

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université El Hadj Lakhdar Batna

Faculté des Sciences

Département d'Agronomie

MÉMOIRE

Pour l'Obtention du Diplôme de Magister en Agronomie

Option : Entomologie Agricole et Forestière

Présenté par : LEBLALTA AMINA

THÈME

**Les Collemboles de la litière
du Chêne-vert (*Quercus ilex*)
dans le massif forestier de
Belezma**

Devant le jury :

- | | | | |
|------------------|-------|--|------------|
| - HARRAT A. | Prof. | Université Mentouri Constantine | Président |
| - HAMRA-KROUA S. | M.C | Université Mentouri Constantine | Rapporteur |
| - AIT MOULOUD S. | M.C | Université Mouloud Maammeri Tizi Ouzou | Examineur |
| - LAAMARI M. | M.C | Université El Hadj Lakhdar Batna | Examineur |

Année 2009

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout mon Dieu le tout puissant de m'avoir accorder force et volonté pour terminer ce travail.

Mes sincères remerciements sont exprimés agréablement à mon encadreur, Mr. **Hamra-Kroua S.** Maître de conférences à l'Université Mentouri (Constantine) pour sa patience, son aide, ses conseils et encouragements pour réaliser ce modeste travail.

Mes remerciements les plus respectueux vont à Mr. **Harrat A.** Professeur à l'Université de Mentouri (Constantine) qui m'a fait l'honneur de prendre connaissance de ce travail et d'en être président. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes remerciements vont également à Mr. **Ait Mouloud S.** Maître de Conférence à l'Université Mouloud Maamri (Tizi Ouzou), pour m'avoir accueilli dans son laboratoire. Je tiens à lui exprimer toute ma reconnaissance pour la période d'identification des espèces que j'ai passée dans son labo. Au cours de cette période, sa grande disponibilité, sa rigueur scientifique, son enthousiasme et ses précieux conseils m'ont permis de travailler dans les meilleures conditions. La confiance qu'il m'a accordée ainsi que nos nombreuses discussions m'ont permis de progresser et de mieux appréhender les différentes facettes du travail. Qu'il soit assuré de toute mon estime et de mon profond respect.

J'adresse toute ma gratitude à Mr. **Laamari M.** Maître de Conférence à l'Université El-Hadj Lakhdar (Batna); pour sa disponibilité et pour ses précieux conseils qui m'ont guidés au cours de mes études. Il trouve ici l'expression de mes remerciements les plus sincères ainsi que la marque de mon profond respect.

Je tiens à remercier profondément Mr. **Abderrahmani**, Directeur Général du Parc National de Bélezma, Mr. **Mellizi** (Faculté des sciences) également Mr **Gaagaa K.** ainsi que l'ensemble du personnel du secteur Hamla (Parc National de Belezma) pour leur contribution dans la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions.

Merci à tous ceux, nombreux, qui ont contribué à initier et à mettre en œuvre cette étude.

DEDICACES

À la mémoire de ma grand-mère

À mes parents

À mes sœurs Selma, Asma, Imène et mon frère Ahmed

À Adel, Abderrahmen et Salsabil

À mes cousins et mes cousines.

À toute ma famille.

À mes collègues, mes amis et amies.

À tous mes enseignants.

..... Je dédie ce travail

SOMMAIRE

PAGE

Introduction.....	1
CHAPITRE PREMIER : Données générales sur les Collemboles.....	3
I- Morphologie	3
1- Morphologie générale.....	5
1.1- La tête.....	5
1.1.1- Les antennes	5
1.1.2- La zone oculaire.....	6
1.1.3- La région buccale.....	7
1.1.4- La région céphalique.....	8
1.2- Le thorax.....	8
1.3- L'abdomen.....	8
2- Anatomie externe.....	10
2.1- Le tégument.....	10
2.2- Les soies, les écailles, les trichobothries et les sensilles.....	12
2.2.1- Les soies.....	12
2.2.2- Les écailles.....	15
2.2.3- Les trichobothries.....	15
2.2.4- Les sensilles.....	16
2.3- La chaetotaxie.....	18
3- Anatomie interne.....	18
3.1- Système nerveux.....	18
3.2- Appareil digestif.....	19
3.3- Appareil respiratoire.....	20
3.4- Système circulatoire.....	20
3.5- Système musculaire.....	20
3.6- Système endocrinien.....	20
3.7- Système excréteur.....	21

3.8- Système reproducteur.....	21
3.8.1- Caractères sexuels secondaires.....	21
3.8.2- Spermatophore.....	22
3.8.3- Parthénogenèse.....	23
4- Ponte.....	24
4.1- Modalité et fécondité.....	24
4.2- L'œuf.....	26
4.3- La fécondation.....	27
5- Développement embryonnaire.....	28
6- Développement post-embryonnaire.....	28
II- Adaptations des Collemboles.....	29
1- Adaptations morphologiques.....	29
1.1- Epitoquie.....	29
1.2- Ecomorphose.....	30
1.3- Cyclomorphose.....	31
2- Adaptations physiologiques aux milieux extrêmes.....	31
2.1- Adaptation au froid.....	31
2.2- Adaptation à la dessiccation ou anhydrobiose.....	31
2.3- Adaptation à l'inondation.....	32
2.4- Adaptation au milieu halophile.....	32
2.5- Adaptation à la vie cavernicole.....	32
III- Ecologie des Collemboles.....	33
1- Habitat.....	35
a- Les Collemboles hémiedaphiques, épiedaphiques et atmobios.....	35
b- Les Collemboles euédaphiques.....	35

c- Les Collemboles cavernicoles.....	36
d- Les Collemboles des milieux littoraux	36
e- Les Collemboles hydrophiles.....	37
2- Relations avec les facteurs abiotiques du milieu.....	38
2.1- Les Collemboles et l'humidité.....	38
2.2- Les Collemboles et la température.....	39
2.3- Les Collemboles et la lumière.....	40
3- Nutrition.....	40
4- Variation saisonnières.....	42
5- Population et distribution.....	43
5.1- Densité de population.....	43
5.2- Distribution horizontale.....	43
5.3- Distribution verticale.....	44
IV- Phylogénie et position systématique des Collemboles.....	45
1. La phylogénie des Collemboles	45
2. Position systématique et statut taxonomique des Collemboles.....	46
2.1- Classification traditionnelle.....	46
2.2- Nouvelle classification.....	47
V- Les Collemboles en Algérie.....	48
CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude et techniques d'étude.....	63
I- Présentation de la zone d'étude.....	63
1- Relief	63
2- Géologie	63
3- Pédologie	63
4- Végétation.....	65
5- Hydrologie.....	65

6- Hydrographie	65
7- Climat.....	66
7.1- Précipitations.....	66
7.2- Températures.....	67
7.3- Neige.....	69
7.4- Vent.....	69
7.5- Diagramme ombrothermique.....	70
II- Matériels et méthodes.....	71
1- La station d'étude.....	71
2- Prélèvement d'échantillons.....	71
3- Extraction de la faune.....	71
4- Tri et dénombrement.....	72
5- Préparation et observation.....	73
5.1- Fixation.....	73
5.2- Eclaircissement.....	73
5.3- Montage et conservation.....	74
6- Identification.....	75
III- Résultats.....	76
1- Composition faunistique.....	76
2- Statut et biogéographie des espèces de Collemboles.....	80
3- Statut taxonomique des espèces récoltées.....	82
4- Distribution biogéographique.....	83
5- Abondance et structure du peuplement	84
5.1- Abondance	84
5.2- Distribution et couverture spatiales.....	88

6- Structure du peuplement de Collemboles.....	92
6.1- La diversité spécifique.....	93
6.2-La richesse spécifique.....	94
6.3-L'équitabilité	94
6.4- La dominance.....	95
IV- Discussion et conclusion.....	96
1- Composition faunistique et statut taxonomique des espèces récoltées.....	96
2- Biogéographie des espèces de Collemboles.....	98
3- Abondance.....	99
4- Structure du peuplement des Collemboles.....	100
5- Distribution et couverture spatiales.....	101
V- Conclusion générale.....	103
VI- Références bibliographiques.....	104
VII- Annexes.....	114



Introduction

Introduction

Les Collemboles constituent un groupe d'animaux très ancien. Les plus anciens datent du Dévonien, environ 400 millions d'années.

Ces Hexapodes ont été classés auparavant parmi les insectes. De nos jours les Collemboles forment une classe (Collembola) à part parmi les Arthropodes (Deharveng, 2004).

Ces Arthropodes jouent un rôle essentiel dans la fragmentation de la matière organique, dans la dissémination et le contrôle de la microflore du sol. Ils participent activement à la pédogenèse.

Les travaux de systématique sur les Collemboles en Algérie sont très peu nombreux et sporadiques. Au milieu du XIX^{ème} siècle, Lucas (1846 et 1849) signale la présence de quelques espèces de ce groupe mais difficiles à replacer dans la systématique actuelle.

En 1913, Abslon décrit une nouvelle espèce *Acherontiella onychiuriformis* d'une grotte d'Algérie.

Dans les années 1920 à 1937, Denis (1922, 1925, 1935 et 1937) signale quelques espèces : *Hypogastrura purpurescens*, le long du chemin du Telemly (Alger) ; *Protanura pseudonuscorum* ; *Entomobrya nicoletti* et *Orchesella pseudoluteola*, aux gorges de la Chiffa; *Onychiurus saccadyi* et *Heteromurus peyerimhoffi* à Tessereft Icetcifène dans le Djurdjura central. Ces travaux et ceux de Handschin (1926) ; de Delamare-Deboutville (1954), sur des Collemboles marins de la zone de sables littoraux en Algérie et en Tunisie et de Murphy (1958) sur une nouvelle espèce d'Algérie donnent une nouvelle connaissance de la faune Collembologique en Algérie.

Dans la deuxième moitié du siècle dernier, dans son travail sur le nord-Constantinois, Cassagnau (1963) dresse une liste de 30 espèces de Collemboles dont 21 nouvelles pour l'Afrique du nord et 2 nouvelles pour la science.

En 1974, Jacquemart décrit 4 espèces de *Seira* et de *Mesentotoma* du Sahara algérien, et Stomp (1974) étudie des Collemboles cavernicoles des grottes glaciaires du Djurdjura.

Récemment, Hamra-Kroua (2005), Ait Mouloud (2006) et Amri (2006) relancent la recherche sur la biodiversité des Collemboles d'Algérie. Ces auteurs apportent une contribution appréciable à la connaissance de la taxonomie, l'écologie et la biogéographie des Collemboles dans la région du nord-est algérien, de Tizi Ouzou, de Biskra et du lac salé de Tinsilt (Sebkha de Ain M'lila).

Dans le présent travail, notre objectif est d'enrichir l'inventaire de la faune des Collemboles du pays. L'immensité du parc national de Belezma, sa diversité écologique, botanique et géologique sont en faveur de l'existence d'une diversification de la faune édaphique. Le choix de cette localité se justifie par l'absence d'inventaire faunistique, en effet aucune étude sur la biodiversité locale de ce groupe n'a été réalisée à ce jour. Le présent travail est une contribution à la connaissance de la faune Collembologique dans le contexte écoclimatique local de la chaîne montagneuse des Aures (Atlas Saharien). Cette étude est un autre maillon qui s'ajoute aux efforts déjà entamés pour une meilleure connaissance de la faune des Collemboles du pays.

The background of the slide is a blurred photograph of a person sitting and reading a book. The person is wearing a light-colored top and dark pants. The book is held open in front of them. The overall tone of the image is warm and focused on the act of reading.

Données Bibliographiques

PREMIERE PARTIE : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE PREMIER : Données générales sur les Collemboles

I- Morphologie

Les Collemboles du Grec (Kolla = colle); (embolon = toupie) ou "Springtails" en anglais, un groupe d'Héxapodes Aptérygotes. Ont été décrits la première fois par Lubbock en 1862. Les Collemboles sont les plus anciens héxapodes connus, puisque les vestiges du plus ancien Collembole décrit sous le nom de *Rhyniella praecursor* (Hirst et Maulik, 1926) cité par Grassé (1965) provenant des couches du vieux grès de Rhynie Chert en Ecosse; remontent au Dévonien moyen (moins de 400 millions d'années environ).

Les Collemboles sont des arthropodes de petite taille ([min. 0.12] 1-5 [max. 17] mm). Ils constituent un groupe d'animaux très anciens.

Pour la majorité des systématiciens actuels, les Collemboles représentent certainement, un groupe isolé et à la fois homogène à l'intérieur des Hexapodes. Leur diagnose repose sur les caractères suivants (figure 1) :

- les pièces buccales servant à la mastication sont toujours cachées dans la tête, on dit qu'ils sont entognathes,
- les antennes sont pourvues de 4 articles, dont certains sont subdivisés dans quelques groupes,
- la plaque oculaire est constituée d'ommatidies dissociées (8 au plus par côté) de type eucône,
- un organe postantennaire (organe de Tömösvary des Myriapodes) de chaque côté de la tête, est situé en arrière des antennes,
- un abdomen à 6 segments (cas unique chez les insectes) dont 3 portent un appendice correspondant à la fusion d'une paire d'appendices embryonnaires:
 - ° sur le 1^{er} segment, le tube ventral ou collophore, en relation avec l'état hydrique du milieu. Il participe aussi à la respiration de l'insecte.
 - ° sur le 3^{eme} segment, le rétinacle ou tenaculum qui sert de dispositif d'accrochage à la furca.
 - ° sur le 4^{eme} segment, la furca (organe saltatoire, fourchu) dont la contraction des muscles décroche l'organe du rétinacle et provoque le saut de l'animal.
- un tégument hydrophobe qui leur permet de flotter à la surface de l'eau.

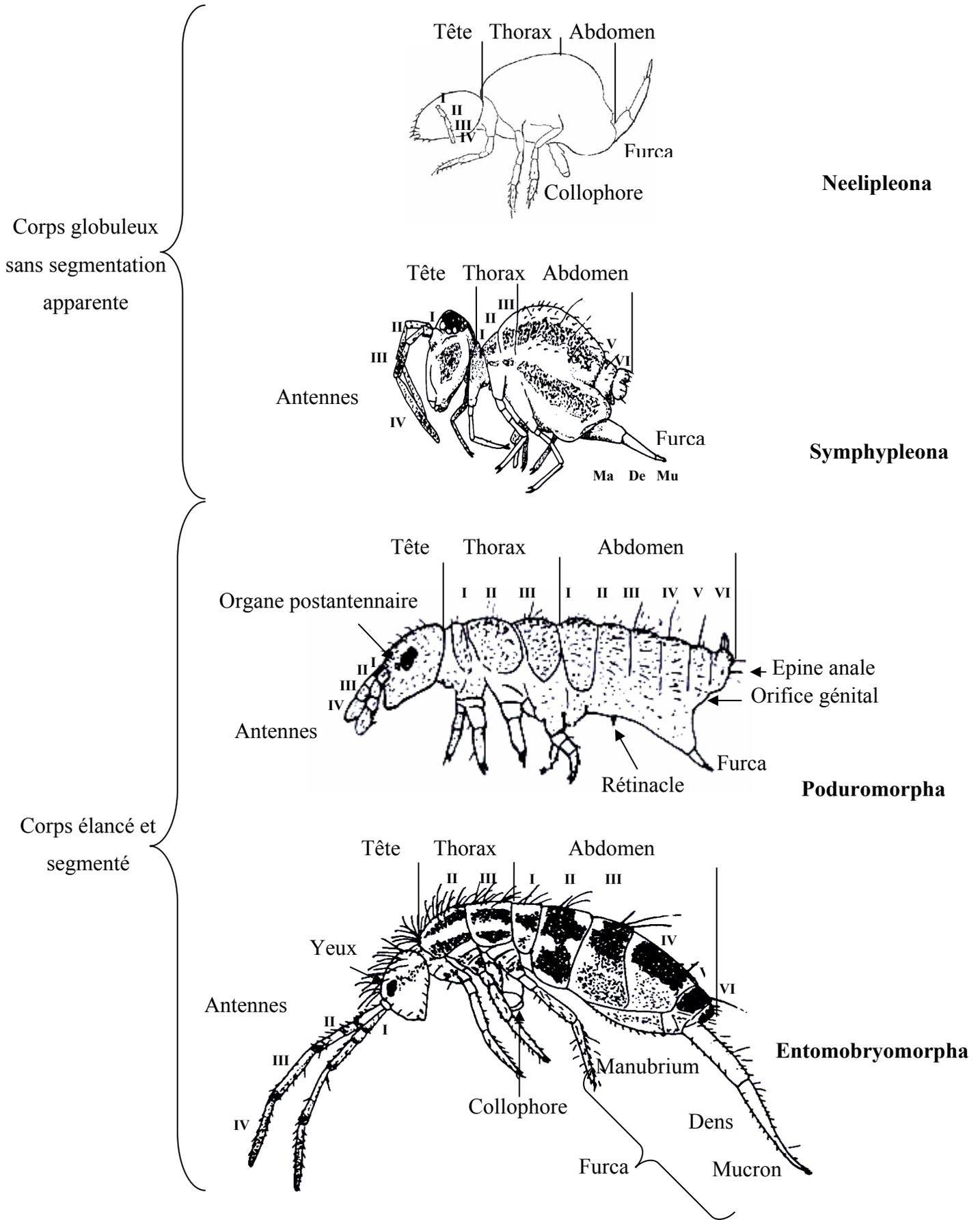


Figure 1 : Aspects de différents types morphologiques des Collemboles

1- Morphologie générale

1.1- La tête

La tête est orthognathe ou prognathe portant une paire d'antennes à 4 articles possédant leur musculature propre, le quatrième segment peut secondairement s'allonger en fouet annelé. Un organe photosensible est constitué de deux groupes de 8+8 ommatidies indépendants les uns des autres, la réduction de ces yeux peut aller jusqu'à l'anophtalmie totale. On notera la présence sporadique d'ocelles frontaux sans système cornéen. Entre la base de l'antenne et la tache oculaire, se développe l'organe post-antennaire (OPA) susceptible de disparaître secondairement. Les mandibules de type primitif portent une *pars apicalis* et une *pars molaris* broyeuse. La maxille possède un lobe externe palpigère et un lobe interne à capitulum apical pourvu de griffes et de nombreuses lamelles. Le labium est court à différenciation digitée constituant le plancher de la poche gnathale. L'appareil buccal peut secondairement évoluer suivant le régime alimentaire, en particulier par étirement des mandibules qui perdent leur *pars molaris*, ou même peuvent entièrement disparaître, et la transformation du capitulum maxillaire en stylet (régime alimentaire liquide), Cassagnau (1990) cité par Amri (2006).

1.1.1- Les antennes (figure 2)

Les antennes des Collemboles sont constituées de quatre articles. Le nombre d'articles antennaires peut être porté à cinq articles par division du 1^{er} article, comme c'est le cas chez le genre *Heteromurus*, ou à six articles suite à la division du 1^{er} et 2^{ème} article chez le genre *Orchesella*. Chez quelques espèces d'*Entomobryidae* on observe une segmentation secondaire du 4^{ème} article ou du 3^{ème} et du 4^{ème}. Chez plusieurs espèces de Symphypléones on peut observer l'apparition de plusieurs sous-segments sur le 4^{ème} article. D'autres structures caractérisent souvent les antennes de quelques Symphypléones comme "l'organe de fixation" que l'on rencontre chez la majorité des *Sminthurididae* qui consiste en un accroissement d'épines sur les tubercules basales des articles antennaires II et III, de manière que l'articulation entre les articles et les épines forment une sorte de tenaille chez le mâle.

Les antennes portent des soies et des sensilles, à grande valeur systématique, cette valeur taxonomique est majeure chez les groupes à réduction chaetotaxique, comme les *Poduromorpha*, *Neelipleona*, *Isotomidae* et plusieurs *Entomobryomorpha*:

- Article antennaire I: on y trouve des soies et chez certains groupes, écailles et sensilles. La présence de certaines soies comme la soie p chez les *Hypogastruridae* à une valeur systématique.

- Article antennaire II: chez quelques *Sminthurididae* mâles, cet article peut présenter des épines, tubercules et autres formations caractéristiques ainsi que quelques sensilles.

- Article antennaire III: en plus des épines et des tubercules décrits chez les *Sminthurididae* sur le 2^{ème} article, il existe toujours un organe sensoriel formé par quatre sensilles, deux paquets centraux (bâtonnets sensoriels), deux masses cylindriques situées latéralement et une microsensille ventro-latérale. Cet organe sensoriel est présent chez tous les Collemboles. Il présente une morphologie caractéristique chez *Acherongia* et de quelques sous-familles comme les *Onychiurinae* et *Tullberginae*.

- Article antennaire IV: il porte une vésicule apicale à valeur systématique. A côté des soies ordinaires il existe des soies sensorielles, courtes et de forme spéciales et des microsensilles. Chez le sous-genre *Ceratophysella* existe une invagination caractéristique située entre les articles antennaires III et IV.

1.1.2- La zone oculaire (figure 2)

L'organe post-antennaire, homologue de l'organe de Tömösvary à fonction indéterminée, est de morphologie variable, absent chez les *Neanuridae* (Deharveng, 1983) cité par Hamra-Kroua (2005). Il est formé par un ou plusieurs lobes situés entre la masse des ommatidies et la base de l'antenne. Sa structure a été étudiée par Karuize, (1971) in (Jordana et Arbea, 1997) cité par Hamra-Kroua (2005), qui cite quelques particularités structurales qui distinguent l'organe post-antennaire des récepteurs classiques des Insectes :

- Le corps de la cellule sensorielle est situé dans le ganglion cérébroïde.
- La dendrite étroite à la base, s'élargit à l'apex, le segment interne de la dendrite est connecté avec le segment externe à travers deux masses ciliaires.
- Au niveau des lobes la cuticule est perforée, les perforations sont de forme conique.

Chaque ommatidie se compose d'un système optique ou réfringent (appareil dioptrique) et d'un système récepteur avec pigment (appareil sensoriel). Le système optique est formée d'une cornée (ou cornéule), de cellules de Semper (ou cellules cristalliniennes), de cellules cornéagènes et d'un cristallin. La cornéule est la portion de cuticule située juste au dessus de l'ommatidie, coiffant le système optique (Thibaud, 1976).

Les ommatidies sont situées de chaque côté de la tête formant une tâche plus souvent pigmentée. Le nombre maximum d'ommatidies est de huit par côté, chacune d'elles conserve la même situation et est désignée par une lettre, quelques unes d'elles peuvent disparaître et leur disposition constitue un caractère spécifique à valeur systématique. Chaque ommatidie

rend la cuticule lisse et transparente et la distingue des aires adjacentes qui contiennent à la fois des réticulations ou des granulations ou des embases. Elles contiennent quatre cellules cornéolaires et un cristallin d'aspect réfringent. Seule l'aire oculaire est pigmentée.

La réduction oculaire est plus fréquente chez les genres troglobies, quelques euédaphiques et même chez certaines espèces hémiédaphiques proches du biotope cavernicole où l'obscurité est presque totale, l'humidité à saturation et la température constantes.

1.1.3- La région buccale (figure 2)

De nombreux travaux ont souligné l'importance taxonomique et phylogénétique des pièces buccales. Les différents éléments de la région buccale externe : cône buccal (labre et labium) et pièces buccales (maxilles et mandibules) fournissent des caractères stables au cours du développement post-embryonnaire, à haute valeur systématique.

Le labre limite dorsalement la cavité buccale, il possède une chaetotaxie utilisée en systématique : soies, épines et papilles labrales.

Le labium divisé en deux parties par la *linea ventralis* avec présence conjointe de papilles et soies labiales dont la disposition caractéristique est utilisée dans la différenciation spécifique. Les pièces buccales sont situées dans la cavité buccale : mandibules et maxilles.

Une très grande importance est accordée à la morphologie des pièces buccale dans la classification des différents groupes de Collemboles. Massoud (1967) a utilisé la morphologie des pièces buccales dans la systématique des *Neanuridae*, Deharveng, (1981), considère l'armature maxillaire comme caractère fondamental dans la taxonomie des *Odontellidae*.

La mandibule se compose typiquement d'une base et une partie dorsale. La base constitue le lieu d'insertion des muscles (rotateurs, protecteurs et rétracteurs). Dans la partie dorsale on distingue une portion apicale pourvue de dents et une portion basale avec une plaque molaire dentée. La mandibule peut être modifiée chez plusieurs groupes, elle est absente chez le genre *Brachystomella* et réduite chez les *Neanuridae* et les *Odontellidae* où elle se réduit à une pointe chitinisée à son extrémité (Deharveng, 1981).

La maxille se compose d'un capitulum et une armature maxillaire, lobules externes et palpes. Le capitulum maxillaire présente une structure compliquée formée par quatre ou cinq lamelles plus ou moins ciliées et des dents.

Chacun de ces éléments peut régresser, se souder ou s'hypertrophier ou se réduire en un simple stylet ou se compliquer par la formation d'expansions lamellaires de grande taille. Les différentes formes sont utilisées comme caractères systématiques pour la classification des différents groupes de Collemboles.

1.1.4- La région céphalique (figure 2)

Sur la face dorsale de la tête on peut distinguer chez les *Neanuridae* quatre aires céphaliques : aire centrale, aire postérieure et deux aires latérales symétriques ; sur chacune d'elles sont représentées des groupes de soies ordinaires dont le nombre et la disposition sont d'une grande importance systématique pour l'identification des espèces, (Deharveng, 1983) cité par Hamra-Kroua (2005).

Yosii (1956), Da Gama (1969), Cassagnau (1974) et Deharveng (1983) cité par Hamra-Kroua (2005), ont établi une nomenclature basée sur le nombre et la disposition des soies. Chaque soie est désignée par une lettre et un numéro :

- La série des soies dorsales d comprend les soies situées d'un côté et de l'autre de la ligne médiane dorsale.

- Les soies sd appartiennent à la partie subdorsale, dans la partie postérieure, il y a une ou deux soies v et deux lignes transversales c et p.

- Latéralement il y a deux lignes de soies, gênale g et latérale l. Dans l'aire oculaire se rencontre normalement trois soies oc.

1.2- Le thorax

Le thorax possède trois segments inégaux, le premier toujours plus au moins réduit. Chaque segment porte une paire de pattes. Les pattes sont constituées en général de deux subcoxas, une coxa, un trochanter (non bien individualisé), un fémur et un tibiotalar qui se termine par un article distal, le prétarse avec une soie de chaque côté. Dans chacune des pattes on distingue deux bords latéraux et un interne. Les deux bords latéraux peuvent présenter des dents basales ou apicales. Le bord interne peut être équipé de dents basales ou latérales ou les deux à la fois à nombre variable. Dorsalement il ya une différenciation de trois tergites chez les *Poduromorpha* tandis que les *Entomobryomorpha* en possèdent deux et ceux des *Symphyleona* sont unis avec les tergites abdominaux. Les *Poduromorpha* se distinguent par la présence de soies sur le tergite thoracique I, dont aucun autre groupe n'en possède.

1.3- L'abdomen

L'abdomen est constitué généralement de six segments, le premier segment abdominal est pourvu d'un appendice ventral s'appelle le tube ventral ou collophore qui comprend une base courte ou allongée selon les groupes. Il joue un rôle extrêmement important dans l'équilibre hydro-électrolytique. Il sert à aspirer des liquides et à adhérer à des surfaces lisses (Hopkin, 1997). Chez le genre *Anurida*, qui n'ont pas de furca, les vésicules de la partie ventrale du tube peuvent adhérer à la surface de l'eau sur laquelle ils peuvent marcher et la

déforment de telle manière qu'elle soit chargée de saut ; lorsque la surface d'eau est libre, l'animal est lancé vers le haut dans l'air (Bush et Hu, 2006).

Le deuxième segment abdominal ne comporte aucun appendice. Le troisième segment abdominal comporte le tenaculum ou rétinacle constitué par une base et deux branches munies vers leurs parties mobiles d'une paire de dents, il sert de goupille d'arrêt à la furca, quand le rétinacle lâche, la furca se détend comme une catapulte et expédie l'animal très fortement vers l'avant.

Le quatrième segment abdominal porte la furca, organe de saut, située sur le bord postérieur de la plaque ventrale, est constitué d'une base impaire, le manubrium, deux dents se terminant chacune d'un mucron. La dens peut varier aussi bien par ses dimensions que par son aspect, lisse ou granuleux, ainsi que par le nombre de soies. Le mucron peut avoir une morphologie variée, il est caractéristique d'un genre ou d'une espèce et constitue un excellent critère de définition pour la sous-famille des *Neanurinae*, (Deharveng, 1983) cité par Hamra-Kroua (2005). La réduction du rétinacle est simultanée avec celle de la furca. La furca si elle est présente constitue un critère d'importance systématique chez plusieurs groupes. Les *Entomobryomorphes* et les *Symphyleones* sont le plus souvent identifiés suivant la chaetotaxie du manubrium ou du mucron.

Le cinquième segment abdominal ne comporte aucun appendice, dans sa face ventrale se situe le pore génital, transversal chez la femelle et un orifice longitudinal chez le mâle (Fig.7). Ce segment peut porter dorsalement des épines ou des soies épineuses.

Le sixième segment abdominal est dépourvu d'appendices. L'anus se situe en position ventrale à l'extrémité. Dans la partie dorsale existe des épines, dont la disposition est caractéristique du genre ou de l'espèce, exemple : *Hypogastrura*, *Xenylla*, *Tetracanthella* et *Uzelia*. Chez certaines espèces de *Bourletiella* existe un organe formé par des soies modifiées, caractéristiques des mâles, chez les femelles de certains *Symphyleones* les lamelles anales sont constituées de soies transformées. Potapov (1989) cité par Hamra-Kroua (2005), a montré que les modèles de soies s sur les tergites sont particulièrement diversifiés chez les *Isotomidae*, et que l'utilisation de la chaetotaxie s s'est rapidement étendu dans les descriptions de taxa pour cette famille.

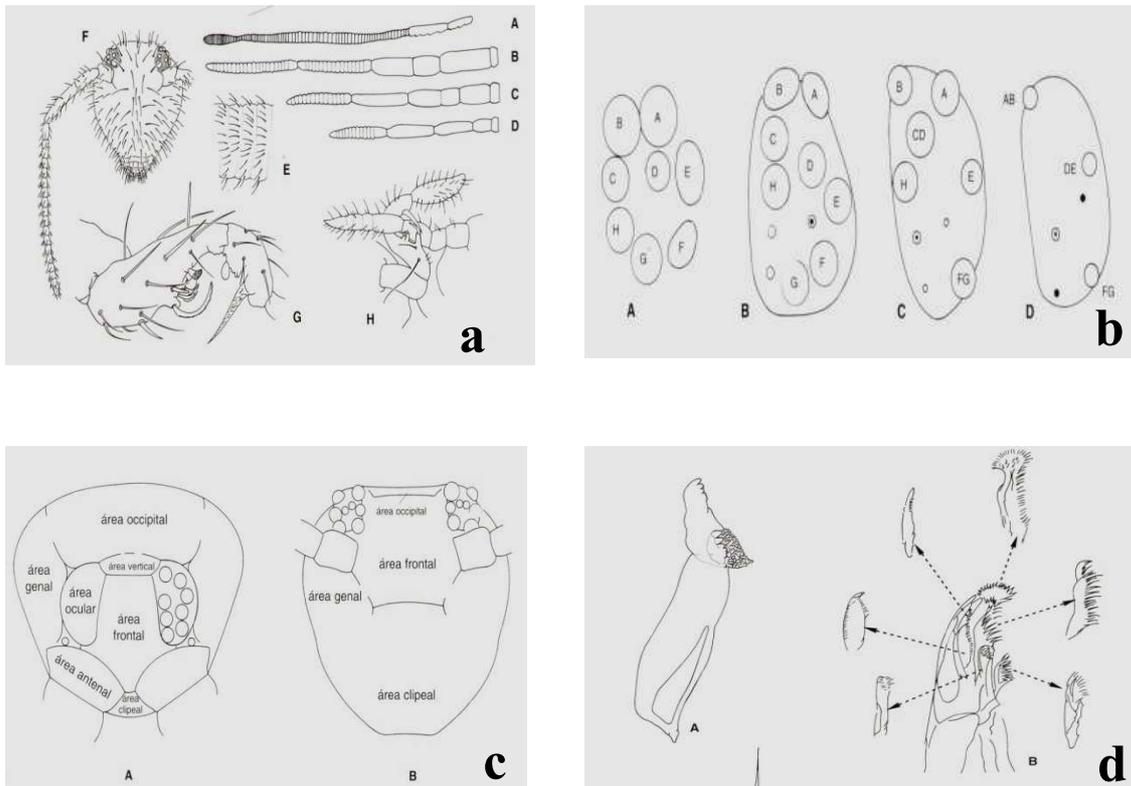


Figure 2: Les antennes, la zone oculaire, l'aire céphalique et les pièces buccales des Collemboles: a) Les différents types d'antennes des Collemboles. b) Aires oculaires des Collemboles. c) Aires céphaliques des Collemboles. d) Pièces buccales des Collemboles. (Jordana et al, 1997) cité par Hamra-Kroua (2005).

2- Anatomie externe

2.1- Le tégument

Le tégument représente le plus grand organe dans le corps des Collemboles, et il est responsable de la réussite de Collemboles dans leur environnement. Comme chez tous les Arthropodes, le tégument est un tissu qui couvre le corps et toutes les invaginations ectodermiques qui en découlent, comme la cavité buccale, l'intestin antérieur et l'intestin postérieur. Le tégument est composé d'un épiderme interne (qu'on appelle parfois l'hypoderme), une seule couche de cellules de l'épiderme, et une cuticule extérieure, une membrane extracellulaire plus ou moins inerte (Wigglesworth, 1965). La cuticule multicouche constituée d'une épicuticule extérieure et une procuticule intérieure. La procuticule elle-même est composée d'une exocuticule extérieure et endocuticule intérieure.

L'ultrastructure de l'épicuticule est l'une des caractéristiques les plus frappantes de la cuticule (Hopkin, 1997). La pigmentation du tégument dépend de la lumière des circonstances ; dans des conditions de lumière, la pigmentation est plus intense; dans l'obscurité, la pigmentation est plus pâle (Thibaud, 1970).

La coloration est uniforme ou avec des dessins plus ou moins caractéristiques qui varient à l'intérieur d'une population. Le pigment épidermique peut se disposer en tâches à contours réguliers ou totalement disparaître ainsi que le pigment du corps gras.

