

RÉPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DES ACARIENS (ACARI : ORIBATIDA MICHAEL, 1883 AND GAMASIDA REUTER, 1909) DANS DIFFÉRENTS ÉTAGES BIOCLIMATIQUES DU NORD DE L'ALGÉRIE

Djelloul Ghezali et Fekkoum Soumya

Ecole Supérieure Nationale Agronomique, Département de Zoologie Agricole et Forestière,
El-Harrach 16111, Alger, Algérie
yacine562003@yahoo.fr

(Received 2 February 2011 - Accepted 26 May 2011)

RÉSUMÉ

L'étude menée dans les différents étages bioclimatiques montre que les Oribates présentent une distribution échelonnée dans l'espace et dans le temps en corrélation avec l'amélioration des conditions écologiques.

Les zones aride et semi-aride constituent des milieux moins favorables par contre les zones humide et sub-humide qui se caractérisent par une grande diversité végétale et des conditions climatiques plus favorables, offrent des milieux très propices pour le développement des acariens et particulièrement les Oribates. On a recensé 6 espèces en zone aride, 11 espèces en zone semi-aride et 30 espèces dans les milieux humide et sub-humide. Cette classification descendante hiérarchique des peuplements d'acariens confirme les conditions environnementales qui règnent dans ces milieux. Cependant, le comportement des espèces d'Oribates se manifeste différemment. Certaines espèces montrent une tolérance à l'égard de ces variations et leur aire de distribution est très large. Par contre, la majorité des espèces dont l'aire de distribution est limitée se montrent plus exigeantes vis-à-vis de ces conditions. Leur présence exige une certaine humidité dans le milieu et un support nutritionnel (litière) adéquat. L'utilisation de ces groupes d'acariens comme indicateur biologique s'avère intéressante car elle permet de nous renseigner sur les changements, qu'ils soient naturels ou anthropiques qui peuvent altérer l'environnement.

Mots-clés: acarien, Oribatida, Gamasida, environnement, bioindicateur, Algérie

ABSTRACT

The study conducted in different bioclimatic areas, has revealed that mites particularly Oribatida present a staggering distribution in space and time in correlation with the improvement of the ecological conditions.

The arid and semi-arid areas constitute a less favorable environment in contrast to the humid and sub humid zones which are characterised by a more favorable variety of vegetation and climatic conditions. These conditions constitute a favorable environment for the development of mites especially Oribatida.

There are 6 species in arid zones, 11 species in semi-arid zones and 30 in wetlands and sub-humid areas. This hierarchical classification of mites' stands is in good agreement with the environmental conditions which prevail in this region. However, it can be noted that the behavior of mites species manifests itself differently. Certain species show tolerance to these variations and their distribution area is important and very large. On the contrary, the majority of species whose distribution area is limited are very demanding vis-à-vis these conditions. Their presence requires some moisture in the environment and an adequate nutritional support (litter). It constitutes an important biological indicator since it helps in understanding the natural or anthropogenic changes that can alter the environment.

Keywords: mites, Oribatida, Gamasida, environment, bioindicator, Algeria

INTRODUCTION

Les études faunistiques permettent une meilleure compréhension des processus d'évolution et de la gestion des écosystèmes (Migliorini *et al.*, 2002). L'influence de la pédofaune sur les processus biologiques du sol est largement documentée (Seastedt, 1984; Ingham *et al.*, 1985; Coleman, 1986; Verhoef & Brussaard, 1990; Lussenhop, 1992). Dans la nature, les organismes agissent étroitement avec les facteurs abiotiques qui influencent leur activité et leur répartition. 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. Ces altérations peuvent engendrer des changements quant au comportement des espèces et induire ainsi un mécanisme de sélection.

La présence de cette pédofaune, particulièrement l'acarofaune dépend directement du substrat nutritionnel (Travé, 1963). Ce même auteur insiste sur le fait que le facteur nourriture est manifestement le plus important quelles que soient les conditions pour lesquelles les êtres vivants se seraient adaptés. Au niveau écologique, une classification de la mésofaune en fonction de leurs habitudes alimentaires s'avère très intéressante car elle permet d'appréhender les questions liées aux relations trophiques dans le sol (Cortet, 1999). (Borcard, 1988) a noté qu'il est peu probable qu'on parvienne à définir une échelle de qualité globale du sol basée sur un grand nombre de taxons déterminés à un niveau variable mais il pense que chaque milieu doit faire l'objet d'investigations séparées, basées sur les groupes intéressants qui lui sont propres. Ces groupes peuvent être d'une part des taxons de bas niveau systématique dont on étudie l'écologie physiologique en vue de définir la réaction à des *stimuli* donnés (pollution chimique, température, humidité) et d'autre part la recherche, dans un milieu donné, d'un ou de plusieurs taxons dont la diversité, la position dans le réseau alimentaire et l'accessibilité laisse entrevoir une possibilité d'usage appliquée en tant qu'indicateur. Sur la base des caractéristiques des Oribates, de nombreux chercheurs pensent que ce groupe est très prometteur car il peut être utilisé à diverses fins (Gergocs & Hufnagel, 2009). Webb *et al.* (1998) et Gergocs et Hufnagel (2009) ont démontré que la température peut induire une modification quant à la structure de la communauté des Oribates.

La présence ou l'absence de certaines espèces renseignent sur la qualité de l'environnement (Lincoln *et al.*, 1982). Gergocs et Hufnagel (2009) notent que le groupe des Oribates présente des caractéristiques fondamentales qui permettent d'indiquer les différents changements environnementaux. Ces caractéristiques sont largement mentionnées dans les travaux de Lebrun et Van Straalen (1995), Behan Pelletier (1999) et Gulvik (2007). Selon les auteurs précités, le comportement des Oribates peut être utilisé pour indiquer les effets d'une

pollution chimique ou de métaux lourds et des perturbations dans le processus de décomposition.

A la lumière de ces données, on a jugé utile de mener cette étude qui permettra, d'une part, de suivre l'évolution spatio-temporelle des espèces d'acariens dans différents biotopes offrant une multitude de facteurs écologiques. D'autre part, on essaie de caractériser ces milieux en comparant ces résultats par rapport aux travaux menés par d'autres chercheurs dans ce domaine.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Choix du milieu

L'étude est conduite sur une aire assez vaste présentant des caractéristiques climatiques et édaphiques très différentes. Cette aire se dresse, depuis la région désertique de Biskra jusqu'au littoral algérois en passant par des régions arides et semi-arides, humides et sub-humides (Fig.1).



Figure 1. Répartition géographique des différentes stations.

