Cephalobus sp.* appartiennent au même peuplement et acquièrent le statut d'espèces

omniprésente-régulière. En revanche, *Aphelenchus sp.* ne fait pas partie du peuplement, mais il participe à son fonctionnement de ce fait elle est considérée comme espèce accessoire. Cependant, sous canopée au niveau du versant sud, le peuplement subit un déséquilibre écologique ayant pour conséquence une modification du statut des espèces *Helicoenchus sp.* et *Aphelenchoides sp.* devenues accessoires par rapport au peuplement du versant nord. En hors canopée, l'espèce *Aphelenchoides sp.* préserve son statut d'accessoire. Alors que *Pratylenchus sp.* s'individualise par son statut d'espèce accidentelle.

De plus, si on raisonne en termes de statut trophique, on peut remarquer que les consommateurs du premier, second et troisième niveau sont de loin plus apparentés aux espèces omniprésente et régulière (tableau 4).

Par ailleurs, sur le plan fonctionnel, les omnivores et les fungivores sont également pour la plupart des espèces omniprésente et régulière.

**7. Structure des peuplements de nématodes**

L'examen du diagramme des Fréquences-Abondances de Fortuner et Merney fait ressortir 4 types de structurations qui varient en fonction du versant et de la canopée (Fig. 7). Sous canopée, au niveau des versants nord et sud, trois types de structures sont distincts où *Cephalobus sp.* est désignée « fréquent et abondant », *Ditylenchus sp.*, *Mononchus sp.* et *Tylenchus sp.* sont définies « peu fréquent et abondant ». Cependant, le reste du peuplement est considéré « peu fréquent et peu abondant » (Fig. 7a et b). Enfin, en hors canopée le peuplement nématologique a tendance vers une structure « peu fréquent et peu abondant », exception faite pour *Cephalobus sp.* et *Ditylenchus sp.* qui sont « fréquent et peu abondant » (Fig. 7c et d).