La cuticule peut être plus ou moins lisse ou granuleuse, la granulation est de trois types :

- Granulation primaire : granules de base groupés en rosettes de 6 éléments.
- Granulation secondaire due à l'hypertrophie ou à la soudure des premiers pour former des plaques réticulaires et les tubercules. Présence de soies de différentes formes, sensorielles et glandulaires, et des ouvertures glandulaires.
- Granulation tertiaire observée notamment chez les *Neanuridae*, qui résulte du regroupement des granules secondaires sur la face dorsale du corps et de la tête. Chaque granule tertiaire correspond à un tubercule élémentaire, structure utilisée par le même auteur dans la taxonomie de la lignée *Neanurienne*. (Deharveng, 1983) cité par Hamra-Kroua (2005).

La granulation cuticulaire est très caractéristique des *Poduromorpha* [surtout dans la famille des *Hypogastruridae* et des *Neanuridae*], chez lesquels est répartie plus ou moins uniformément sur la face dorsale du corps, de la tête et des antennes, et peut donner lieu à des formations spéciales de valeur systématique par leur constance, comme la languette dorsale du 5^{ème} segment abdominal de *Hypogastrura (Ceratophysella) tergilobata* ou chez *Metaphorura affinis*, le tubercule terminal postéro ventral du 6^{ème} segment abdominal qui prend l'aspect d'une épine. La granulation peut être bien développée, formant rarement des tubercules secondaires chez le genre *Gamachorutes* endémique d'Espagne, (Jordana et al, 1997) cité par Hamra-Kroua (2005).

Chez les *Neanuridae* selon Deharveng (1983) cité par Hamra-Kroua (2005), la tuberculisation résulte comme d'autres familles de *Poduromorpha* de la différenciation des grains tertiaires en réticulations et protubérances. Les réticulations se présentent comme un réseau de canalicules lié à la face interne du tégument, elles se localisent :

*sur la tête seule, (*Willemia sp.*)

*sur la tête et sur les segments abdominaux V et VI, (*Protachorutes pyrenaicus*)

*sur les tergites, la tête, les antennes et les sternites abdominaux III et VI, chez tous les *Morulinae* et *Neanurinae*

*généralisées sur les tergites, la tête, les antennes chez certains *Isotomidae* (*Jestella siva*), les *Onychiuridae* (*Tetrodontophora bielensis*) et chez les *Gulgastruridae* (*Gulgastrura reticulata*).

2.2- Les soies, les écailles, les trichobothries et les sensilles

2.2.1- Les soies

Les soies des Collemboles sont particulièrement développées, nombreuses et diversifiées; elles ont pu être rangées en quatre catégories: soies ordinaires, soies s (=sensilles=soies sensorielles), trichobothries et écailles (Massoud et Ellis (1977)).

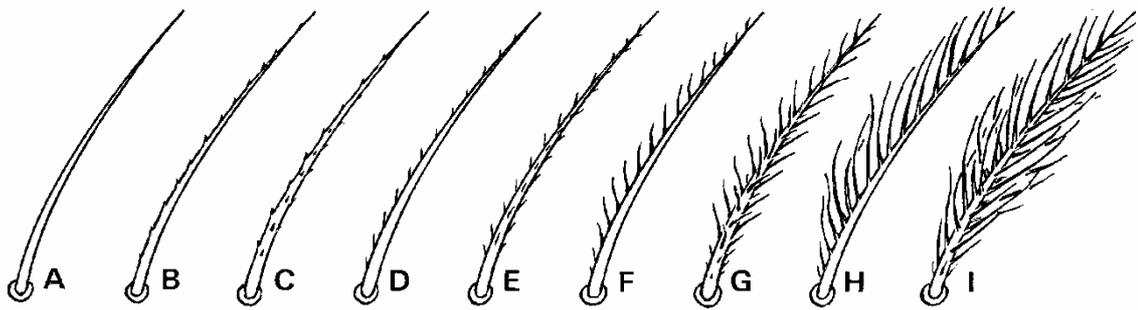
Une soie est une formation cuticulaire correspondant à la partie externe d'un organe sensillaire. Elle comporte une embase, une courte partie basale et une partie distale constituant la plus grande longueur. La partie basale est plus large dans laquelle on peut distinguer un alvéole à son point d'insertion caractérisé par un amincissement de la cuticule permettant sa mobilité et son action comme récepteur mécano sensoriel. Les soies ordinaires présentent toujours dans leur partie distale une ciliation ou des écailles; elles sont simples, effilées, larges à la base, à embase nette et généralement circulaire ou peu ovale. Les soies peuvent prendre de très divers aspects selon leurs structures, leurs formes ou leurs dimensions.

Massoud et Ellis (1977) ont proposé une classification et une nomenclature des phanères des Collemboles européens selon la structure, la forme et la taille.

Selon la sculpture :

- Soie lisse : sans denticulation et sans barbelure.
- Soie denticulée : avec de microsculptures sous forme de ponctuations.
- Soie ciliée : la surface de la soie est ornée de microsculptures sétiformes dont la longueur ne dépasse pas le diamètre de la soie mesuré en son milieu.
- Soie barbelée : sur sa surface, la longueur des microsculptures, toujours sétiformes, dépasse le diamètre de la soie mesuré au milieu de sa longueur.
- Soie striée : la surface de la soie est ornée de stries longitudinales.

- Soie écailleuse : présence d'une ornementation en écaille agencée souvent de façon très régulière.

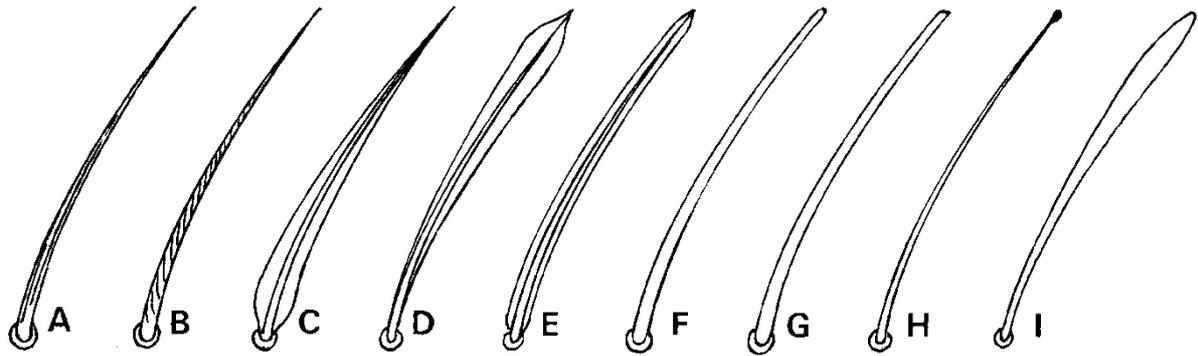


— A, soie lisse. — B, soie denticulée sur une face. — C, soie denticulée sur tout le pourtour. — D, soie ciliée sur une face. — E, soie ciliée sur tout le pourtour. — F, soie barbelée sur une face. — G, soie barbelée sur tout le pourtour. — H, soie plumeuse sur une face. — I, soie plumeuse sur tout le pourtour.

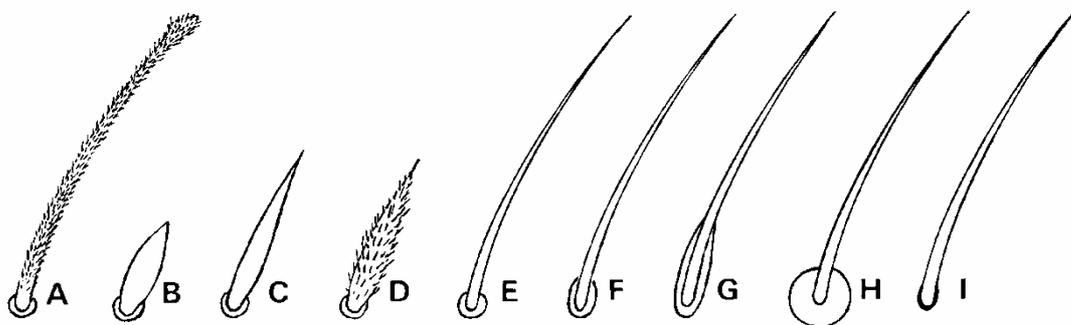
Figure 3 : Les soies selon la sculpture (Massoud et Ellis (1977)).

Selon la forme :

- Soie mousse : présente le même aspect qu'une soie normale ; mais avec une extrémité émoussée.
- Soie tronquée : certaines soies bien que de même épaisseur sur toute leur longueur, mais à leurs extrémités ne sont ni pointues ni émoussées.
- Soie capitée : sont des soies normales mais portent à leur extrémité un globule plus ou moins bien développé. Ce type de soie est fréquent dans la partie distale des tibiotarses. Ce sont des ergots capités globuleux, des ergots capités triangulaires et des ergots capités en entonnoir.
- Soie claviforme : soies fines à la base et qui s'élargissent graduellement à l'apex prenant, en vue de profil, l'aspect d'une soie spatulée.
- Soie en crosse : soie ciliée, se termine par un renflement en forme de crosse.
- Soie spiniforme, épine : soie présentant un épaissement à la base et un rétrécissement vers l'extrémité, elle se distingue des apophyses par la présence d'une embase (partie basale).



— A, soie avec des stries longitudinales. — B, soie avec des stries obliques. — C, D et E, soies à ailettes. — F, soie mousse. — G, soie tronquée. — H, soie capitée. — I, soie claviforme.



. — A, soie en crocse. — B, épine. — C, soie spiniforme lisse. — D, soie spiniforme ciliée. — E, soie à embase elliptique. — G, soie à embase allongée. — H, soie à embase très large. — I, embase de même dimension que la base de la soie.

Figure 4 : Les soies selon la forme (Massoud et Ellis (1977)).

Pour distinguer une soie d'une épine l'auteur le fait par le rapport suivant : Diamètre maximum / longueur = soie $0,1 < \text{soie spiniforme} < 0,25 < \text{épine}$.

Les soies épaisses peuvent être lisses ou ciliées. Les épines sont souvent colorées en jaune ou en brun. Elles peuvent être bifurquées, branchues ou dentées partiellement ou totalement. Parmi les épines il existe un cas particulier, les épines anales situées sur le 6^{ème} segment abdominal de certains *Poduromorphes* et de quelques *Isotomidae*; il y a deux types d'épines anales :

- épines ne résultant pas de la transformation d'une soie (certains *Superodontella*).
- épines asymétriques par rapport à leur axe, trapues, pointues ou tronquées, placées sur un mamelon, à embase peu différenciée (ex.: *Hypogastrura tullbergi*).

Selon la dimension :

Chez la majorité des Collemboles on distingue des macrochètes qui sont des soies longues, souvent fortes et des microchètes, soies plus courtes. Massoud et Ellis, (1977), notent la difficulté pour distinguer ces deux types de soies et proposent la nomenclature suivante selon leur localisation dorsale ou autre:

1.- Setae ou ensemble des soies d'un segment (4^{ème} segment abdominal) ayant la même taille

2.- Macrochète : soies plus longues.

3.- Mésochète : soies intermédiaires.

4.- Microchète ou sétules : soies les plus petites (mesurant 0.3 de la soie la plus longue).

5.- Setula : soies minuscules de nature différente de celles des soies, lisses et de réfringence différente de celles des soies; elles correspondent à des soies sensu Deharveng (1983) cité par Hamra-Kroua (2005).

2.2.2- Les écailles

L'écaille, chez les Collemboles est un phanère aplati, très mince, en général pourvue d'une embase enfouie dans le tégument. Probablement sont des soies transformées d'un aspect laminé avec une fine ciliation superficielle ; produisant des reflets métallisés chez quelques espèces de la famille des *Entomobryidae*. Elles présentent différents types selon les groupes et l'emplacement sur le corps. Elles peuvent être simples sans striation ou présence de stries longitudinales et transversales.

2.2.3- Les trichobothries

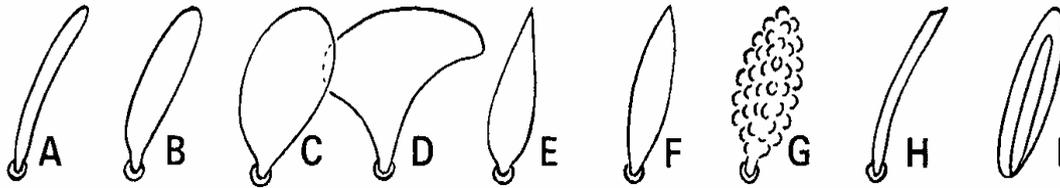
Chez les Collemboles sont des phanères sensoriels, sous forme de très fins filaments lisses ou ciliés, d'épaisseur constante sur toute leur longueur. Selon Salmon (1964) cité par (Massoud et Ellis, 1977) il y a deux catégories de trichobothries :

- Bothriotriches : trichobothries typiques des Symphypléones avec embase coupelle placée sur une protubérance. Généralement le filament est lisse exceptionnellement (*Sminthurides*), il comporte une lamelle torsadée. Le bothriotriche peut être plus ou moins long, plus ou moins ondulé.

- Lasiotriches : sont des trichobothries à filament lisse ou cilié, implanté sur le tégument par une embase plus ou moins large, mais sans coupelle protubérance.

2.2.4- Les sensilles

La sensille ou soie sensorielle ou encore soie s sensu Deharveng (1983) cité par Hamra-Kroua (2005), est un organe constitué d'un complexe cellulaire comprenant au moins 3 cellules (sensorielle, trichogène et tormogène) et une formation cuticulaire externe prenant des formes variées : soie, bâtonnet, plaque.



— A, sensille typique. — B, sensille gonflée. — C, sensille en ballon. — D, sensille en francisque. — E, sensille en flamme de bougie. — F, sensille en lancette. — G, sensille en grappe. — H, sensille tronquée. — I, sensille en logette.

Figure 5 : Les sensilles (Massoud et Ellis (1977)).

Les sensilles sont des formations tégumentaires spéciales, en général en forme de soie à apex émoussé par exemple la « soie s » (sensille ou soie sensorielle) dénommée ainsi par Deharveng (1983) et Deharveng et Lek (1993) cité par Hamra-Kroua (2005); lorsqu'elles ont la dimension de microchètes et soie s sensu Deharveng (1983), lorsqu'elles ont la dimension de mésochètes ou de macrochètes. Les soies s se localisent principalement sur les antennes, particulièrement sur le dernier article. Parfois (chez *Cryptopygus* par exemple), on peut les trouver sur l'abdomen.

Nous distinguons les catégories suivantes :

- Une sensille typique : diffère d'une soie par sa surface lisse et son apex émoussé, incolore et montre une réfringence différente de celle des soies normales, plus ou moins courbée ou coudée. Elle peut être très longue (macrosensille).
- Sensille gonflée : gonflée sur toute sa longueur et rétrécie à sa base.
- Sensille en francisque : l'extrémité s'élargit, l'apex est dévaginé.
- Sensille en flamme de bougie : la base du phanère est enflée à extrémité pointue ou légèrement émoussée.
- Sensille en lancette : rétrécie à la base, pointue ou légèrement mousse à l'extrémité et enflée au milieu.

- Sensille en grappes : enflée et présentant des boursoflures lui conférant l'aspect d'une grappe.
- Sensille tronquée : petites sensilles à apex tronqué obliquement, isolées ou en râpe sensorielle.
- Sensille en pointe : se trouvant sur le corps sous forme de plaques ovoïdes avec au centre, une petite épine ne dépassant pas le diamètre de la plaque.
- Sensille en logette : se plaçant partiellement ou intégralement sur les segments thoraciques 2 et 3 des *Hypogastruridae* et des *Onychuiridae*.

Toutes les révisions et descriptions récentes donnent une drande à la soie s. Chez *Parisotoma* (Rusek, 1984 ; Potapov, 1991), chez *Isotomiella* (Deharveng et Oliveira, 1990), chez *Folsomides* (Fjellberg, 1993), chez *Vertagopus* (Fjellberg, 1996), chez *Anurophorus* (Potapov, 1997), chez *Pseudanurophorus* (Potapov, 1997), chez *Folsomia* (Potapov et Babenko, 2000), chez *Isotomurus* (Deharveng et Lek, 1993 ; Carapelli et al. 2001) et bien d'autres taxa.

Deharveng (1983) cité par Hamra-Kroua (2005), est le premier à avoir donné les principaux caractères distinguant les soies ordinaires des soies s. Le même auteur donne une classification des soies s selon leur épaisseur et leur longueur sur les différentes parties du corps chez les *Neanurinae* et donne une nouvelle définition de cette sous famille. La répartition des soies s sur les tergites a permis à Deharveng et Lek (1993) de définir cinq groupes d'espèces au sein du genre *Isotomurus* dont la taxonomie est fondée sur les patterns de coloration des espèces.

L'utilisation de la chaetotaxie de type s se justifie selon les auteurs par le phénomène de « plurichétose » : apparition de soies secondaires à chaque mue post-embryonnaire qui empêchent la détection des soies idionymiques, sauf au niveau du rétinacle et du tube ventral.

Dans la révision des *Isotomidea* paléarctiques, Potapov (2002) cité par Hamra-Kroua (2005), note que les modèles basés sur la chaetotaxie de type s émergent en tant qu'un des caractères les plus instructifs à tous les niveaux taxonomiques. Ils n'ont pas été même mentionnés dans la faune classique de Gisin (1960).

2.3- La chaetotaxie

Les différents éléments tégumentaires décrits ci-dessus ; répartis sur les différentes régions du corps des Collembolés sont d'une importance taxonomique considérable, ces caractères morphologiques sont le plus souvent stables chez la plupart des groupes mais peuvent être réduits, modifiés ou totalement disparaître chez d'autres. En raison de leur valeur

systématique ils sont utilisés pour la classification des ordres, familles et genres. La chaetotaxie : nombre et disposition des soies, est d'une importance systématique fondamentale pour l'identification des espèces. Deharveng (1983) cité par Hamra-Kroua (2005) a proposé une nouvelle définition de la sous famille des *Neanurinae* basée sur une nomenclature plus complète de la chaetotaxie des différentes parties du corps (labium, l'antenne, les tergites, les sternites et les tibiotarses). Alors que celle utilisée avant lui, ne concernait que l'aire céphalique centrale et le labium.

3- Anatomie interne

3.1- Système nerveux

Le système nerveux (fig.6) comprend un complexe céphalique de ganglions super œsophagiens (b) en combinaison avec les lobes optiques et d'un ganglion subœsophagien (c), formant le cerveau, et de plusieurs ganglions ventraux, dont trois ganglions thoraciques ; chez les *Symphyleones* les ganglions prothoraciques et mésothoraciques sont fusionnés (d) (Nicolet, 1842). Les ganglions de l'abdomen sont fusionnés aux ganglions métathoraciques (e) (Cassagnau & Juberthie, 1970), qui s'étendent habituellement dans le premier segment abdominal (Brauner 1981 cité par Hopkin 1997). Les ganglions sont interconnectés longitudinalement par une paire de connecteurs latéraux, le nerf médian de Leydig s'étend du ganglion ventral à un autre entre les connecteurs latéraux (Cassagnau & Juberthie, 1970). Le nerf intercalaire c'est le nerf de Hoffmann.

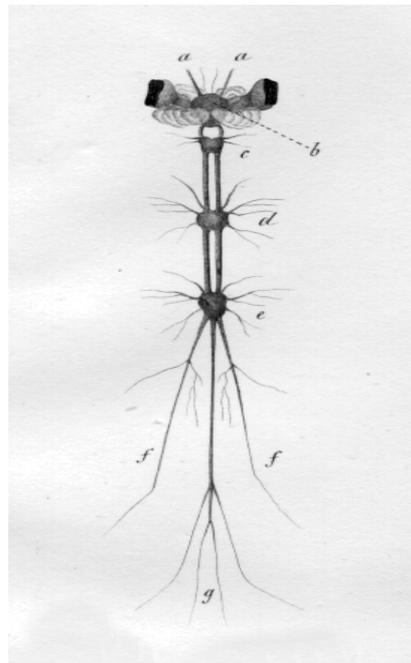


Figure 6 : Système nerveux de *Smynturus signatus* (= *Allacma fusca*) d'après Nicolet, 1842

3.2- Appareil digestif

Le début du tube digestif s'ouvre dans la cavité buccale de la capsule de la tête. Le canal du tube intestinal passe à travers le corps sans circonvolutions de l'antérieure à la partie postérieure (Nicolet, 1842). Le même auteur, identifie cinq régions intestinales, ces cinq régions se retrouvent dans trois divisions principales (Von Olfers cité par Lubbock, 1873).

Le tube digestif est composé d'un intestin antérieur long et étroit ou stomodeum, un intestin médian puissant (estomac, ventricules, intestins) ou mésenteron et un intestin postérieur étroit (caecum, rectum) ou proctodeum (d'après Nicolet, 1842 ; Lubbock, 1873 ; Thibaud, 1970 ; Adams & Salmon, 1972).

L'intestin antérieur comprend au moins le pharynx et l'œsophage (Thibaud, 1970). La dilatation temporaire locale de l'œsophage peut être présente comme résultat à la suite du processus alimentaire (Nicolet, 1842). Adams & Salmon (1972) se distinguent dans l'intestin antérieur : le pharynx, l'œsophage, le jabot et le gésier. L'intestin antérieur et l'intestin postérieur sont tapissés d'une cuticule qui se renouvelle à chaque mue (Thibaud, 1970).

L'intestin médian est bordé de microvillosités épithéliales en contact direct avec une membrane péritrophique qui est sécrétée par un anneau de cellules postérieures à la jonction entre l'intestin antérieur et l'intestin moyen (Hopkin, 1997). À la jonction entre l'intestin moyen et l'intestin postérieur, un sphincter musculaire, connu sous le nom de la région pylorique (Nicolet de «intestin grêle») (Nicolet, 1842; Dallai 1980 cité par Hopkin 1997) ou valve rectale (Adams & Salmon, 1972).

Des minuscules papilles de Malpighi sont présentes sur la fin antérieure de l'intestin postérieur (Dallai, 1980 cité par Hopkin, 1997).

L'intestin moyen est entouré par un réseau de muscles circulaires et longitudinaux (Nicolet, 1842; Lubbock, 1873) qui mélange les aliments et force le résidu de la digestion dans l'intestin postérieur par le mouvement péristaltique (Nicolet, 1842; Dallai et al. 1989 cité par Hopkin 1997). Le muscle fort du rectum, existe partout à condition que sa longueur totale avec les muscles transversaux (Lubbock, 1873) forment des boulettes fécales (Hopkin 1997). La fin du tube digestif s'ouvre par l'anus sur le sixième segment abdominal (Nicolet, 1842) qui comporte trois sacs anaux de fonction inconnue (Leinaas 1988 cité par Hopkin 1997).

3.3- Appareil respiratoire

La plupart des Collemboles respire par le biais d'un mécanisme de diffusion du gaz cuticulaire, dans laquelle la vésicule du collophore joue un rôle important (Ruppel, 1953 cité par Palissa, 2000). Seuls certains *Actaetoidea* et quelques *Symphyleona* ont une trachée, qui forme un système de tubes ramifiés (d'après Hopkin 1997).

Les spiracles sont situés ventralement dans la tête, à l'endroit où il est attaché à la trompe, entre la tête et le prothorax (Lubbock, 1873). Les *Spinothercidae* possèdent une paire d'organes tubulaires rares entourant le cou à partir de l'insertion ventrale, le foramen magnum (Greenslade, 1982). Ce bizarre "organe de cou" pourrait avoir une fonction respiratoire accessoire et / ou homéostatique car il est interne sans structure et semble être remplis d'hémolymphe à l'état vivant (Greenslade, 1982).

La structure de la cuticule sur l'organe de cou est très similaire à celle de certaines branchies spiraculaires décrites par Hinton (1968) cité par Greenslade (1982) pour les stades immatures des Diptères.

3.4- Système circulatoire

La circulation du sang dans la cavité corporelle qui baigne les organes est entretenue par pulsation (60 à 160 pulsations par minute) du vaisseau sanguin dorsal ou "cœur" (Nicolet, 1842). Contrairement à la plupart des insectes, les Collemboles semblent manquer d'organes circulatoires spécialisés pour le pompage du sang dans les antennes (Palissa 1991 cité par Hopkin 1997).

3.5- Système musculaire

D'après Palissa (2000), chaque segment thoracique et abdominal comprend une paire de muscles dorsaux et ventraux longitudinaux. Le segment mésothoracique, métathoracique et abdominal, en plus, munis d'une configuration basique de segmentation, et intersegmentaire dorsoventrale latérale des muscles. Lorsque la furca est présente, le quatrième segment abdominal porte des muscles supplémentaires pour faire fonctionner la furca.

3.6- Système endocrinien

Le système neurosecrétoire, qui emmagasine et libère les substances de la neurosécrétion, est le type le plus primitif, comme chez les Annélides, il correspond à deux organes céphaliques suboesophagés sans cellules sécrétrices (Juberthie & Cassagnau, 1971).

Chez *Neanura*, *Tomocerus*, *Orchesella* et *Bourletiella*, les cellules neuroglandulaires qui produisent la neurohormone, sont situées dans la partie dorsale latéro du protocérébron et dans la *pars intercerebralis* à la fois du complexe ganglionnaire superoesophagéal.

Le groupe des axones des cellules latéro-dorsales protocérébrales et neuroglandulaires est sous forme d'un nerf appelé le nerf *corporis cardiacus 1*.

Les nerfs *corporis cardiacus 1* forment un chiasma : les cellules neuroglandulaires gauches sont reliées aux cellules droites et vice versa.

Le groupe des axones des cellules intercérébrales neuroglandulaires forme un nerf appelé le nerf *corporis cardiacus 2*.

3.7- Système excréteur

Chez les Collemboles les glandes labiaux sont très comparables aux glandes antennaires ou reins céphaliques des Crustacés Décapodes, qui ont un rôle excréteur incontestable. Ces glandes ou reins labiaux comprennent un saccule terminal formé d'un épithélium aux cellules aplaties, un labyrinthe, long tube enroulé dont les cellules ont la même caractéristique que les cellules des tubes de Malpighi et un canal évacuateur (Raccaud-Schoeller, 1980).

3.8- Système reproducteur

Chez les Collemboles, le sexe est séparé. Dans la plupart des cas, seuls les orifices génitaux situés sur la face ventrale du cinquième segment abdominal permettent de distinguer le male de la femelle, Massoud (1971).

3.8.1- Caractères sexuels secondaires

A part quelques exceptions, il n'existe pas de différence morphologique notable entre le male et la femelle. Les caractères sexuels primaires seuls permettent de les distinguer. Schématiquement, Massoud (1971) a pu décrire l'orifice génital mâle comme une plaque circulaire ornée de poils avec une fente longitudinale et celui de la femelle comme une plaque elliptique également garnie de poils avec une fente transversale, (fig.7). Cette description correspond au stade adulte. L'apparition des fentes et des poils se fait après les mues successives conduisant au stade adulte.

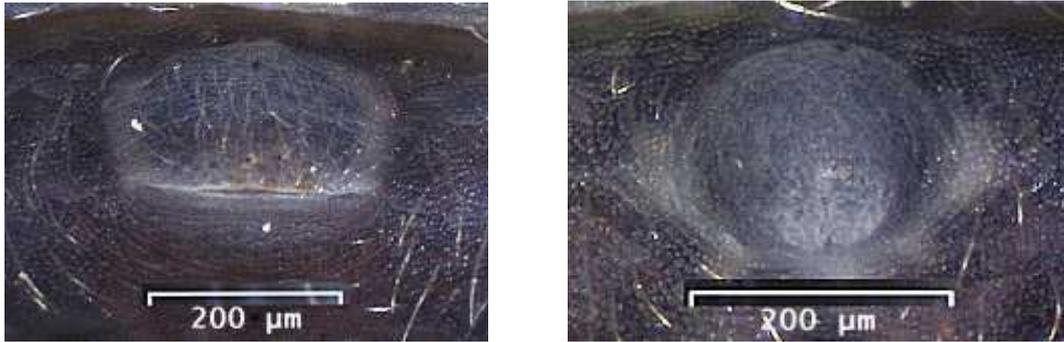


Figure 7 : Plaque génitale de la femelle (à gauche) et plaque génitale du mâle (à droite) de *Tetrodontophora bielensis* de Czechia, selon Bellinger et al 1996-2009

Chez certaines lignées, le même auteur a rencontré des caractères sexuels secondaires plus ou moins accentués, ces caractères observés chez les mâles ; mais dans certains cas rares on peut les déceler chez la femelle. Massoud (1971) a donné quelques exemples de caractères secondaires très marquants :

Guthriella muskegis (Guthrie, 1903) : Collemboles Isotomide dont la femelle a l'allure normale des *Isotomidae* et dont le mâle possède d'énormes excroissances sur les bords postérieurs des segments thoraciques et des trois premiers segments abdominaux, et deux « cornes » sur les flancs du quatrième segment abdominal.

Rhodanella minus (Denis, 1928) : Collemboles Isotomide d'Afrique dont le mâle présente de grandes excroissances épineuses en forme de corne sur la tête au niveau des taches oculaires.

Les *Sminthuridinae* (*Sminthurides*, *Sphaeridia*,...) : Chez ces Symphypléones le mâle est toujours plus petit que la femelle. Il présente des antennes déformées en crochets à l'aide desquelles il s'accroche aux antennes de la femelle, se fait soulever et transporter ainsi pendant plusieurs minutes ou plusieurs heures (fig.8).

Les *Bourletiellini* avec des déformations sur les deux derniers segments abdominaux des mâles. Chez le genre *Bovicornia*, il existe également des déformations de la tête et des antennes (fig.8).

Zebulonia massoudi (Betsch, 1970) : Symphypléone *Katiannini* avec une bosse au niveau des deuxième et troisième segments thoraciques des mâles.

3.8.2- Spermatophore

C'est en 1952 que Schaller (cité par Massoud (1971)) a, pour la première fois, signalé l'existence de spermatophores chez les Collemboles en décrivant celui d'*Orchesella villosa*

(Geoffroy, 1764). Depuis, sa présence a été signalée presque chez tous les groupes de Collemboles.

Le spermatophore est formé d'une gouttelette spermatique sphérique, blanchâtre ou presque transparente portée par un pédoncule (fig.8). Le diamètre de la gouttelette et surtout la hauteur du pédoncule varient dans de larges mesures selon les groupes.

Selon Hale (1965) cité par Massoud (1971), pour la prise des spermatozoïdes par la femelle chez *Orchesella villosa* et *Tomoceus minor*, la femelle émet par l'orifice génital une petite goutte de liquide dans laquelle, au moment de la prise du spermatophore, la sphère éclate et libère les spermatozoïdes. Il signale aussi qu'il n'a pas observé de telle sécrétion chez les autres groupes de Collemboles.

Dans le cas général, la gouttelette spermatique éclate par simple contact au niveau de la fente génitale de la femelle ou sur toute autre partie de son corps. Chez les Symphypléones, l'auteur a pu émettre l'hypothèse d'un rôle éventuel des appendices anaux de la femelle au moment de l'éclatement de la sphère spermatique quand celle-ci est captée au niveau de la fente génitale.

Chez *Podura aquatica*, Schliva et Schaller (1963) cité par Massoud (1971), ont montré l'existence d'un spermatophore pédonculé déposé à la surface de l'eau. Dans ce cas précis, le mâle est très actif étant donné qu'il pousse la femelle vers les spermatophores et l'oblige ainsi à les capter.

3.8.3- Parthénogenèse

Depuis longtemps, l'existence de populations composées exclusivement de femelles avait incité certains auteurs à penser à la possibilité de reproduction parthénogénétique chez les Collemboles. Mais l'existence de parthénogenèse facultative chez les Collemboles a été pour la première fois démontrée par Choudhuri chez *Onychiurus hortensis* Gisin, 1949, d'après Massoud (1971). Depuis, plusieurs travaux ont été consacrés à ce problème et on a démontré la présence de ce phénomène chez plusieurs groupes de Collemboles, en particulier chez les Isotomides *Folsomia candida* (Willem, 1902), *Folsomia cavicola* Cassagnau et Delamare, 1955 et *Isotoma notabilis* Schäffer, 1896.

D'après Christiansen (2003) cité par Chahartaghi et al (2006), la majorité des Collemboles sont bisexués, mais plusieurs espèces se reproduisent par parthénogenèse facultative ou obligatoire (Goto, 1960, Peterson, 1978) cité par Chahartaghi et al (2006).

D'après Chahartaghi et al (2006), les espèces parthénogénétiques sont petites et euédaphiques, cependant quelques autres espèces dont lesquelles aucun mâle n'est enregistré

sont hémiedaphiques. Les espèces bisexuées comme *Folsomia quadrioculata* atteignent une densité plus élevée dans la litière tandis qu'en profondeur du sol les espèces parthénogénétiques comme *Mesaphorura macrochaeta* dominent.

4- Ponte

4.1- Modalité et fécondité

D'après Massoud 1971, chez les Collemboles il y a deux modalités de ponte :

a- Les œufs peuvent être déposés sans protection apparente, directement sur le substrat. Ils sont alors pondus :

- Par paquets souvent étalés sur plusieurs millimètres du fait que l'animal continue à marcher. Parmi les espèces qui déposent leurs œufs en paquets on peut citer *Onychiurus procampatus*, *Onychiurus vannieri*, *Neanura muscorum*, *Ceratophysella denticulata*, *Isotomiella minor*, etc. Occasionnellement chez ces espèces la ponte peut se faire par œuf isolé ;
- Les œufs sont toujours pondus isolément ; c'est le cas chez un grand nombre d'espèces dont *Tomocerus minor*, *Pogonognathellus longicornis*, *Vertagopus arboreus*.

b- L'œuf est pondu toujours isolément mais auparavant il est enrobé par un fluide anal mélangé aux excréments. Ce fluide sort de l'anus tout de suite après la sortie de l'œuf de l'orifice génital. La femelle maintient l'œuf au niveau de la fente génitale et ne le dépose qu'après l'avoir bien enveloppé de liquide fécal. Ce processus a été observé par Hale (1965) chez *Dicyrtoma fusca* et *Dicyrtomina minuta* ; également chez *Dicyrtoma atra* et *Dicyrtomina saundersi*.

Davidson (1934) cité par Massoud (1971) signale que les œufs de *Sminthurus viridis* sont également enrobés par les excréments, mais il décrit un processus différent de celui des Dicyrtomides. D'après le même auteur l'excrément très fluide déposé sur le substrat reçoit l'œuf et le couvre.

Le nombre d'œufs déposés à chaque ponte ainsi que le nombre de paquets d'œufs est variable selon les stades de la vie de l'animal, Hale (1965) cité par Massoud (1971) établit chez *Tullbergia krausbaueri* les valeurs suivantes :

Tableau 1 : Le nombre d'œufs déposés à chaque ponte ainsi que le nombre de paquets d'œufs. Massoud (1971).