Les différentes régions prospectées présentent une richesse floristique différente en relation avec le climat. Dans la région de Biskra où la pluviométrie est la plus basse, on note une végétation très limitée et le sol est de type sableux. Entre M'sila et Bougezoul, on retrouve une végétation typique des régions semi-arides notamment *Prunus armeniaca* L.,

Atriplex halimus L et *Salsola vermiculata* L. poussant sur un sol sablo limoneux et caillouteux. Par moment la roche mère de nature calcaire affleure le sol. A Ksar El Boukhari, le sol étant sableux avec la présence de galets et de blocs de calcaire, la végétation y est caractérisée par *Cynodon dactylon* L. et *Atractylis serratuloides* Sieb. A partir de cette limite un autre profil apparaît notamment à Medjebeur où le sol prend une autre structure et texture. Le sol devient argileux et dur et la végétation prédominante est composée de *Vitis vinifera* L. et de *Poa annua* L. Cette région marque la limite de la zone semi-aride. A Ouzera, avec le même type de sol, l'échantillon est prélevé à proximité d'un vignoble (*Vitis vinifera*). Cette région située dans l'étage bioclimatique humide, le climat est chaud pendant l'été et très frais pendant l'hiver avec des précipitations de l'ordre de 700mm. A Chiffa, Boufarik et Alger, les conditions climatiques sont plus tempérées. Les températures sont plus clémentes, à hiver chaud, doux ou frais et la pluviométrie est comprise entre 600 et 900mm (ONM). Les sols sont de type limoneux, argileux et argilo limoneux. La végétation est abondante et se présente en trois strates : arborescentes au niveau des « bouquets » d'Eucalyptus et de pin d'Alep, arbustive dans les vergers de néfliers, d'agrumes, de pommiers et de poiriers et dans les brise-vent de filao (*Casuarina torulosa*) et de cyprès (*Cupressus*) et herbacée à base de *Sinapis arvensis* L., *Cynodon dactylon* L. Les prélèvements de sol au niveau de Chiffa ont été réalisés à la lisière de la forêt, ceux de Boufarik au niveau des prairies à proximité des vergers d'agrumes et à Alger, sous *Ficus macrophylla* L., situé dans un jardin botanique.

Matériel et méthodes

Les prélèvements sont effectués périodiquement dans des stations séparées d'une cinquantaine de kilomètres. La méthode utilisée consiste à dénombrer quantitativement et qualitativement les espèces d'acariens en fonction des différents étages bioclimatiques.

Les prélèvements sont effectués au niveau de chaque station retenue pour mener cette étude. De manière aléatoire trois prélèvements de sol sont faits à intervalles de 15 mètres dans les quatre extrémités de chaque station dont l'aire de chacune est d'environ un kilomètre à deux kilomètres carrés en fonction du relief.

Chaque prélèvement est effectué sur un carré de 15 cm de côté et de 10 à 15cm de profondeur. L'échantillonnage est réalisé au cours des mois de décembre-janvier (saison hivernale), avril-mai, (saison printanière) juin-juillet (saison estivale) et octobre-novembre (saison automnale) au cours de l'année 2008 et de l'année 2009.

Les échantillons de sol prélevés sur chaque site sont placés dans un sachet hermétique et apportés au laboratoire pour l'extraction de l'acarofaune en utilisant la méthode de Berlese (Berlese, 1905). Cette méthode convient à l'étude des arthropodes endogés. Son principe consiste à placer un volume de terre connu sur une grille métallique surplombant l'extracteur constitué d'un entonnoir afin de dessécher lentement l'échantillon du haut vers le bas. Chassée ainsi par la dessiccation progressive de la terre, la faune, dont le géotropisme est négatif, quitte l'échantillon de sol et tombe dans le récipient collecteur contenant de l'alcool à 70% (Gobat *et al.*, 1998).

Les microarthropodes, ainsi récoltés à partir des échantillons de sol, ont été comptés et ensuite identifiés jusqu'aux familles grâce à la clé de détermination proposée par Balogh (1972). Cette détermination a ensuite été affinée au niveau spécifique à l'aide d'une collection de M. Niedbala et de M. Wauthy (Muséum d'Histoire Naturelle de Bruxelles, Belgique).

TABLEAU 1
Présentation des Régions d'Étude

Stations	Régions	Altitude	Quotient pluvio.	Coordonnées géographiques	Etage bioclimatique
Station 1	Biskra	120m	23.38	34°48' N 5° 44' E	Aride
Station 2	M'sila	470m	30.80	35° 40' N 04° 30' E	
Station 3	M'sila (30km Sud)	470m	34.80	35° 40' N 04° 32' E	
Station 4	M'sila (150km Est de Boughezoul)	470m	36.70	35° 40' N 04° 34' E	Semi aride
Station 5	M'sila (100km Est de Boughezoul)	470m	36.70	35° 41' N 04° 30' E	
Station 6	M'sila (50km Est de Boughezoul)	470m	41.40	35° 40' N 03° 32' E	
Station 7	Boughezoul	635m	41.40	35° 42' N 2° 50' E	
Station 8	Boughezoul (30km au Nord)	635m	41.40	35° 42' N 2° 50' E	Humide
Station 9	Medjbeur	910m	135.07	35° 57' N 2° 47' E	
Station10	Ouzera	840m	135.07	36°14' N 2° 52' E	
Station11	Chiffa	407m	135.07	36°27' N 2° 44' E	
Station12	Boufarik	50m	82.3	36°34' N 2° 54' E	Sub humide
Station13	Alger	50m	113.3	36°43' N 3° 08' E	

Qualité de l'échantillonnage

$$Q = 0$$

Q est égale à zéro ce qui implique que la qualité de l'échantillonnage est bonne et que le nombre de relevés est suffisant.

Richesse totale

$$S = 30 \text{ espèces}$$

La richesse totale des espèces recueillies au cours de la présente étude est de 30 espèces réparties dans deux ordres : Gamasida et Oribatida. On peut cependant dire que ce milieu est riche mais, cette richesse est attribuée beaucoup plus aux milieux humide et sub-humide.