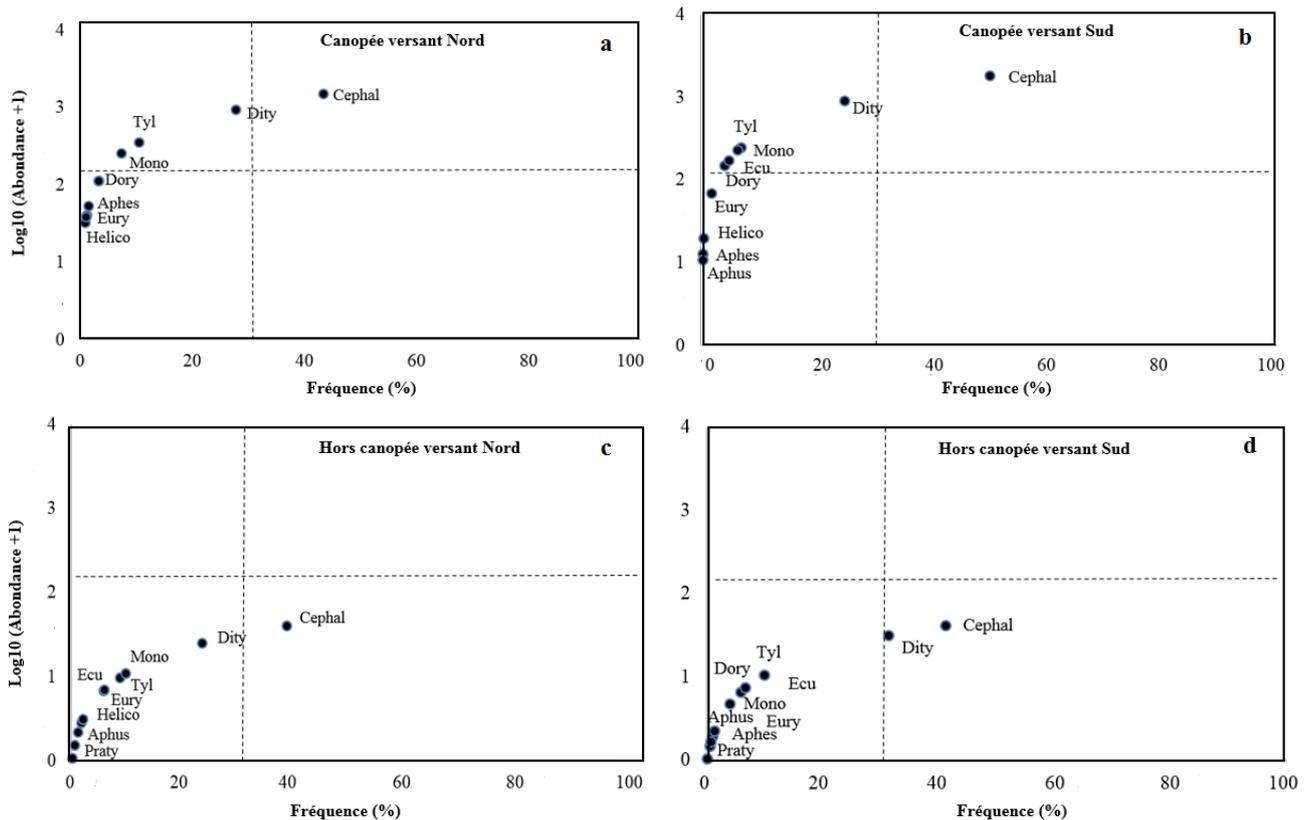


Figure 7 : Structure des peuplements de nématodes selon l'ouverture de la canopée et du versant (Aph : Aphelenchus ; Aphl : Aphelenchoides ; Eury : Eurydorylaimus ; Dity : Ditylenchus ; Dory : Dorylaimus ; Ecu : Ecuinicus ; Tyl : Tylenchus ; Prat : Pratylenchus ; Helico : Helicotylenchus ; Bact : Bactérivore ; Pred : Prédateur).

**8. Structure des cascades trophiques des peuplements de nématodes**

Le diagramme rang fréquence établi sur la base des calculs des abondances transformées en logarithmes et le rang des espèces nous permet de visualiser l'homogénéité des peuplements de nématodes échantillonnés. Nous avons rapporté les richesses et les corrélations respectives ainsi que les probabilités associées à la comparaison des pentes des droites de

Motomura dans le tableau 5. De manière globale, les fluctuations des peuplements fonctionnelles en cédraie durant l'année d'étude sont bien ajustées au modèle de Motomura. Les pentes des équations du modèle de Motomura sont négatives et très faibles pour l'ensemble des groupes trophiques ce qui correspond à une composition diversifiée et spécifique de chaque peuplement (canopée, hors canopée).

Tableau 5: Comparaison des pentes des peuplements des nématodes

	Canopée nord	Canopée sud	Hors canopée nord	Hors canopée sud
Pente a	-0,4384	-0,5594	-0,4974	-0,555
Taxa (n)	10	10	11	11
r	-0,971	-0,979	-0,969	-0,978
Ajustement Motomura	$2,78 \times 10^{-6}$	$7,18 \times 10^{-7}$	$8,72 \times 10^{-7}$	$1,71 \times 10^{-7}$
Canopée nord	-	-	-	-
Canopée sud	0,8462 <sup>NS</sup>	-	-	-
Hors canopée nord	0,7591 <sup>NS</sup>	0,9139 <sup>NS</sup>	-	-
Hors canopée sud	0,9165 <sup>NS</sup>	0,9252 <sup>NS</sup>	0,7591 <sup>NS</sup>	-

Les diagrammes rang fréquence associés sont représentés dans les figures 7a, b, c et d. Les comparaisons des pentes des équations des courbes de tendance de ces fluctuations indiquent également des probabilités associées hautement significatives montrant d'une part, la stabilité des peuplements et leurs différences de composition selon l'ouverture de la canopée et les versants.

Il est pertinent de considérer la chronologie de recrutement et d'arrivée des taxons nématologiques dans le sol de cédraie.