Stade	Nombre total d' œufs	Nombre de fournées	Nombre d'œufs par fournées
3	2	1	2,00
4	24	9	2,66
5	61	16	3,81
6	62	10	6,20
7	86	12	7,16
8	58	8	7,25
9	61	9	6,78
10	47	7	6,71
11	62	10	6,20
12	56	9	6,22
13	45	8	5,63
14	8	3	2,66
15	10	3	3,33
16	14	3	4,66

D'autre part, Hale (1965) cité par Massoud (1971) a compté en moyenne 30,2 œufs pour chaque fournée chez *Hypogastrura denticulata* à 8°C, et 5,5 œufs pour *Tullbergia krausbaueri* à 15°C. Pour cette dernière espèce, Milne (1960) cité par Massoud (1971) estime à 1-2 la moyenne d'œufs par fournée à 12°C. Sharma et Kevan (1963) cité par Massoud (1971) donnent le chiffre de 3 à 14 œufs pour *Folsomia similis* à 24°C. South (1961) cité par Massoud (1971) compte en moyenne d'œuf 53,5 œufs par fournée pour *Entomobrya multifasciata* à 17°C. Pour *Tomocerus minor*, Hale (1965) cité par Massoud (1971) donne le chiffre de 24,7 à 8°C. Le même auteur indique 29,1 pour la moyenne d'œufs par fournée pour *Dicyrtomina minuta* à 8°. Niiijima (1973) cité par Bacheleir (1978) a observé qu'une femelle de *Sinella curviseta* a pondu 580 œufs à 20-25°C, et seulement 370 œufs à 15-30°C.

D'après ces chiffres on voit que le nombre d'œufs pondus à chaque fournée dépend de l'espèce et pour la même espèce varie avec la température.

Tullbergia krausbaueri met 35 minutes pour pondre de 8 à 10 œufs, ce qui donne le temps de 3,9 minutes pour un œuf. Ce temps est de 55,4 minutes pour *Dicyrtoma minuta* et de 79,4 pour *Dicyrtoma fusca* (d'après Hale, 1965). Si le temps de la ponte unitaire est plus long

chez *Dicyrtoma* que chez *Tullbergia* c'est justement parce que l'enrobage de l'œuf par les excréments prend beaucoup plus de temps que le dépôt d'un œuf non enrobé.

4.2- L'œuf

Les œufs des Collemboles sont sphériques et apparemment lisses au moment de la ponte. Au très fort grossissement (5000 au microscope électronique à balayage), on a trouvé une ornementation sur des œufs nouvellement pondus de *Tomocerus minor* (Fig.8). Le diamètre des œufs varie selon les espèces entre 0,10 et 0,30 mm. Ils sont en général de couleur pâle, blancs ou jaunes ou ocre, parfois presque transparents. Dans tous les cas, les œufs deviennent plus foncés au cours de leur développement.

Après la ponte, la taille de l'œuf croît avec l'augmentation de l'humidité du milieu. La taille maximale est atteinte en quelques heures avec une humidité relative de 100%. Après, c'est la croissance de l'embryon qui contribue à l'augmentation de la taille de l'œuf (Hale, 1965) cité par Massoud (1971). Une fente apparaît rapidement sur la surface de l'œuf à la suite de la rupture du chorion ; l'œuf augmente de diamètre et prend un aspect sphéroïde. Le chorion reste attaché à l'œuf. Chez certaines espèces (*Onychiurus tricampatus*), les deux parties du chorion restent plaquées à la surface de la membrane vitelline (Denis, 1949) cité par Massoud (1971) ou cuticule séreuse. Chez d'autres espèces (*Hypogastrura*, *Isotoma*, *Tomocerus*), les deux moitiés du chorion restent attachées seulement aux deux pôles opposés à l'axe de la fente de rupture et forment deux calottes. Une ornementation bien visible, constituée d'excroissances pileuses, apparaît alors à la surface de la cuticule séreuse ainsi mise à nu. Chez *Tomocerus*, il apparaît à la limite des calottes de chorion et de la cuticule séreuse, mais sur celle-ci quatre « cornes ». On peut penser que ces cornes ainsi que l'ornementation pileuse de la cuticule séreuse peuvent avoir à jouer un rôle dans la fixation de l'œuf sur le substrat.

L'embryon se place dans le sens du plus grand diamètre du sphéroïde. L'éclosion se fait en général selon un axe situé au niveau de la cuticule séreuse ornementée, donc dans l'axe du plus petit diamètre du sphéroïde.

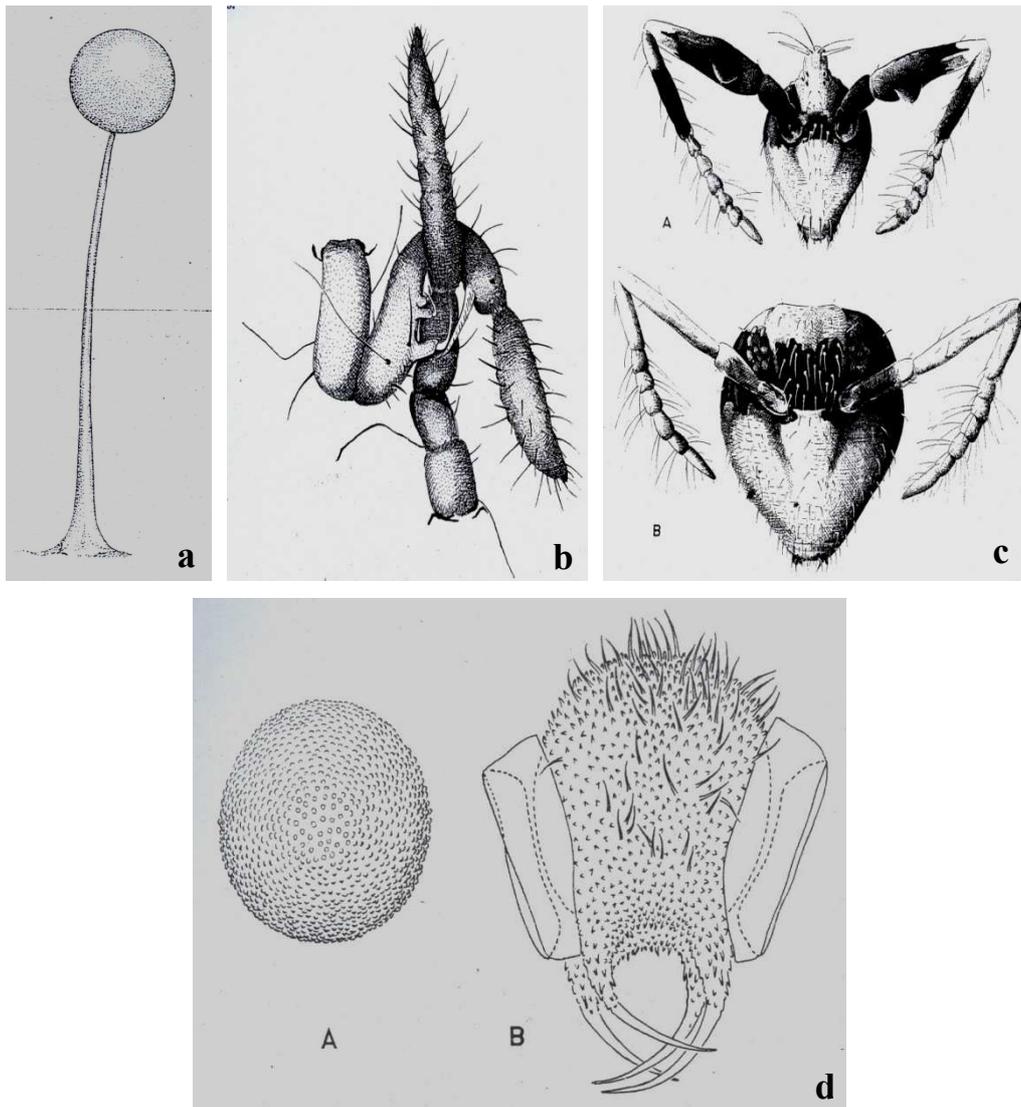


Figure 8 : Spermatozoon de *Tomocerus minor*, accrochage des antennes chez *Sminthurides aquaticus*, tête de *Bovicornia coronata* et œuf de *Tomocerus minor*, Massoud (1971).

a : Spermatozoon de *Tomocerus minor*,

b : Accrochage des antennes chez *Sminthurides aquaticus*,

c : Tête de *Bovicornia coronata* A : ♂ B : ♀,

d : Œuf de *Tomocerus minor* A : œuf sphérique peu de temps après la ponte
B : œuf ayant acquis ses ornements. (Massoud, 1971)

4.3- La fécondation

La fécondation est indirecte par l'intermédiaire d'un spermatozoon déposé par le mâle sur le substrat. À l'intérieur du spermatozoon, les spermatozoïdes baignent dans un liquide nourricier et protecteur, ce qui augmente leur probabilité de survie.

Le dépôt des spermatophores peut être au hasard ou stimulé, par conséquent deux types de parades peuvent être distingués :

* **Pariade primitive:** La présence de la femelle déclenche le dépôt d'un ou de plusieurs spermatophores par le mâle, si la femelle est réceptive, elle prend le spermatophore et s'y féconde.

* **Pariade spécialisée:** La présence des deux sexes est obligatoire, la femelle doit être réceptive car c'est elle qui stimule le dépôt du spermatophore et sa prise. Ce type de parade est lié à l'existence de caractères sexuels secondaires spectaculaires (*Sminthurididae*, *Bourletiellidae*) (Betsch, 1980).

Chez le genre *Sminthurus*, la parade sexuelle consiste en un accrochage par les antennes du mâle et de la femelle, (Massoud, 1971). Bertfeld, (1976) cité par Hamra-Kroua (2005), note que la parade sexuelle qui se manifeste chez *Sphaeridia pumilis* consiste en un transfert du spermatophore d'orifice à orifice génital. Betsch-Pinot, (1977) cité par Hamra-Kroua (2005), décrit les deux types de parades sexuelles (primitive et spécialisée) chez *Allacma gallica* et *Sminthurus viridis*.

5- Développement embryonnaire

Les œufs sont pondus soit isolément (*Entomobryomorpha*, *Symphyléones*), soit en groupes correspondant à une ponte dans de petites cavités du substrat, soit, chez les espèces à fort effectif, en pontes collectives pouvant rassembler plusieurs milliers d'œufs (*Isotomidae*, *Hypogastruridae*). Chez les Symphyléones, la tendance vers des modes de vie épigée entraîne l'enrobage des œufs par la femelle à l'aide d'excréments (Massoud et Pinot, 1973) cité par Hamra-Kroua (2005), ou de matériel du substrat ayant transité rapidement par le tube digestif (Cassagnau, 1990) cité par Hamra-Kroua (2005). Le développement embryonnaire de l'œuf est immédiat chez la plupart des formes édaphiques mais chez les épigés, les œufs d'hiver peuvent voir leur développement différé pendant plusieurs mois.

Ces arrêts correspondent à des diapauses embryonnaires. L'œuf est de type centrolécithe, ce qui détermine une segmentation totale dans les premiers stades, passant à partir du stade 8 blastomères à une segmentation superficielle isolant un blastoderme périphérique (Cassagnau, 1990) cité par Hamra-Kroua (2005).

6- Développement post-embryonnaire

Le développement post-embryonnaire des Collemboles est qualifié classiquement de protomorphe et amétabole, le premier stade sortant de l'œuf avec ses 9 segments post-céphaliques définitifs sans possibilités d'anamorphose ultérieure. Les stades successifs ne

présentent pas de transformations spectaculaires dans l'ontogenèse. Si beaucoup de Collemboles juvéniles ressemblent à ce point aux adultes qu'il est souvent possible de déterminer l'espèce dès la naissance. Un des caractères principaux de ce développement est la persistance de la mue tout au long de la vie de l'animal. Le nombre d'intermues juvénile varie de 3 à 5 chez les Symphypléones, de 4 à 6 chez les Poduromorphes, de 6 à 7 chez les *Isotomidae*.

La durée des inter mues, et donc de développement larvaire, est directement conditionnée par la température avec parfois introduction de phases de quiescence ou de diapause dans la nature en période hivernale chez les espèces à développement lent. Bien que le développement soit de type amétabole, des analyses plus approfondies montrent une morphogenèse progressive touchant des structures discrètes, de ce fait, on distingue deux catégories de transformations: des transformations progressives des caractères tégumentaires d'un stade à l'autre, subtilisées au cours de l'ontogenèse, et transformations réversibles, parfois spectaculaires, qui ne relèvent pas de processus ontogéniques, de déterminismes hormonaux passagers eux-mêmes tributaires des cycles biologiques ou des conditions mésologiques (Cassagnau, 1990) cité par Hamra-Kroua (2005).

II- Adaptations des Collemboles

1- Adaptations morphologiques

Les grands traits de la classification des Collemboles correspondaient aux tendances adaptatives nées de la divergence entre les peuplements interstitiels et le milieu épigé. Gisin, (1943), Dajoz, (1980) et Cassagnau, (1990) cité par Hamra-Kroua (2005), proposent une classification de type biologique associant morphologie et milieu, devenue classique, mais souvent appliquée sans discernement en particulier au niveau des caractères régressifs (yeux, pigments, furca) pour lesquels il est indispensable de bien distinguer des caractères anciens de lignée. La classification de Gisin peut se résumer ainsi :

- atmobios : espèce des macrophytes ; 8+8 yeux, antennes très longues,
- hémiedaphon : pigment bien développé, antennes moyennes,
- euédaphon : peuplement des couches profondes du sol, yeux réduits ou absents, pigment limité aux yeux.

1.1- Epitoquie

Bourgeois et Cassagnau (1973) cité par Hamra Kroua (2005), ont les premiers à avoir donné le nom d'épitoquie à l'ensemble des modifications morphologiques touchant certaines espèces lors de la reproduction, ces variations phénotypiques apparaissent brusquement au

cours d'une mue imaginaire et disparaissent à la suite d'une exuviation ultérieure. La forme épitoque n'apparaît que dans un sexe : mâle chez *Coloburella zangherii*, femelle chez *Hypogastrura schaefferi*, par contre chez les *Hypogastrura*, les deux sexes sont affectés mais plus intensément chez les femelles.

D'après Cassagnau (1985) cité par Hamra-Kroua (2005), le raccourcissement des soies périanales se produit lors de la mue M1, la forme épitoque est limitée à l'intermue M1–M2, après laquelle la forme épitoque disparaîtra. Selon le même auteur, l'épitoque femelle est synchrone de l'accroissement du vitellus. Le rétrécissement des soies et accroissement du vitellus sont tous deux le résultat de l'augmentation du taux d'hormone juvénile à partir de la mue M1. L'épitoque apparaît au cours de la vitellogénèse et de la formation des spermatophores, s'accompagne par un raccourcissement du mucron (furca), des épines anales, régression des soies dentales et la disparition du sac exsertile antennaire. Toutes les modifications résultants de l'épitoque peuvent toucher des caractères classiques utilisés dans la systématique ce qui implique une attention particulière afin d'éviter de possibles erreurs.

1.2- Ecomorphose

Lorsque les conditions écologiques deviennent défavorables, les conséquences directes sont de deux sortes : la migration vers un milieu plus clément, s'il existe, et l'anéantissement progressif des colonies, si l'écoclimat ne correspond plus aux limites vitales. Ce deuxième processus, souvent rapide et total, est accompagné dans certains cas par toute une série de phénomènes secondaires qui affectent les individus immatures des populations.

Cassagnau (1961) les décrit comme « un affolement du cycle évolutif lié à une perturbation des conditions ambiantes ; elles se traduisent, chez des espèces d'hiver ou de milieux froids soumises à une élévation sensible de la température, par l'apparition de caractères anatomiques et morphologiques aberrants dont les plus importants affectent le tube digestif, les appendices, les organes des sens, les téguments. Seuls les individus immatures sont touchés dans de fortes proportions. Le phénomène est réversible et non obligatoire ».

D'après Cassagnau (1961) en 1927, Denis décrivait d'Italie sous le nom de *Proxenyllodes folsomi* un Poduromorphe à grain tégumentaire très développé. Cassagnau en 1952, décrivait une deuxième forme du midi de la France *Proxenyllodes aberrans* qu'en posant de curieux problèmes systématiques (caractères aberrants des pièces buccales, de la furca, absence d'individus adultes...).

Poinsot (1966) cité par Bachelier (1978) a constaté sur *Subisotoma variabilis* et *Isotomurus sp* que le phénomène d'écomorphose se produit chez ces Collembolés après le

déclenchement du comportement constructeur qui représente une étape obligatoire avant le passage à la vie latente, déterminée par la diminution de la teneur en eau dans le milieu. D'après cet auteur, l'écomorphose affecterait chez certaines espèces tous les individus d'un même élevage, quel que soit leur stade de développement.

Cassagnau (1971) cité par Hamra-Kroua (2005), décrit différents types d'écomorphoses chez les Collemboles *Isotomidae*, mais les formes écomorphiques offrant les plus fortes modifications morphologiques ont été principalement observées chez les *Hypogastruridae*.

Pendant la crise écomorphique, on constate une inhibition des *corpora allata*, un blocage de la gonade, régression de la fonction digestive ; utilisation des réserves stockées au niveau du corps gras, transformation en rein d'accumulation de l'épithélium mésentérique et des cellules à urates, et modifications tégumentaires rendant l'animal plus apte à une vie hygrophile en milieu anoxique, d'après Cassagnau (1990) cité par Hamra-Kroua (2005).

1.3- Cyclomorphose

Fiellberg (1976) cité par Hamra-Kroua (2005), est le premier à avoir utilisé le terme de cyclomorphose pour décrire le polymorphisme saisonnier qu'il a découvert chez les espèces du genre *Isotoma*. Ce phénomène touche des espèces cryophiles qui présentent une forme d'été et une forme d'hiver qui se distinguent par la forme du mucron: *Isotoma hiemalis hiemalis* et *Isotoma hiemalis mucronata*. Chez *Isotoma nivea*, la forme d'été présente une régression des ergots capités qui sont présents chez la forme d'hiver.

2- Adaptations physiologiques aux milieux extrêmes

2.1- Adaptation au froid

Les Collemboles sont connus depuis longtemps comme susceptibles de peupler des régions et des biotopes particulièrement froids. Dans les Pyrénées on a trouvé des populations actives de *Tetracanthella* sur les rochers glacés (-15°C en hiver), à 2000m d'altitude. *Cryptopygus antarcticus* supporte des températures de -27°C. De telles performances ne sont possibles que grâce aux propriétés « antigel » du milieu intérieur à base de cryoprotecteurs comme le glycérol, manitol, tréhalose, fructose. La résistance semble être accrue par la vacuité du tube digestif et la possibilité de l'instauration d'un métabolisme anaérobie (Cassagnau, 1990) cité par Hamra-Kroua (2005).

2.2- Adaptation à la dessiccation ou anhydrobiose

D'après Hamra-Kroua (2005), à la suite de la dessiccation totale des biotopes terrestres en saison sèche, les Collemboles font face au déficit hydrique du milieu, soit par la résistance

des œufs que les femelles déposent dans les interstices, soit par le phénomène d'anhydrobiose. Les jeunes et les adultes de *Folsomides variabilis* et *Brachystomella parvula* montrent un comportement constructeur et se fabriquent des logettes d'argile ou de calcaire ayant transité par leur tube digestif. Plus la dessiccation s'accroît les individus se contractent, se creusent en gouttière sur la face ventrale, les antennes repliées vers l'arrière et y restent ainsi desséchés plusieurs mois et reprennent leur forme initiale et leurs activités une fois le milieu réimbibé.

2.3- Adaptation à l'inondation

La saturation du milieu édaphique par une nappe liquide refoule la plupart des espèces vers la surface du fait de peu de mouillabilité de leur cuticule. Toutefois les individus prisonniers en profondeur peuvent subir pendant un laps de temps plus au moins long des conditions de vie sub-aquatiques qui ne semblent pas déboucher sur des conséquences létales. Les chances de survie de ces organismes sont liées à la teneur en oxygène dont ils disposent suivant les micros conditions qui leur sont offertes en profondeur. Les individus enfermés dans des bulles d'air au sein des vacuoles conservent une respiration de type terrestre adaptée aux basses tensions en oxygène (Zinkler et Rüsbeck, 1986) cité par Hamra-Kroua (2005).

2.4- Adaptation aux milieux halophiles

Les espèces des milieux halophiles aussi bien de type interstitiel qu'atmosphérique semblent capables de réguler la concentration de leur milieu intérieur par rapports aux fluctuations des concentrations de l'eau de mer et même de supporter quelques temps le contact de l'eau douce, lors de pluies par exemple. Chez *Anurida maritima*, l'accroissement de l'énergie nécessaire à l'osmorégulation pourrait tirer son origine de l'élévation de la température du corps favorisée par l'activité diurne et la couleur bleue sombre des animaux (Cassagnau, 1990) cité par Hamra-Kroua (2005).

2.5- Adaptation à la vie cavernicole

Les espèces troglobiomorphes sont dépigmentées, aveugles, des pattes allongées, des griffes plus fines et plus longues, les sensilles particulièrement développées, Thibaud et Deharveng (1989) cité par Hamra-Kroua (2005). Les auteurs précisent que les caractères précédents ne suffisent pas à qualifier une espèce de troglobie; puisqu'ils caractérisent aussi les espèces euédaphiques. Selon Thibaud (1986) cité par Hamra-Kroua (2005) les espèces troglobies se caractérisent par:

- Une productivité potentielle plus faible que les formes de surface.
- Ralentissement des processus biologiques: la durée du développement embryonnaire et post-embryonnaire, celle du cycle d'intermue des adultes sont plus longues.

- Augmentation de la teneur des tissus en graisse et diminution de celle de l'eau.
- Diminution du pouvoir de régulation et de rétention hydrique.
- Diminution du métabolisme respiratoire.
- Résistance au jeûne à cause de la rareté de la nourriture impose aux espèces

troglobies d'adapter leur physiologie pour faire face à d'éventuelles périodes de diète par le recours à l'utilisation des réserves lipidiques.

Thibaud et Vannier (1987) considèrent les Collemboles troglobies présentent une évolution régressive comportant une réduction, puis une perte presque totale des facultés d'autorégulation, avec un métabolisme ralenti par rapport à celui des formes édaphiques ou épigées.

Toutes les modifications morphologiques, les adaptations ainsi que les performances physiologiques observées chez les Collemboles sont contrôlées par un système nerveux rétro-cérébral complexe de type "insecte". C'est Cassagnau (1971) qui a découvert ce système ; qui en plus de son importance dans la régulation de la morphogénèse, tient un rôle fondamental dans la phylogénèse des Collemboles. C'est l'activité des *corpora allata* qui a fait l'objet d'études approfondies dans le domaine de l'ovogénèse (Palévody, 1976) cité par Hamra-Kroua (2005) et de l'Ecomorphose (Lauga-Reyrel, 1984) cité par Hamra-Kroua (2005). Selon Cassagnau (1990) cité par Hamra-Kroua (2005), c'est l'abaissement du taux de l'hormone juvénile qui provoque l'hyperactivité des cellules trichogènes spécifiques ou de plages cellulaires impliquées dans l'élaboration des téguments et de ses annexes (épines anales). Au contraire, tout accroissement de l'activité des *corpora allata* à comme effet l'amincissement des soies et la réduction des productions cuticulaires (tendance à une juvénilisation des structures).

III- Ecologie des Collemboles

Selon Dajoz (2003), les Collemboles présentent trois types biologiques différents correspondant à des possibilités différentes de contrôle de la perte d'eau par transpiration à travers le tégument.

- Le type hygrophile est représenté par des espèces endogées et par des espèces de forêt humide comme *Tetrodontophora bielanensis*. Ce Collembole ne peut pas s'affranchir des milieux humides car il perd des quantités d'eau importantes par transpiration.
- Le type mésophile concerne des espèces comme *Tomocerus minor* qui vivent au contact de la surface du sol et qui peuvent s'aventurer dans la litière des forêts

tempérées. Cette espèce fait preuve d'une régulation active des pertes d'eau par transpiration.

- Le type xérophile est représenté par des espèces qui fréquentent des milieux secs comme *Seira domestica* qui se rencontre dans la poussière des maisons ou comme *Allacma fusca* qui effectue de longs séjours dans la végétation hors de la litière. Chez *Allacma fusca* il existe des structures (couche de cire de l'épicuticule) qui assurent une régulation des pertes en eau durant plusieurs heures (Betsch & Vannier, 1977).

Contrairement à la plupart des arthropodes, les collemboles auraient évolué dans des climats frais. Plusieurs espèces résistent bien au froid et sont capables de vivre à des températures très basses. Leur contribution à la biodiversité globale des communautés augmente ainsi avec la latitude et avec l'altitude. La plupart des Collemboles vivent dans des milieux humides. Les espèces adaptées aux milieux secs ont souvent le corps couvert d'écailles ou de soies qui sont supposées réduire les pertes d'humidité.

Les Collemboles sont les hexapodes les plus communs et les plus nombreux dans le sol où leur densité peut atteindre 100 000 individus par mètre carré. Ils jouent des rôles cruciaux dans cet écosystème en participant à la décomposition de la matière organique, tant animale que végétale, par fragmentation et par régulation des populations de champignons.

L'importance écologique du point d'hygroscopie maximale d'un sol, est cependant capitale puisqu'elle traduit un changement d'état de l'eau dans le sol. Deux méthodes sont proposées pour la mesure de ce point remarquable. Sa valeur en unité pF est constante, quelle que soit la nature du substrat qui abrite les Collemboles (Vannier, 1971).

Ulrich et Fiera (2008) ont utilisé les dernières compilations de la richesse des espèces de 35 pays européens et les grandes îles et le modèle d'auto corrélation de la ligne spatiale pour en déduire l'influence de la région et des variables environnementales sur le nombre d'espèces des Collemboles en Europe. Ils ont montré que la région, la longueur d'hiver et la différence des températures annuelles sont les principaux facteurs prédictifs de la richesse des espèces. Ils ont également détecté une signification négative du gradient longitudinal dans le nombre d'espèces des Collemboles vers l'Europe de l'Est que peut être causée par la colonisation postglaciaire. À son tour, l'hétérogénéité environnementale et la richesse des espèces des plantes vasculaires n'ont pas contribué de manière significative à la performance du modèle. Pour le climat et la longitude, la relation entre espèce-région des Collemboles ne diffère pas significativement entre les îles et les milieux secs.

Selon Bellinger, Christiansen & Janssens (1996-2009), les Collemboles vivent dans le sol et la litière, préférant les endroits humides. Certaines espèces se déplacent activement sur la surface de l'écorce et les fleurs à la lumière du jour. Ils ont été trouvés dans les mousses, sous les pierres, dans des grottes, dans les fourmilières et les termitières mais aussi dans la zone intertidale de la côte, sur les surfaces des lacs et des étangs et sur la neige. Les Collemboles sont des composantes majeures des écosystèmes terrestres (particulièrement des membres significatifs de la communauté du sol), constituent une proportion importante de la biomasse animale et sont donc faciles à trouver. Dans les sols forestiers, ils peuvent atteindre des densités de 200 à 1800 espèces par dm³ (Handschin, 1955).

1- Habitat

Les Collemboles constituent un groupe très diversifié qui a pu conquérir tous les milieux continentaux. On les trouve de la zone des laminaires jusqu'à plusieurs milliers de mètres d'altitude. Si la grande majorité est inféodée au sol, il n'en reste pas moins qu'on trouve les Collemboles dans plusieurs autres milieux tels que les plages, la surface de l'eau, les grottes, etc. En général, à chacun de ces milieux correspond un type de morphologie spécialisé (Massoud, 1971).

a- Les Collemboles hémiedaphiques, épiédaphiques et atmobios

Les Collemboles peuplant la surface du sol, la litière, les herbes et les arbustes sont, selon Massoud (1971), les espèces de référence qui n'ont pratiquement pas subi les transformations adaptatives dues à un milieu spécial. Ce sont en général des espèces de grande taille (de 2 à 10 mm), pigmentées. Le nombre de cornéules est généralement de 8+8, nombre maximal chez les Collemboles.

Cassagnau, en 1964, divise ces espèces en quatre catégories :

- Les espèces accidentellement en milieu épigé comme *Brachystomella parvula* ;
- Les hémiedaphiques à tendance épigée comme *Entomobrya nivalis* (Linné, 1758), *E.lanuginosa* (Nicolet, 1841), des *Lepidocyrtus* et certains Symphypléones ;
- Les espèces vagabondes de la surface qui ne pénètrent dans les milieux euédaphiques profonds qu'exceptionnellement à l'état adulte : certains *Orchesella* ou *Tomocerus* par exemple ;
- Les espèces épigées strictes comme la majorité des Symphypléones.

b- Les Collemboles euédaphiques

Les Collemboles inféodés au sol sont en général de très petite taille (inférieure à 2mm), totalement ou partiellement dépigmentés (*Onychiurus*, *Isotomiella*, *Megalothorax*). Le

corps est allongé, presque filiforme, permettant le faufilement à travers les interstices du sol. Le nombre de cornéules chez les euédaphiques est réduit. La plupart sont même aveugles. En général, la chaetotaxie est courte et simplifiée. Les pattes et les antennes sont courtes. La furca est souvent régressée ou absente. On trouve fréquemment des espèces appartenant aux familles suivantes : *Onychiuridae*, *Hypogastruridae*, *Isotomidae*, *Oncopoduridae*, *Lepidocurtidae* et quelques rares Symphypléones comme les espèces des genres *Sphaeridia* et *Megalothorax*.

c- Les Collemboles cavernicoles

Probablement de souche euédaphique, les cavernicoles ont poussé leur spécialisation encore plus loin que les Collemboles inféodés au sol. Les cavernicoles se caractérisent par l'absence de pigments, la réduction ou souvent l'absence d'yeux et par une organisation sensorielle plus développée. Les groupes typiquement cavernicoles sont : *Typhlogastrura* et *Mesachorutes* appartenant à la famille des *Hypogastruridae*, des *Onychiuridae*, des *Neanuridae* avec les genres *Cæcoloba* et *Gisinea*, les *Tomoceridae* avec les genres *Tomocerus* et *Tritomurus*, les *Entomobryidae* avec les genres *Sinella*, *Pseudosinella*, *Metasinella*, *Verhoeffiella*, *Troglopedetes* et *Oncopodura* et enfin certaines espèces du genre *Arrhopalites* (Symphypléones).

d- Les Collemboles des milieux littoraux

Fréquemment on trouve sur le littoral maritime des Collemboles. Delamare (1954) cité par Massoud (1971), divise ces espèces en deux contingents :

- Les espèces propres à ce milieu ne s'éloignant jamais de « l'ambiance maritime » et du voisinage de l'eau ;
- Le deuxième contingent constitué par les espèces qui ne sont pas indisposées par le voisinage du sel. « Ce sont en général des espèces très largement eurytopes, se nourrissent de débris végétaux ».

Parmi les espèces du premier contingent, on peut citer : *Anurida maritima* (Guérin, 1836), *Friesea acuminata* (Denis, 1925), les espèces du genre *Anuridella* et du genre *Archisotoma*, ect. Dans le second contingent rentrent de très nombreuses espèces appartenant à plusieurs familles dont *Hypogastrura armata* (Nicolet, 1841), *Xenylla humicola* (Fabricious, 1780), des *Isotoma* et des *Brachystomella*.

Les espèces du genre *Oudemansia* et du genre *Pseudanurida* vivent également sur les plages et dans les récifs coralliens. Une morphologie particulière des antennes et de la furca

caractérise ces espèces. En général, le mucron présente des lamelles larges permettant le saut sur l'eau.

e- Les Collemboles hydrophiles

Podura aquatica (Lubb, 1758), *Hydroisotoma schaefferi* (Krausbauer, 1898), certaines espèces du genre *Sminthurides* vivent à la surface des mares et au bord des ruisseaux. Dans la majorité des cas, ici également nous assistons à l'élargissement des lamelles du mucron permettant aux animaux de sauter sur l'eau.

A coté de ces milieux, on en connait d'autres, peuplés de Collemboles très proche des hémiedaphiques et même des euédaphiques. C'est le cas :

- des sols suspendus et des sols d'épiphytes où l'on trouve en plus des mêmes espèces que celles de l'hémiedaphon et de l'euédaphon, des formes supracorticales et infracorticales ;
- des faunes des cadavres et des tombes constituées des espèces lucicoles hydrophyles comme *Hypogastrura armata* (Nicolet, 1841) ou lucifuges strictes comme *Sinella caeca* (Schött, 1896) ou *Onychiurus cadaverinus* (Handschin, 1920). La faune nécrophyle peut avoir une origine humicole ;
- des terriers peuplés par des espèces comme *Drepanura eburnea* (Denis, 1924) ou les *Arrhopalites* dans les terriers de *Crocidura russula* en Bretagne ou les *Troglopedetina* d'Afrique trouvés dans les terriers de rat-taupe, *Tachyoryctes splendens* (Delamare, 1951) en Afrique orientale ;
- du milieu nidicole avec un peuplement constitué par des mycétophales et supracorticales comme *Drepanura* ;
- du guano dont les principales espèces holarctiques appartiennent aux genres *Mesachorutes*, *Acherontiella*, *Speleogastrura*, ;
- des termitophiles et myrmécophiles constitués des espèces de la sous-famille des *Cyphoderinae* et du genre *Oncopodura*, etc. ;
- enfin des espèces vivant sur la neige. C'est le cas par exemple *d'Isotoma saltans* (Nicolet, 1841).

D'autres auteurs ont montrés que d'autres facteurs permettaient de définir les groupes écologiques chez les Collemboles ; Hagvar (1983) cité par Pichard et al (1989), utilise le facteur « profondeur » tout en admettant que certaines espèces, par exemple *Friesea mirabilis* et *Isotomiella minor*, présentent une grande plasticité. Ponge (1980, 1983) cité par Pichard et al (1989), tient compte des facteurs pH, luminosité, humidité.

2- Relations avec les facteurs abiotiques du milieu

2.1- Les Collemboles et l'humidité

Les Collemboles sont généralement très hygrophiles, surtout ceux qui vivent dans le sol, mais il en est qui grimpent aux plantes, qui vivent dans les habitations (*Lepidocyrtinus domesticus*), ou même que l'on rencontre sur des rochers très secs (*Entomobrya pulchella*). Chaque espèce de Collemboles a son humidité préférentielle (Kuhnelt, 1961) cité par Bachelier (1978).