TABLEAU 2

Listes des Espèces Inventoriées et leur Répartition dans les Différents Étages Bioclimatiques

Ordre	Famille	Espèces	Etage bioclimatique			
			Aride	S-Aride	S-Humide	Humide
Gamasida	<i>Veigaiaidae</i>	<i>Veigaia planicola</i> Berlese, 1892	1	7	14	16
O R I B A T I D A	<i>Liacaridae</i>	<i>Liacarus coracinus</i> C.L.Koch, 1840	2	8	12	4
	<i>Phthiracaridae</i>	<i>Phthiracarus nitens</i> Nicolet, 1855	0	0	28	16
	<i>Lohmanniidae</i>	<i>Torpacarus omittens</i> Grandjean, 1950	4	0	17	8
	<i>Oribatulidae</i>	<i>Dometorina plantivaga</i> Berlese, 1896	0	0	2	4
	<i>Oribatulidae</i>	<i>Schelorbates sp.</i> Berlese, 1908	8	18	34	39
	<i>Dameidae</i>	<i>Belba sp.</i> Von Heyden, 1826	0	4	10	10
	<i>Oppiidae</i>	<i>Oppia neerlandica</i> Oudemans, 1900	3	6	8	15
	<i>Oppiidae</i>	<i>Oppia bicarinata</i> Paoli, 1908	4	8	10	31
	<i>Trhypochthoniidae</i>	<i>Hypochthonius lanatus</i> Michael, 1887	0	4	18	23
	<i>Ceratopiidae</i>	<i>Ceratopia bipilis</i> Hermann, 1804	0	0	8	13
	<i>Damaeolidae</i>	<i>Fosseremus laciniatus</i> Berlese, 1905	0	0	2	1
	<i>Brachychthoniidae</i>	<i>Liochthonius sellnicki</i> Thor, 1930	0	0	5	9
	<i>Cosmochthoniidae</i>	<i>Cosmochthonius lanatus</i> Michael, 1887	0	0	4	8
	<i>Gustaviidae</i>	<i>Gustavia microcephala</i> Nicolet, 1855	0	0	2	4
	<i>Epilohmaniidae</i>	<i>Epilohmania pallida aegyptica</i> Mahunka, 1976	0	4	8	5
	<i>Brachychthoniidae</i>	<i>Liochthonius brevis</i> Michael, 1800	0	0	4	7
	<i>Basilobelbidae</i>	<i>Ctenobelba pilosela</i> Jacot, 1969	0	3	3	9
	<i>Galumnidae</i>	<i>Galumna sp.</i> Balogh, 1961	0	3	8	8
	<i>Gamasidae</i>	<i>Herminothrus targonii</i> Berlese, 1885	0	1	25	30
	<i>Trhypochthoniidae</i>	<i>Allonothrus russeolus</i> Wallwork 1960	0	0	1	2
<i>Micreremidae</i>	<i>Eremaeus selvestris</i> Berlese 1908	0	0	4	2	

	<i>Carabodiidae</i>	<i>Carobodes forsslundi</i> Sellnick, 1953	0	0	4	8
	<i>Liacaridae</i>	<i>Liacarus nitens</i> Evans, 1844	0	0	6	12
	<i>Damaeolidae</i>	<i>Epidamaeus sp.</i> Bulanova Zakhvatkina, 1957	0	0	7	1
	<i>Phthiracaridae</i>	<i>Steganacarus magnius</i> Nicolet, 1855	0	0	7	1
	<i>Ceratozetidae</i>	<i>Allozetes africanus</i> Balogh, 1958	0	0	6	3
	<i>Eulohmanniidae</i>	<i>Elohmania rebagai</i> Berlese, 1910	0	0	2	2
	<i>Euzetidae</i>	<i>Euzetes globulus</i> Nicolet, 1855	0	0	1	5
	<i>Pelopiidae</i>	<i>Eupelops sp.</i> Ewing, 1917	0	0	3	7

Densité appliquée aux acariens du sol

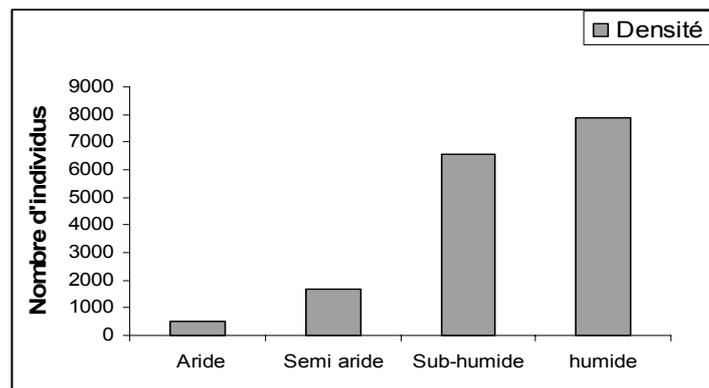


Figure 2. Densité appliquée aux acariens du sol.

L'effectif des espèces recueillies montre que les différents étages bioclimatiques étudiés du point de vue des conditions écologiques sont très différents. L'étage bioclimatique humide semble le plus favorable et présente une densité de 7900 individus/m² alors que l'étage bioclimatique aride est le moins favorable et présente une densité de 500 individus/m². La valeur de l'écart type est de 2,08 ce qui signifie que la différence est faiblement significative.

L'effet saisonnier semble d'une grande importance dans les différents étages bioclimatiques. En effet, la valeur du Khi2 est de 63,21 ce qui implique que la différence est très significative. Dans le milieu aride on remarque une absence des espèces au cours des saisons estivale et automnale alors que pour la zone humide, la saison printanière semble offrir les meilleures conditions pour le développement des acariens.

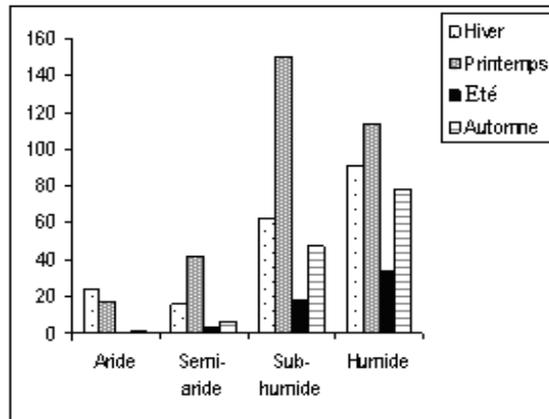


Figure 3. Répartition saisonnière des acariens du sol dans les différents étages bioclimatiques.

TABLEAU 3

Valeurs de l'Indice de Diversité de Shannon Weaver, de l'Équitabilité et de la Richesse Moyenne

Indices	Aride	Semi-aride	Sub-humide	Humide
H'	2.31	3.17	4.23	4.47
E	0.88	0.91	0.84	0.89
s	0.09	0.3	0.9	1.01

Selon les valeurs de H' on peut dire que les étages bioclimatiques humide et sub-humide présentent une communauté plus diversifiée que celle des étages bioclimatiques semi-aride et aride. Ce dernier constitue le milieu le moins riche en espèces. Les valeurs de l'équitabilité pour tous les étages se rapprochent de la valeur 1 ce qui implique que toutes les espèces ont pratiquement la même abondance.