Au sein des communautés trophiques respectives, l'ordre d'arrivée des espèces semble similaire ce qui peut être attribué à une arrivée des assemblages trophiques en cascade en relation avec différents facteurs environnementaux notamment des facteurs liés à la disponibilité des proies et aliments et aux compétitions interspécifiques des guildes des taxons bénéfiques. Ainsi, chez les peuplements nématologiques, on observe une arrivée successive suivant un gradient décroissant *Cephalobus sp.* (Bactérovores) < *Ditylenchus sp.* (Fungivores) < *Tylenchus sp.* (Phytophages) < *Mononchus sp.* (Prédateurs) < *Dorylaimus sp.* (Omnivores) < *Ecuminicus sp.* (Omnivores).

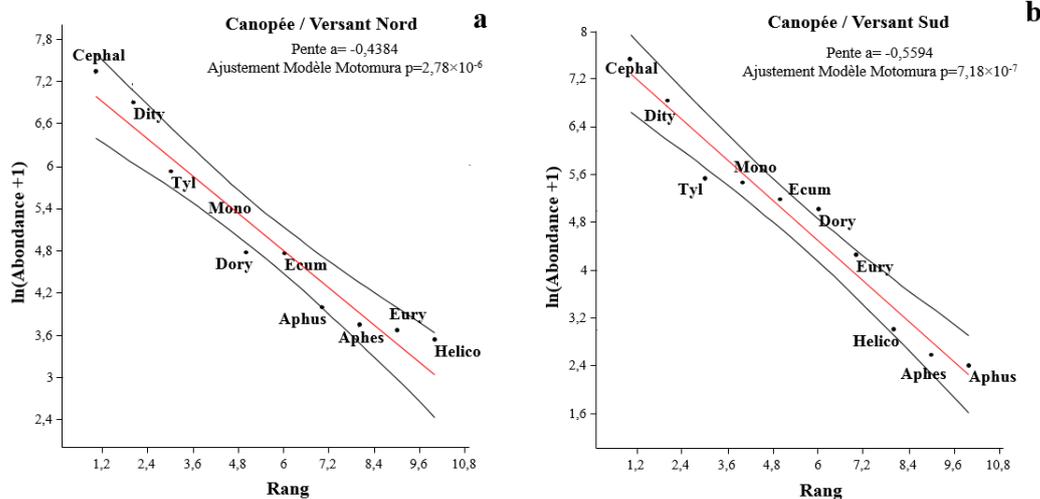


Figure 7: Cascade trophique comparée des peuplements de nématodes selon la saison, ouverture de la canopée et du versant