Les Collemboles se déplacent en marchant sur la pointe des griffes. Ils sont difficilement mouillables et la plupart des espèces ne craignent pas les phénomènes de tension superficielle. On peut facilement observer à la loupe binoculaire des *Sminthuridae* se déplaçant sur l'eau sans en crever la surface et, autre exemple, les Actaletes du littoral marin vivent couramment au contact de l'eau de mer. Il est vraisemblable que le soin que les Collemboles mettent à faire leur toilette est en rapport avec cette non-mouillabilité. Les *Sminthuridae*, trop globuleux pour se lécher, se frottent avec une goutte de salive tenue entre la griffe et l'appendice empodial des pattes.

Le tube ventral des Collemboles serait pour certains en relation avec le sens de la tension superficielle ou la connaissance de l'état hygrométrique du milieu, mais, pour d'autres, il serait au contraire un organe adhésif ou un organe d'absorption d'eau, voire un organe servant à la transmission du sperme (Hale, 1965a, 1965b) cité par Bachelier (1978).

La non-mouillabilité de la plupart des Collemboles hémiedaphiques et euédaphiques contribue à en favoriser la dispersion par les eaux de ruissellement et leur permet, quand le sol vient à être inondé, de s'entourer d'un manchon d'air maintenu en place par leur pilosité. Cet air ainsi retenu leur permet de respirer en attendant le drainage naturel du sol. Tous les Collemboles n'offrent d'ailleurs pas la même résistance à la submersion, et nombreux sont ceux qui, en cas de fortes pluies, grimpent sur les troncs des arbres, parfois même jusqu'à 5 mètres de hauteur (Bowden, Haines et Mercer, 1976) cité par Bachelier (1978).

La réponse des Collemboles à la dessiccation semble se situer entre pF 4,2 (point de flétrissement permanent) et pF 5 (eau d'hygroscopicité), même chez des Collemboles cavernicoles *Hypogastruridae* qui ne rencontrent jamais un tel degré de siccité (Vannier et Thibaud, 1968) cité par Bachelier (1978).

Des cas d'anhydrobiose suivie de réhumidification et « regonflement » ont été observés chez *Folsomides variabilis* Gisin (*Isotomidae*) (Poinsot, 1968) et *Brachystomella*

parvula (Schaeffer) (*Poduridae*) (Poinsot, 1974). Ce mode de résistance permettrait à ce dernier Collembole de supporter la sécheresse de l'été en Provence.

Vannier (1974) cité par Bachelier (1978) a aussi montré que la résistance cuticulaire de *Tetrodontophora bielanensis* (Waga) augmentait avec le déficit de saturation de l'air ambiant, mais lorsque ces animaux se roulent en boule, leur vitesse d'évaporation augmente dans le rapport de 1 à 3, et même 5 (Vannier, 1975) cité par Bachelier (1978).

Dans son étude sur la dynamique saisonnière dans un sol agricole non cultivé, Hamra-Kroua (2005), note que la faible teneur en eau observée en saison sèche, de juin à octobre, n'entraîne pas la disparition totale de toutes les espèces du sol, on en rencontre quelques unes: *Cryptopygus thermophilus*, *Heteromurus major*, *Isotomiella minor*, *Acherontiella bouguisi*, *Protaphorura armata*, *Isotomiella sp.* Ces espèces sont récoltées à cette période à une profondeur qui oscille entre 20cm et plus. Le renouvellement du peuplement reprend à partir du mois de novembre, où l'on observe la présence des 17 espèces. Ce repeuplement est dû aux déplacements verticaux et horizontaux sous l'effet de la sécheresse estivale.

De l'étude écologique initiée par Hamra-Kroua (2005), l'auteur conclut que l'impact saisonnier, évident en surface, se ressent même dans le sol en profondeur où persistent une teneur en eau suffisante et une température favorable.

2.2- Les Collemboles et la température

Les Collemboles supportent d'autant plus mal les fortes températures qu'ils sont soumis à un climat sec qui les déshydrate, encore qu'il existe des formes supportant 40° ou même 50°C (Massoud, 1971) cité par Bachelier (1978).

Pour les basses températures, la limite de résistance des Collemboles varie beaucoup avec les espèces. La plupart ne bougent plus ou meurent en dessous de zéro degré, ne survivant que sous forme d'œufs, d'autres s'enfoncent dans la profondeur du sol. La résistance des Collemboles au froid paraît en général inférieure à celle des Acariens, et notamment à celle des formes juvéniles des Acariens fortement sclérifiés. Il est toutefois des espèces de Collemboles adaptées au froid, tel *Isotoma saltans*, la puce des glaciers, tel aussi *Anurophorus subpolaris* trouvé par - 50°C au pôle sud (Wise, 1965) cité par Bachelier (1978). En ce qui concerne les effets du déficit thermique qui marque le sol des régions semi arides en période estivale, Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009) notent une diminution sensible de la richesse spécifique couplée à une nette diminution des effectifs. Bachelier (1978) souligne que les fortes températures, liées à une faible humidité de l'atmosphère constitue un handicap pour la respiration cutanée de la plupart des Microarthropodes, pour

éviter une telle situation les Collemboles entament la fuite vers des horizons encore humides ou bien réduisent leur activité.

2.3- Les Collemboles et la lumière

Les Collemboles du sol manifestent généralement un phototropisme négatif léger qui gêne parfois l'étude de leur comportement, mais il est des Collemboles indifférents à la lumière et d'autres, parmi ceux de surface, qui semblent au contraire la rechercher (Denis, 1949) cité par Bachelier (1978).

Aucune réaction à la lumière, à la température et aux gradients d'humidité n'ont pu être observées chez *Onychiurus cavernicolus* et *Onychiurus vornatscheri*, espèces vivant dans les horizons profonds des sols ou les caves (Mais, 1969) cité par Bachelier (1978).

3- Nutrition

Les Collemboles, en se diversifiant au cours des temps, se sont adaptés à des milieux très variés et possèdent maintenant quantité de régimes alimentaires souvent éclectiques mais parfois aussi étroitement spécifiques.

D'après Christiansen (1964) cité par Massoud (1971), les Collemboles se nourrissent par ordre de fréquence décroissante :

- d'hyphes de champignons, de bactéries, et de matières végétales décomposées ou fraîches (*Folsomia*, *Isotoma*, *Onychiurus* et *Hypogastrura*),
- de grains de pollen, d'algues unicellulaires et de spores (*Entomobryidae* pigmentés),
- de grains de pollen, de spores et de matériel végétal vivant (*Sminthuridae*),
- de plantes vivantes ou décomposées (nombreuses formes dont les *Tomoceridae*),
- de bactéries et de plantes décomposées (nombreux *Hypogastruridae*),
- de bactéries (classe théorique ; peut être *Neelidae* et *Oncopodura*),
- d'hyphes de champignons et de bactéries,
- d'animaux vivants (*Friesa*),
- d'animaux morts,
- de jus de champignons (*Neanuridae*).

Les Collemboles qui se nourrissent des feuilles de la litière le font préférentiellement d'après les qualités physico-chimiques de celles-ci. *Sminthurus viridis* L. s'attaque ainsi aux variétés glabres de Trèfle ou de Luzerne et délaisse les variétés à feuilles poilues.

Une action bactérienne préalable favorise souvent l'attaque directe des feuilles, mais elle n'est pas toujours indispensable (Dunger, 1956) cité par Bachelier (1978). Von Torne (1967) cité par Bachelier a cependant montré que la dynamique des populations de plusieurs

espèces de Collemboles était liée à la colonisation microbienne plus ou moins importante de leur matériel alimentaire. Des cultures pures d'Actinomycètes sur agar ont ainsi eu une influence spécifique sur la dynamique des populations de plusieurs espèces.

Les Collemboles ne digèrent pas les cellules, les hémicellulose et surtout la lignine, comme le montre l'examen de leurs contenus digestifs. Par contre, les mycéliums de champignons fréquemment ingérés forment une transition entre les tissus végétaux et les tissus animaux (Bodvarsson, 1970) cité par Bachelier (1978). Une relation existe souvent dans les sols entre l'importance des champignons et l'abondance des Collemboles (Naglitsh et Grabert, 1968) cité par Bachelier (1978).

Il est à rappeler que de très nombreux Collemboles trouvent les débris végétaux dont ils se nourrissent, broyés et plus ou moins décomposés, dans les excréments des herbivores de la méso et de la macrofaune.

Nombreux sont les Collemboles à régime éclectique et Gilmore et Raffensperger (1970) cité par Bachelier (1978) ont montré que les différences alimentaires sont parfois dues, plus à la diversité des habitats qu'aux espèces. Mais, inversement, il est des Collemboles à régime alimentaire très spécifique. Cassagnau (1952) cité par Bachelier (1978) a ainsi trouvé dans une même touffe de mousse à côté de *Friesea (Brachystomelliae)* renferment des mastax de rotifères, des *Coloburella vandeli* Cass. Del. (*Isotomidae*) bourrés de Diatomées, absentes chez les *Friesea*, ce qui implique ici un choix très net de la nourriture.

Il y a aussi des Collemboles du sol connus comme exclusivement carnivores. *Isotoma macnamarai* chasserait d'autres Collemboles et *Friesea claviseta* est même accusé de cannibalisme (Denis, 1949) cité par Bachelier (1978). On a signalé des Collemboles mangent des œufs de tiques. D'autres Collemboles pourraient, conjointement à de nombreux Acariens, aider à la destruction des œufs d'*Ascaris* dans les sols contaminés (Lysek, 1949) cité par Bachelier (1978). Gilmore (1970) cité par Bachelier (1978) a aussi montré que de très nombreux Collemboles se nourrissent de Nématodes et sont en fait omnivores, ce qui rappelle une fois de plus le danger que présentent les pesticides de détruire les animaux prédateurs des parasites de culture.

Enfin, chez les *Cyphoderidae termitophiles*, plusieurs Collemboles se nourrissent sur les meules à champignons des Termites champignonnistes. *Calobatinus Grassei* et *Calobatinus occidentalis*, situés à cheval sur la tête des soldats de *Bellicositermes*, attraperaient quelques gorgées de nourriture au moment où les ouvriers donnent la becquée aux soldats (Delamare, 1948) cité par Bachelier (1978).

On peut considérer que les Collemboles sont en majorité phyto-saprophages, la plupart étant polyphages et s'attaquant de préférence aux litières végétales en voie de décomposition, et donc déjà colonisées par les champignons et les bactéries.

4- Variations saisonnières

Les Collemboles offrent d'importantes variations saisonnières. Dans les régions tempérées, ils sont surtout actifs au printemps et en automne. En été, de très nombreuses formes fuient la sécheresse en cherchant à s'enfoncer. En hiver, les formes jeunes sont souvent nombreuses, surtout en profondeur.

Nijima (1971) cité par Bachelier (1978), a observé dans des sols japonais et sous forêt, un pic des Collemboles en été, conjointement à une diminution importante des Acariens, l'humidité des sols étant restée satisfaisante.

Dans leur étude sur l'influence de facteurs édaphiques, Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009) trouvent une forte corrélation entre l'abondance et les trois facteurs : la teneur en eau ($r = 0,782$), la température ($r = -0,769$) et la porosité ($r = 0,565$). Les mêmes auteurs notent que les facteurs édaphiques et le climat local semblent avoir une incidence directe et favorable sur l'abondance des Collemboles en période humide, tandis qu'en période sèche, ces facteurs semblent exercer une influence défavorable en réduisant les effectifs et en provoquant la disparition de certaines espèces.

Usher (1970) cité par Bachelier (1978), étudiant en Ecosse les Arthropodes des sols d'une forêt de pins a noté que : *Folsomia quadrioculata* et *Isotoma sensibilis* y étaient plus fréquents au printemps, époque à laquelle ces Collemboles offrent un maximum de formes juvéniles ; *Isotomiella minor* et *Lepidocyrtus curvicollis* y étaient des espèces d'été ; *Friesea mirabilis*, *Onychiurus absoloni* et *Tullbergia callipygos* y atteignaient un maximum de population en automne.

Les espèces habituellement abondantes en hiver, comme *Sminthurides pumilis*, *Neanura muscorum*, *Dicyrtoma ornata* ou *Tomocerus minor* étaient peu abondantes dans les sols étudiés. *Onychiurus latus*, *Anurophorus binoculatus* et *Isotomurus palustris* offraient à la fois un maximum d'automne et un maximum d'hiver.

Lek-Ang et Deharveng (2002) ont montré que les espèces hydrophiles sont plus abondantes et présentent une faible richesse. Les espèces non-hydrophiles (espèces de forêts, prairies et de litière) sont beaucoup plus riches et moins abondantes.

5- Population et distribution

5.1- Densité de population

Les chiffres donnés, très variables selon les auteurs, sont de 10 à 10 000 000 par mètre cube (Massoud, 1971). Il est très difficile de se faire une idée précise du nombre de Collemboles dans 1 ha de sol. Trop de facteurs interviennent et souvent faussent les mesures et rendent difficiles toutes interprétations : techniques différentes pour l'extraction et pour l'échantillonnage, unités différentes, sols et végétations différents..

Les estimations récentes donnent les chiffres de 1000 à 1000000 par mètre cube, avec une moyenne de 100000 par mètre cube.

D'après Nef (1957) cité par Massoud (1971), cela représente une biomasse de 1g et, d'après Englemann (1961), 1/8 de gramme.

Selon les estimation de Christiansen (1964) cité par Massoud (1971), la valeur typique probable de biomasse est de 1g pour 1500 individus, ce qui donne une biomasse probable de 6 g/m³.

L'abondance des Collemboles signalée par Kevan (1962) cité par Hamra-Kroua (2005), dans un sol de prairie en Angleterre est de l'ordre de 43.100 ind./m² à une profondeur de 0,6 à 15 cm et 18.200 ind./m² entre 15 et 30 cm de profondeur. De leur côté Jagers et al (1988) cité par Hamra-Kroua (2005) trouvent dans un sol agricole argileux lourd d'origine marine, une abondance de 1974 ind./m² à une profondeur de 0-2,5 cm, 2403 ind./m² entre 2,5 et 5 cm, 9882 ind./m² entre 7,5 et 10cm, 2451 ind./m² entre 15 et 17cm et 1641 ind./m² entre 25 et 27,5cm de profondeur.

D'après Dajoz (1998), les Collemboles sont les plus nombreux des insectes aptérygotes. Ils dominent largement, en nombre, les insectes ptérygotes. Dans une plantations d'épicéas, leur nombre varie de 13600 à 100000 par m², dans une hêtraie on a compté 58000 Collemboles au m².

Rusek (1998) indique que la densité des Collemboles peut atteindre plusieurs millions d'individus par m² et la richesse des espèces de 1-3 à 50-60 espèces dans un écosystème.

Dans un sol agricole non cultivé, Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009) dénombrent une abondance moyenne de 8025 ind./m² entre 0 et 15 cm de profondeur.

5.2- Distribution horizontale

D'après Massoud (1971), de nombreux auteurs dont Glasgow (1939), Mac Fadyen (1952, 1957), Raw (1956), Haarlov (1960), Kacsmarek (1960), Poole (1961), Milne (1962), Hale (1960), ont travaillé sur la distribution horizontale des Collemboles dans le sol. Le

résultat auquel aboutissent ces auteurs et de nombreux autres, est que les Collemboles ne sont pas distribués au hasard, ils forment des agrégats.

Negri (2004) montre que la plupart des Collemboles caractérisés par un comportement agrégatif, de près apparenté à communiquer et coordonner entre individus.

La distribution par agrégats peut découler de l'hétérogénéité du sol. La biologie des espèces, et cela peut être dans une large mesure, peut également expliquer cette distribution. Avec Hale (1966) cité par Massoud (1971) nous pouvons émettre l'hypothèse que la distribution en agrégats peut résulter du fait que la ponte est groupée chez de nombreuses espèces de Collemboles. Nous pouvons également penser que la distribution de nourriture crée un rassemblement autour même d'un centre riche en nourriture, d'où formation d'agrégats.

Les méthodes d'échantillonnages déterminent souvent l'interprétation qu'on peut donner de la distribution en agrégats.

Des travaux considérables ont été faits sur la synécologie des Collemboles et leur relation avec les plantes (Cassagnau, 1961 ; Nosek, 1967 ; Szeptycki, 1967 ; Hågvar, 1982, Ponge, 1993 ; Kuznetsova, 2002). Ces auteurs concluraient qu'il n'y a pas de relation directe entre la population des Collemboles et leur habitat de plantes associées. Plutôt, ils donnent l'importance de l'humidité comme un facteur décisif affectant la distribution horizontale. La température, l'humus (Nosek, 1967 ; Kubikova and Rusek, 1976 ; Ponge, 1993), la fertilité du sol (Hågvar, 1982). Les relations historiques et biogéographiques sont autres facteurs déterminants. Hågvar (1982) conclut que la végétation a un certain effet mais non déterminant sur la distribution horizontale des Collemboles. De cette perspective, la végétation peut être utilisée seulement comme un indicateur approximatif des facteurs environnementaux, qui prédit les paramètres basiques de la communauté des Collemboles, Materna (2004).

5.3- Distribution verticale

Massoud (1971) indique que la majorité des Collemboles du sol se situe dans la litière ou dans les couches superficielles du sol. Certains auteurs ont essayé d'expliquer cette distribution. Pour Mac Fadyen (1957) cité par Massoud (1971), cette zone correspond grâce à l'activité photosynthétique des plantes, à une zone riche en nourriture. Pour d'autres, Elton et Miller (1954), Haarlov (1955 et 1960), Kuhnelt (1950), Murphy (1955), cité par Massoud (1971), les microarthropodes se localisent dans les pores du sol. On peut penser avec Haarlov (1955) cité par Massoud (1971) que plus on descend en profondeur, plus la taille des pores du sol diminue et par conséquent plus le nombre de Collemboles diminue. D'autres facteurs, en

particulier la perméabilité du sol, son engorgement en eau, la nature des cultures jouent un grand rôle. En général, les individus ou les espèces de grosses tailles peuplent la litière et que les individus de petites tailles (jeunes) et les espèces de tailles réduites peuplent les couches profondes. D'autre part, on pense que la culture peut aboutir à une distribution plus uniforme en profondeur.

D'après Ponge (2000), plusieurs relations ont été démontré entre la distribution verticale des Collemboles et les stades de la décomposition de la litière (Takeda, 1995), le système racinaire des plantes (Faber et Joosse, 1993) et la distribution des microbes (Hassall et al, 1986).

IV- Phylogénie et position systématique des Collemboles

1- La phylogénie des Collemboles

Handlirsch (1908) cité par Handschin (1955) considère les Collemboles comme un groupe d'insectes plus ou moins récent avec une extrême spécialisation. Il les considère comme des formes avec un recul de développement tout en arrivant à maturité dans un état larvaire.

Sur la base de la découverte il y a environ 400 millions d'années le fossile du Dévonien : *Rhyniella praecursor*, et la ressemblance frappante, il montre, avec des espèces existantes de Collemboles, Tillyard (1928) cité par Handschin, (1955) conclut que les Collemboles sont des arthropodes terrestres primaires, ancestrales et archaïques.

Gullan & Cranston (1994) considèrent que les Collemboles un groupe proche des insectes+Diplures, groupés avec Protura en Hexapoda.

Janssens & Lawrence (2002-2007) proposent que les Collemboles soient des Crustacés terrestres très spécialisées, qui ont atteint leur évolution paroxysme déjà dans le Dévonien, quand ils dominant la plupart des habitats terrestres. La concurrence entre les Collemboles et les insectes pourrait avoir déclenché ces derniers à développer des ailes pour devenir des «maîtres du ciel» dans le Carbonifère.

En appliquant le principe de l'ensemble des éléments de preuve, Une phylogénie a été faite en utilisant des caractères moléculaires et morphologiques, avec un soutient fermement la monophylie de Pancrustacea (= Crustacea & Hexapoda) (Giribet, Edgecombe & Wheeler, 2001).

Les données physiologiques montrent que les Collemboles découlaient directement des ancêtres marins : l'hémolymphe à haute pression osmotique est essentiellement composée de sels inorganiques (Little, 1983, 1990, cité par D'Haese, 2003). Ainsi, au début de Crustacés

ont été adaptés à partir des habitats marins dans le Cambrium aux habitats terrestres du sol dans le Dévonien. Eventuellement, les Collemboles sont issus d'un maxillopode benthique marin qui a exploré le potentiel des habitats terrestres du sol.

2- Position systématique et statut taxonomique des Collemboles

2.1- Classification traditionnelle

Grassi (1889) cité par Amri (2006), en se basant sur la structure des pièces buccales, a divisé les Aptérygotes en deux super-ordres : les Entotrophes à pièces buccales complètement cachées, auxquels appartient l'ordre des Collemboles, et les Ectotrophes à pièces buccales complètement visibles.

En prenant en considération la structure des pièces buccales, les pattes et la segmentation du tégument, Tuxen (1968) cité par Amri (2006) a proposé un autre schéma.

Une troisième classification basée sur les structures nerveuses et les neurosécrétions cérébrales des Collemboles a été donnée par Cassagnau (1971) cité par Amri (2006), à l'issue de laquelle l'auteur propose d'élever au rang de sous-classe les Aptérygotes communs, cette classification est fondée dans ces grandes lignes sur la métamérisation plus ou moins apparente extérieurement et sur la structure des segments. L'auteur distingue de façon classique les Arthropléones à segments abdominaux nettement séparés et les Symphypléones caractérisés par la coalescence des segments thoraciques et abdominaux I à IV.

Massoud, (1976) a récemment isolé de ces derniers les Neelipléones.

Au sein des Arthropléones on distingue deux ordres : les Poduromorphes et les Entomobryomorpha.

- **Poduromorpha** : Cet ordre regroupe toutes les espèces dont le corps est allongé et cylindrique ou aplati, le tergite du premier segment thoracique est sclérifié et porte une rangée de soies. Le système rétro-cérébral réduit est un autre caractère typique lié à cet ordre (Cassagnau et Juberthie, 1967).

- **Entomobryomorpha** : Ils sont caractérisés par leur corps allongé et cylindrique ou aplati, et ils ne possèdent pas un tergite individualisé sur le prothorax (Cassagnau, 1990) cité par Amri (2006).

- **Neelipleona** : Il est représenté par une seule famille, *Neelidae* avec 4 genres. Les membres de cet ordre sont caractérisés par un corps globulaire, le 2^e et le 3^e segment thoracique sont élargis, et les subcoxae et coxae très étendus (Bonet, 1947, Massoud, 1971 et Bretfeld, 1986).

- **Symphypleana** : ils possèdent un corps globulaire comme les Neelipleona, mais ils s'en distinguent par la coalescence des segments thoraciques 1 à 4 (Betsch, 1980, Fjellberg, 1989).

2.2- Nouvelle classification

Les Collemboles ne sont pas considérés, désormais, comme insectes parce qu'ils représentent, eux même une classe, mais les deux classes (Insecta et Collembola) appartiennent à la même super-classe : Hexapoda. Cette nouvelle classification est basée sur de nouveaux outils tels :

- **Chaetotaxie antennaire** : C'est un caractère distinctif puissant chez divers groupe, elle est basée essentiellement sur l'arrangement des soies s (soie sensorielle) dénommée ainsi par Deharveng et Lek, (1993).
- **Chaetotaxie tibiotarsale** : Elle a tous les attributs d'un bon caractère taxonomique pouvant être utilisé, en raison même de sa diversification du niveau de l'espèce à celui de l'ordre, de son polymorphisme intraspécifique nul ou très limité (Deharveng, 2004).
- **Pièces buccales (labre et labium)** : Beaucoup de problèmes ont été résolus par l'utilisation de la morphologie des pièces buccales, on donne l'exemple des *Brachystomellidae* qui ont été longtemps séparés des *Neanuridae* par l'absence des mandibules (Jordana et al, 1997) cité par Hamra-Kroua (2005).

Selon Bellinger et al, (2005) la nouvelle systématique des Collemboles est donnée comme suit :

Super-règne : Eucarya Woese, Kandler et Weelis, 1990

Règne : Animalia Linnaeus, 1758

Sous-règne : Eumetazoa Butshli, 1910

Super-phylum : Ecdysozoa Aguinaldo AMA, Turbveille JM, Lindford LS, Rivera MC, Garey JR, Raff RA et Lake JA, 1997

Phylum : Arthropoda Latreille, 1829

Sous-Phylum : Pancrustacea Zrzavy et Stys, 1997

Super-classe : Hexapoda Bainville, 1816

Classe : Collembola Lubbock, 1870

Ordre : Poduromorpha Börner, 1913, sensu D'Haese CA, 2002

Ordre : Entombryomorpha Börner, 1913, sensu Soto-Adames FN et al., 2008

Ordre : Neelipleona Massoud, 1971

Ordre : Symphypleona. Börner, 1901, sensu Massoud, 1971

V- Les Collemboles en Algérie

Lucas, (1846 et 1849) cité par Thibaud et Massoud (1980) signale quelques espèces difficiles à classer dans la systématique actuelle. Au début du 20^{ème} siècle d'autres travaux sont venus s'ajouter. Absolon (1913) cité par Thibaud et Massoud (1980) décrit une espèce nouvelle d'une grotte près d'Alger. Il faut attendre les années 1920-1930 pour rencontrer des déterminations spécifiques valables, grâce essentiellement aux travaux de Denis (1922-1925-1935-1937) et Handschin (1925,1926 et 1928) cités par Thibaud et Massoud (1980). Au milieu du siècle dernier d'autres travaux importants apportèrent leur contribution à la connaissance des Collemboles d'Algérie, l'un de Cassagnau (1963) sur le Nord-Constantinois et l'autre de Stomp (1974) qui étudia des Collemboles cavernicoles des grottes glaciaires du Djurdjura.

Les principales espèces de Collemboles récoltées au Nord-Constantinois (Algérie) sont exposées dans le travail de Cassagnau (1963) et groupées dans le tableau 2, par familles et classées par ordre alphabétique à l'intérieur de chaque famille. Les espèces récoltées sont au nombre de 30, dont 21 nouvelles pour l'Afrique du Nord (marquées d'un astérisque). Les espèces précitées appartiennent à 10 familles et 23 genres. L'auteur note que l'inventaire de la faune des Collemboles de l'Algérie demeure à ce jour mal connue et fragmentaire pour permettre la moindre conclusion d'ordre biogéographique ou écologique sur ce peuplement.

La faune des Collemboles de la région de Annaba est exposée dans le tableau 2 selon Cassagnau (1963) et dans un autre tableau, celle du pays selon Thibaud et Massoud (1980). Ces derniers auteurs présentent une liste des Collemboles d'Afrique du Nord de 1846 à 1974 avec un aperçu biogéographique de cette faune.

Tableau 2 : Espèces récoltées dans des milieux édaphiques humides de la région de Annaba (Bône) Nord-Est de l'Algérie. 1958-1959 (Cassagnau, 1963).

Espèces	Familles
* <i>Acherontiella bougisi</i> * <i>Ceratophysella denticulata</i> Bagnall, 1941 * <i>Ceratophysella tergilobata</i> Cassagnau, 1954 <i>Hypogastrura purpurescens</i> Lubbock, 1867	Hypogastruridae
* <i>Friesea oligorhopala</i> Caroli, 1914 <i>Neanura aurantiaca (Bilobella)</i> Caroli, 1912 <i>Protanura pseudomuscorum</i> Börner, 1903 * <i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	Neanuridae
<i>Onychiurus armatus</i> Denis, 1937 * <i>Onychiurus imperfectus</i> Denis, 1938 * <i>Onychiurus obsiones n.sp.</i> Cassagnau, 1963 <i>Tullbergia bipartita</i> Murphy, 1958 <i>Tullbergia krausbaueri</i> Börner, 1901	Onychiuridae
* <i>Folsomides parvus</i> Mills, 1934 * <i>Isotoma olivacea</i> Tullberg, 1871	Isotomidae
<i>Heteromurus major</i> Moniez, 1889 * <i>Sinella coeca</i> Schott	Entomobryidae
* <i>Cyphoderus bidenticulatus cf. veneris</i> * <i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebot., 1911	Cyphoderidae Oncopoduridae
* <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	Neelidae
<i>Dicyrtoma fusca</i> Lucas, 1842	Dicyrtomidae
* <i>Sminthurus echinatus</i> Stach	Sminthuridae

Tableau 3 : Les Collemboles d'Algérie selon Thibaud et Massoud (1980) modifié par Hamra-Kroua (2005).

Familles et espèces	Auteur et année
PODURIDAE Latreille, 1804	
<i>Podura aquatica</i> Linné,1758 **	H, 28
HYPOGASTRURIDAE Börner 1913	
<i>Acherontiella bouguisi</i> Cass et Delamare-Debouteville.,1955 ++	C, 63
<i>Acherontiella onychiuriformis</i> Absolon,1913 ++	Ab, 13
<i>Bonetogastrura delhezi</i> Stomp et Thibaud,1974 °	Sto, et Th, 74
<i>Ceratophysella armata</i> Nic,1841 *	H,26 et 28
<i>Ceratophysella denticulata</i> Bagnall,1941 *	Sto.,80 et C.63
<i>Ceratophysella sigillata</i> Uzel,1891 +	H.28
<i>Ceratophysella tergilobata</i> Cass,1954 ++	C.63
<i>Hypogastrura manubrialis</i> Tull.,1869 *	H,28 ; D.D,53; C,63
<i>Hypogastrura purpurescens</i> Lubbock,1867 *	D,25 ; H, 28 ; C, 63
<i>Hypogastrura sahlbergi</i> Reuter,1895 **	Lu, 1846
<i>Mesachorutes quadriocellatus</i> Abs., 1900 +	C, 63
<i>Willemia anophthalma</i> Börner ,1901 *	D.D, 53
<i>Xenylla humicola</i> O. Fabricus,1780 *	D.D, 53
<i>Xenylla maritima</i> Tullberg,1869 *	H, 26
NEANURIDAE Börner 1901,sensu Deharveng 2004	
<i>Annurida maritima</i> Guerin,1836*	H, 28
<i>Anurida tullbergi</i> Schött,1891 **	H, 28
<i>Brachystomella parvula</i> Schäffer, 1896*	H, 28
<i>Friesea oligorhopala</i> Caroli,1914 ++	C, 63
<i>Bilobella (Neanura) aurantiaca</i> Caroli, 1912 +	H,26 ; C, 63
<i>Neanura gladiolifer</i> Cass,1954 ++	Mur , 58
<i>Neanura reticulata</i> Axelson,1905 +	H, 28
<i>Odontella lamellifera</i> Axelson, 1903 *	D.D, 53
<i>Protanura pseudomuscorum</i> Börner,1903 ++	D, 25 ; C, 63
<i>Pseudochorudina bouguisi</i> Delamare,1951 ++	D.D, 53

<i>Pseudachorutes corticolis</i> Schäeffler, 1896 +	Mur, 58
<i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901 **	C, 63
ONYCHIURIDAE Lubbock, 1867	
<i>Metaphorura affinis</i> Börner, 1902 +	Mur, 58 ; C,63
<i>Neotullbergia ramicuspis</i> Gisin, 1953 +	C, 63
<i>Onychiurus fimetarius</i> sensu Denis, 1938 +	D, 24
<i>Onychiurus imperfectus</i> Denis, 1938 +	C, 63
<i>Onychiurus obsiones</i> Cassagnau, 1963 °	C, 63
<i>Protaphorura armata</i> Tull.1869 *	D,37; C,63;Sto,74, 80
<i>Protaphorura delhezi</i> Stomp,1980 °	Sto, 80
<i>Protaphorura saccardy</i> Denis, 1935 °	D, 35 et 37; Sto,74, 80
<i>Stenaphorura quadrispina</i> Börner,1901+	C, 63
<i>Tullbergia krausbaueri</i> Börner, 1901*	C, 63 ; D.D, 53
<i>Mesaphorura bipartita</i> Handschin, 1920 +	Mur, 58 ; C, 63
ISOTOMIDAE Börner, 1913	
<i>Archisotoma interstitialis</i> Delm., 1953 +	D.D, 53
<i>Folsomia quadrioculata</i> Tullberg, 1871 *	Mur, 58
<i>Folsomides parvus</i> Folsom in Mills, 1934 +	C, 63
<i>Isotoma mauretanea</i> Handschin, 1926 °	H, 26 et 28
<i>Isotoma nivalis</i> Carl, 1910 +	Mur, 58
<i>Isotoma olivacea</i> Tullberg, 1871 **	C, 63
<i>Isotoma vaillanti</i> Murphy,1958 °	Mur, 58
<i>Isotoma violacea</i> Tullberg, 1876 **	H, 28
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839*	H, 28 ; Sto, 80
<i>Isotomiella minor</i> Schäeffler, 1896 *	C, 63
<i>Isotomina bituberculata</i> Wahlgren, 1906 ++	H, 26
<i>Isotomina (Cryptopigus) thermophila</i> Axels. 1900*	C, 63
<i>Isotomurus palustris</i> Müller,1776 *	H, 28
<i>Isotomurus poinsotae</i> Stomp,1980 °	Sto, 80
<i>Proctostephanus sancti-augustini</i> Cass, 1963 °	C, 63
<i>Proisotoma minima</i> Absolon, 1901 **	D.D, 53
<i>Proisotoma minuta</i> Tullberg,1871 *	C, 63

<i>Proisotoma oeensis</i> Caroli, 1914 +	D.D, 53
<i>Proisotoma ripicola</i> Linnaniemi, 1912 +	H, 28
<i>Prosotoma schoetti</i> D.Torre, 1895 *	H, 28
<i>Pseudanurophorus isotoma</i> Börner,1903 +	C, 63
ENTOMOBRYIDAE Tömösvary, 1882	
<i>Entomobrya multifasciata</i> Tull., 1867 *	H, 28
<i>Entomobrya nicoleti</i> Lubbock,1867 +	D, 25
<i>Entomobrya quinquelineata</i> Börner, 1901 +	H, 26 et 28
<i>Entomobrya (Mesentoma) dollfusi</i> Denis,1924 +	Chr, 56
<i>Heteromurus major</i> Moniez,1889 +	H, 28 ; C, 63
<i>Heteromurus nitidus</i> Templeton, 1835 **	H, 26
<i>Heteromurus peyerimhoffi</i> Denis, 1937 °	D, 37 ; Sto, 74, 80
<i>Heteromurus tetrophtalmus</i> Börner,1903 ++	Sto, 74 , 80
<i>Lepidocyrtus curvicollis</i> Bourlet, 1839 **	H, 26 et 28
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871*	H, 28
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> Gmelin, 1788 **	H, 28
<i>Orchesella cincta</i> Lubbock, 1758 **	D, 25 ; H, 28
<i>Orchesella delhezi</i> Stomp,1980 °	Sto, 80
<i>Orchesella villosa</i> Geoffroy, 1764 +	D, 25 ; H, 28
<i>Seira dollfusi</i> Carl, 1899 +	H, 28
<i>Seira domestica</i> Nicolet, 1841 *	D, 24
<i>Seira lesnei</i> Denis, 1924 °	D, 24
<i>Seira rosei</i> Denis, 1925 °	D, 25
<i>Seira squamoornata f.incerta</i> Handschin, 1925 *	H, 26 et 28
<i>Seira squamoornata f.incolorata</i> Wahl., 1906 *	H, 28
<i>Seira squamoornata f.obscuriventris</i> Denis, 1924*	D, 24
<i>Sinella coeca</i> Scött, 1896 *	C, 63
TOMOCERIDAE Schäffer,1896	
<i>Tomocerus minor</i> Lubbock,,1862 *	H, 28
CYPHODERIDAE Börner, 1913	
<i>Cyphoderus albinus</i> Nicolet, 1841*	H, 26

<i>Cyphoderus bidenticulatus</i> Parona, 1883 *	C, 63
<i>Cyphoderus marocanus</i> Delamare, 1948 ++	J, 74
<i>Cyphoderus oraniensis</i> Delamare, 1948 °	D.D, 48
ONCOPODURIDAE Carl & Lebedinsky 1905	
<i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebot., 1911 +	C, 63
<i>Oncopodura delhezi</i> Stomp, 1974 °	Sto, 74 , 80
NEELIDAE Folsom, 1896	
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900 *	C, 63
DICYRTOMIDAE Börner, 1906	
<i>Dicyrtoma fusca</i> Lucas, 1842 +	C, 63
<i>Dicyrtomina minuta</i> O.Fabr., 1783 *	H, 26 et 28
<i>Dicyrtomina ornata</i> Nicolet, 1841 +	H, 26
SMINTHURIDAE Lubbock, 1862	
<i>Sminthurinus niger</i> Lubbock, 1867 *	H, 28
<i>Allacma fusca</i> Linné, 1758 **	H, 28
<i>Caprainea echinata</i> Stach, 1930 ++	C, 63
<i>Sminthurus lesnei</i> Carl, 1925 ++	D, 25
<i>Sminthurus punctatus</i> Lucas, 1846 °	Luc, 1846
<i>Sminthurus viridis</i> Linné, 1758 *	H, 26 et 28
<i>Sphyrotheca bernardi</i> Delamare, 1953 °	D.D, 53
<i>Sphyrotheca lubbocki</i> Tullberg, 1872 +	H, 26
SMINTHURIDIDAE Börner, 1906	
<i>Sminthurides aquaticus</i> Bourlet, 1843 *	H, 28
<i>Sminthurides malmgreni</i> Tullberg, 1876 *	H, 28
<i>Sphaeridia pumilis</i> Krausbaueri, 1898 *	C, 63

- Liste des abréviations des auteurs :

Ab: Absolon; C: Cassagnau; Chr: Christiaansen; D: Denis; D.D: Delamare Debouteville;
H: Handschin; J: Jacquemart; Luc: Lucas; Mur: Murphey; Sto: Stomp; T: Thibaud.