Indice de dispersion

L'indice de dispersion δ / m variant de 1.47 à 4.08 montre que toutes les espèces présentent une répartition de type contagieux.

Analyse factorielle des correspondances

Répartition des espèces en fonction des étages bioclimatiques

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) permet de décrire les relations entre les espèces d'acariens et les étages bioclimatiques d'une part et entre espèces d'acariens

d'autre part. Elle est obtenue en fonction de l'absence (0) et la présence (1) des espèces d'acariens dans les différents étages.

Pour l'interprétation de l'AFC, il faut se baser sur les espèces et les relevés à fortes concentrations relatives. Cependant l'interprétation d'un axe ne peut se faire que sur les éléments qui apportent à l'axe les plus fortes contributions pour expliquer le maximum d'inertie de cet axe. Or, les éléments qui contribuent le plus à la construction de l'axe sont ceux qui s'écartent de son origine, donc ceux qui présentent les coordonnées les plus élevées.

Le traitement numérique a porté sur l'analyse des relevés donnant les fréquences de 32 taxons répartis dans les stations représentant les quatre étages bioclimatiques de l'Algérie. La formation des axes est présentée dans le Tableau 4.

TABLEAU 4

Valeurs Propres à la Formation des Axes

Axes	Valeurs propres	% d'inertie	Cumulés %
Axe 1	0.288	70.42%	70.42%
Axe 2	0.121	29.57%	100%

La contribution de l'axe 1 est de l'ordre de 70.42% et celle de l'axe 2 est de 29.57%. Ainsi, le plan factoriel 1X2 explique à lui seul 100% de l'inertie totale. En plus du meilleur plan de projection de tous les éléments qu'il constitue, il sera donc fort intéressant d'interpréter ce plan factoriel.

TABLEAU 5

Contribution des Bioclimats à la Formation des Axes

Bioclimats	Axe 1	Axe 2
Aride	46.77	45.82
Semi-aride	33.15	53.27
Sub-humide	10.04	0.45
Humide	10.04	0.45

Pour la formation de l'axe 1, l'étage bioclimatique aride contribue avec 46.77%, suivi de l'étage bioclimatique semi – aride avec 33.15%. Les étages bioclimatiques sub-humide et humide participent chacun avec 10.04%. Pour l'axe 2, les étages bioclimatiques aride et semi-aride contribuent respectivement avec 45.82% et 53.27%. et les étages bioclimatiques humide et sub-humide avec 0.45% chacun.

Interprétation des plans factoriels 1 et 2 des bioclimats

Pour interpréter les graphes, il faut tenir compte d'une part, de la proximité entre points et plans principaux et, d'autre part, du rôle joué par chaque point dans la détermination

d'un axe par l'examen des contributions (Bouroche & Saporta, 1980). Les valeurs propres permettent de qualifier la part de l'information expliquée par les différents axes. Les éléments qui ont les plus fortes contributions sont les plus explicatifs pour l'axe principal considéré (Dervin, 1988).

La Figure 4 donne une représentation de la projection des bioclimats dans le plan factoriel 1 et 2. La position des étages bioclimatiques traduit les affinités et les corrélations entre les bioclimats. En fonction des axes 1 et 2, il y a 3 subdivisions de nuages de points. La première, située sur la partie positive de l'axe 1, est constituée par l'étage bioclimatique aride. La deuxième, quant à elle, se situe sur la partie positive de l'axe 2 et regroupe la zone semi-aride. La troisième est représentée par les étages humide, et sub-humide qui se localisent sur la partie négative de l'axe 2. De ce fait, on remarque qu'il existe une affinité entre les bioclimats humide et sub-humide. Ces régions représentent en fait, par leurs climats, le nord de l'Algérie.

Interprétations de l'axe 1 et 2 des espèces

En fonction de l'axe 1 et 2, il y a 4 groupes A, B, C et D. Dans le groupe A on retrouve les espèces communes aux bioclimats humide, sub-humide. Il regroupe les espèces: *Liochthonius sellnicki*, *Cosmochthonius lanateus*, *Liacarus nitens*, *Epilohmania pallida aegyptica*, *Herminothrus targonii*, *Ceratopia bipilis*, *Epidamaeus sp.*, *Steganacarus magnius*, *Allozetes africanus*, *Elohmania rebagai*, *Eupelops sp.*, *Phthiracarus nitens*, *Domatorina plantivaga*, *Hypochthonius lanatus*, *Fosseremus laciniatus*, *Allonothrus russeolus*, *Eremaeus selvestris*, *Carobodes forsslundi*, *Euzetes globulus*. Le grand nombre d'espèces répertoriées dans ces bioclimats confirme l'affinité des deux bioclimats représentés dans la figure précédente. Le climat favorable qui règne dans ces écosystèmes notamment au printemps favorise le développement des acariens.

Les espèces *Belba sp.*, *Gustavia microcephala*, *Liochthonius brevis*, *Galumna sp.*, *Liacarus coracinus*, *Ctenobelba pilosela* qui forment le groupe B, en plus de leur parfaite acclimatation dans les régions du nord, se maintiennent parfaitement dans certaines zones arides.

Le groupe C est constitué des espèces largement répandues dans tous les étages bioclimatiques et regroupe les espèces : *Oppia bicarinata*, *Veigaia planicola*, *Schelorbates sp.* *Oppia neerlandica*. Ces résultats montrent que ces espèces présentent une large plasticité écologique.

Le group D renferme une seule espèce en l'occurrence *Torpacarus omittens* qui marque une présence assez faible dans les étages bioclimatiques aride et humide. Par contre, elle est relativement assez importante dans l'étage bioclimatique sub-humide.

TABLEAU 6

Valeurs Propres à la Formation des Axes

Axes	Valeur propre	% variance	% cumulé
Axe 1	0,189	42,430	42,430
Axe 2	0,109	24,531	66,960

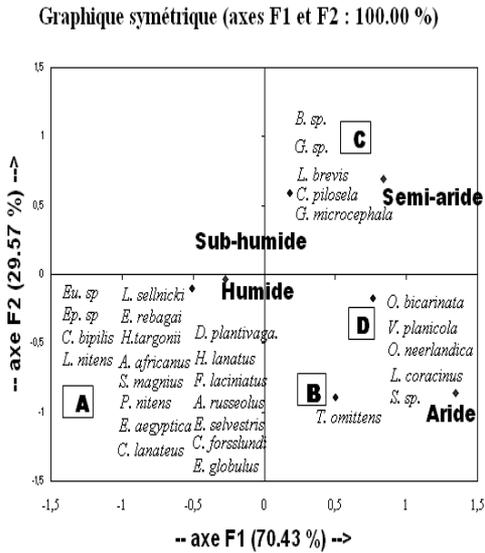


Figure 4. Analyse factorielle des correspondances.