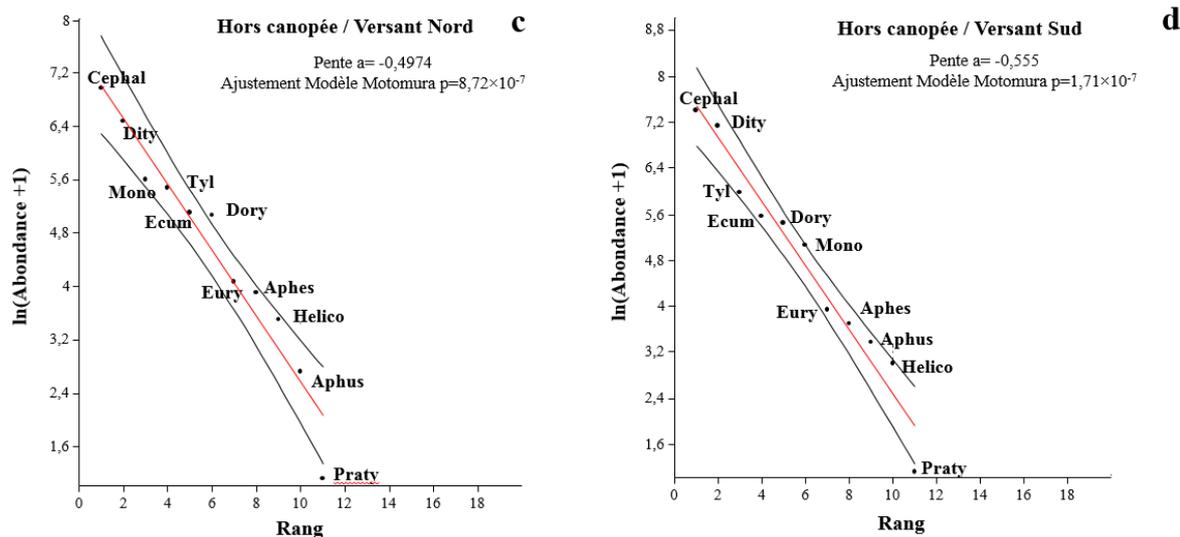


Figure 7 suite : Cascade trophique comparée des peuplements de nématodes selon la saison, ouverture de la canopée et du versant

(Aph : Aphelenchus ; Aphl : Aphelenchoides ; Eury : Eurydorylaimus ; Dity : Ditylenchus Dory : Dorylaimus ; Ecum : Ecuminicus ; Tyl : Tylenchus ; Pratv : Pratylenchus ; Helico : Helicotylenchus ; Bact : Bactérivore ; Pred : Predateur).

## DISCUSSION

La fraction de la nématofaune du sol de la cédraie du parc national de Chréa faisant ici l'objet d'une étude qualitative conduite au niveau spécifique. Après avoir donné une description de la composition des peuplements, selon l'ouverture de la canopée au niveau du versant nord et sud, les résultats mettent en évidence les affinités de la diversité spécifique aux différentes stations d'étude. Celles-ci font apparaître, que la disponibilité des nématodes, montre une gradation négative par rapport à la profondeur du profil pédologique. Ainsi, au niveau du versant nord, sous canopée, le gradient est au profit du profil H1<H2<H3. Cependant, en hors canopée, le profil H1 se distingue nettement des profils H2 et H3. En revanche, au niveau du versant sud, sous canopée ou en hors canopée, le profil H1 s'individualise par une suprématie numérique par rapport aux profils H2 et H3. On reliera ce résultat de l'analyse avec les propriétés du biotope, notamment la litière des résineux. L'hypothèse rejoint les conclusions de Poursin et Ponge [50]. Les auteurs, stipulent que la litière accumulée, sous l'effet des alternances de dessèchement et de remouillage, subit plus nettement les variations de température et d'hygrométrie de l'air ambiant, conduisant à sa dégradation très rapide qui vient par conséquent enrichir le profil superficiel. En ce qui concerne les relevés de profondeur, un phénomène inverse s'observe. Ceci est à mettre

en relation avec l'appauvrissement très net en matière organique de ce niveau sous résineux, ainsi que l'hydromorphie y régnant [51]. De plus, les résultats obtenus par les indices de composition et de structure montrent que quel que soit le type site d'étude (sous canopée, hors canopée versant nord et versant sud), les mêmes grandes tendances existent à savoir, une diversité faible et une tendance à l'égalité de représentation des espèces semblerait donc caractéristique de la structure des peuplements de nématodes. On peut, dès lors, s'interroger sur les causes de cette apparente « équitabilité » des espèces. Il est possible qu'elle soit le reflet de la faiblesse des rapports interspécifiques. En effet, selon Wieser [52], le concept même de dominance, comme celui de hiérarchie spécifique, suppose l'action directe (prédation) ou indirecte (compétition alimentaire) d'une espèce sur les autres. Lorsque l'impact biologique d'une ou de quelques espèces ne se manifeste plus, en d'autres termes, lorsque la prépondérance d'une ou de quelques formes n'est plus perceptible, cela peut signifier que les phénomènes régulateurs que sont la prédation ou la compétition alimentaire disparaissent ou, tout au moins, ne jouent plus qu'un rôle secondaire dans l'équilibre des espèces. Dans ces conditions, il paraît normal que la structure hiérarchique du peuplement tende à s'estomper puisque toutes les formes qui ont trouvé des conditions favorables à leur développement maintiennent des effectifs ne dépendant plus