- Symboles de répartition biogéographique :

(*) : Espèces à large répartition ; (**): Espèces holarctiques; (+) : Espèces européennes;
(++): Espèces méditerranéennes; (°) : Espèces endémiques d'Algérie

De 1846 à 1980, les auteurs énumèrent 103 espèces de Collemboles en Algérie qui se répartissent entre 13 familles des 4 ordres des Collemboles :

a- Ordre des PODUROMORPHA: 25 genres, 4 familles et 38 espèces

- PODURIDAE : 1 espèce
- HYPOGASTRURIDAE: 7 genres ; 14 espèces
- NEANURIDAE: 10 genres ; 12 espèces
- ONYCHIURIDAE : 7 genres ; 11 espèces

b- Ordre des ENTOMOBRYOMORPHA: 20 genres, 5 familles et 50 espèces

- ISOTOMIDAE : 11 genres et 21 espèces
- ENTOMOBRYIDAE: 6 genres et 22 espèces
- TOMOCERIDAE: 1 espèce
- CYPHODERIDAE: 1 genre; 4 espèces
- ONCOPODURIDAE: 1 genre; 2 espèces

c- Ordre des NEELIPLEONA: 1 genre, 1 famille et 1 espèce

- NEELIDAE: 1 espèce

d- Ordre des SYMPHYPLEONA: 9 genres, 3 familles et 14 espèces

- DICYRTOMIDAE : 2 genres ; 3 espèces
- SMINTHURIDAE: 5 genres ; 8 espèces
- SMINTHURIDIDAE: 2 genres ; 3 espèces

Du point de vue systématique, les données du tableau précédent montrent que la diversité de la faune algérienne des Collemboles est très réduite (103 espèces signalées appartenant à 13 familles et 55 genres) et ne représente certainement pas l'immensité du pays et la diversité de ses biotopes.

Hamra-Kroua (2005) offre la première étude taxonomique d'envergure au niveau de l'espèce qui révèle la présence de 103 espèces.

L'inventaire du pays est enrichi par un apport de 63 espèces nouvelles, dont 55 sont signalées pour la première fois en Afrique du nord. Le caractère le plus inattendu de cette faune est la diversité spécifique des Neanuridae rencontrés au massif de l'Edough avec 24 espèces contre seulement 12 pour le reste du pays. Le même auteur trouve une étonnante diversité du genre *Friesea* avec 9 espèces dont 2 sont nouvelles pour la science: *Friesea laouina* (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Hamra-Kroua, Jordana et Deharveng 2009). Récemment après 2005, Hamra-Kroua (comm. Pers.) enrichit la faune collemboologique du pays par un apport de 12 espèces nouvelles pour toute l'Afrique du Nord sont marquées () dans le tableau 4.

En 2007 le même auteur décrit en collaboration un nouveau genre (*Edoughnura*) et 4 espèces nouvelles pour la science: *Edoughnura rara* (Deharveng, Hamra-Kroua et Bedos,

2007) et *Entomobrya numidica* (Baquero, Hamra-Kroua et Jordana, 2009), *Friesea major* (Hamra-Kroua, Jordana et Deharveng, 2009) et *Deutonura zana* (sous presse) et la redescription de *Isotominella geophila* (Jordana, Hamra-Kroua et Baquero, 2009).

* **Ordre des Popduromorpha** : 50 espèces appartenant à 27 genres et 5 familles

- Hypogastruridae: 8 genres et 13 espèces
- Odontellidae : 3 genres et 5 espèces
- Brachystomellidae: 1 genre et 2 espèces
- Neanuridae : 12 genres et 23 espèces
- Onychiuridae: 3 genres et 7 espèces

* **Ordre des Entomobryomorpha** : 39 espèces appartenant à 22 genres et 5 familles

- Isotomidae : 13 genres et 20 espèces
- Entomobryidae : 6 genres et 16 espèces
- Cyphoderidae: 1 espèce
- Oncopodiridae : 1 espèce
- Tomoceridae: 1 espèce

* **Ordre des Symphypleona** : 12 espèces appartenant à 8 genres et 5 familles

- Arrhopalitidae: 1 espèce
- Dicyrtomidae: 1 genre et 2 espèces
- Katiannidae: 1 genre et 3 espèces
- Sminthurididae: 2 genres et 2 espèces
- Sminthuridae: 3 genres et 4 espèces

* **Ordre des Neelipleona**: 2 espèces appartenant à 2 genres

- Neelidae : 2 genres et 2 espèces

Tableau 4 : Liste d'espèces reconnues signalées en Algérie entre 1999 et 2009.

Familles et espèces	Statut
I.- PODUROMORPHA Börner, 1913	
1.- Hypogastruridae Börner 1913	
1. <i>Acherontiella bougisi</i> Cassagnau, et Delamare Deboutteville, 1955	o
2. <i>Ceratophysella denticulata</i> Bagnall, 1941	o
3. <i>Ceratophysella cf. denticulata</i>	?
4. <i>Ceratophysella gibbosa</i> Bagnall, 1940	*
5. <i>Ceratophysella tergilobata</i> Cassagnau 1954	o
6. <i>Hypogastrura affinis</i> Lucas, 1846	*, +
7. <i>Hypogastrura vernalis</i> Carl, 1901	*, +
8. <i>Mucrella acuminata</i> Cassagnau, 1952	*, +
9. <i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i> Gama, 1964	*
10. <i>Xenylla maritima</i> Tullberg, 1869	*, +
11. <i>Xenyllogastrura afurcata</i> Deharveng et Gers, 1979	*, +
12. <i>Willemia intermedia</i> Mills, 1934	*, +
13. <i>Microgastrura minutissima</i> Mills, 1934	*, +
2.- Odontellidae Deharveng, 1982	
14. <i>Axenyllodes bayeri</i> Kseneman, 1935	*
15. <i>Xenyllodes armatus</i> Axelson, 1903	*, +
16. <i>Superodontella lamellifera</i> Axelson, 1903	o
17. <i>Superodontella vallvidrerensis subalpina</i> Arbea 1990	*, +
18. <i>Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis</i> Selga 1966	*, +
3. -Brachystomellidae Stach, 1949	
19. <i>Brachystomella curvula</i> Gisin, 1948	*, +
20. <i>Brachystomella parvula</i> Schäffer, 1816	o
4. - Neanuridae Cassagnau, 1955	
a.- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967	
21. <i>Friesea albida</i> Arbea et Jordana, 1993	*, +
22. <i>Friesea ladeiroi</i> Gama, 1959	*, +
23. <i>Friesea laouina</i> Deharveng et Hamra-Kroua, 2004	n.sp.

24. <i>Friesea oligorhopala</i> Caroli, 1914	◦
25. <i>Friesea mirabilis</i> Tullberg, 1871	*, +
26. <i>Friesea cf. steineri</i>	?
27. <i>Friesea cf. truncata</i>	?
28. <i>Friesea cf. mirabilis</i>	?
29. <i>Friesea major</i> Hamra-Kroua, Jordana et Deharveng, 2009	n.sp.
b.- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1901	
30. <i>Bilobella aurantiaca</i> Caroli, 1912	◦
31. <i>Bilobella braunerae</i> Deharveng, 1983	*, +
32. <i>Deutonura zana</i> Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2009 (sous presse)	(n.sp.)
33. <i>Deutonura deficiens meridionalis</i> Deharveng, 1979	*, +
34. <i>Edoughnura rara</i> Deharveng, Hamra-Kroua et Bedos, 2007	(n.g, n.sp.)
35. <i>Protanura monticelli</i> Caroli, 1910	(°)
36. <i>Protanura pseudomuscorum</i> Börner, 1903	(*,+)
37- <i>Neanura muscorum</i> MacGillivray, 1893	(*,+)
c.- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906	
38. <i>Pseudachorudina meridionalis</i> Bonet, 1929	◦
39. <i>Pseudachorutes cf. subcrassus</i> Tullberg, 1871	?
40. <i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	◦
41. <i>Pseudachorutella asigillata</i> Börner, 1901	*, +
42. <i>Pratanurida boernerii</i> Schött, 1902	*, +
43. <i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901	*
5.- Onychiuridae Börner, 1913	
44. <i>Protaphorura armata</i> Tullberg, 1869	◦
45. <i>Protaphorura sp. gr. armata</i>	?
46. <i>Mesaphorura critica</i> Ellis, 1976	*
47. <i>Mesaphorura italica</i> Rusek, 1971	*, +
48. <i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	*, +
49. <i>Mesaphorura pacifica</i> Rusek, 1976	*, +
50. <i>Doutnacia xerophila</i> Rusek, 1974	*, +
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913	
6.- Isotomidae Börner, 1913	

51. <i>Desoria olivacea</i> Tullberg, 1871	◦
52. <i>Cryptopygus bipunctatus</i> Axelson, 1903	◦
53. <i>Cryptopygus thermophilus</i> (= <i>Hemisotoma thermophila</i>) Axelson, 1900	◦
54. <i>Isotominella geophila</i> Jordana, Hamra-Kroua et Baquero, 2009	(n.sp.)
55. <i>Folsomia candida</i> Willem, 1902	*
56. <i>Folsomia trisetata</i> Jordana et Ardanaz, 1981	*, +
57. <i>Folsomia fimetaria</i> Linnaeus, 1758	*, +
58. <i>Folsomides parvulus</i> Stach, 1922	?
59. <i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1896	*
60. <i>Isotomurus maculatus</i> Schäffer, 1896	*, +
61. <i>Isotomurus gr. balteatus</i>	*, +
62. <i>Isotomurus cf. fucicolus</i>	*, +
63. <i>Isotomurus cf. unifasciatus</i>	*, +
64. <i>Isotomurus palustris</i> Müller, 1776	◦
65. <i>Parisotoma notabilis</i> Schäffer, 1896	*, +
66. <i>Proisotoma minuta</i> Tullberg, 1871	◦
67. <i>Proctostephanus sanctiaugustini</i> Cassagnau, 1963	◦
68. <i>Pseudanurophorus isotoma</i> Börner, 1903	◦
69. <i>Tetracanthella pilosa</i> Schött, 1891	*, +
70. <i>Uzelia setifera</i> Absolon, 1901	(* , +)
7.- Entomobryidae Tömösvary, 1882	
71. <i>Entomobrya albocincta</i> Templeton, 1835	*, +
72. <i>Entomobrya lanuginosa</i> Nicolet, 1841	*, +
73. <i>Entomobrya numidica</i> Baquero, Hamra-Kroua et Jordana, 2009	(n.sp.)
74. <i>Heteromurus major</i> Moniez, 1889	*
75. <i>Heteromurus nitidus</i> Templeton, 1835	◦
76. <i>Lepidocyrtus curvicollis</i> Bourlet, 1839	◦
77. <i>Lepidocyrtus fimetarius</i> Gisin, 1964	*, +
78. <i>Lepidocyrtus ruber</i> Schött, 1902	*, +
79. <i>Lepidocyrtus cf. flexicollis</i>	*, +
80. <i>Lepidocyrtus tellecheae</i> Arbea et Jordana, 1990	(* , +)

81. <i>Orchesella cincta</i> Linnaeus, 1758	o
82. <i>Orchesella cf. quinquefasciata</i>	*
83. <i>Pseudosinella alba</i> Packard, 1873	*,+
84. <i>Pseudosinella albida</i> Stach, 1930	*, +
85. <i>Pseudosinella octopunctata</i> Börner, 1901	*, +
86. <i>Seira punica</i> Jacquemart, 1974	(*,+)
8. Cyphoderidae Börner,1913	
87. <i>Cyphoderus yugoslavicus</i> Denis, 1933	(*,+)
9.- Oncopoduridae Carl et Lebedinsky,1905	
88. <i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebbotham, 1911	o
10. Tomoceridae Schäffer, 1896	
89. <i>Tomocerus vulgaris</i> Tullberg, 1871	(*,+)
III. SYMPHYPLEONA	
11.- Arrhopalitidae Richards, 1968	
90. <i>Arrhopalites subbifidus</i> Travé, Gadea et Delamare, 1954	*, +
12.- Dicyrtomidae Börner, 1906	
91. <i>Dicyrtomina saundersi</i> Lubbock, 1862	*,+
92. <i>Dicyrtomina ornata</i> Nicolet, 1842	o
13.- Katiannidae Börner, 1913	
93. <i>Sminthurinus aureus</i> Lubbock, 1862	*,+
94. <i>Sminthurinus elegans</i> Fitsch, 1863	*,+
95. <i>Sminthurinus niger</i> Lubbock, 1868	o
14.- Sminthurididae Börner, 1906	
96. <i>Sphaeridia pumilis</i> Krausbauer, 1898	o
97. <i>Sminthurides aquaticus</i> Bourlet, 1843	*, +
15.- Sminthuridae Lubbock, 1862	
a.- Sous-famille : Sminthurinae	
98. <i>Caprainea bremondi</i> Delamare et Bassot, 1957	*, +
99. <i>Caprainea marginata</i> Schött, 1893	o, +
100. <i>Sminthurus viridis</i> Linnaeus, 1758	*, +
101. <i>Lipothrix bernardi</i> Delamare Deboutteville, 1954	(*,+)
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896	

16.- Neelidae Folsom, 1896	
102. <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	°
103. <i>Neelus murinus</i> Folsom, 1896	*

°: connues d'Algérie, ?: indéterminée, n.g: nouveau genre, *: nouvelle pour l'Algérie;
 +: nouvelle pour l'Afrique du Nord; n.sp.: nouvelle pour la science; (): trouvée après 2005.

En 2006, Ait Mouloud s'intéresse particulièrement aux Collemboles de la zone de transition entre écosystème aquatique et terrestre, au niveau de quelques zones humides du nord-est de la grande Kabylie, et d'une tourbière (Freychinède) des Pyrénées centrales (France). Son travail a donné 15 familles, 58 genres et 113 espèces: 65 espèces dans les zones humides de Kabylie et 63 espèces dans la tourbière de Freychinède. Dans les tourbières du nord-est de la Kabylie, cette faune se compose de 14 familles 44 genres et 65 espèces; dans celle de Freychinède il a dénombré 15 familles 41 genres et 63 espèces.

Tableau 5 : Liste d'espèces des Collemboles reconnues signalées par Ait Mouloud (2006) dans la région de Tizi Ouzou.

Familles et espèces	Statut
I.- PODUROMORPHA Börner, 1913	
1.- Hypogastruridae Börner 1913	
1. <i>Ceratophysella cf. denticulata</i>	?
2. <i>Ceratophysella gr. armata</i>	?
2. -Brachystomellidae Stach, 1949	
3. <i>Brachystomella parvula</i> Schäffer, 1816	°
3. - Neanuridae sensu Cassagnau, 1955	
a.- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967	
4. <i>Friesea montechristii</i> Dallai, 1969	°
b.- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1901	
5. <i>Bilobella aurantiaca</i> Caroli, 1912	°
6. <i>Endonura gladiolifer</i> Cassagnau, 1954	°
c.-Sous-famille: Pseudachorutinae Börner, 1906	
7. <i>Micranurida cf. candida</i>	?
4.- Onychiuridae Börner, 1913	

8. <i>Protaphorura gr. armata</i>	?
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913	
5.- Isotomidae Börner, 1913	
9. <i>Cryptopygus thermophilus</i> Axelson, 1900	◦
10. <i>Folsomia kerni</i> Gisin, 1948	◦
11. <i>Folsomia penicula</i> Bagnal, 1939	◦
12. <i>Folsomia quadrioculata</i> Tullberg, 1871	◦
13. <i>Hemisotoma thermophila</i> Axelson, 1900	◦
14. <i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839	◦
15. <i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1896	◦
16. <i>Isotomurus cf. unifasciatus</i>	?
17. <i>Isotomurus palustris</i> Müller, 1776	◦
18. <i>Parisotoma notabilis</i> Schäffer, 1896	◦
19. <i>Proisotoma minuta</i> Tullberg, 1871	◦
20. <i>Proisotoma ripicola</i> Linnaniemi, 1912	◦
6.- Entomobryidae Tömösvary, 1882	
21. <i>Entomobrya atrocincta</i> Schoett, 1896	◦
22. <i>Entomobrya lanuginosa</i> Nicolet, 1842	◦
23. <i>Entomobrya multifasciata</i> Tullberg, 1871	◦
24. <i>Entomobrya quinquelineata</i> Börner, 1901	◦
25. <i>Heteromurus cf. major</i>	?
26. <i>Heteromurus cf. nitidus</i>	?
27. <i>Lepidocyrtus cf. flexicollis</i>	?
28. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871	◦
29. <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> Gmelin, 1788	◦
30. <i>Lepidocyrtus lignorum</i> Fabricius, 1781	◦
31. <i>Orchesella cf. ionescoi</i>	?
32. <i>Orchesella cincta</i> Linnaeus, 1758	◦
33. <i>Seira domestica</i> Nicolet, 1842	◦
III. SYMPHYPLEONA	
7.- Arrhopalitidae Richards, 1968	
34. <i>Arrhopalites acanthophthalmus</i> Gisin, 1958	*

8.- Dicyrtomidae Börner, 1906	
35. <i>Dicyrtomina saundersi</i> Lubbock, 1862	◦
9.- Katiannidae Börner, 1913	
36. <i>Sminthurinus elegans</i> Fitsch, 1862	◦
37. <i>Sminthurinus niger</i> Lubbock, 1868	◦
38. <i>Sminthurinus signatus</i> Krausbauer, 1898	◦
10.- Sminthurididae Börner, 1906	
39. <i>Boernerides hystrix</i> Börner, 1903	*
40. <i>Sminthurides aquaticus</i> Bourlet, 1841	◦
41. <i>Sminthurides malmgreni</i> Tullberg, 1876	◦
42. <i>Sminthurides schoetti</i> Axelson, 1903	◦
43. <i>Sminthurides signatus</i> Krausbauer, 1898	◦
44. <i>Sphaeridia pumilis</i> Krausbauer, 1898	◦
11.- Sminthuridae Börner, 1913	
a.- Sous-famille : Sminthurinae Betsch, 1980	
45. <i>Sminthurus viridis</i> Linnaeus, 1758	◦
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896	
12.- Neelidae Folsom, 1896	
46. <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	◦

◦: connues d'Algérie, ?: indéterminée, *: nouvelle pour l'Algérie.

Presque la majorité des espèces sont déjà connues d'Algérie. *Boernerides hystrix*, *Arrhopalites acanthophthalmus* ont été citées pour la première fois en Algérie, ce qui prouve que cette faune est encore mal connue et nécessite de nouvelles prospections.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET TECHNIQUES D'ETUDE

I- Présentation de la zone d'étude

Le massif de Belezma se situe à 7 Km de la ville de Batna (Figure 9), limité par la plaine de Mérouana et de Aïn Djasser au Nord, la plaine d'El-Madher à l'Est, et à l'Ouest par l'Oued de Barika. Le parc National de Belezma occupe une superficie estimée à 26250 ha de la forêt domaniale du massif (Khanfouci, 2005).

1- Relief

Les monts de Belezma sont caractérisés par un relief très accidenté, avec des vallées très étroites et des pics culminants jusqu'à 2136 m d'altitude (Djebel Tichaou) et 2178 (Djebel Refaâ).

2- Géologie

Selon Lafitte (1939), Yahiaoui (1990) cités par Bentouati (1993), les monts de Belezma sont constitués dans leur totalité de sédiments du crétacé supérieur se présentant sous forme de calcaire provenant du crétacé inférieur. Les principales structures géologiques dans la région du parc national de Belezma sont :

- des marnes dans sa partie inférieure et du grès dans sa partie supérieure, cette structure se trouve dans la région de Boumerzoug.
- des marnes dans la partie inférieure, du grès dolomitique dans sa partie centrale et du grès au sommet au niveau du djebel Tuggurt culminant à 2010 m d'altitude.
- des grès dans la partie inférieure, du calcaire dolomitique dans la partie centrale et du grès au sommet qui domine la région de Bordjem et Chellâala.

3- Pédologie

Abdessamed (1981) classe les sols du massif de Belezma comme suit :

- Sols bruns calcaires: se localisant sur un support de substrat marneux-calcaire au niveau des bas versants des djebels Boumerzoug et Thouggar au sein d'un spectre altitudinal de 1400 m et 1600 m.
- Sols bruns faiblement calcaires : se localisant essentiellement au niveau du djebel Bordjem, Chelaala et Theneit El-Gontos sur substrat gréseux, et dans un spectre altitudinal allant de 1600 m à 2000 m.
- Rendzines : évoluant à partir d'une altitude de 1600 m sur pentes fortes à djebel Thouggar et Tichaou, sur substrat calcaire (Bentouati, 1993).

D'après les travaux de Schoenberger (1970) cité par Abdessamed (1981), les sols du territoire du parc national sont caractérisés par leur jeunesse relative, leur épaisseur ainsi que leur faible degré d'érosion.

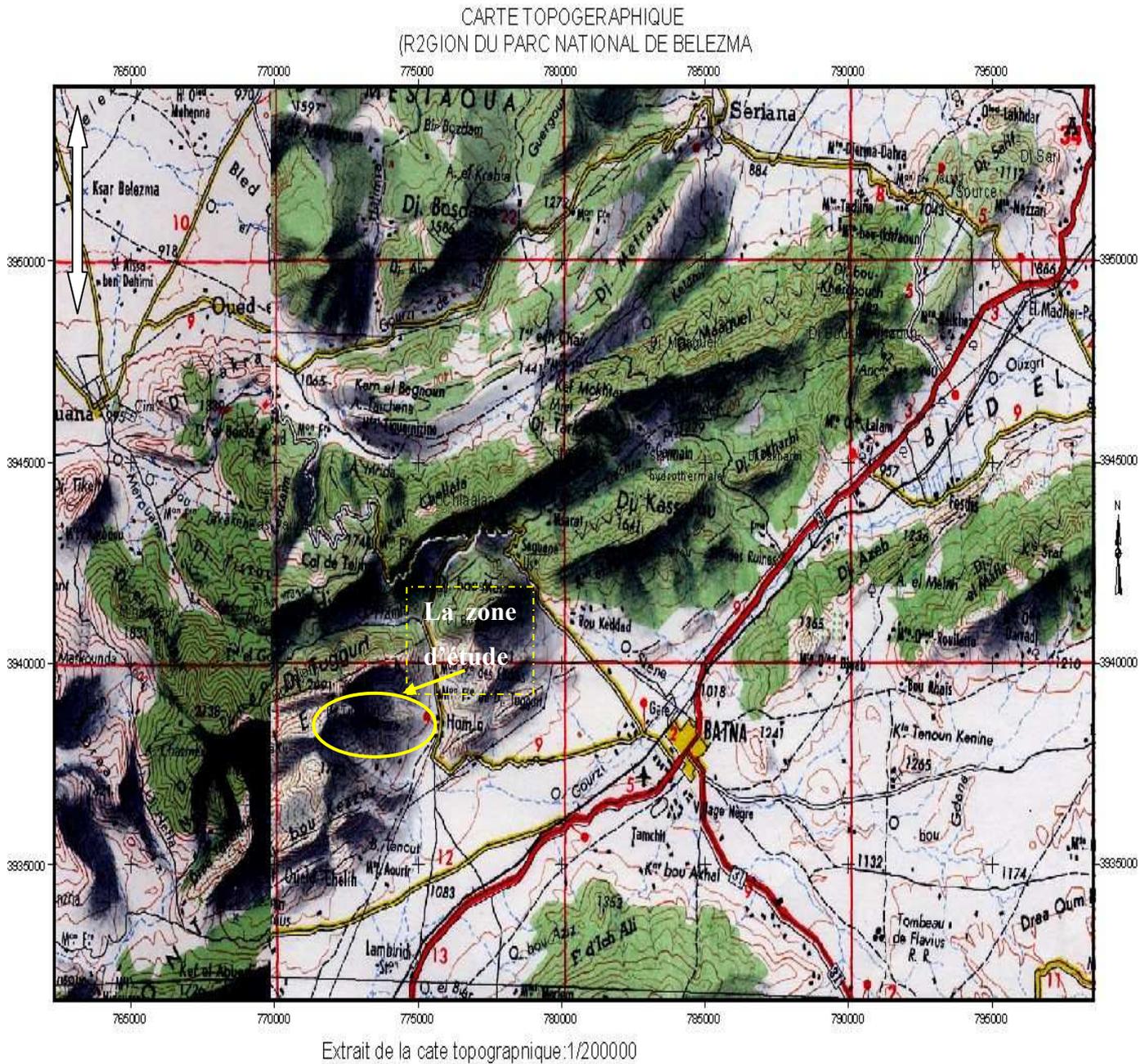


Fig. 9 : Situation géographique de la zone d'étude.

Les sols se trouvent dans le stade de développement de rendzines ou proche du sol brun calcaire ou de la terra rosa (calcaire tendre, marne).

Il est à signaler qu'aucune étude pédologique proprement dite n'a été faite au niveau du parc national de Belezma, néanmoins nous citerons les sols rencontrés.

4- Végétation

Les principales formations sylvatiques du Belezma sont à base de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) pur ou mélangé avec le Houx (*Ilex aquifolium*) ou Chêne-vert (*Quercus ilex*). Ce dernier présente des peuplements purs ou mélangé avec le Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*) ou le Frêne épineux (*Fraxinus dimorpha*). Notons aussi la présence importante de peuplements reliques de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*).

Le Chêne-vert est un arbre très plastique ; on le rencontre aussi bien en pleine qu'en montagne. Mais le Chêne-vert est surtout un arbre de montagne ; il supporte aussi bien la chaleur torride que le froid excessif. C'est une espèce monoïque à feuilles persistantes. Le Chêne-vert est considéré comme l'une des espèces les plus caractéristiques de la région méditerranéenne (Boudy, 1952). Il commence à apparaître à partir de 400 m. Il végète misérablement comme maquis pendant de longues années. Il s'adapte à tous les types de substrats. Les ravins profonds, frais, humides du haut versant nord, les replats du calcaire crétacé, les falaises chaudes du haut versant méridional lui conviennent.

5- Hydrologie

Le massif de Belezma est relativement riche en points d'eau (sources), tous situés aux pieds des montagnes où dans les vallées étroites encastrées. Ceci est dû à la nature géologique et spécialement à la stratification des bandes rocheuses alternées et obliques.

6- Hydrographie

Quant à l'hydrographie elle est le résultat de la configuration du relief, ce qui détermine deux systèmes d'organisation du réseau, selon les deux lignes de crêtes des monts de Belezma se matérialise deux principales lignes de partage des eaux.

La majeure partie des oueds du massif drainent leurs eaux en dehors du territoire du parc, ce sont principalement des cours d'eau temporaires à régime saisonnier (hivernal) et torrentiel. L'évacuation des eaux du versant sud cause souvent des inondations à l'évitement Nord- ouest de la ville de Batna.

7- Climat

Le climat de la région varie du subhumide frais au semi-aride froid subissant les influences désertiques.

Les facteurs climatiques varient énormément et dépendent surtout de l'altitude et de l'exposition. Ainsi Munaut (1982) cité par Khanfouci (2005) rapporte que selon l'expérience acquise en région méditerranéenne surtout dans les régions montagneuses, les différences de topographie et les phénomènes de la dynamique nuageuse induisent des microclimats variés.

7.1- Précipitations

Nous donnons dans le tableau 6 les précipitations en mm de pluies enregistrées par la station de Ain Skhouna, mais un peu loin de la zone de notre étude.

Tableau 6 : Précipitations mensuelles moyennes (mm) (Station Ain Skhouna)

Mois Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2000	4,8	4,7	35,9	7,1	116,8	26,4	0,0	11,6	48,4	6,0	9,6	21,5	292.8
2001	28,8	5,9	6,0	18,8	59,6	0,3	2,8	4,6	62,1	5,8	29,2	6,2	230.1
2002	8,0	9,2	14,7	25,4	8,9	3,7	19,8	70,9	4,7	22,5	66,6	32,6	287
2003	115,4	31,4	23,0	97,2	27,6	14,8	2,7	6,7	44,1	81,6	14,1	44,4	503
2004	26,5	10,8	57,0	43,3	98,0	59,4	8,6	13,7	45,8	19,9	96,9	116,9	596.8
2005	16,4	43,4	20,0	37,2	3,6	14,1	4,5	29,6	17,7	17,1	20,8	27,6	252
2006	62,3	42,5	5,8	71,9	92,8	10,9	4,8	3,0	22,1	1,9	18,8	40,6	377.4
2007	13,9	24,9	38,7	32,5	17,6	2,1	0,0	12,0	81,6	23,4	10,1	37,0	293.8
2008	6,9	2,3	39,3	3,3	107,0	21,5	18,8	32,8	49,2	36,4	15,3	15,0	347.8

Nous représentons dans la figure 10 la variation mensuelle des précipitations.

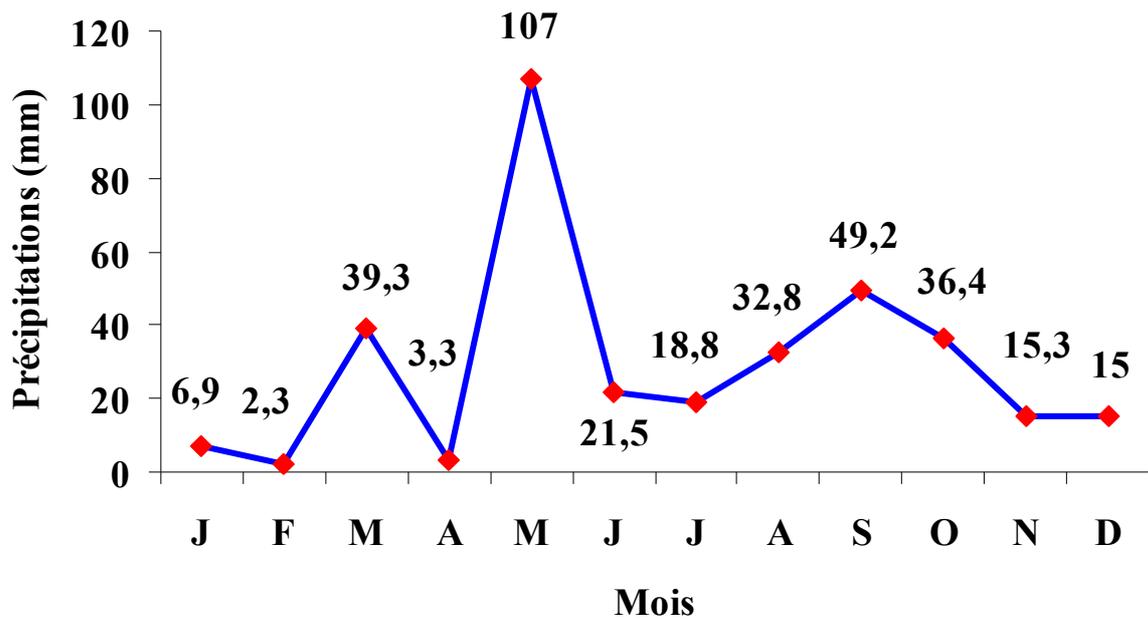


Fig. 10 : Précipitations mensuelles de la station de Ain Skhouna (mm) de l'année 2008.