Répartition des espèces en fonction des différentes stations

TABLEAU 7

Contribution des Bioclimats à la Formation des Axes

Stations	F1	F2
M'sila	28,22	38,17
Boughezoul	40,51	0,13
Medjbeur	5,40	51,46
Ouzera	0,90	4,13
Chiffa	2,02	0,01
Boufarik	10,74	2,41
Alger	12,22	3,69

En fonction des axes 1 et 2, 3 subdivisions de nuages de points sont obtenues. La première, située sur la partie positive de l'axe 1, est constituée par la station de M'Sila. La deuxième, quant à elle, se situe sur la partie positive de l'axe 2 et regroupe les stations de Boughezoul, Ouzera et Medjbeur. La troisième est représentée par les stations de Chiffa, Alger et Boufarik qui se localisent sur la partie négative de l'axe 2. De ce fait, on remarque qu'il existe une affinité entre les stations de Chiffa, Alger et Boufarik. Ces régions par leurs climats représentent en fait le nord de l'Algérie.

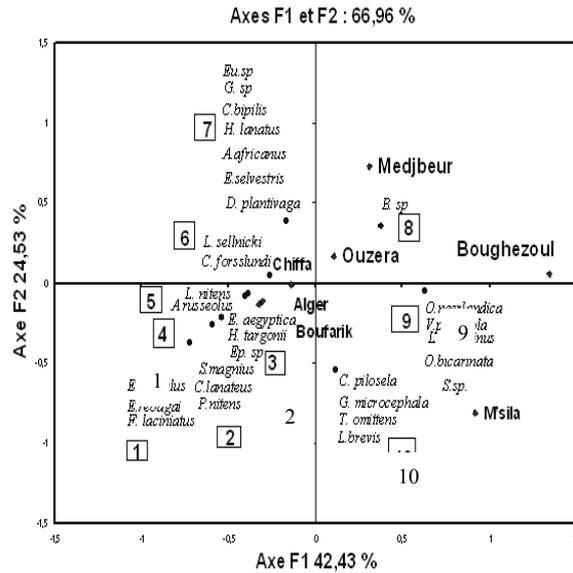


Figure 5. Analyse factorielle des correspondances.

Interprétations de l'axe 1 et 2 des espèces

En fonction de l'axe 1 et 2, on a obtenu 10 groupes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10.

Dans chacun de ces groupes, on retrouve les espèces suivantes :

- 1- *Fosseremus laciniatus*, *Euzetes globulus*, *Elohmania rebagai*
- 2- *Steganacarus magnius*, *Cosmochthonius lanateus*, *Phthiracarus nitens*
- 3- *Herminothrus targonii*, *Epilohmania pallida aegyptica*, *Epidamaeus sp*
- 4- *Allonothrus russeolus*
- 5- *Paléacarus sp.*
- 6- *Liochthonius sellnicki*, *Carobodes forsslundi*
- 7- *Eremaeus selvestris*, *Galumna sp*, *Allozetes africanus*, *Ceratopia bipilis*, *Dometorina plantivaga*, *Eupelops sp*, *Hypochthonius lanatus*
- 8- *Belba sp*
- 9- *Schelorbates sp.*, *Oppia bicarinata*, *Oppia neerlandica*, *Veigaia planicola*, *Liacarus coracinus*
- 10- *Torparcus omittens*, *Gustavia microcephala*, *Ctenobelba pilosela*, *Liochthonius brevis*

Les groupes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 10 renferment les espèces qui sont inféodées aux stations qui représentent les étages bioclimatiques humide et sub-humide. Dans le groupe huit, en l'occurrence, *Belba sp.* semble être bien représentée dans le milieu semi-aride. Le groupe 9 semble marquer sa présence dans le milieu semi-aride.

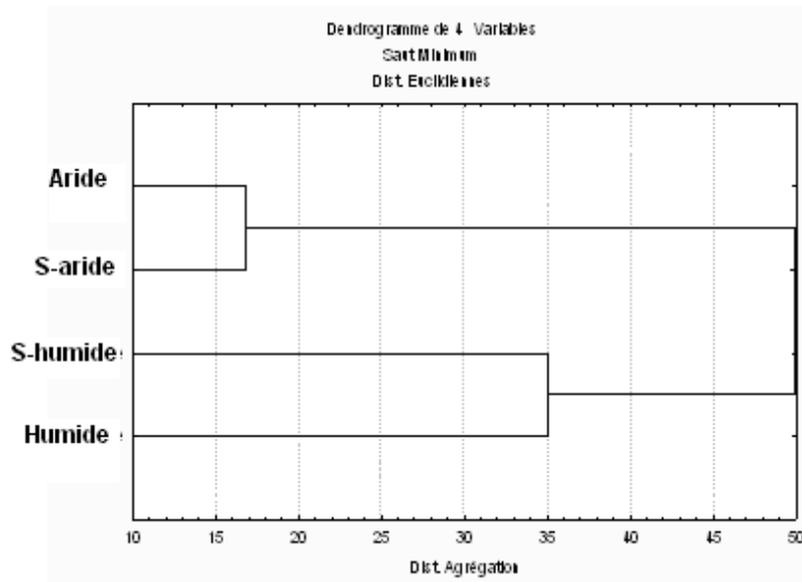


Figure 6. Classification des peuplements d'acariens en fonction des étages bioclimatiques.

La Figure 6 montre qu'il y a deux groupes bien distincts. Le premier comprend les étages bioclimatiques humide et sub-humide qui présentent de grandes affinités écologiques où toutes les espèces y sont présentes.

Le deuxième groupe comprend les étages bioclimatiques aride et semi-aride qui se caractérisent par une faible richesse faunistique. Ceci est dû aux conditions écologiques qui règnent dans ces milieux.

La Figure 7 montre que pratiquement chaque espèce constitue un groupe à elle seule. En effet on retrouve au moins 20 groupes et quatre grands ensembles qui se rattachent entre eux.

On peut dire cependant que l'espèce *Scheloribates sp.* est commune à toutes les stations.

Les différents étages bioclimatiques ayant fait l'objet de cette étude offrent des conditions climatiques, édaphiques et nutritionnelles très différentes. Cela se traduit par une distribution spatio-temporelle différente des acariens du sol.