que de l'action des facteurs abiotiques. Une faible diversité spécifique, associée à une forte « équitabilité », pourrait donc caractériser un peuplement à structure alvéolaire où les espèces coexistent de façon très indépendante. Cette dernière, fait remarquer une tendance à la croissance progressive des abondances dès le début de la saison humide (novembre-décembre), avec un niveau global supérieur vers la fin de la même saison (février-mars-avril) au niveau des deux versants. Cependant, les profils des abondances ont une tendance générale à une diminution graduelle durant l'installation de la saison sèche. Nous estimons que l'abondance des nématodes est liée significativement au gradient d'humidité du sol qui conditionne sa texture. Nos analyses corroborent les travaux de Luc [53] et de Spiegel *et al.* [54], qui ont montré que les nématodes se déplaçaient dans des colonnes de sol pour rejoindre les zones où l'humidité lui était plus favorable, et surtout, vers des zones où des substances émises par les racines de plantes hôtes étaient présents. Ces résultats sont cohérents avec les observations directes de Wallace [55], qui a observé que la mobilité des nématodes était optimale lorsque la taille des particules était comprise entre le tiers et la moitié de la longueur de leur corps. Ces mesures sont également en accord avec les résultats d'Otobe *et al.* [56]. Dans un dispositif artificiel (circuit imprimé en silicium) comportant des pores calibrés, ceux-ci ont observé que *Meloidogyne incognita* se déplaçait beaucoup mieux dans un milieu où le diamètre des pores correspond à environ la moitié de leur longueur, que dans des pores plus fins.

L'examen de la chronologie de recrutement et d'arrivée des taxons nématologiques dans le sol de cédraie, semble similaire ce qui peut être attribué à une arrivée des assemblages trophiques en cascade en relation avec différents facteurs environnementaux notamment des facteurs liés à la disponibilité des proies et aliments et aux compétitions interspécifiques des guildes des taxons bénéfiques. Ainsi, chez les peuplements nématologiques, nous avons observé une arrivée successive suivant un gradient décroissant *Cephalobus sp.* (Bactériovores) < *Ditylenchus sp.* (Fungivores) < *Tylenchus sp.* (Phytophages) < *Mononchus sp.* (Prédateurs) < *Dorylaimus sp.* (Omnivores) < *Ecuminicus sp.* (Omnivores). Dans une étude portant sur les Nématodes des forêts d'Ecosse (Hêtres,

Bouleaux, Chênes, Conifères). Boag [57], a montré qu'il y a une certaine homogénéité dans la répartition des principaux genres.

Selon le même auteur, quel que soit la forêt considérée, les zones à strate herbacée augmentent considérablement le nombre de Nématodes phytophages. Cependant, les bactériovores et les fungivores présentent des pics de forte densité et de dominance durant toute l'année. Cette constatation, exprime un exemple de diversité fonctionnelle d'un écosystème que l'on peut mettre en parallèle avec des modifications de la microflore.

Forge et Simard [58], estiment que l'abondance réduite des nématodes omnivores et prédateurs, comme signalées dans notre étude, est conforme aux à la littérature disponible, qui rapporte que l'effectif réduit de ces groupes trophiques est relatif aux perturbations de l'écosystème, et qu'il peut être élucidé par (i) leur sensibilité aux changements d'abondance ou de composition des leurs ressources alimentaires, (ii) le changement dans les conditions physico-chimiques du sol, tels que comme le compactage et la fluctuation de la température et de l'humidité, (iii) ou une augmentation des concentrations d'ammonium et de nitrates, qui peut avoir des effets négatifs directs sur omnivores et prédateurs nématodes. A cette effet, Bongers [58], avance, que les nématodes du genre *Dorylaimida*, sont considérés comme les taxons les plus sensibles aux conditions physico-chimiques extrêmes par rapport aux autres ordres de nématodes.