L'année d'étude se caractérise par une pluviométrie assez importante avec un total de 347.8 mm par rapport à l'année 2004 la plus pluvieuse avec une quantité de 596.8 mm. L'essentiel des pluies a été enregistré en hiver ; c'est au mois de mai que l'on enregistre le maximum, soit 107 mm. février est le mois le plus sec avec 2,3 mm; c'est une situation inhabituelle car sur 8 ans, février a été plus humide (tableau 2). L'été est marqué habituellement par ses orages où les pluies torrentielles qui peuvent atteindre en quelques heures des quantités importantes. On enregistre un total de l'ordre de 21,5, 18,8 et 32,8 respectivement aux mois de juin, juillet et août 2008.

7.2- Température

Nous consignons dans le tableau 7 les températures mensuelles moyennes enregistrées par la station de Ain Skhouna au cours de 8 dernières années.

Tableau 7 : Températures mensuelles moyennes (°C) (Station Ain Skhouna)

Mois \ Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2000	3,1	6,8	11,0	15,3	20,4	22,8	27,2	26,1	21,7	15,3	11,1	7,7
2001	6,9	6,3	14,6	12,8	18,5	24,4	27,8	26,7	21,7	19,9	10,2	5,5
2002	4,7	7,6	11,3	14,6	19,0	24,9	26,4	25,0	21,0	16,8	11,6	7,9
2003	5,9	5,8	9,9	13,9	18,0	24,9	28,9	27,0	21,0	18,6	11,1	5,9
2004	5,6	8,0	10,2	11,7	15,2	21,4	25,7	27,5	20,5	18,7	9,0	6,7
2005	3,4	4,2	10,8	13,4	19,9	23,9	28,1	25,5	21,2	16,8	10,7	6,0
2006	4,5	6,3	10,9	15,7	20,1	24,7	26,5	25,8	20,4	18,6	11,2	6,8
2007	6,6	8,4	8,8	13,5	17,8	25,4	27,1	26,9	21,1	16,6	9,4	5,4
2008	6,4	7,7	9,7	14,5	19,1	22,6	28,2	26,6	22,0	16,0	9,3	5,6

Les données du tableau précédent sont représentées dans la figure 11.

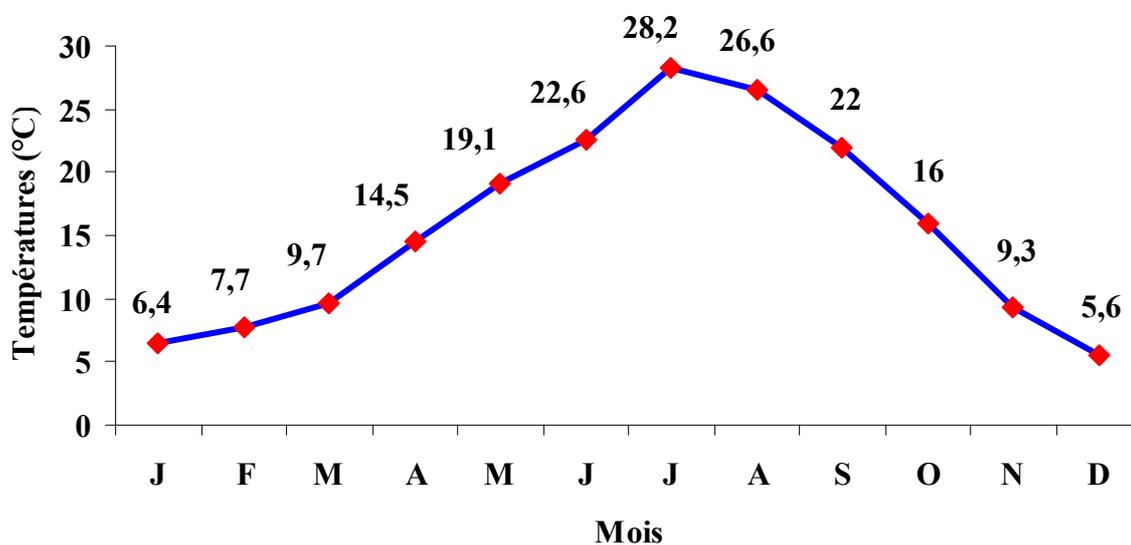


Fig.11 : Variation de la température moyenne mensuelle pour l'année 2008

La moyenne mensuelle des températures passe par un minima au mois de décembre : 5,6 °C, elle augmente pour atteindre un maxima en juillet 28.2 °C, puis redescend progressivement.

L'évolution annuelle de la température moyenne passe par trois périodes (tableau 7) :

- des températures inférieures à 10°C enregistrées au cours des mois de janvier, février, mars, novembre et décembre.
- des températures > 10 °C < 20 °C sont enregistrées aux mois d'avril et mai et octobre.
- des températures supérieures à 20 °C sont enregistrées aux mois de juin, juillet, août et septembre.

Tableau 8 : Températures minimales et maximales moyennes (°C) (Station Ain Skhouna)

Mois de 2008	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Températures minimales moyennes	0,0	0,1	2,7	5,4	11,8	14,3	19,1	17,5	14,9	10,5	3,6	0,7
Températures maximales moyennes	13,7	15,3	16,8	22,7	26,4	30,5	37,1	35,8	29,2	22,3	15,1	11,4

Le tableau 8 montre la température minimale moyenne enregistrée en mois de janvier (0 °C), et pour la maximale elle est enregistrée en mois de juillet avec une température de l'ordre de 37.1 °C.

7.3- Neige

L'enneigement est généralement irrégulier, et le nombre de jours de neige recordés annuellement varie de 20 à 30 (Khanfouci, 2005).

En pleine montagne, la neige commence à apparaître sur les sommets un peu tôt, au mois de novembre, mais avec une fréquence et une durée limitée car elle ne subsiste pas longtemps. Le manteau neigeux peu épais se dissipe facilement. Par contre, dans certains endroits, il se maintient jusqu'à la fin du printemps.

La persistance de la couverture neigeuse a été signalée pour le mois de mars de l'année 2006, sur les expositions Nord du col Talmet, de djebel Bordjom, djebel Thouggar et de djebel Tichaou (Benssaci, 2006).

7.4- Vents

Généralement les vents chargés de pluies viennent du Nord -Ouest après avoir perdu une grande partie de l'humidité sur l'Atlas Tellien. Ils soufflent pendant l'automne et l'hiver et une partie du printemps.

Les vents dominants qui caractérisent la région d'étude sont les suivants :

- Le vent du sud (sirocco) chaud et sec qui peut souffler durant toute l'année. Ses effets se font sentir pendant la période estivale où il accentue l'aridité. Il souffle pendant 20 jours au cours de l'année avec un pic de 5 jours pour le mois de juillet (Station de Ain Skhouna).
- L'orientation NE-SW des monts de Belezma l'expose aux vents dominants d'hiver N-NW. Ces vents pluvieux et frais arrosent surtout les faces Nord et Nord-Ouest.
- Les vents d'Est, rares et moins humides, soufflent surtout en hiver provoquant la fonte des neiges.

7.5- Diagramme ombrothermique

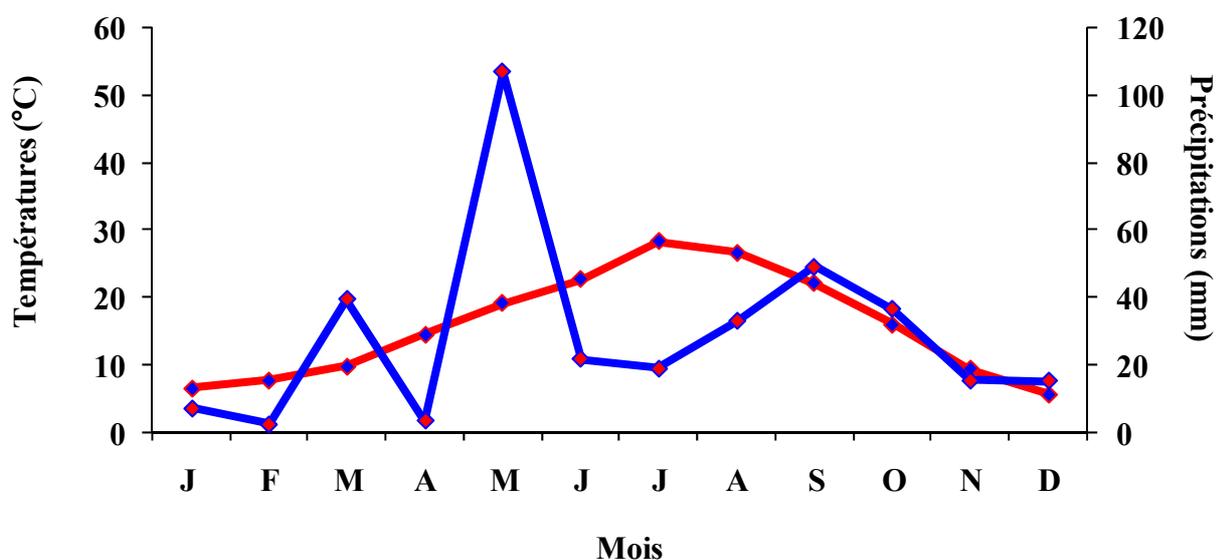


Fig. 12 : Le diagramme ombrothermique de la région de Ain Skhouna.

Le diagramme ombrothermique de la région de Ain Skhouna a été fait selon les données du tableau 6 et 7 pour les chiffres de l'année 2008. Sur le plan chronique, la lecture des données pluviométriques mensuelles indique que les pluies sont concentrées principalement fin février et fin mars et d'une importante quantité entre fin avril et début juin, et d'une manière moindre, entre mi septembre et fin octobre. Alors que la période sèche, que le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN permet de caractériser, peut être classée en quatre périodes commençant par celle de mi janvier à la fin de février, celle du mois d'avril, la plus grande est du début juin vers fin septembre et finalement la plus courte celle du mi novembre.

Matériels & Méthodes

II- Matériels et méthodes

1- La station d'étude

Tous nos échantillons sont prélevés dans la localité d'Ain Kerrouche dans une aire d'une superficie totale d'environ 1 Km² située au versant nord de Belezma avec les caractéristiques suivantes :

- Altitude : 1488 m
- Latitude : 35° 34' 38''N
- Longitude : 6° 03' E

Ain Kerrouche située à 3 Km de la commune de Hamla dans le parc de Belezma wilaya de Batna.

Notre étude a pour objectif principal de dresser un inventaire de la faune Collembologique vivant en milieu forestier. Pour cela nous avons réalisé une série de sortie hebdomadaire en période humide le mois de janvier, mars et avril de l'année 2008.

2- Prélèvement d'échantillons

L'échantillon est un volume de 250 cm³ de litière de Chêne vert prélevé dans la couche humide. Un total de 80 échantillons a été prélevé à un rythme hebdomadaire à raison de 10 échantillons par semaine.

3- Extraction de la faune

Dans la présente étude nous avons utilisé l'extraction par voie sèche, ou méthode de Berlese-Tullgren. C'est une méthode sélective ou dynamique, par laquelle les Collemboles et autres sont récoltés sans l'intervention d'un opérateur. La technique consiste à modifier les conditions de vie par l'utilisation d'agents thermodynamiques : l'éclaircissement, l'élévation de la température et le dessèchement. Les animaux grâce à leur tactisme quittent l'échantillon pour être récoltés intacts dans l'alcool éthylique à 75°.

Chaque échantillon est étalé sur un tamis et laissé sécher durant 4 à 5 jours, selon le degré d'humidité. Sous l'effet de la dessiccation lente de l'échantillon, les Collemboles fuient la surface et tombent dans un tube collecteur contenant de l'éthanol à 75°.

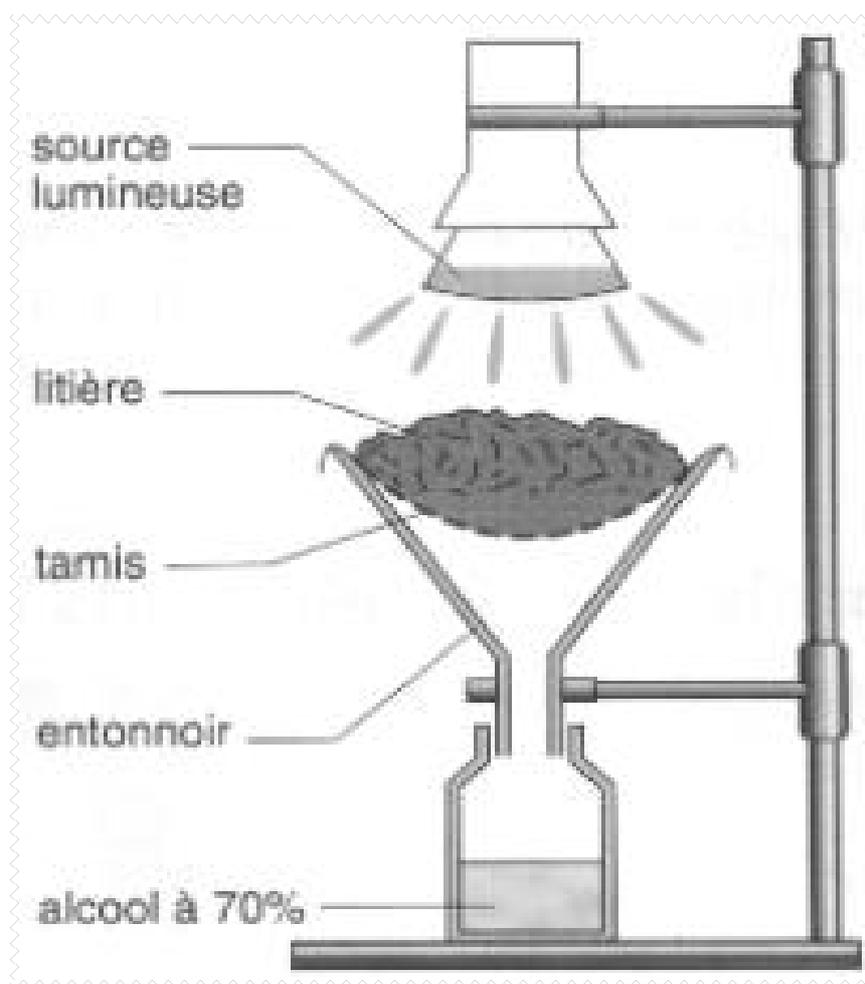


Fig.13: Appareil de Berlèse

4- Tri et dénombrement

Les Collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de Pétri pour entamer le tri. Le tri s'effectue sous la loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les Collemboles des autres groupes tels que les Acariens, les Araignées, les Pseudoscorpions, les larves et adultes de petits insectes. Une fois tous les Collemboles sont séparés des autres Microarthropodes, on procède à un premier comptage sous loupe binoculaire. Le premier comptage permet de déterminer le nombre total d'individus de Collemboles présents dans un échantillon. Le deuxième comptage ne survient qu'après l'identification des Collemboles au niveau du genre ou de la famille. On manipule les Collemboles, pour le tri ou le dénombrement avec la brosse de Cassagnau composée d'une tige en matière plastique très fine (1,5 mm) montée sur un mandrin métallique.

5- Préparation et observation

Pour permettre une étude précise, les Collemboles doivent être dégraissés, étendus et éclaircis.

5.1- Fixation

L'alcool éthylique froid humidifie mal les animaux, et l'on a souvent des difficultés à les immerger, ensuite ils macèrent et la préparation n'est pas bonne. Pour tuer l'animal, il est ensuite recommandé d'utiliser un liquide dégraissant et légèrement fixateur, pour cela Gisin (1960) propose la composition suivante :

- Alcool éthylique à 95°..... 75 ml
- Ether sulfurique..... 25 ml
- Acide acétique 3 ml
- Formol à 40% 0,3 ml

5.2- Eclaircissement

L'éclaircissement permet de débarrasser l'animal de tous les tissus internes et d'en conserver l'exosquelette chitino-protéique, afin de pouvoir en observer convenablement les détails de la chaetotaxie et d'autres caractères d'intérêt systématique. On procède à l'éclaircissement de quelques exemplaires dans de l'acide lactique à froid ou à chaud sur plaque chauffante jusqu'à parfaite extension de l'animal pour éviter son éclatement. L'inconvénient de l'acide lactique est de faire disparaître le pigment naturel des espèces.

D'autres milieux éclaircissants sont utilisés et leur utilisation a permis d'obtenir de meilleurs résultats (Jordana et al, 1997) cité par Hamra-Kroua (2005).

* Milieu éclaircissant de Nesbit qui se compose de:

- Hydrate de chloral 40 g
- Acide chlorhydrique 2,5 ml
- Eau distillée 25 ml

**Milieu éclaircissant du Chloral Lactophénol (milieu dangereux, à utiliser avec précaution):

- Hydrate de chloral 50 g
- Phénol cristallisé 50 g
- Acide lactique 25 ml

5.3- Montage et conservation

Après éclaircissement, les Collemboles sont débarrassés de leurs pigments et deviennent totalement transparents, parfois on procède à leur lavage dans l'eau distillée et l'alcool pour éliminer les excès du fixateur et autres impuretés. Le montage entre lame et lamelle dans le liquide de Hoyer s'effectue directement dans du liquide éclaircissant s'ils sont propres. Le liquide de Hoyer se compose de :

- Gomme arabique 30 g
- Hydrate de chloral 200 g
- Glycérine 20 ml
- Eau distillée 50 ml

La préparation du liquide de Hoyer doit être réalisée plusieurs jours avant son utilisation selon l'ordre suivant :

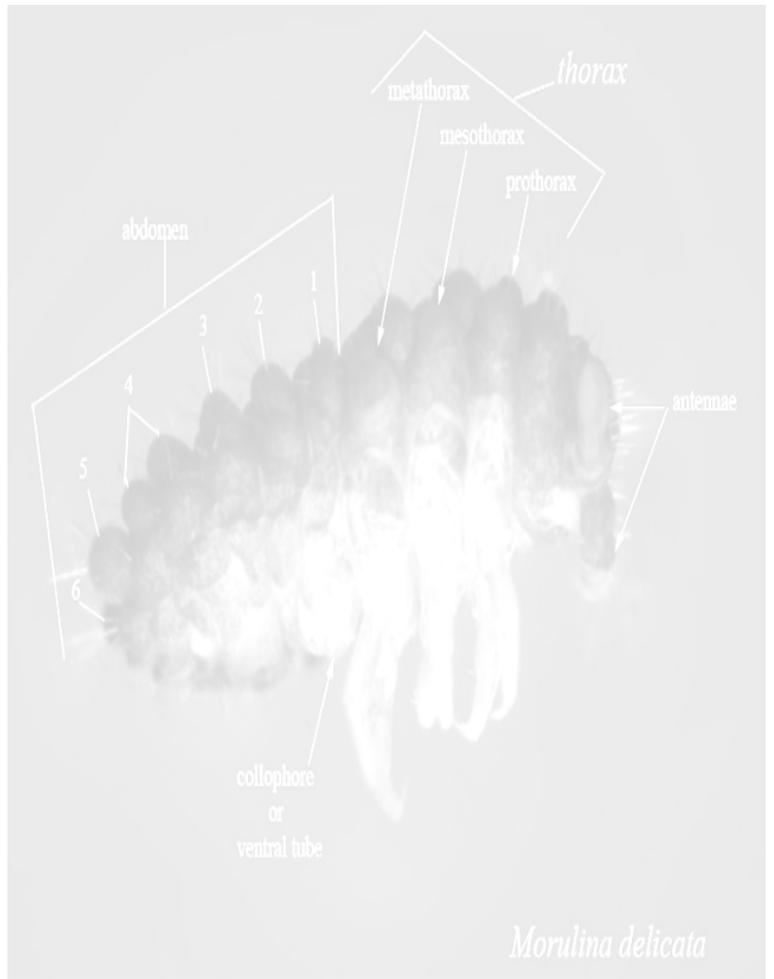
- 1- Triturer la gomme arabique dans un mortier pour la réduire en poudre
- 2- Faire dissoudre à froid le chloral dans l'eau distillée
- 3- Ajouter la gomme arabique en petite quantité
- 4- Homogénéiser avec un agitateur
- 5- Ajouter la glycérine
- 6- Une fois le mélange est fait, filtrer le liquide obtenu dans un tamis à mailles de 50 m.

Une fois le liquide de montage est prêt, on procède au montage proprement dit de l'animal :

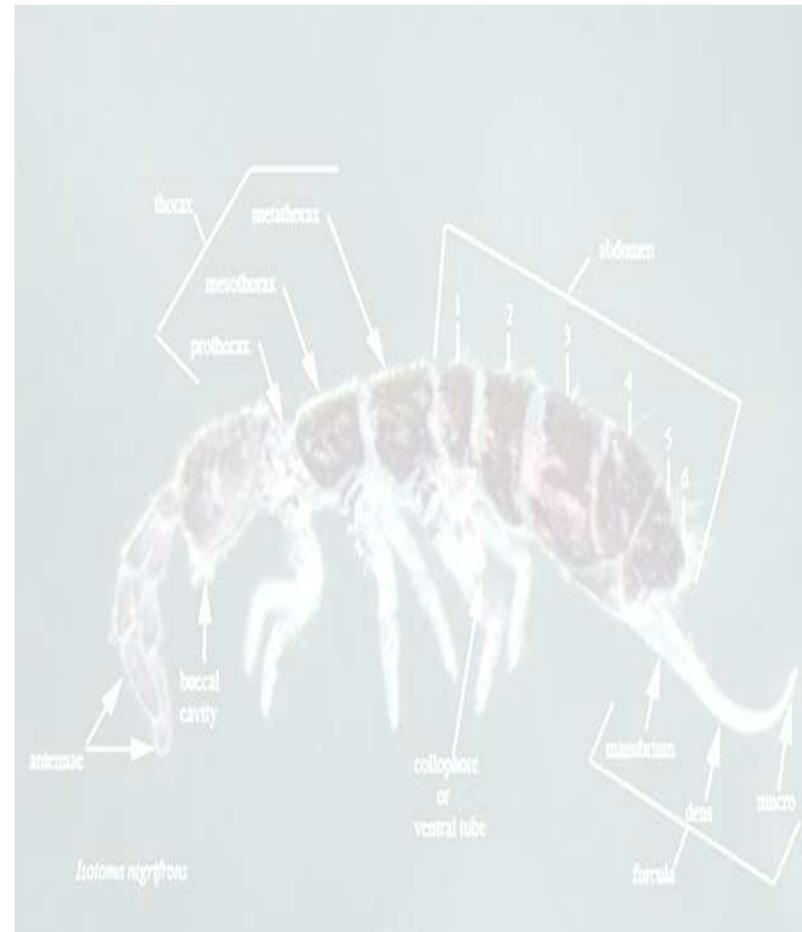
- On met une petite goutte de Hoyer au milieu de la lame pour qu'il ne déborde pas, on élimine l'excès avec un bout de buvard.
- On place l'animal éclairci et lavé au centre de la goutte du liquide et on l'enfonce jusqu'au contact de la lame.
- On recouvre le liquide et l'animal dedans avec la lamelle en la posant par un côté et en la rabattant lentement pour ne pas écraser l'animal et pour ne pas former des bulles d'air.
- Exercer sur la lamelle de très faibles mouvements pour orienter l'animal pour obtenir un meilleur angle de vue.
- Sécher la préparation dans une étuve à 50 °C
- On met parfois une petite goutte de liquide sur les bords de la lamelle pour compenser les rétractions.

6- Identification

L'identification se fait sous une loupe binoculaire à fort grossissement permettant d'observer les principaux caractères morphologiques spécifiques. Nous avons utilisé les clés dichotomiques de Gisin (1960), Bretfeld (1999), Jordana et Arbea (1989) et celles trouvées sur le site www.collembola.org. L'identification au niveau de l'espèce a été réalisée par Mr Hamra-Kroua, Université de Constantine et Mr Ait Mouloud Université de Tizi Ouzou.



Résultats



III- RESULTATS

1- Composition faunistique des Collemboles

Tableau 9 : Liste des espèces identifiées par prélèvement.

Familles et espèces	Présence par sortie							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I.- PODUROMORPHA Börner, 1913								
1.- HYPOGASTRURIDAE Börner 1913								
1. <i>Ceratophysella denticulata</i> Bagnall, 1941	x							
2. <i>Ceratophysella gibbosa</i> Bagnall, 1940	x							
3. <i>Ceratophysella armata</i> Nicolet, 1841						x		
4. <i>Hypogastrura sp</i>	x	x				x	x	
2.- ODONTELLIDAE Deharveng, 1982								
5. <i>Xenyllodes armatus</i> Axelson, 1903	x							
6. <i>Superodontella lamellifera</i> Axelson, 1903	x							
3.- BRACHYSTOMELLIDAE Stach, 1949								
7. <i>Brachystomella parvula</i> Schäffer, 1816		x	x	x	x			
4.- NEANURIDAE Cassagnau, 1955								
a.- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967								
8. <i>Friesea sp1</i>	x	x	x		x	x	x	
9. <i>Friesea sp2</i>		x						
b.- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1901								
10. <i>Bilobella aurantiaca</i> Caroli, 1912	x	x	x	x	x			
11- <i>Neanurinae sp.</i>				x	x			
c.- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906								
12. <i>Pseudachorutes sp.</i>			x	x	x			
13. <i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	x	x					x	
5.- ONYCHIURIDAE Börner, 1913								
14. <i>Protaphorura armata</i> Tullberg, 1869	x			x	x		x	
15. <i>Onychiurus sp.</i>	x							
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913								
6.- ISOTOMIDAE Börner, 1913								
16. <i>Desoria olivacea</i> Tullberg, 1871	x							

17. <i>Cryptopygus thermophilus</i> Axelson, 1900	x	x						
18. <i>Cryptopygus</i> sp.					x			
19. <i>Folsomia quadrioculata</i> Tullberg, 1871				x			x	
20. <i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1896	x						x	x
21. <i>Isotomurus maculatus</i> Schäffer, 1896	x							
22. <i>Isotomurus balteatus</i> Reuter, 1876		x			x			
23. <i>Isotomurus unifasciatus</i> Börner, 1901				x	x			
24. <i>Isotomurus palustris</i> Müller, 1776	x				x			
25. <i>Parisotoma notabilis</i> Schäffer, 1896		x	x	x	x	x	x	x
26. <i>Proisotoma minuta</i> Tullberg, 1871					x			
27. <i>Pseudanurophorus isotoma</i> Börner, 1903	x							
7.- ENTOMOBRYIDAE Tömösvary, 1882								
28. <i>Entomobrya albocincta</i> Templeton, 1835	x							
29. <i>Entomobrya multifaciata</i> Tullberg, 1871		x	x	x	x	x	x	x
30. <i>Entomobrya</i> sp.			x		x	x	x	x
31. <i>Heteromurus major</i> Moniez, 1889	x	x						
32. <i>Heteromurus nitidus</i> Templeton, 1835	x		x					x
33. <i>Lepidocyrtus curvicollis</i> Bourlet, 1839	x		x	x				
34. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871		x	x	x				
35. <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> Gmelin, 1788			x		x			
36. <i>Lepidocyrtus</i> sp	x	x			x		x	x
III. SYMPHYPLEONA								
8.- ARRHOPALITIDAE Richards, 1968								
37. <i>Arrhopalites acantophtalmus</i> Gisin, 1958			x	x				
38. <i>Arrhopalites</i> sp		x			x	x	x	
9.- BOURLETIELLIDAE								
39. <i>Bourletiella</i> sp.				x				
10.- DICYRTOMIDAE Börner, 1906								
40. <i>Dicyrtomina minuta</i> Fabricius O, 1783		x						
41. <i>Dicyrtomina ornata</i> Nicolet, 1842					x			
11.- KATIANNIDAE Börner, 1913								
42. <i>Sminthurinus elegans</i> Fitsch, 1863		x	x	x	x	x	x	
43. <i>Sminthurinus niger</i> Lubbock, 1868	x	x	x	x	x	x		x

44. <i>Sminthurinus sp.</i>		x						
12.- SMINTHURIDIDAE Börner, 1906								
45. <i>Sphaeridia pumilis</i> Krausbauer, 1898		x	x	x	x	x	x	x
46. <i>Sminthurides aquaticus</i> Bourlet, 1843	x							
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896								
13.- NEELIDAE Folsom, 1896								
47. <i>Neelus murinus</i> Folsom, 1896				x	x			
Nombre total d'espèces / prélèvement	24	20	16	17	22	10	13	8

Sur un ensemble de 8380 individus, nous avons trouvé 47 espèces de Collemboles réparties sur 29 genres appartenant à 13 familles se distribuant sur 4 ordres :

- Ordre des Poduromorpha

Cet ordre représente 31,91% des espèces identifiées (Fig.14), soit 15 espèces réparties sur 11 genres appartenant à 5 familles (Fig.15).

° famille des **Hypogastruridae** est représentée par 4 espèces réparties sur 2 genres, soit 26,66% du total des espèces identifiées des Poduromorphes.

° famille des **Odontellidae** est représentée par 2 espèces réparties sur 2 genres, soit 13,33% du total des espèces identifiées des Poduromorphes.

° famille des **Brachystomellidae** est représentée par 1 espèce répartie sur 1 genre, soit 6,66% du total des espèces identifiées des Poduromorphes.

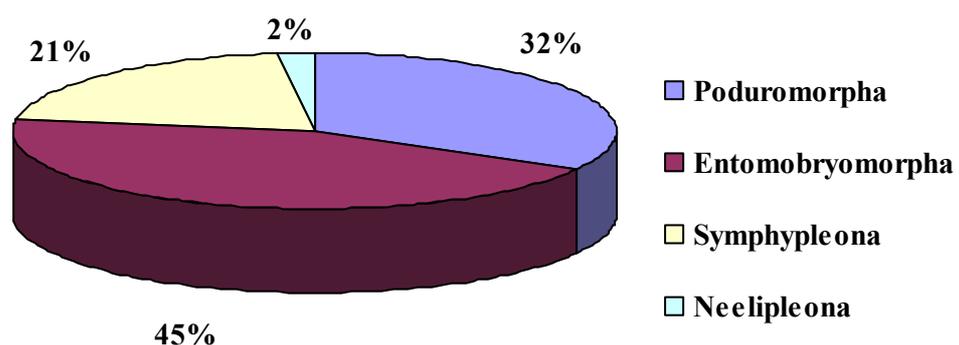


Fig.14 : Pourcentage de chaque ordre des Collemboles récoltés

° Famille des **Neanuridae** avec 3 sous familles et 6 espèces.

- sous famille des **Frieseinae** est représentée par 2 espèces réparties sur 1 genre, soit 13,33% du total des espèces identifiées des Poduromorphes.

- sous famille des **Neanurinae** est représentée par 1 espèce reconnue : *Bilobella aurantiaca*. Les autres espèces de cette sous famille sont notées *Neanurinae sp.*. L'ensemble des Neanurinae représente 13,33% du total des espèces identifiées parmi les Poduromorpha.

- sous famille des *Pseudochorutinae* est représentée par 2 espèces réparties sur 1 genre, soit 13,33% du total des espèces identifiées des Poduromorphes.

° Famille des **Onychiuridae** est représentée par 2 espèces réparties sur 2 genres, soit 13,33% du total des espèces identifiées des Poduromorphes.

- **Ordre des Entomobryomorpha**

Cet ordre représente 44,68% des espèces identifiées (Fig.14), soit 21 espèces réparties sur 11 genres appartenant à 2 familles (Fig.15).

° famille des **Isotomidae** est représentée par 12 espèces réparties sur 8 genres, soit 57,14% du total des espèces identifiées des Entomobryomorphes.

° famille des **Entomobryidae** est représentée par 9 espèces réparties sur 3 genres, soit 42,85% du total des espèces identifiées des Entomobryomorphes.

- **Ordre des Symphypleona**

Cet ordre représente 21,27% des espèces identifiées (Fig.14), soit 10 espèces réparties sur 6 genres appartenant à 5 familles (Fig.15).

° famille des **Arrhopalitidae** est représentée par 2 espèces réparties sur 1 genre, soit 20% du total des espèces identifiées des Symphypleones.

° famille des **Bourletiellidae** est représentée par 1 espèce répartie sur 1 genre, soit 10% du total des espèces identifiées des Symphypleones.

° famille des **Dicyrtomidae** est représentée par 2 espèces réparties sur 1 genre, soit 20% du total des espèces identifiées des Symphypleones.

° famille des **Katiannidae** est représentée par 3 espèces réparties sur 1 genre, soit 30% du total des espèces identifiées des Symphypleones.

° famille des **Sminthurididae** est représentée par 2 espèces réparties sur 2 genres, soit 20% du total des espèces identifiées des Symphypleones.

- **Ordre des Neelipleona**

Cet ordre représente 2,12% des espèces identifiées (Fig.14), soit 1 espèce répartie sur 1 genre appartenant à 1 famille (Fig.15).

° famille des **Neelidae** est représentée par 1 seule espèce: *Neelus murinus*

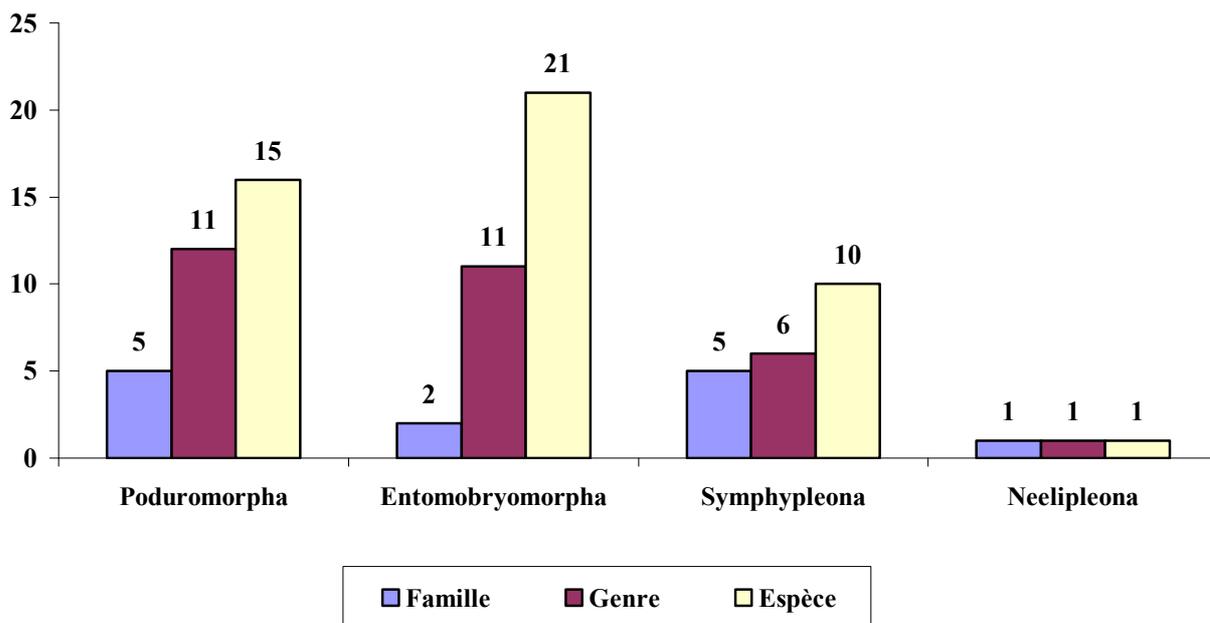


Fig.15: Répartition des espèces sur les genres et les familles de Collemboles.