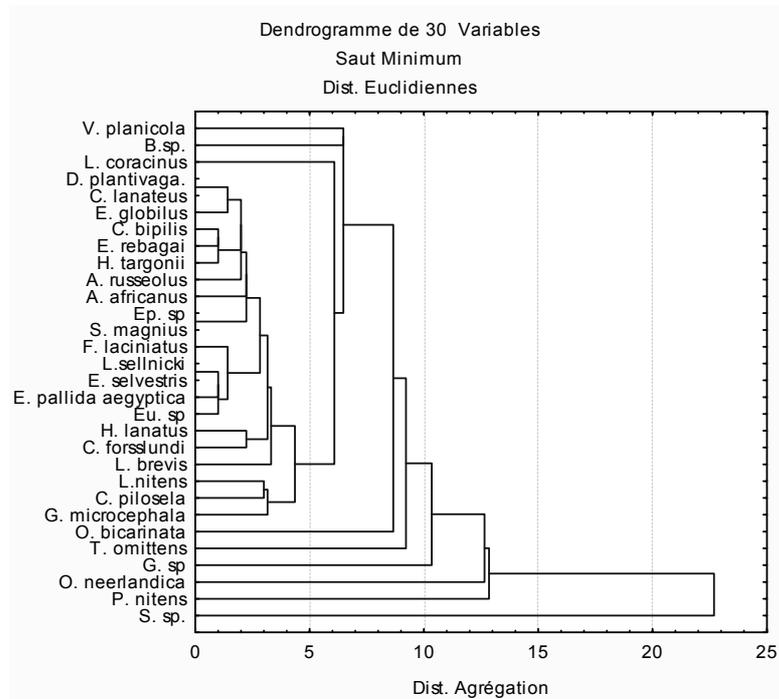


Figure 7. Classification des espèces en fonction des différentes stations.

Les espèces étudiées sont fortement présentes (30 espèces) au niveau des étages bioclimatiques humide et sub-humide qui se caractérisent par une très grande diversité végétale et des conditions climatiques très favorables.

La zone aride se montre moins favorable. En effet, on note une très faible richesse d'acariens (5 espèces sur 30). Cet étage se caractérise par des contraintes climatiques et une dégradation de la végétation.

L'étage bioclimatique semi-aride dont la richesse est de 11 espèces semble offrir certaines conditions ; mais l'état de dégradation des sols est loin d'être un milieu favorable pour le développement des acariens. L'irrégularité de la pluviométrie, la période sèche qui s'étale sur plusieurs mois et un support nutritionnel très réduit, sont les caractéristiques principales de ces milieux.

Le comportement des espèces vis-à-vis de ces milieux se manifeste différemment. Certaines espèces, en l'occurrence, *Veigaia planicola*, *Liacarus coracinus*, *Schelorbates* sp., *Oppia bicarinata*, *Hypothonius lanatus*, ayant une large distribution, semblent avoir une grande tolérance quand aux changements des facteurs écologiques. Leur adaptation aux changements climatiques semble très caractérisée. En effet, les milieux où elles se trouvent se caractérisent par une pluviométrie variant de 250 à 700mm et des températures qui fluctuent entre 4,4 et 38 °C.

A l'inverse, la majorité des espèces d'Oribates marquent leur présence uniquement dans les milieux où les conditions écologiques sont meilleures. Elles semblent plus exigeantes quand au support nutritionnel et leur présence est plus marquée dans les zones où la pluviométrie est de l'ordre de 700mm.

Veigaia planicola est un Gamasida qui est une espèce prédatrice d'acariens. Sa présence est manifestement liée à l'abondance de ses proies.

Torpacarus omittens qui constitue à elle seule un groupe, est présente dans la zone aride. Par contre, elle est absente dans le milieu semi-aride. Sa présence dans cet étage est-elle liée à des conditions particulières qui sont absentes dans le milieu semi-aride, ou bien, c'est une simple absence ? Cette question mérite une réponse qui fera l'objet d'une étude particulière et plus approfondie.

L'effet saisonnier sur les espèces semble de grande importance. En effet d'après la Figure 3, les variations numériques sont importantes. Cependant on peut noter que la période estivale et automnale affectent l'abondance des espèces notamment dans le bioclimat aride et semi aride où on note une présence très faible ou une absence totale des espèces. Ceci est dû probablement à l'élévation des températures qui affecte considérablement les populations d'acariens. On remarque, par contre, la présence de ces espèces au cours des saisons automnale et même estivale dans l'étage bioclimatique, sub-humide et humide; ceci est lié aux conditions écologiques qui règnent dans ces milieux même au cours de ces saisons.

Les populations d'acariens sont omniprésentes au cours de la saison printanière et hivernale quelque soit l'étage considéré avec un effet très important dans l'étage sub-humide. L'altitude ne montre aucun effet quand à la distribution des espèces.

DISCUSSION

Les régions prospectées se montrent dans leur majorité moins favorables et les conditions qui y règnent sont loin d'offrir un milieu adéquat quant au développement des acariens. La distribution échelonnée dans l'espace des espèces est nettement corrélée avec l'amélioration progressive des conditions écologiques, notamment la présence de l'humidité et de la litière qui constituent des facteurs déterminants. Les résultats de cette étude sont confirmés par les travaux de Tousignat et Coderre (1992) qui confirment que l'abondance, la distribution des espèces et la structure des communautés des Arthropodes dépendent des conditions biotiques et abiotiques de l'environnement. Il en est de même pour Vikram (1986) qui note que les facteurs écologiques conditionnent la distribution et la pullulation des acariens du sol.

Dans les milieux aride et semi-aride certaines espèces marquent une absence totale. En effet, O'Lear et Blair (1999) et Lindberg *et al.* (2002) 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 sub-humide où les conditions climatiques et nutritionnelles sont favorables comme le confirme Vreeken-Nuijs *et al.* (1998). Ces derniers auteurs mentionnent que la distribution des acariens est corrélée avec la matière organique et l'humidité qui conditionnent aussi leur multiplication. Usher (1976) a montré que la présence des sources trophiques et les caractéristiques physiques de l'environnement peuvent déterminer l'agrégation des

Arthropodes dans un habitat favorable. Usher *et al.* (1982) montrent que la distribution des Arthropodes édaphiques est fonction des ressources trophiques et de l'humidité. Cependant, dans les milieux les plus favorables, les espèces se manifestent différemment, comme l'a signalé Irmiler (2006), qui a montré que les espèces réagissent différemment par rapport aux facteurs écologiques du milieu. En effet l'abondance de certaines espèces est plus importante que d'autres. *Scheloribates* sp., par exemple, montre un effectif plus important que *Oppia neerlandica*.