Nous venons d'évoquer brièvement quelques aspects de la diversité par la comparaison globale de la nématofaune de différents micro-écosystèmes forestiers. Il nous semble possible que la sélection naturelle ait favorisé les individus dont le comportement se prête peu à la dissémination par disponibilité des proies et d'aliments. Les cascades trophiques décrites, se montrent ainsi particulièrement adaptés aux variations climatique et paysagère

## CONCLUSION

Le principal résultat de cette étude est l'identité des cascades trophiques entre le versant nord et le versant sud du parc national de Chréa. Une tendance à la stabilité est confirmée. La distribution verticale des espèces a également été précisée, avec une mise en évidence d'une plasticité adaptative correspondant aux divers groupes fonctionnels étudiés.

L'utilité de notre investigation se manifeste par la possibilité d'étudier les rapports existant entre la distribution verticale et les différences stationnelles. De ce point de vue, ces résultats sont cohérents avec les interrelations entre nématodes et environnement concernant soit l'environnement physicochimique, soit l'environnement biologique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Benabid A. (1994).** Biogéographie phytosociologie des cédraies de l'Atlas à *Cedrus atlantica* Manetti. *Ann. Rech. For. Maroc*, 27: 62-76.
- [2]. **Terrab A., Hampe A., Lepais O., Talavera S., Vela E. and Stuessy, T.F. (2008).** Phylogeography of North African Atlas cedar (*Cedrus atlantica*, Pinaceae): combined molecular and fossil data reveal a complex Quaternary history. *Am. J. Bot.*, 95: 1262-1269.
- [3]. **El Azzouzi K. and Keller R. (1989).** Propriétés technologiques du bois de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *Forêt méditerranéenne*, 19 : 11-33.
- [4]. **Messaoudene M., Loukkas A., Janin G., Tafer M., Dilem A. and Joaquim Gonzalez J. (2004).** Propriétés physiques du bois d'éclaircie des cèdres (*Cedrus atlantica*), contenant du bois de compression, provenant de l'Atlas du Djurdjura (Algérie). *Ann. For. Sci.*, 61: 589-595.
- [5]. **Toth J. (1978).** Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le Sud de la France. Thèse Doc. Ing. Fac. St. Jérôme. Marseille, France. 136 p.
- [6]. **M'Hirith O. (1982).** Étude écologique et forestière des cédraies du Rif Marocain : Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'atlas. *Ann. Rech. For. Maroc*, 2: 1-499.
- [7]. **Bentouati A. and Bariteau M. (2006).** Réflexions sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt méditerranéenne*, 27: 317-322.
- [8]. **Demarteau M., Francois L., Cheddadi R. and Roche E. (2007).** Responses of *Cedrus atlantica* when faced with past and future climatic changes. *Geo. Eco. Trop.*, 31: 105-146.
- [9]. **Linares J.C., Taïqui L. and Camarero J.J. (2011).** Increasing drought sensitivity and decline of Atlas Cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas forests. *Forests*, 2: 777-796.
- [10]. **Sbajdji M., El Hadi O., Haddad A., Kadik B. and Lambs L. (2009).** Cedar tree growth (*Cedrus atlantica* Manetti) in Chréa national park, Algeria, and the influence of defoliation by the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 64: 323-332
- [11]. **Sbajdji M. and Kadik B. (2011).** Effets of Atlas cedar (*Cedrus atlantica*) defoliation on performance of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*). *J. Pest Sci.*, 84: 213-217.
- [12]. **Sbajdji M. (2012).** Étude des infestations de la cédraie de Chréa par la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.: description spatiotemporelle et interaction arbre- défoliateur. Thèse de doctorat, ENSA, El Harrach, Alger, Algérie.. 115 p.
- [13]. **Sbajdji M., Lambs L., Haddad A. and Kadik B. (2015).** Effect of periodic defoliations by *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. on radial growth in cedar woodland in Chréa, Algeria. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 70 (4): 371-386
- [14]. **Springet A. (1979).** The effects of a single hot summer fire on soil fauna and on litter decomposition in Jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest in Western Australia. *Australian Journal of Ecology*, 4: 279-291.
- [15]. **Moore J.C., Walter D.E. and Hunt H.W. (1988).** Arthropod regulation of micro and mesobiota in below ground detrital food webs. *Annual Review of Entomology*, 33: 419-439.
- [16]. **Wolters V. (2001).** Biodiversity of soil animals and its function. *European Journal of Soil Biology*, 37, 221-227.
- [17]. **Hartmann H. and Messier C. (2008).** The role of forest tent caterpillar defoliations and partial harvest in the decline and death of Sugar Maple. *Ann. Bot.*, 102: 377-387.
- [18]. **Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni H., Bachelet D., McGowell N., Venetier M., Kitzeberger T., Rigling A., Breshears D., Hogg E.H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J.-H., Allard G., Running S.W., Semerci A. and Cobb N. (2010).** A global overview of drought and heat- induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecol. Manag.*, 259: 660-684.
- [19]. **Erwin T.L. (1983).** Tropical forest canopies: the last biotic frontier. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 29: 14-19.
- [20]. **André H.M., Noti M.I. and Lebrun P. (1994).** The soil fauna: the other last biotic frontier. *Biodiversity and Conservation*, 3 : 45-56.
- [21]. **André H.M., Ducarme X. and Lebrun P. (2002).** Soil biodiversity: myth, reality or conning? *Oikos*, 3-24.