2- Statut et biogéographie des espèces de Collemboles

Nous donnons dans le tableau 10, le statut et l'appartenance biogéographique des espèces trouvées dans la région de Belezma.

Tableau 10 : Statut et appartenance biogéographique des espèces récoltées

Familles et espèces	Statut	Biogéographie
I.- PODUROMORPHA		
1.- Hypogastruridae		
1. <i>Ceratophysella denticulata</i>	*, +	Large répartition
2. <i>Ceratophysella gibbosa</i>	*, +	Européenne
3. <i>Ceratophysella armata</i>	*, +	Large répartition
4. <i>Hypogastrura sp</i>	Indéterminée	Indéterminée
2.- Odontellidae		
5. <i>Xenyllodes armatus</i>	*, +	Large répartition
6. <i>Superodontella lamellifera</i>	*, +	Large répartition
3. -Brachystomellidae		
7. <i>Brachystomella parvula</i>	*, +	Cosmopolite
4. - Neanuridae		

a.- Sous-famille : Frieseinae		
8. <i>Friesea sp1</i>	Indéterminée	Indéterminée
9. <i>Friesea sp2</i>	Indéterminée	Indéterminée
b.- Sous-famille : Neanurinae		
10. <i>Bilobella aurantiaca</i>	*,+	Euro-Méditerranéenne
11. <i>Neanurinae sp.</i>	Indéterminée	Indéterminée
c.-Sous-famille: Pseudachorutinae		
12. <i>Pseudachorutes sp.</i>	Indéterminée	Indéterminée
13. <i>Pseudachorutes parvulus</i>	*,+	Holarctique
5.- Onychiuridae		
14. <i>Protaphorura armata</i>	*,+	Large répartition
15. <i>Onychiurus sp.</i>	Indéterminée	Indéterminée
II.- ENTOMOBRYOMORPHA		
6.- Isotomidae		
16. <i>Desoria olivacea</i>	*,+	Holarctique
17. <i>Cryptopygus thermophilus</i>	*,+	Cosmopolite
18. <i>Cryptopygus sp.</i>	Indéterminée	Indéterminée
19. <i>Folsomia quadrioculata</i>	*,+	Large répartition
20. <i>Isotomiella minor</i>	*,+	Large répartition
21. <i>Isotomurus maculatus</i>	*,+	Large répartition
22. <i>Isotomurus balteatus</i>	*,+	Large répartition
23. <i>Isotomurus unifasciatus</i>	*,+	Large répartition
24. <i>Isotomurus palustris</i>	*,+	Large répartition
25. <i>Parisotoma notabilis</i>	*,+	Cosmopolite
26. <i>Proisotoma minuta</i>	*,+	Large répartition
27. <i>Pseudanurophorus isotoma</i>	*,+	Euro-Méditerranéenne
7.- Entomobryidae		
28. <i>Entomobrya albocincta</i>	*,+	Holarctique
29. <i>Entomobrya multifaciata</i>	*,+	Large répartition
30. <i>Entomobrya sp.</i>	Indéterminée	Indéterminée
31. <i>Heteromurus major</i>	Indéterminée	Indéterminée
32. <i>Heteromurus nitidus</i>	*,+	Holarctique

33. <i>Lepidocyrtus curvicollis</i>	*,+	Holarctique
34. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	*,+	Large répartition
35. <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	*,+	Holarctique
36. <i>Lepidocyrtus sp</i>	Indéterminée	Indéterminée
III. SYMPHYPLEONA		
8.- Arrhopalitidae		
37. <i>Arrhopalites acantophthalmus</i>	*,+	Large répartition
38. <i>Arrhopalites sp</i>	Indéterminée	Indéterminée
9.- Bourletiellidae		
39. <i>Bourletiella sp.</i>	Indéterminée	Indéterminée
10.- Dicyrtomidae		
40. <i>Dicyrtomina minuta</i>	*,+	Large répartition
41. <i>Dicyrtomina ornata</i>	*,+	Européenne
11.- Katiannidae		
42. <i>Sminthurinus elegans</i>	*,+	Holarctique
43. <i>Sminthurinus niger</i>	*,+	Large répartition
44. <i>Sminthurinus sp.</i>	Indéterminée	Indéterminée
12.- Sminthurididae		
45. <i>Sphaeridia pumilis</i>	*,+	Large répartition
46. <i>Sminthurides aquaticus</i>	*,+	Large répartition
IV.- NEELIPLEONA		
13.- Neelidae		
47. <i>Neelus murinus</i>	*,+	Large répartition

(*) Connue d'Algérie, (+) Nouvelle pour Belezma,

Toutes les espèces citées dans le tableau précédent sont déjà signalées en Algérie mais toutes sont nouvelles pour la région de Belezma. Presque la majorité des espèces sont à large répartition viennent ensuite les espèces indéterminées, holarctiques, cosmopolites, européennes et les espèces euro méditerranéennes.

3. Statut taxonomique des espèces récoltées

Nous représentons dans la figure 16 le statut de l'ensemble des espèces trouvées dans les dans la litière du Chêne vert dans le parc de Belezma.

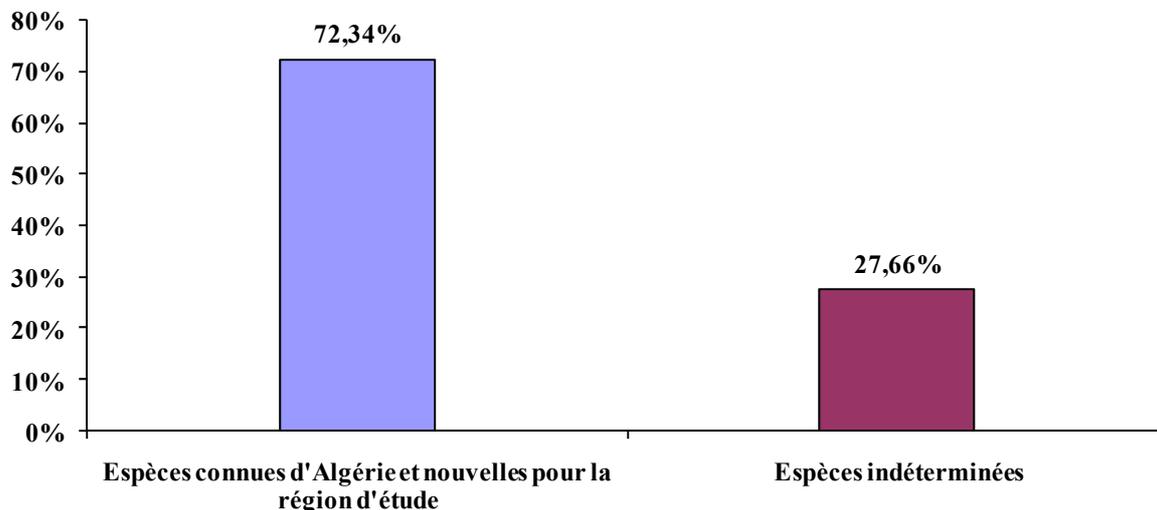


Fig. 16 : Statut des espèces trouvées dans le parc de Belezma en pourcentage (%)

Il ressort de la figure 16 que sur un total de 47 espèces trouvées, 72,34 % sont identifiées et reconnues. Ces 34 espèces sont déjà connues d'Algérie (*) mais sont nouvelles pour la région d'étude (+). Le reste soit, 13 espèces représentant 27,66 %, leur statut demeure "indéterminé" en raison de leur non identification au niveau de l'espèce.

4. Distribution biogéographique

Nous représentons dans la figure 17 l'appartenance biogéographique en pourcent (%) des espèces rencontrées dans la région d'étude.

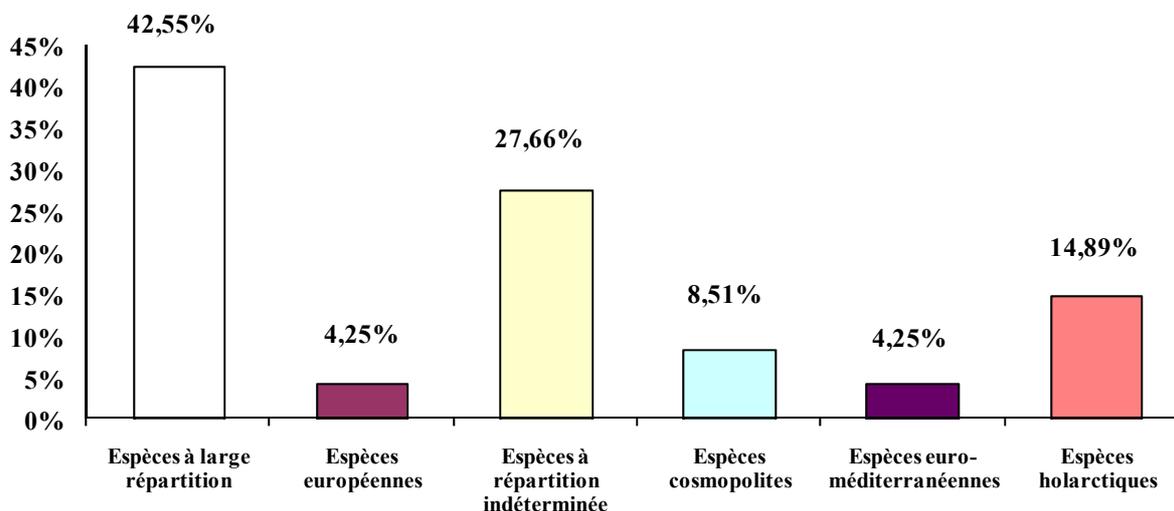


Fig. 17 : Distribution biogéographique des espèces récoltées dans la région d'étude.

***Espèces à large répartition :** Un total de 20 espèces, soit, 42,55% du nombre total d'espèces trouvées dans la région d'étude: *Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella armata*, *Xenyllodes armatus*, *Superodontella lamellifera*, *Protaphorura armata*, *Folsomia quadrioculata*, *Isotomiella minor*, *Isotomurus maculatus*, *Isotomurus balteatus*, *Isotomurus unifasciatus*, *Isotomurus palustris*, *Proisotoma minuta*, *Entomobrya multifaciata*, *Lepidocyrtus cyaneus*, *Arrhopalites acantophthalmus*, *Dicyrtomina minuta*, *Sminthurinus niger*, *Sphaeridia pumilis*, *Sminthurides aquaticus*, *Neelus murinus*.

***Espèces européennes :** Elles sont 2 espèces : *Ceratophysella gibbosa* et *Dicyrtomina ornata*, soit, 4,25% du total des espèces.

***Espèces à répartition indéterminée :** Elles sont 13 espèces : *Hypogastrura sp*, *Friesea sp1*, *Friesea sp2*, *Neanurinae sp*, *Pseudachorutes sp*, *Onychiurus sp*, *Cryptopygus sp*, *Entomobrya sp*, *Heteromurus major*, *Lepidocyrtus sp*, *Arrhopalites sp*, *Bourletiella sp*, *Sminthurinus sp*. Cette catégorie d'espèces représente 27,66% du total d'espèces.

***Espèces cosmopolites :** Elles sont 4 espèces : *Brachystomella parvula*, *Cryptopygus thermophilus*, *Parisotoma notabilis*, *Heteromurus major*. Soit l'équivalent de 8,51% du total d'espèces.

***Espèces euro-méditerranéennes :** Deux espèces : *Bilobella aurantiaca* et *Pseudanurophorus isotoma*, soit, 4,25%, du nombre total d'espèces trouvées dans la région d'étude.

***Espèces holarctiques :** Sept espèces : *Pseudachorutes parvulus*, *Desoria olivacea*, *Entomobrya albocincta*, *Heteromurus nitidus*, *Lepidocyrtus curvicollis*, *Lepidocyrtus lanuginosus*, *Sminthurinus elegans*, soit, 14,89% du total d'espèces récoltées.

Dans l'ensemble, presque la moitié de la faune Collembologique rencontrée dans la région d'étude est à large répartition (42,55%). Le reste, soit, 59,56% sont respectivement : holarctiques (14,89%), cosmopolites (8,51%), européennes (4,25%), 4,25% sont euro-méditerranéennes et le quart du total récolté est indéterminé, soit 27,66%.

5- Abondance et structure du peuplement

5.1- Abondance

Sur les 8 sorties, nous avons récolté un total de 8380 individus Collemboles dans la parcelle d'étude. Le tableau 11, donne le nombre total d'individus extraits des 80 échantillons de litière pour chacun des 8 prélèvements, l'abondance moyenne /espèce et l'abondance relative / espèce (%), écart-type (s) et l'erreur de l'abondance moyenne/espèce : $s_{Me} = s/\sqrt{n}$.

Tableau 11 : Totaux, moyenne et abondance relative des effectifs d'espèces de Collemboles.

Espèces	Somme	Moy./éch.	AR %	Variance	Ecart-type	Erreur
CDE	99	1,24	1,18	1225,1	35,0018	12,375
CGI	11	0,14	0,13	15,1	3,8891	1,375
CAR	6	0,08	0,07	4,5	2,1213	0,75
Hsp	157	1,96	1,87	846,8	29,1005	10,2886
XAR	11	0,14	0,13	15,1	3,8891	1,375
SLA	7	0,09	0,08	6,1	2,4749	0,875
BPA	184	2,30	2,20	1086	32,9545	11,6512
Fsp1	186	2,33	2,22	1443,1	37,9878	13,4307
Fsp2	5	0,06	0,06	3,1	1,7678	0,625
BAU	229	2,86	2,73	2843,4	53,3236	18,8528
Nsp	146	1,68	1,74	1543,4	39,2856	13,8896
PPA	86	1,08	1,03	590,8	24,3061	8,5935
Psp	313	3,91	3,74	5081,6	71,285	25,2031
PAR	108	1,35	1,29	631,4	25,1282	8,8842
Osp	4	0,05	0,05	2	1,4142	0,5
DOL	2	0,03	0,02	0,5	0,7071	0,25
HTH	13	0,16	0,16	14,8	3,8522	1,362
Csp	30	0,38	0,36	112,5	10,6066	3,75
IMI	16	0,20	0,19	20,3	4,504	1,5924
FQA	26	0,33	0,31	50,2	7,0862	2,5054
IMA	5	0,06	0,06	3,1	1,7678	0,625
IBA	30	0,38	0,36	62,2	7,8876	2,7887
IUN	6	0,08	0,07	1,9	1,3887	0,491
IPA	290	3,63	3,46	4505,4	67,122	23,7312
PNO	1634	20,43	19,50	67299,6	259,4217	91,7194
PMI	170	2,13	2,03	3612,5	60,1041	21,25
PIS	1	0,01	0,01	0,1	0,3536	0,125
EMU	274	3,43	3,27	1595,9	39,9491	14,1241
EAL	2	0,03	0,02	0,5	0,7071	0,25
Esp	190	2,38	2,27	3234,5	56,8727	20,1075
HMA	54	0,68	0,64	282,2	16,7992	5,9394
HNI	8	0,10	0,10	4,3	2,0702	0,7319
LCU	46	0,58	0,55	163,6	12,7923	4,5228
LCY	52	0,65	0,62	222,3	14,9092	5,2712
LLA	82	1,03	0,98	553,4	23,5235	8,3168
Lsp	16	0,20	0,19	5,4	2,3299	0,8238
AAC	18	0,23	0,21	31,4	5,5997	1,9798

Asp	13	0,16	0,16	6	2,4458	0,8647
DOR	2	0,03	0,02	0,5	0,7071	0,25
DMI	1	0,01	0,01	0,1	0,3536	0,125
SEL	205	2,56	2,45	872	29,5293	10,4402
SNI	68	0,85	0,81	67,1	8,1941	2,897
Ssp	2	0,03	0,02	0,5	0,7071	0,25
SPU	3498	43,73	41,74	335664,2	579,36	204,8366
SAQ	70	0,88	0,84	700	26,4575	10
Bsp	4	0,05	0,05	2	1,4142	0,5
NMU	6	0,08	0,07	2,2	1,488	0,5261
Total général	8380					
Moyenne générale / espèce		2,23				

Somme: nombre total d'individus / espèce ; m/sp. : Moyenne / espèce ; AR : abondance relative / espèce (%);
s: écart-type; erreur à la moyenne : $S_{Me}=s/\sqrt{n}$;

Nous représentons dans la figure 18 l'abondance moyenne / espèce et son erreur-type pour l'ensemble des huit sorties.

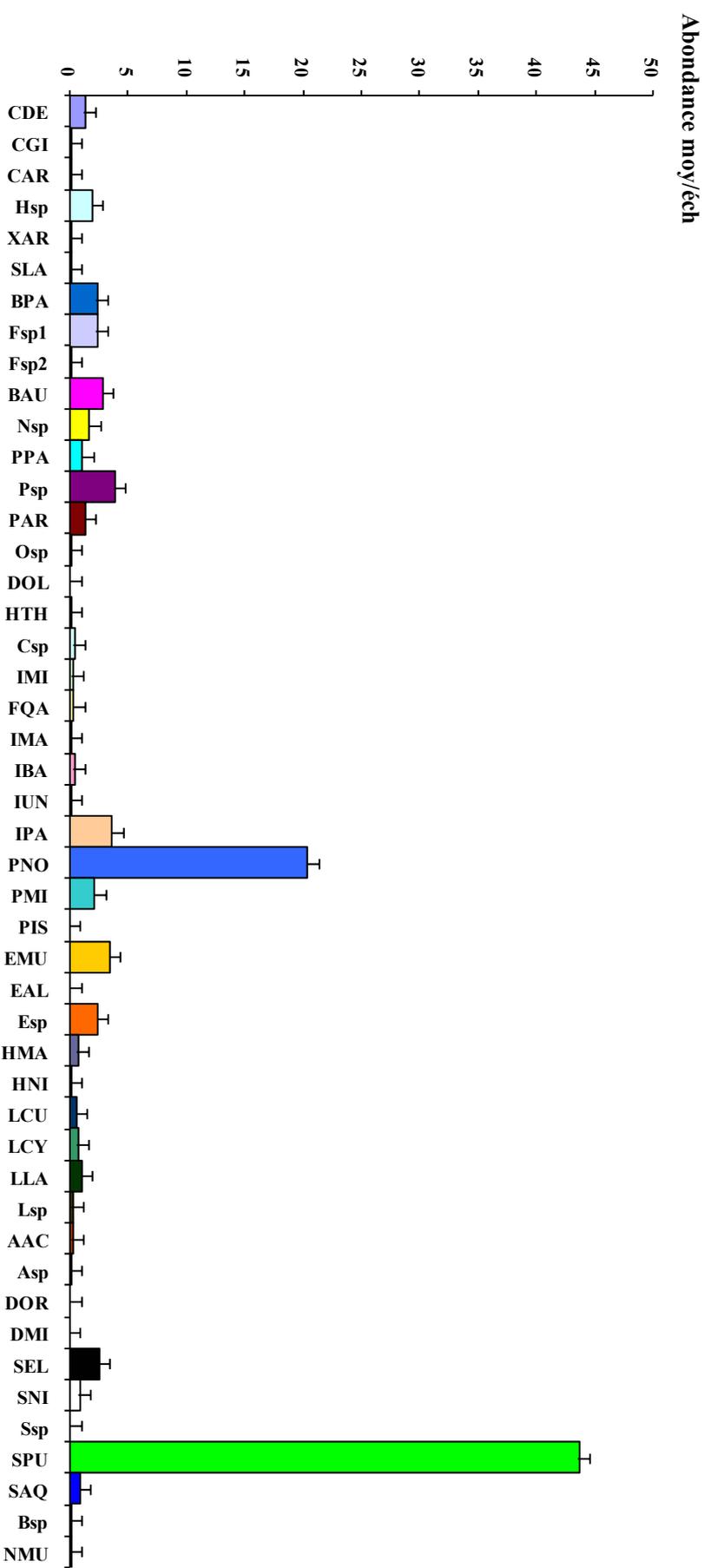


Figure 18 : Abondance moyenne / espèce et son erreur-type des huit sorties.

On peut observer dans la figure 18, que le pic de la plus forte abondance moyenne est celle de *Sphaeridia pumilis* avec une moyenne de l'ordre de 43,73 individus ce qui représente 41,74% du total dénombré. L'abondance moyenne la plus faible correspond à celle de *Dicyrtomina minuta* et *Pseudanurphorus isotoma* avec 0,01 individus, ce qui correspond à une abondance relative de l'ordre de 0,01 % du total Collemboles récolté. Les abondances moyennes des 8 sorties présentent une distribution autour de la moyenne générale (2,23 individus) où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs:

- des abondances moyennes se situant au-dessus de la moyenne totale, elles correspondent à 10 espèces : *Brachystomella parvula*, *Friesea sp1*, *Bilobella aurantiaca*, *Pseudachorutes sp*, *Isotomurus palustris*, *Parisotoma notabilis*, *Entomobrya multifaciata*, *Entomobrya sp*, *Sminthurinus elegans* et *Sphaeridia pumilis*.
- des abondances se situant au-dessous de la moyenne totale, elles correspondent à 37 espèces.

5.2- Distribution et couverture spatiales

L'abondance totale ou moyenne peut masquer la position écologique réelle des espèces dans la nature au niveau de l'échantillon. Afin de classer les 47 espèces selon le rang occupé dans les 80 échantillons prélevés, nous avons appliqué les tests non paramétriques selon le logiciel Statistica version 6 de StatSoft Inc., 1984-2002 pour calculer les paramètres suivants:

a- ANOVA de Friedman qui étudie les différences entre les rangs qu'une espèce occupe dans différents échantillons.

b- Coefficient de concordance de Kendall qui permet de comparer les différents prélèvements d'un même biotope du point de vue dominance.

Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont significatives ($N = 79$, $dll = 46$; $\chi^2 = 103,1937$; $p < 0,00000$). La valeur du coefficient de concordance de Kendall ($W = 0,32048$) ; rang moyen ($r = 0,21$), ce qui indique une dominance inférieure à la moyenne (0,50).

Les valeurs des caractéristiques écologiques du peuplement ont été estimées par les indices suivants :

a- Coefficient de distribution spatiale – agrégation : $\lambda^2 = s^2/\bar{x}$ ou variance relative (Debauche 1958).

b- Distribution spatiale-couverture : $IA = s_{\bar{x}}/\bar{x} = s/\bar{x}\sqrt{n}$, ou indice de Cancela da Fonseca (1966). Où $s_{\bar{x}}$ est l'erreur standard de la moyenne, \bar{x} est la moyenne, s l'écart type, n le nombre d'échantillons.

Cet indice mesure le degré d'asymétrie de la distribution, donc de la tendance de l'espèce à la formation de tâches, c'est-à-dire il mesure le degré de couverture du biotope par l'espèce. L'indice d'agrégation choisi, est plutôt un indice de couverture spatiale; outre le nombre et l'intensité des agrégats, il est en rapport, en plus, avec le nombre de prélèvements vides.

Tableau 12: Rang, effectif moyen/espèce décroissants et types d'agrégation (λ^2 et IA) des espèces de Collemboles pour les 3 mois de l'étude.

Espèces	Rang	Moyenne	$\lambda^2 = s^2/\bar{x}$	IA $IA = s_{\bar{x}}/\bar{x} = s/\bar{x}\sqrt{n}$
CDE	20,00	12,38	32,74	0,30
CGI	18,86	1,38	3,63	0,30
CAR	18,64	0,75	1,98	0,29
Hsp	29,29	19,63	28,00	0,15
XAR	18,86	1,38	3,63	0,30
SLA	18,57	0,88	2,31	0,30
BPA	29,57	23,00	31,80	0,15
Fsp1	35,93	23,25	36,30	0,17
Fsp2	18,79	0,63	1,64	0,30
BAU	33,57	28,63	50,57	0,19
Nsp.	31,36	18,25	37,03	0,22
PPA	26,14	10,75	22,87	0,23
Psp	26,43	39,13	67,68	0,19
PAR	29,00	13,50	23,83	0,19
Osp	18,00	0,50	1,32	0,30
DOL	17,50	0,25	0,66	0,29
HTH	21,43	1,63	3,61	0,25
Csp	19,07	3,75	9,92	0,30
IMI	21,86	2,00	4,17	0,27
FQA	21,14	3,25	6,67	0,23
IMA	18,14	0,63	1,64	0,30
IBA	22,50	3,75	7,44	0,22
IUN	20,14	0,75	1,30	0,19
IPA	24,64	36,25	63,68	0,19

PNO	38,50	204,25	241,04	0,15
PMI	19,79	21,25	56,22	0,30
PIS	17,07	0,13	0,26	0,30
EMU	36,93	34,25	39,27	0,12
EAL	17,50	0,25	0,66	0,29
Esp	27,93	23,75	52,95	0,26
HMA	22,64	6,75	15,76	0,26
HNI	19,50	1,00	8,81	0,19
LCU	23,00	5,75	11,84	0,27
LCY	24,71	6,50	14,02	0,24
LLA	22,93	10,25	22,13	0,24
Lsp	26,50	2,00	2,18	0,13
AAC	20,79	2,25	5,26	0,26
Asp	26,29	1,63	2,36	0,15
DOR	18,29	0,25	0,66	0,29
DMI	17,43	0,13	0,26	0,30
SEL	36,43	25,63	29,19	0,11
SNI	35,00	8,50	8,00	0,10
Ssp	17,86	0,25	0,66	0,29
SPU	41,86	437,25	562,56	0,13
SAQ	19,86	10,00	26,46	0,30
Bsp	17,71	0,50	1,32	0,30
NMU	20,07	0,75	1,40	0,20

La distribution spatiale de toutes les espèces est en agrégats, le coefficient de dispersion spatiale (λ^2) étant supérieur à 0 et varie de 0,26 pour *Dicyrtomina minuta* et *Pseudanurophorus isotoma*, à 562,56 pour *Sphaeridia pumilis*.

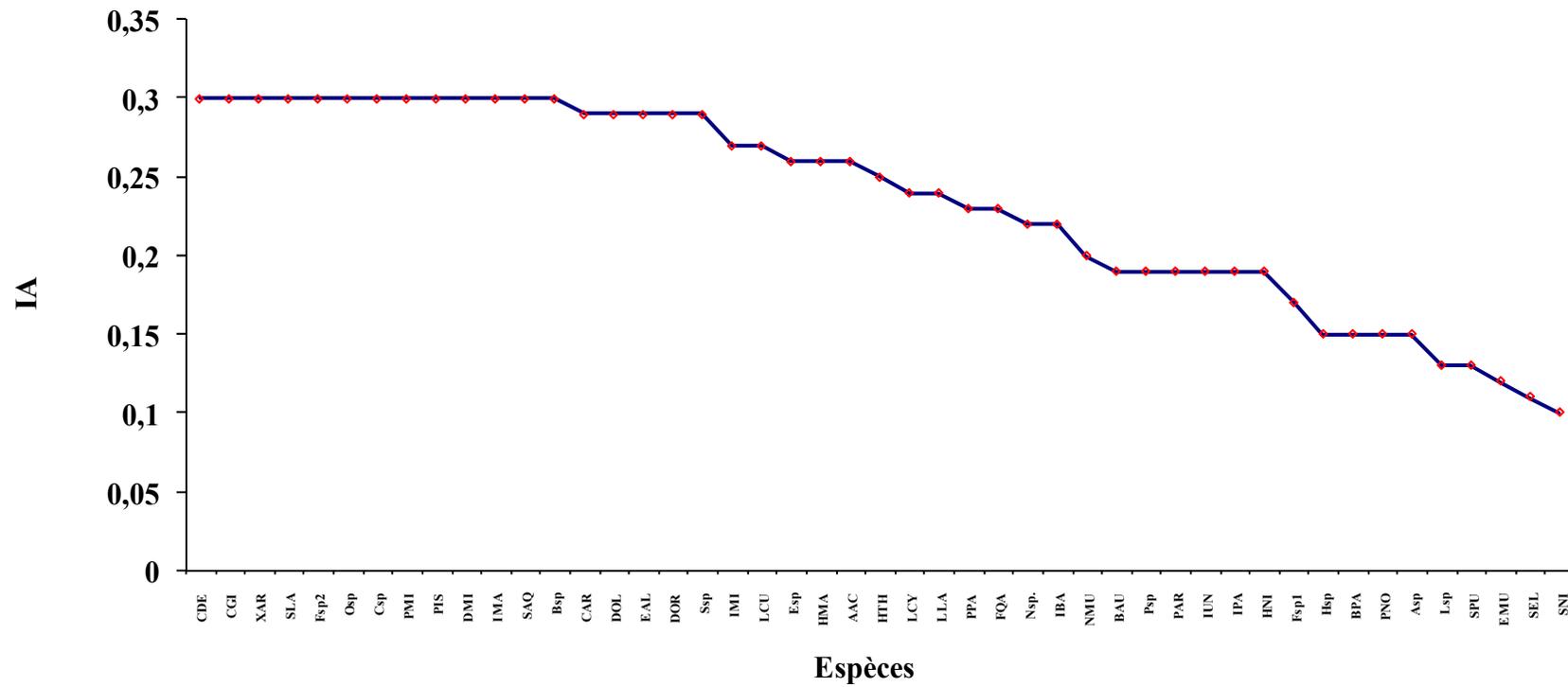


Figure 19: Indice d'agrégation-couverture spatiale de Cancela da Fonseca pour les espèces de Collemboles

L'indice d'agrégation ou indice de Cancela da Fonseca (I/A) varie de 0,10 à 0,30. Les valeurs les plus basses de l'indice correspondent à une couverture plus totale du biotope par l'espèce, c'est le cas de *Sminthurinus niger* (0,10), *Sminthurinus elegans* (0,11), *Sphaeridia pumilis* et *Lepidocyrtus sp* (0,13) ainsi que *Arrhopalites sp.* (0,15). Ces quatre espèces ont tendance à être présentes dans tous les prélèvements; elles couvrent le biotope mieux que les autres espèces. Les valeurs les plus élevées correspondent à des agrégations plus importantes et à un nombre plus élevé de prélèvements vides, c'est le cas de : *Entomobrya sp*, *Heteromurus major* et *Arrhopalites acantophthalmus* (0,26); *Isotomiella minor* et *Lepidocyrtus curvicillis* (0,27); *Ceratophysella armata*, *Desoria olivacea*, *Entomobrya albocincta*, *Dicyrtomina ornata* et *Sminthurinus sp* (0,29) et *Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella gibbosa*, *Xenyllodes armatus*, *Superodontella lamellifera*, *Friesea sp2*, *Onychiurus sp*, *Cryptopygus sp*, *Isotomurus maculatus*, *Proisotoma minuta*, *Pseudanurophorus isotoma*, *Dicyrtomina minuta*, *Sminthurides aquaticus* et *Bourletiella sp* (0,30). Ces quatre dernières espèces se concentrent dans quelques échantillons. Le reste des espèces se caractérise par des indices d'agrégation situés entre les extrêmes.

6- Structure du peuplement de Collemboles

L'analyse consiste à évaluer la structure générale du peuplement de Collemboles récoltés dans la zone d'étude. Nous donnons dans le tableau 13 les valeurs calculées de la diversité, la richesse spécifique, l'équitabilité et la dominance selon les expressions suivantes:

(a) $H' = -\sum P_i \ln P_i$. Indice de Shannon (1949)

(b) Richesse spécifique : $R = (S - 1) / \ln N$. Indice de Margalef (1957)

(c) Équitabilité: $J = H' / \ln S$. Indice de Pielou (1975)

(d) Dominance: $D = \sum P_i^2$. Indice de Simpson (1949)

$P_i = N_i / N$ l'abondance relative de l'espèce $i=1, 2, \dots, S$ le nombre d'espèces, et N nombre total d'individus.

Tableau 13 : Paramètres de la structure du peuplement des Collemboles

Sortie	Diversité H'	Richesse R	Equitabilité J	Dominance D
1	2,30	3,61	0,72	0,15
2	1,82	3,00	0,61	0,25
3	1,45	2,24	0,52	0,38
4	1,60	1,96	0,56	0,33
5	2,23	2,95	0,72	0,14
6	1,14	1,39	0,50	0,43
7	1,64	1,76	0,64	0,24
8	0,67	1,35	0,32	0,73
Moyenne	1,61	2,28	0,57	0,33

6.1- La diversité spécifique

La diversité du peuplement est calculée par l'indice de Shannon-Weaver (H') pour les huit sorties. La diversité moyenne est de l'ordre de 1,61. La plus faible diversité est observée à la fin du mois d'avril, soit 0,67. La plus forte diversité est enregistrée au mois de janvier, soit 2,30. La variation de la diversité spécifique est consignée dans la figure 20.

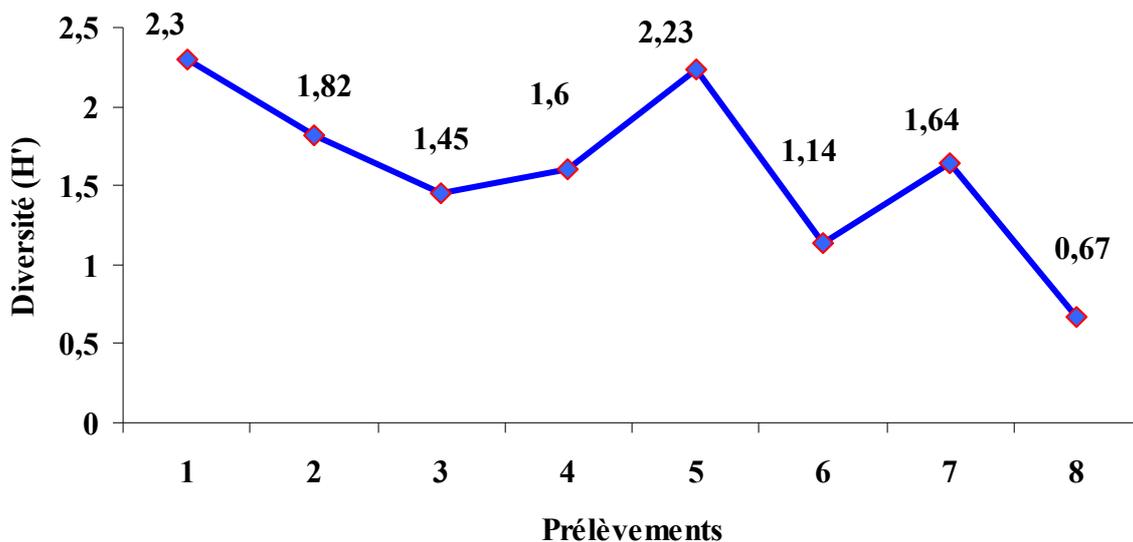


Fig.20 : La diversité spécifique (H') du peuplement de Collemboles litérols dans le parc de Belezma.