Cette étude a montré également que la distribution spatiale des espèces d'acariens est différente. En effet, certaines espèces montrent une distribution assez large et ceci malgré les grandes variations des conditions climatique et nutritionnelle 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 entreprendre des migrations verticales lorsque les conditions sont défavorables. Au contraire, d'autres espèces présentent une aire de distribution assez limitée et leur présence est manifestement liée à des conditions climatiques optimales et à une importante disponibilité de la végétation. Ces espèces semblent très exigeantes et vivent plus particulièrement dans la litière. Lindo et Winchster (2006) et Fagan *et al.* (2006) notent que la diversité au niveau du feuillage est plus importante que dans le sol. Gregor *et al.* (2004) montrent que le gradient de distribution dans des secteurs soumis à des contraintes fournissent potentiellement un puissant outil pour interpréter les relations entre la biodiversité du sol et la qualité de l'emplacement. On peut cependant noter que 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, et 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.* (2002) mentionnent que les nombreux facteurs qui sont impliqués dans le contrôle des cycles biogéochimiques, microbiologiques ont une importance particulière dans les zones semi-arides où la dégradation du couvert végétal porte sur le manque de la matière organique qui est considérée comme l'élément principal de la durabilité. L'abondance de ces espèces est nettement faible, ce qui traduit par conséquent les nombreux changements qui ont affecté ces milieux comme le mentionnent Rapp *et al.*, (1999). Garcia *et al.* (1994) 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.* (2000) notent que dans les secteurs étendus des régions méditerranéennes, la végétation est exposée aux conditions climatiques difficiles. D'autres facteurs peuvent influencer la présence d'Oribates telles les fluctuations diurnes de la température dans ces régions qui sont extrêmement importantes, et leurs effets, comme l'a mentionné Uvarov (2003), peuvent avoir un impact important sur le développement des acariens.

La recherche des facteurs abiotiques qui conditionnent la présence et l'absence des arthropodes 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 l'agriculture sans pour autant oublier le rôle de ces minuscules espèces qui jouent un rôle important dans le sol en matière de redynamisation de ce dernier par leur action de biodégradation de la matière organique. Cette dernière a fait l'objet de nombreuses études. Kovac *et al.* (2001), Noti *et al.* (2003), Bedano *et al.* (2005) et

Salmon *et al.* (2006) ont précisé des corrélations positives entre le pourcentage du contenu de carbone du sol et l'abondance des Oribates ainsi que la richesse, comme l'ont signalé Scheu et Schulz (1996). Enami *et al.* (1999) ont montré que l'azote peut être déterminant, et dans certains cas, il peut être aussi décisif que le carbone comme l'ont montré Mitchell *et al.* (2007).

Asikidis et Stamou (1991) notent que les variables environnementales ne sont pas indépendantes les unes des autres et que les effets combinés de ces variables peuvent déterminer la composition de la communauté.

Contrairement à Noti *et al.* (1996), Moldenke et Thies (1996), Badejo *et al.* (2002) et Reynolds *et al.* (2003), le caractère saisonnier a un effet important sur le comportement des espèces d'acariens. Irmiler (2006), en étudiant les variations saisonnières, a souligné que seulement la température moyenne annuelle exerce un effet significatif sur la structure de la communauté. Il a noté également que certaines espèces ont été affectées plus sensiblement que d'autres par la température.

La variation altitudinale reste un facteur de moindre importance sur la distribution des acariens comme l'ont signalé Reynolds *et al.* (2003). Balogh *et al.* (2008) notent que le climat et les conditions écologiques ont des effets plus forts que les raccordements zoogéographiques.

Cette étude a permis de différencier deux catégories d'espèces. L'une est tolérante vis-à-vis des changements des facteurs écologiques alors que l'autre est plus exigeante. L'une comme l'autre peuvent servir pour une meilleure compréhension des écosystèmes. Elles peuvent servir d'espèces bioindicatrices comme le notent Vikram (1986) et Cortet (1999).

Les espèces tolérantes sont d'une importance capitale car leur absence dans un milieu signifie une absence totale de conditions de vie ce qui implique un état de dégradation très avancé du sol. Pour cette catégorie, les modifications portent sur le long terme tel les changements climatiques.

Les espèces exigeantes peuvent servir d'espèces bioindicatrices dans le milieu où elles se trouvent, car tout changement peut affecter leur présence et les réponses sont dans le cours terme. Ces changements peuvent être notamment liés aux actions anthropiques telles l'utilisation abusive de pesticides et les rejets de déchets industriels.

CONCLUSION

La présente étude a permis de définir trois zones qui, du point de vue écologique, sont totalement différentes, à savoir, la zone aride où la faune acarologique est quasiment absente, la zone semi-aride qui semble offrir un milieu plus favorable pour cette faune et en troisième lieu, la zone sub-humide et humide où les conditions écologiques sont meilleures.

L'étude de la richesse de cette faune a révélé 30 taxons dont un appartient à l'Ordre des Gamasida et 29 sont des Oribates. Ces espèces présentent une dispersion très hétérogène. Elle a permis de différencier deux catégories d'espèces : l'une est tolérante et l'autre plus exigeante vis-à-vis des facteurs écologiques.

La présente étude vise à caractériser l'état actuel des sols. En effet, les sols dans les zones aride et semi-aride ont subi de forts changements qui s'identifient à la désertification qui consiste en la dégradation des sols résultant des variations climatiques et des phénomènes d'anthropisations qui ne cessent de s'amplifier. Même pour les sols où les conditions écologiques sont meilleures, l'anthropisation est loin d'être négligeable.

Les changements naturels ou anthropiques constituent un sérieux problème et menacent une grande partie de la surface terrestre. Pour une meilleure gestion de l'environnement dans un esprit de développement durable, il est indispensable d'acquérir des informations fiables et bien structurées sur l'état de l'environnement, ce qui exige une approche pluridisciplinaire et interdisciplinaire sur la base d'un concept approprié.

REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements vont à M. Wauthy du Muséum Royal de Belgique pour l'identification des espèces d'Oribates. Toute ma reconnaissance à M. Doumandji, M. Chakali, M. Sahraoui, et M. Soutou.