- [22]. Decaëns T., Jiménez J.J., Gioia C., Measey G.J. and Lavelle P. (2006). The values of soil animals for conservation biology. *Eur. J. Soil Biol.*, 42:S23-S38
- [23]. Lavelle P. (1997). Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, 27: 93-132.
- [24]. Hunt H.W. and Wall D.H. (2002). Modelling the effects of loss of soil biodiversity on ecosystem function. *Global Change Biology*, 8: 33-50.
- [25]. Scheu S., Schlitt N., Tuinov A.V., Newington J.E. and Helfin J.T. (2002). Effects of the presence and community composition of earthworms on microbial community functioning. *Oecologia*, 133: 254-260.
- [26]. Fitter A.H. (2005). Darkness visible: reflections on underground ecology. *Journal of Ecology*, 93: 231-243.
- [27]. Larid D., (1989). *Comparaison entre trois stations au Mont Mouzaïa dans le Parc National de Chréa*. Thèse Ing.Agr., El Harrach, Alger, Algérie. 152 p.
- [28]. Doumandji S. et Doumandji-Mitiche B. (1993). Les mantes du parc national de Chréa. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 29 (1) :105-106.
- [29]. Mazari G. (1995). *Etude faunistique de quelques stations du parc national de Chréa*. Thèse Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, Alger, Algérie. 165 p.
- [30]. Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J.P., Hector A., Hooper D.U., Huston M.A., Raffaelli D., Schmid B., Tilman D. and Wardle D.A. (2001). Biodiversity and Ecosystem functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 294: 804–808.
- [31]. Hector A. (2002). *Biodiversity and the functioning of grassland ecosystems: multi-site comparisons*. In *Functional consequences of biodiversity: experimental progress and theoretical extensions.*, pp. 71–95. Edited by A. Kinzig, D. Tilman & S. Pacala. Princeton, New Jersey, USA: Princeton University Press.
- [32]. Hooper D.U., Chapin III, F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J. and Wardle D.A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75: 3–35.
- [33]. Postma-Blaauw M.B., De Vries F.T., de Goede R.G.M., Bloem J., Faber J.H. and Brussaard L. (2005). Within-trophic group interactions of bacterivorous nematode species and their effects on the bacterial community and nitrogen mineralization. *Oecologia*, 142: 428–439.
- [34]. Van Ruijven, J. and Berendse F. (2005). Diversity–productivity relationships: Initial effects, longterm patterns, and underlying mechanisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 102: 695–700.
- [35]. Meddour R. (2002). Bioclimats, étages et séries de végétation de l'Atlas Blidéen (Algérie). *Phytocoenologia*, 32: 101-128.
- [36]. Dahel R. (2015). Le parc national de Chrea une aire protégée à influence régionale. *Revue Agrobiologia*, 7 : 05-14
- [37]. Beniamino F., Ponge J.-F. and Arpin P. (1991). Soil acidification under the crown of oak trees: I. Spatial distribution. *Forest Ecology and Management*, 40: 221-232.
- [38]. Dalmasso A. (1966). Méthodes simples d'extraction des nématodes du sol. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 3 : 473-478.
- [39]. Jaccob J.J. et Middepijns W.C.T. (1988). *Fascicule de détermination des principaux nématodes phytoparasites au stéréoscope, cours de nématologie*, TSP, Vol. 2, Niamey, Niger, 175 p.
- [40]. 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.
- [41]. Horn K.J., McMillan B.R. and St Clair S.B. (2012). Expansive fire in Mojave Desert shrubland reduces abundance and species diversity of small mammals. *Journal of Environments*, 77 : 54–58.
- [42]. Colwell R. K., Chao A., Gotelli N.J., Lin S.Y., Mao C. X., Chazdon R. L. and Longino J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5 : 3 - 21.
- [43]. Hammer Ø., Harper D.A.T. and Ryan P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaeont. Electron.* 4(1) 9, [http://palaeoelectronic.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeoelectronic.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- [44]. Hadjoudj M., Souttou K. and Doumandji S. (2015). Diversity and richness of rodent communities in various landscapes of Touggourt Area (Southeast Algeria). *Acta Zoologica Bulgarica*, 67: 415–420.

- [45]. **Dajoz R. (1985).** *Précis d'Ecologie*. Ed. Dunod, Paris ,505 p
- [46]. **Fortuner R. et Merny G. (1973).** Les nématodes parasites les racines associés au riz en Basse-Casamance (Sénégal) et en Gambie. *Cahier ORSTOM, Série Biologique*, 21 :3-30.
- [47]. **Krebs J. C. (1998).** *Ecological Methodology*. 2<sup>nd</sup> Ed. Harper & Row, New York, NY, USA. 620 p.
- [48]. **Iganaki H. (1967).** Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive. *Vie Milieu*, 18 :153–166.
- [49]. **SPSS Inc. (2012).** SYSTAT 4.00 for windows, statistics and graphics
- [50]. **Poursin J.-M. et Ponge J.-F. (1984).** Étude des peuplements de microarthropodes (Insectes Collemboles et Acariens Oribates) dans trois humus forestiers acides de la Forêt d'Orléans (Loiret, France). *Pedobiologia*, 26 (6) : 403-414.
- [51]. **Toutain F. and Vedy J.C. (1975).** Influence de la végétation forestière sur l'humidification et la pédogenèse en milieu acide et en climat tempéré. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 12 : 375–382.
- [52]. **Wieser W. (1953).** Die Beziehung zwischen Mundhöhengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen *Nematoden*. *Ark. Zoo.*, 2(4): 439-484
- [53]. **Luc M. (1961).** Note préliminaire sur le déplacement de *Hemicyclophora paradoxa* Luc (Nematoda – Criconematidae) dans le sol. *Nematologica*, 6 : 97-106.
- [54]. **Spiegel Y.M, Burrows P.M., Bar-Eyal M. (2003).** A Chemo Attractant in Onion Root Exudates Recognized by *Ditylenchus dipsaci* in Laboratory Bioassay. *Phytopathology*, 93: 127-132.
- [55]. **Wallace H.R. (1958).** The movement of eelworms. II A comparative study of the movement in soil of *Heterodera schachtii* Schmidt and of *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev. *Annals of applied Biology*, 46: 86-94.
- [56]. **Otobe K., Itou K. and Mizukubo T. (2004).** Micro-moulded substrates for the analysis of structure-dependent behaviour of nematodes. *Nematology*, 6: 73-77.
- [57]. **Boag B. (1974).** Nématodes associated with forest and woodland trees in Scotland. *Ann. Appl. Biol.*, 77: 41–50.
- [58]. **Forge T.A. and Simard S.W. (2000).** Trophic structure of nematode communities, microbial biomass, and nitrogen mineralization in soils of forests and clearcuts in the southern interior of British Columbia. *Can. J. Soil. Sci.*, 80 :401-410
- [59]. **Bongers T. (1990).** The Maturity Index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83: 14–19.