RÉFÉRENCES

- Asikidis, M., Stamou, G.P. 1991. Spatial and temporal patterns of an Oribatid community in an evergreen - sclerophyllous formation (Hortiastis, Greece). *Pedobiologia*, 35: 341-348.
- Badejo, M.A., Espindola, J.A.A., Guerra, J.G.M., De Aquino, A.M., Correa, M.E.F. 2002. Soil oribatid mites communities under three species of legumes in an ultisol in Brazil. *Experimental and applied Acarology*, 27(4): 283-296.
- Balogh, J. 1972. *The oribatid genera of the world*. Akademic Kiado édition, Budapest, p188 + 71 planches.
- Balogh, P., Gergocs, V., Farkas, E., Farkas, P., Kocsis, M., Hufnagel, L. 2008. Oribatid assemblies of tropical high mountains on some points of the "Gondwana-bridge"-A case study. *Applied Ecology and Environmental Research*, 6(3): 127-158.
- Bedano, J.C., Cantus, M.P., Doucet, M.E. 2005. Abundance of soil mites (Arachnida: Acari) in a natural soil of central Argentina. *Zoological Studies*, 44(4): 505-512.
- Behan-Pelletier, V.M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agrosystems: role for bioindication agriculture. *Ecosystems and Environment*, 74: 411- 423.
- Berlese, A. 1905. Apparicchio per raccogliere presto ed in gran numero di piccoli artropodi. *Redia*, 2: 85-89.
- Borcard, D. 1986. Une sonde et un extracteur destinés à la récolte d'acariens (Acari) dans les sphaignes (*Sphagnum* spp.). *Bull. Soc. Entomol. Suisse*, 59: 283-288.
- Bouroche, J.M., Saporta, G., 1980. *L'analyse des données*. Coll. P.U.F., Paris, 297 p.
- Coleman, D.C. 1986. The role of microfloral and faunal interactions in affecting soil processes. *Biol. Fertil. Soils*, 22 : 22-30.
- 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.
- Dervin, C. 1988. *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances*. Ed. I.T.C.F., 75 p.

- Enami, Y., Shiraiishi, H., Nakamura, Y. 1999. Use of soil animals as bioindicators of various kinds of soil management in northern Japan.- Jarq-Japan. *Agricultural Research Quarterly*, 33(2): 85-89.
- Fagan, L.L., Didham, R.K., Winchester, N.N., Behan-Pelletier, V., Clayton, M., Lindquist, E., Ring, R.A. 2006. An experimental assessment of biodiversity and species turnover in terrestrial vs. canopy leaf litter. *Oecologia*, 147: 335-347.
- Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F. 1994. Medical activity in soil Mediterranean environmental conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 1185 – 1191.
- Garcia, C., Hernandez, T., Roldan, A., Martin, A. 2002. Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under Mediterranean climate. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 635-642.
- Gergocs, V., Hufnagel, L. 2009. Application of Oribatid mites as indicators. *Applied Ecology and Environmental Research*, 7(1): 79-98.
- Gregor, W.Y., Schiper, L.A., Smale, M.A. 2004. Site condition, fertility gradients and biological activity in an New Zealand frost-flat heathland. *Pedobiologia*, 48(2): 129-137.
- Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W. 1998. *Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, pp. 519.
- Gulvik, M.E. 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Pol. J. Ecol.*, 55(3): 415-440.
- 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.
- Irmiler, U. 2006. Climatic and litter fall effects on collembolan and oribatid mites species and communities in a beech wood based on a 7 years investigation. *Eur. J. Soil Biol.*, 42: 51-62.
- Kováč, L., L'uptacil, P., Miklisova, D., Mati, R. 2001. Soil Oribatida and Collembola communities across a land depression in arable field. *Eur. J. Soil Biol.*, 37: 285-289.
- Lebrun, Ph., Van Straalen, N.M. 1995. Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology. *Experimental & Applied Acarology*, 19: 361-379.
- 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.
- 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): 924-936.
- 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: 31-41.
- Lussenhop, J. 1992. Mechanisms of micro-arthropod-microbial interaction in soil. *Adv. Ecol. Res.*, 23: 1-33.
- 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.
- Mitchell, R.J., Campbell, C.D., Chapmann, S.J., Osler, G.H.R., Vanbergen, A.J., Ross, L.C., Cameron, C.M., Cole, L. 2007. The cascading effect of birch on heather moorland; a test for the top-down control of an ecosystem-engineer. *Journal of Ecology*, 95(3): 540-554.

- Moldenke, A.R., Thies, W.G. 1996. Application of chloropicrin to control laminated root rot: research design and seasonal dynamics of control population of soil arthropods. *Environmental Entomology*, 25(5): 925-93.
- Noti, M.I., Andre, H.M., Dufresne, M. 1996. Soil oribatid mite communities (*Acari: Oribatida*) from high Shaba (Zaire) in relation to vegetation. *Applied Soil Ecology*, 5(1): 81-96.
- 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. *Biodiversity and Conservation*, 12(4): 767-785.
- 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): 207-217.
- Pascal, J.A., Garcia, C., Hernandez, T., Moreno, J.L., Ros, M. 2000. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 1877-1883.
- Rapp, M., Santa Regina, I.M., Rico, M., Gallego, H.A. 1999. Biomass nutrient content, litterfall and nutrient return to the soil Mediterranean oak forests. *For. Ecol. Manage.*, 119: 39-49.
- Reynolds, B.C., Crossley, D.A., Hunter, M.D. 2003. Response of soil invertebrates to forest canopy inputs along a productivity gradient. *Pedobiologia*, 47(2): 127-139.
- 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.
- Scheu, S., Schulz, E. 1996. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatids and saprophagous soil macroinvertebrates. *Biodiversity and conservation*, 5(2): 235-250.
- Seastedt, T.R. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Ann. Rev. Entomol.*, 29: 25-46.
- Tousignat, S., Coderre, D. 1992. Niche partitioning by soil mites in a recent hardwood plantation in southern Quebec, Canada. *Pedobiologia*, 36: 287-294.
- Travé, J. 1963. Ecologie et biologie des Oribates (Acariens) saxicoles et arboricoles. *Vie et Milieu*, Suppl. 14: 1-267.
- Usher, M.B. 1976. Aggregation responses of soil Arthropods in relation to the soil environment. *The 17th symposium of the British Ecological Society*, pp.61-94.
- Usher, M.B., Booth, R.G., Sparkes, K.E. 1982. A review of progress in Understanding the organization of communities of soil Arthropods. *Pedobiologia*, 23: 126-144.
- Uvarov, A.V. 2003. Effects of temperature fluctuations on population responses of forest floor mites. *Pedobiologia*, 47: 331-339.
- Verhoef, H.A., Brussaard, L. 1990. Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agrosystem. The contribution of soil animals. *Biochemistry*, 11: 175-211.
- Vikram, M. 1986. Soil inhabiting arthropods as indicator of environmental quality. *Acta Biologica Hungarica*, 37(1): 79-84.
- Vreeken-Nuijs, M.J., Hassink, J., Brussaard, L. 1998. Relationships of soil microarthropod biomass with organic matter and pore size distribution in soils under different land use. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(1): 97-106.
- Webb, N.R., Coulson, S.J., Hodkinson, I.D., Block, W., Bale, J.S., Strathdee, A.T. 1998. The effect of experimental temperature elevation on population of cryptostigmatic mites in high arctic soils. *Pedobiologia*, 42(4): 298-308.