6.2-La richesse spécifique

La richesse totale caractéristique du peuplement est représentée par la figure 21. La richesse moyenne est de l'ordre de 2,28 bits. La plus faible richesse est observée à la fin du mois d'avril, soit 1,35 bits. La plus forte richesse est enregistrée au mois de janvier, soit, 3,61 bits.

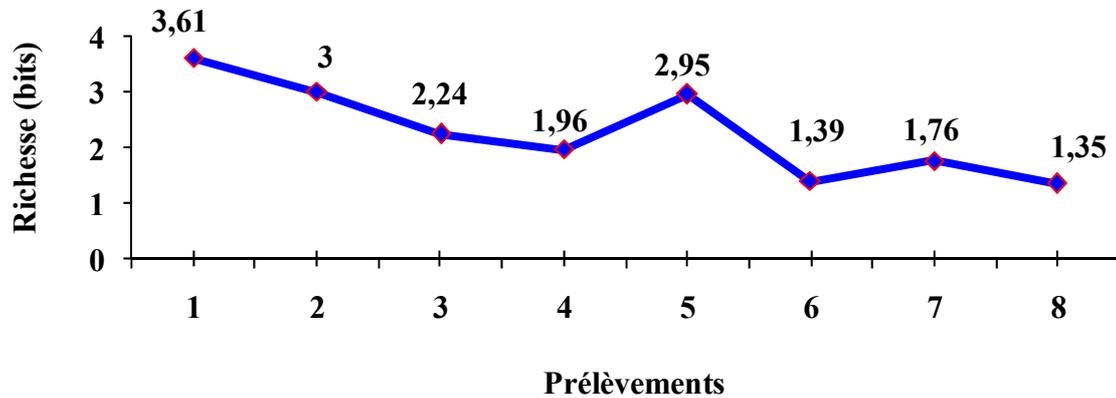


Fig.21 : Richesse spécifique du peuplement de Collemboles pour chaque sortie.

6.3-L'équitabilité

L'équitabilité sur l'ensemble du peuplement indique une variation en fonction des différentes périodes de prélèvement. L'équitabilité moyenne est de l'ordre de 0,57. La plus faible équitabilité est observée à la fin du mois d'avril, soit 0,32. La plus forte équitabilité est enregistrée au mois de janvier, et à la fin du mois de mars soit, 0,72. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 22.

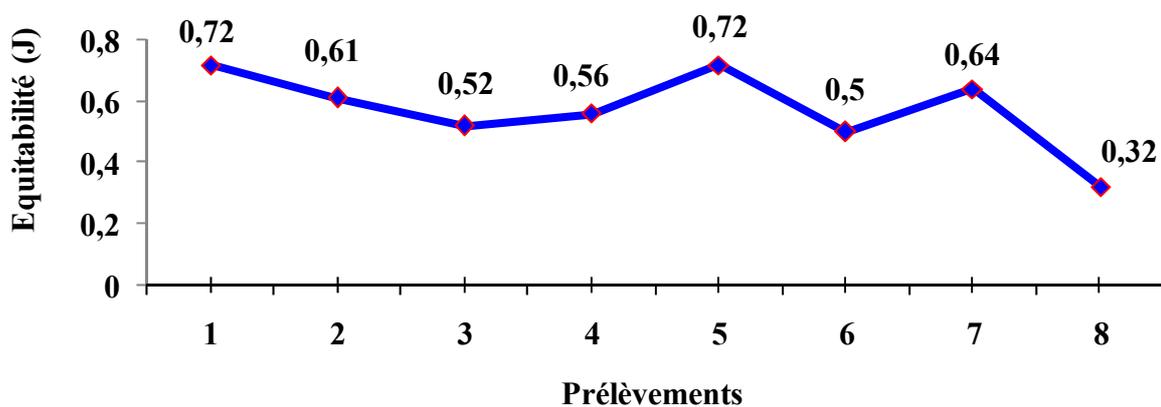


Fig.22 : L'équitabilité du peuplement de Collemboles pour chaque sortie

6.4- La dominance

La dominance sur l'ensemble du peuplement est calculée par la formule de (Simpson, 1949): $D=S (P_i^2)$. La dominance moyenne est de l'ordre de 0,33 bits. La plus faible dominance est observée à la fin du mois de mars, soit 0,14. La plus forte dominance est enregistrée à la fin du mois d'avril, soit, 0,73. La variation de la dominance est consignée dans la figure 23.

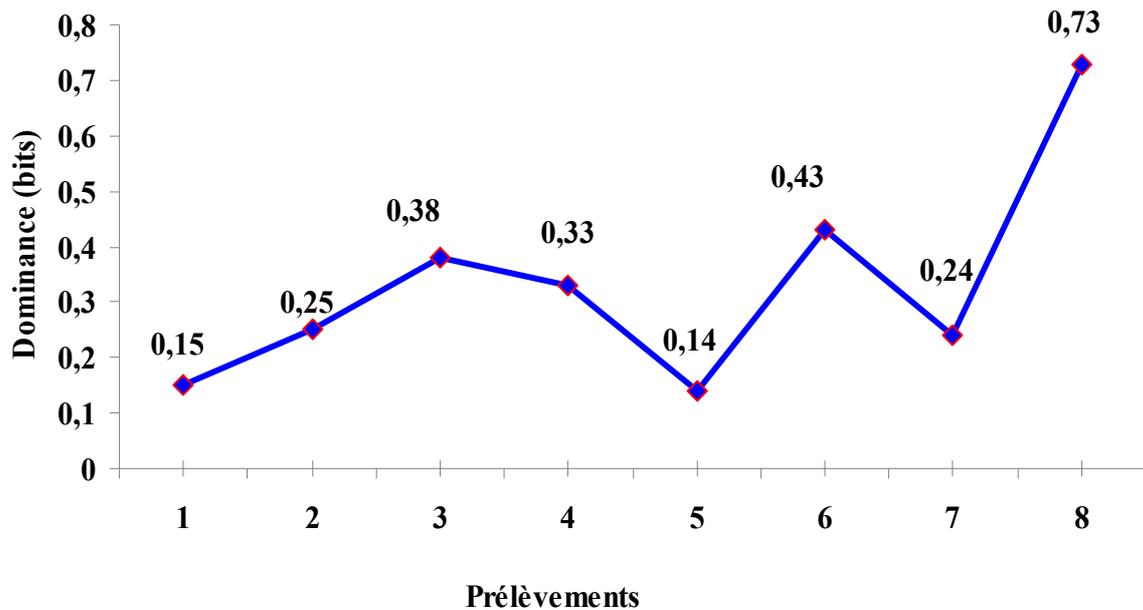


Fig.23: La dominance du peuplement de Collemboles pour les huit sorties.

Discussion

IV- Discussion et conclusion

1- Composition faunistique et statut taxonomique des espèces récoltées

La zone d'étude est prospectée pour la première fois, aucune étude n'a été réalisée avant notre travail. L'inventaire faunistique des Collemboles de cette région a donné 47 espèces sur un ensemble de 8380 individus récoltés la fin de janvier, les mois de mars et avril 2008 dans la litière du chêne vert.

Toutes les espèces récoltées et identifiées dans ce travail appartiennent aux quatre ordres de Collemboles. L'ordre des Entomobryomorphes est le plus dominant avec un taux de l'ordre de 44,68%. La famille des *Isotomidae* avec une part de l'ordre de 57,14% est la mieux représentée.

Sur le total d'espèces rencontrées dans la localité d'étude, 34 espèces reconnues, soit 72,34%, toutes ont été signalées en Algérie avant ce travail par Cassagnau, (1963); Thibaud et Massoud, (1980) et récemment par Hamra-Kroua, (2005), Ait Mouloud (2006) et Amri (2006).

Sur le plan statut taxonomique, l'ensemble des espèces rencontrées sont déjà connues d'Algérie. Nos résultats restent modestes comparés à ceux de Hamra-Kroua (2005) avec une liste de 118 espèces dans différentes localités de l'est algérien. De son côté Ait Mouloud (2006) donne une liste de 65 espèces récoltées dans la région de Tizi Ouzou. Ces différences peuvent être expliquées par le contexte écologique de chaque région d'étude.

Parmi les espèces trouvées à Belezma mais signalées auparavant pour la première fois en Algérie, on cite particulièrement:

1- *Ceratophysella gibbosa*, espèce cosmopolite largement répandue dans les régions paléarctique, néarctique, australienne, et méditerranéenne. Trouvée pour la première fois dans les mousses sur sol dans la forêt de Chêne zen à l'Edough (Hamra-kroua, 2005).

2- *Xenyllodes armatus*, espèce à large répartition en Europe, elle est citée aux Etats Unis. Vit en milieux forestiers humides. Trouvée pour la première fois par Hamra-Kroua (2005) dans la litière de Chên-zen à l'Edough et dans les débris végétaux brûlés humides d'une forêt de chêne-liège à Azzaba. Elle est nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

3- *Entomobrya albocincta* est répartie en Europe, Méditerranée, Macronésie et Iles Hawai. Vivant sur les souches d'arbres et de pierres. Nouvellement signalée en Algérie par Hamar-Kroua (2005) extraite de la litière de Pin maritime sur sable dunaire à El-Kala.

4- *Arrhopalites acantophthalmus*, trouvée pour la première fois en Kabylie (Ait Mouloud, 2006) dans une tourbière d'une forêt de Chêne Liège et de Chêne zen en dégradation. Nous l'avons trouvé dans la litière de Chên vert à Belezma.

5- *Sminthurinus elegans* espèce cosmopolite, très répandue du nord au sud de l'Europe et en Méditerranée. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord. Récoltée pour la première fois en Algérie dans les mousses au sol à l'Edough par Hamra-Kroua (2005).

6- *Neelus murinus* espèce cosmopolite, vivant souvent dans les grottes. Rencontrée pour la première fois en Algérie à l'Edough dans les mousses sur sol par Hamra-Kroua (2005).

Pour les *Neanuridae*, on note la présence de 6 espèces appartenant à trois des six sous familles connues. La diversité des *Neanuridae* est très faible comparée aux travaux antérieurs.

La sous famille des *Frieseinae* est représentée que par 2 espèces non encore identifiées. En Algérie on compte un total de 10 espèces du même genre, dont 8 à l'Edough (Hamra-Kroua (2005) et 1 seule espèce qui semble très localisée au massif de Djurdjura, Ait Mouloud (2006).

La sous famille des *Neanurinae* est surtout représentée par *Bilobella aurantiaca*. La présence de cette espèce à Belezma lui permet d'étendre son aire de l'Europe du Nord aux portes du Sahara (Atlas Saharien). Parmi les *Neanurinae*, probablement deux à trois autres espèces appartenant aux genres: *Protanura* et *Endonura* ont été récoltées. Leur identification nécessite une description détaillée pour en conclure sur leur statut taxonomique final.

Enfin la sous famille des *Pseudachorutinae* est représentée par deux espèces dont une d'elles est reconnue: *Pseudachorutes parvulus*, déjà signalée par Cassagnau (1963) à Annaba.

La famille des *Isotomidae* est caractérisée par la dominance du genre *Isotomurus* avec 4 espèces au sein du genre: *Isotomurus maculatus*, *Isotomurus balteatus*, *Isotomurus unifasciatus* et *Isotomurus palustris*. Deharveng et Lek (1993) rapportent que le genre *Isotomurus* bien que présent dans les régions tropicales et australes, est surtout répandu dans la zone holarctique, où il se montre extrêmement abondant dans les milieux humides de tous types.

La famille des *Entomobryidae* est représentée par trois genres *Entomobrya*, *Heteromurus* et *Lepidocurtys* avec respectivement 3 espèces, 2 espèces et 4 espèces.

L'ordre des Symphypleona avec 5 familles et 6 genres et 10 espèces: *Arrhopalitidae*, *Bourletiellidae*, *Dicyrtomidae*, *Katianidae* et *Sminthurididae* est mieux représenté dans notre station.

Enfin le dernier ordre des Neelipleona où l'on connaît à ce jour qu'une seule famille: *Neelidae*, celle-ci est représentée par une seule espèce à Belezma. (*Neelus murinus*).

Toutes les espèces trouvées sont nouvelles pour la région d'étude. Notons l'absence d'espèces endémiques, cette catégorie d'espèces est peut être présente parmi les espèces

marquées "indéterminé" (27,66 %), soit 13 espèces. C'est c'est une proportion importante, ce qui nous permet de s'attendre à un enrichissement de la faune du parc de Belezma.

La plupart des espèces indéterminées sont récoltées en un petit nombre, donc rares, ce qui peut indiquer probablement la présence d'espèces endémiques. C'est le cas à titre indicatif de quelques individus cités dans les tableaux 9 et 10 parmi *Neanurinae sp.* Cependant les premières observations anatomiques indiquent que quelques individus appartiennent plutôt aux genres *Endonura* et *Protanura*. La chétotaxie antennaire de quelques uns parmi les *Neanurinae sp.*, les rapproche beaucoup plus d'*Endonura portucalensis*, endémique du Portugal. Nos spécimens présentent un autre caractère anatomique tout à fait unique et rare chez les Collemboles connus. En effet on note l'absence de dents sur les mandibules qui sont remplacées par des cils. A ce jour, mis à part le cas de *Edoughnura rara* de l'Edough, aucune autre espèce ne possède cette particularité morphologique (Comm.pers. Deharveng, 2009). Ce qui montre à quel point la faune Collembologique de l'Algérie reste encore mal connue.

2- Biogéographie des espèces de Collemboles

Presque la moitié de la faune Collembologique rencontrée dans la région d'étude est à large répartition (42,55%). Le reste, soit, 59,56 % sont respectivement : holarctiques (14,89%), cosmopolites (8,51 %), européennes (4,25%) et 4,25% sont typiquement euro méditerranéennes.

En se référant aux études faunistiques antérieures notamment de Thibaud et Massoud (1880), de Hamra-Kroua (2005) et Ait Mouloud (2006) qui précisent le statut biogéographique de toutes les espèces de Collemboles du Maghreb et d'Algérie.

Hamra-Kroua (2005) trouve 25 espèces à large répartition, soit 22,12 % du total d'espèces dans différentes localités du Nord-est algérien. De son côté Ait Mouloud (2006) donne une proportion de 11,76 % (8 espèces) du total des espèces rencontrées dans quelques stations humides du Djurdjura. Dans quelques stations semi-arides de l'est algérien (Biskra, Tinsilt), Amri (2006) trouve une proportion de 18,18%, soit 8 espèces du total des espèces rencontrées.

Les espèces européennes sont au nombre de 2 espèces: *Ceratophysella gibbosa* et *Dicyrtomina ornata*. Elles représentent 4,25% du total des espèces. De son côté Hamra-Kroua (2005), donne une proportion de 15,04 % (17 espèces) et 5,88% (4 espèces) pour Ait Mouloud (2006) dans le massif de Djurdjura. Amri (2006) trouve une proportion de l'ordre de 9,09 % (4 espèces) dans la zone aride et semi aride de Biskra et Tinsilt.

Quatre espèces, soit, 8,51% sont des cosmopolites: *Brachystomella parvula*, *Cryptopygus thermophilus*, *Parisotoma notabilis*. Les espèces cosmopolites représentent 7,08 %, soit, sur un ensemble de 113 espèces reconnues inventoriées par Hamra-Kroua (2005). Cette catégorie d'espèces représente 26,47%, soit 18 espèces sur un total de 65 espèces trouvées par Ait Mouloud (2006) dans quelques stations humides du Djurdjura. Quatre (4) espèces, soit 9,09 % du total récolté dans les stations arides et semi arides de l'est algérien prospectées par Amri (2006).

Les espèces euro-méditerranéennes 2 espèces : *Bilobella aurantiaca* et *Pseudanurophorus isotoma*, soit 4,25 % du nombre total d'espèces récoltées. Hamra-Kroua (2005) trouve 13 espèces, soit 11,50% du total trouvé dans différentes localités du nord-est algérien. Ait Mouloud (2006) trouve par 7,35 % du total , soit 5 espèces. Amri (2006) cite 9 espèces appartenant à cette catégorie, soit 20,45 %.

Les espèces holarctiques sont au nombre de 7 espèces : *Pseudachorutes parvulus*, *Desoria olivacea*, *Entomobrya albocincta*, *Heteromurus nitidus*, *Lepidocyrtus curvicollis*, *Lepidocyrtus lanuginosus*, *Sminthurinus elegans*. Elles sont au nombre de 8 espèces, soit 9,73 % du total rencontré dans sept localités du nord-est algérien selon Hamra-Kroua (2005). Les espèces holarctiques représentent 8,82%, soit 6 espèces dans les stations humides du Djurdjura selon Ait Mouloud (2006). A Biskra et Tinsilt, Amri (2006) trouve 3 espèces, soit de 6,82% du total.

Le quart des espèces récoltées, soit 27,66% n'a pu être identifié est noté " indéterminé". Ce qui ouvre de larges perspectives pour la poursuite de la prospection dans d'autres habitats et biotopes qui demeurent à ce jour non prospectés ce qui contribuera à mieux connaître ce groupe zoologique.

A petite échelle, la faune des Collemboles du massif forestier de Belezma montre des affinités avec la faune présente au massif de l'Edough (Annaba) et en grande Kabylie. A grande échelle la faune locale est essentiellement du type d'espèces à large répartition mondiale.

3- Abondance

De la fin de janvier, avril et mars, un total de 8380 individus Collemboles a été extrait de 8 prélèvements (sorties) de litière de Chêne vert, soit une abondance moyenne de l'ordre de 22,33 individus / échantillons, soit l'équivalent de 11115 ind. / m².

Les résultats obtenus montrent que le pic de la plus forte abondance moyenne correspond à celui de *Sphearidia pumilis* avec une moyenne de l'ordre de 437,25 individus et représente 41,74% du total dénombré, tandis que l'abondance moyenne la plus faible

correspond à celle de *Dicyrtomina minuta* et *Pseudanurphorus isotoma* avec 0,125 individus, ce qui correspond à une abondance relative très faible de l'ordre de 0,01 % du total Collemboles récolté.

Cassagnau (1961) montre qu'une espèce très abondamment représentée dans un certains prélèvements, ou dans de nombreux prélèvements d'un même milieu, il est évident que ce dernier représente l'habitat optimum de l'espèce. Le même auteur pense qu'il s'agit ici d'une adéquation du milieu à l'espèce.

Pour combiner la fréquence et l'abondance et établir pour chaque espèce les caractéristiques de répartition basées sur un ordre de grandeur et non plus sur une intuition personnelle sujette à toutes les critiques, le même auteur cite *Sphearidia pumilis* parmi les espèces les plus abondantes en tenant compte de son coefficient de fréquence qui est inférieur à 15 et supérieur à 5 (espèce localisée).

Massoud (1971) rapporte qu'il est très difficile de se faire une idée précise du nombre de Collemboles par unité de surface. Trop de facteurs interviennent et souvent faussent les mesures et rendent difficiles toutes interprétations : techniques différentes pour l'extraction et pour l'échantillonnage, unités différentes, sols et végétations différents.

Il est difficile de comparer nos résultats avec ceux obtenus par d'autres auteurs dans des régions et des biotopes différents. Les disparités du climat local, de la nature du sol, de la durée et de la fréquence des prélèvements ainsi que des méthodes de récolte ont une influence sur la dynamique et l'abondance des Collemboles.

De tout ce qui précède on peut retenir que les conditions du milieu naturel dans le parc de Belezma sont plutôt favorables pour les Collemboles. La litière du chêne vert qui couvre le sol forestier héberge une faune collemboologique plus ou moins abondante.

4- Structure du peuplement des Collemboles

La diversité spécifique dans la litière du chêne vert varie entre 0,67 et 2,30, soit une moyenne de l'ordre de 1,61, ce qui nous permet de considérer le peuplement peu homogène.

Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009) trouvent une diversité peu élevée dans un sol agricole d'El-Khroub. Ait Mouloud (2006) donne une diversité variant d'une localité à l'autre dans la tourbière (milieu humide) à Tizi Ouzou. Amri (2006) a constaté une diversité élevée dans une forêt humide de chêne zen de l'Edough (Annaba) et une diversité réduite à Biskra et Tinsilt (lac salé).

L'équitabilité annuelle moyenne est d'une valeur égale à 0,57 ce qui est généralement considéré comme l'indice d'un peuplement peu équilibré. Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009) donnent une équitabilité de l'ordre de 0,70 et elle varie entre 0,32 et 1,23

mentionnée par Ait Mouloud (2006) dans les mares de Tizi Ouzou et elle de l'ordre de 0,80 à Biskra, 0,79 au chott Tinsilt à Ain M'lila et 0,86 à l'Edough (Amri, 2006).

La dominance annuelle varie entre 0,15 et 0,73, soit une moyenne de l'ordre de 0,33 ce qui indique que très peu d'espèces dominent le peuplement.

La structure du peuplement de Collemboles suivie de la fin de janvier mars et avril montre une évolution marquée essentiellement par la présence d'un nombre élevé d'espèces en période humide et froide (24 espèces). A l'inverse en période moins humide et chaude on observe une diminution de la diversité et de la richesse, avec seulement 8 espèces. Ce qui laisse apparaître une influence directe des facteurs climatiques fondamentaux: température et teneur en eau de la litière. A ce sujet, Hamra-Kroua (2005) souligne l'effet saisonnier sur la structure du peuplement : des effectifs et un nombre d'espèces élevés en période humide, au contraire en période de fortes températures et de faible teneur en eau du sol, l'auteur enregistre une diminution de l'abondance et de la richesse spécifique.

5- Distribution et couverture spatiales

L'abondance totale ou moyenne peut masquer la position écologique réelle des espèces dans la nature au niveau de l'échantillon.

La distribution spatiale des individus des espèces récoltées a été déterminée par l'indice d'agrégation-couverture (IA) (Cancela Da Fonseca 1966). Les valeurs du coefficient de distribution spatiale (λ^2) ou variance relative indiquent une répartition en agrégats pour toutes les espèces récoltées. En effet les valeurs calculées du coefficient (λ^2) varient de 0,26 pour *Dicyrtomina minuta*, à 562,56 pour *Sphaeridia pumilis*. Le calcul de l'indice d'agrégation de Cancela da Fonseca qui varie de 0,10 à 0,30 montre que les espèces couvrent différemment l'espace. Les valeurs les plus basses de l'indice correspondent à une couverture plus totale du biotope par l'espèce, c'est le cas de *Sminthurinus niger*, (0,10), *Sminthurinus elegans* (0,11), *Sphaeridia pumilis* et *Lepidocyrtus sp* (0,13) ainsi que *Arrhopalites sp.* (0,15). Ces quatre espèces ont tendance à être présentes dans un grand nombre de prélèvements; elles couvrent le biotope mieux que les autres espèces. Les valeurs les plus élevées correspondent à des agrégations plus importantes et à un nombre plus élevé de prélèvements vides, c'est le cas de *Entomobrya sp*, *Heteromurus major* et *Arrhopalites acantophthalmus* (0,26); *Isotomiella minor* et *Lepidocyrtus curvicillis* (0,27); *Ceratophysella armata*, *Desoria olivacea*, *Entomobrya albocincta*, *Dicyrtomina ornata* et *Sminthurinus sp* (0,29) et *Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella gibbosa*, *Xenyllodes armatus*, *Superodontella lamellifera*, *Friesea sp2*, *Onychiurus sp*, *Cryptopygus sp*, *Isotomurus maculatus*, *Proisotoma minuta*, *Pseudanurophorus isotoma*, *Dicyrtomina minuta*, *Sminthurides aquaticus* et *Bourletiella sp*

(0,30). Ces quatre dernières espèces se concentrent dans quelques prélèvements. Le reste des espèces se caractérise par des indices d'agrégation situés entre les extrêmes.

Le peuplement de Collemboles litécoles subit certainement l'influence des deux facteurs édaphiques fondamentaux qui sont: la température et l'humidité dans la litière. Ces deux facteurs déterminent la présence absence des Collemboles selon Cassagnau, (1990). Dans la région d'étude c'est à partir du mois d'avril que la température moyenne commence à s'élever, couplée à une faible teneur en eau (observation personnelle). En effet, à cette période de l'année 2008, la température moyenne maximale est de l'ordre de 22,7 °C et une pluviométrie de l'ordre de 3,3 mm ce qui atteste d'une très faible teneur en eau dans la litière.



Conclusion Générale

V- Conclusion générale

Un travail original dans la région de Ain Kerrouche à Belezma donne une liste de 47 espèces de Collemboles réparties sur 29 genres appartenant à 13 familles se distribuant sur 4 ordres récoltées dans la litière du Chêne vert.

Toutes les espèces trouvées sont déjà signalées en Algérie mais toutes sont nouvelles pour la région de Belezma.

A petite échelle, la faune trouvée à Belezma est composée d'éléments déjà signalés dans différentes localités du pays. A grande échelle, la faune de Belezma est composée d'espèces à large répartition, holarctiques et euro méditerranéennes.

L'abondance moyenne dans la litière du Chêne vert de Belezma laisse apparaître des conditions favorables pour les Collemboles.

La structure du peuplement atteste que la litière du chêne vert dans le parc national de Belezma héberge une faune de Collemboles plus ou moins diversifiée.

La proportion d'espèces non encore identifiées (27,66%) nous permet de s'attendre à d'importantes découvertes de nouvelles espèces. C'est le cas de l'une d'entre elles (*Endonura cf. portucalensis*). Les premières observations indiquent qu'elle est probablement la seconde espèce du même genre trouvée pour la première fois en Algérie.

Cette étude constitue un premier élément de base pour une meilleure connaissance de la faune Collemboologique à Belezma. Cependant la liste obtenue ne reflète pas la grande diversité géologique, topographique, botanique et la multitude d'habitats et biotopes qui caractérisent la région de Batna. Les résultats faunistiques obtenus par ce travail nous permettent d'ouvrir de grandes perspectives pour une meilleure connaissance de ce groupe zoologique négligé par la plupart des spécialistes en Algérie. Etendre la prospection au cœur du majestueux massif des Aurès reste l'un de nos principaux objectifs.

VI- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Abdessamed K., 1981. Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif des Aurès et de Belezma : étude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse de doct.Ing., Fac. St. Jérôme, Marseille. 199 p.
- 2- Absolon K., 1913. Ube reine neue subterrane Collembole *Acherontiella onychiuriformis* n.g., n.sp. aus den Höhlen Algiers. Arch. Zool. Exp. gén. (Notes et Revues), t. 51, p. 1-7.
- 3- Adams E.C.G. & Salmon, J.T. 1972. The mouth-parts and feeding methods of *Brachystomella parvula* (Schaeffer) (Collembola: Brachystomellidae). Trans. R. ent. Soc. Lond., 124 (3), p.269-286.
- 4- Ait Mouloud S., 2006. Etude de la biodiversité des Collemboles sur l'Ecotone eau-sol forestier dans les zones humides de la Kabylie et d'une tourbière des Pyrénées : Systématique, Ecologie, Biogéographie. Thèse de doctorat d'Etat en biologie option : écologie animale, université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 122 p.
- 5- Amri C., 2006. Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien: Inventaire et dynamique saisonnière. Mémoire de Magistère Entomologie, Université Mentouri Constantine.101 p.
- 6- Bachelier G., 1978. La faune des sols son écologie et son action. Initiations- Documentations Techniques N° 38. O.R.S.T.O.M. Paris, 391 p.
- 7- Baquero E., Hamra-Kroua S. & Jordana R., 2009. A new species of *Entomobrya* from North Algeria (*Collembola: Entomobrya*). *Entomol. News*. 120 (1): 65-75.
- 8- Bellinger P.F., Christiansen, K.A. & Janssens, F., 1996-2009. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>
- 9- Bessaci O.A., 2006. La Mycoflore Endophyte du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) dans le massif de Belezma (Aurès) : Etude initiale. Thèse de Magister en Agronomie, option : Foresterie et conservation des sols, Université de Batna, 80 p.

- 10-** Bentouati A., 1993. Première approche à l'étude de la croissance et de la productivité du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Belezma. Thèse Magist. In. Agr. Batna. 63 p.
- 11-** Betsch J.-M., 1980. Eléments pour une monographie des Collemboles Symphypléones (Hexapodes, Aptérygotes). Mem. Mus. Nat. Hist. Natur., Serie A 116:1-227.
- 12-** Betsch J.M. et Vannier G., 1977. Caractérisation de deux phases juvéniles d'*Allacma fusca* (Collembola, Symphypleona) par leur morphologie et leur écolphysiologie. Z. Zool. Syst. Evolut. Forsch., 15, p.124-141.
- 13-** Bonet F., 1947. Monografía de la familia Neelidae (Collembola). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 8:131-192.
- 14-** Boudy P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La Maison Rustique. 505 p.
- 15-** Bretfeld G., 1986. Phylogenetic systematics of the higher taxa of Symphypleona Börner, 1901 (Insects, Entognatha, Collembola). Proc. 2nd Intern. Sem. Apterygota, Siena, R. Dallai Ed., 307-311.
- 16-** Bretfeld G., 1999. Synopses on Palearctic Collembola Symphypleona. Museum für naturkunde Görlitz Staatl. 318 p.
- 17-** Bush J.W.M. & Hu, D.L. 2006. Walking On Water: Biocomotion at the Interface [Collembola included]., Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 38, January 2006, p.339-369.
- 18-** Cancela da Fonseca J.P., 1966- L'outil statistique en biologie du sol.III. Indices d'intérêts écologique. *Rev.Ecol.Biol.Sol*, 3:381-407.
- 19-** Carapelli A., Frati F., Fanciulli P.P. & Dallai R. 2001. Taxonomic revision of 14 southwestern European species of *Isotomurus* (Collembola, Isotomidae), with description of four new species and the designation of the neotype for *I. palustris*., *Zoologica scripta*, 30, 2, April 2001, p.115-143.

- 20-** Cassagnau P., 1952. Faune Française Des Collemboles. I. Quelques Nouveaux Poduromorphes Méridionaux., Bulletin de la Société d'Histoire naturelle, Tome 87, 1952, p.305-312.
- 21-** Cassagnau P., 1961. Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales. Act. Sci. Ind., Hermann éd. (Paris), no 1283, 235 p.
- 22-** Cassagnau P., 1963. Les Collemboles d'Afrique du Nord avec une étude de quelques espèces du Nord-Constantinois. Bul.Soc.Hist Nat.Toulouse.98 (1-2), 197-206.
- 23-** Cassagnau P., 1964. Faune française des Collemboles XIII : Sur les Collemboles épigés de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées) et sur quelques espèces nouvelles du Sud-Ouest et des Pyrénées., Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, T. 99, Fasc. 3-4, 1964, p.463-483.
- 24-** Cassagnau P. & Juberthie C., 1967. Structures nerveuses, neurosécrétion et organes endocrines chez les Collemboles (1). Le complexe cérébral des Poduromorphes. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 103: 178-222.
- 25-** Cassagnau P. & Juberthie C., 1970. Structures nerveuses, neurosécrétion et organes endocrines chez les Collemboles. Neurosécrétion dans la chaîne nerveuse d'un Entomobryomorphe, *Orchesella kervillei* Denis. Endocrinologie., C. R. Acad. Sc. Paris, t. 270, (29 juin 1970), Série D, p.3268-3271.
- 26-** Chahartaghi M., Scheu S. & Ruess L., 2006. Sex ratio and mode of reproduction in Collembola of an oak-beech forest. *Pedobiologia* 50, 331-340.
- 27-** Dajoz R., 1998. Les insectes et la forêt. Editions Tec et Doc, 594 p.
- 28-** Dajoz R., 2003. Précis d'écologie. Edition DUNOD Paris, 615 p.
- 29-** Deharveng L., 1981. La famille des Odontellidae : phylogénèse et taxonomie. Travaux du Laboratoire d'Écobiologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse, 3 (1) : 1-21.

- 30-** Deharveng L., 2004 - Recent advances in Collembola systematics, 6th International Seminar on Apterygota, Siena, Italy, 2002. *Pedobiologia*, 43: 215-233.
- 31-** Deharveng L. et Hamra-Kroua S., 2004. Une nouvelle espèce de Friesea Dalla Torre, 1895, du massif de l'Edough, Nord-Constantinois, Algérie (Collembola, Neanuridae). *Bull. Soc. entomol. de France*, 109 (2) :141-143.
- 32-** Deharveng L., Hamra-Kroua S. & Jordana R., 2004. The Neanuridae Collembola from the Edough massif (Algeria) XIth International Colloquium on Apterygota, Univ. Rouen Mont Saint Aignon, (France), September 5th to 9th.
- 33-** Deharveng L., Hamra-Kroua S. & Bedos A., 2007. *Edoughmura rara n.gen., n.sp.*, an enigmatic genus of Neanurinae Collembola from the Edough Massif (Algeria). *Zootaxa* 1652: 57-61.
- 34-** Deharveng L. & Lek S., 1993. Remarques sur la morphologie et la taxonomie du genre *Isotomurus* Börner, 1903 et description de deux espèces nouvelles de la France (Collembola : Isotomidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N-S)*, 29 (3) : 245-259.
- 35-** Deharveng L., Oliveira E. 1990. *Isotomiella* (Collembola: Isotomidae) d'Amazonie: les especes du groupe delamarei., *Annales De La Societe Entomologique De France* 26(2) 1990, p.185-201.
- 36-** Delamare-Deboutteville (CL.). 1954. Collemboles marins de la zone souterraine humides des sables littoraux. *Vie et Milieu*, t. 4, pp. 290-319.
- 37-** Denis J.R., 1922. Sur deux Collemboles de l'Afrique du Nord. *Bull.Soc. ent. Fr.* :284-285.
- 38-** Denis J.R., 1925. Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (3^onote) *Bull.Soc. Hist.nat. Afr. N.*, 16: 254-256.
- 39-** Denis J.R., 1935. Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (2^onote). *Bull.Socent.Fr.* 16: 230-233.

- 40-** Denis, J.R., 1937. Sur les Collemboles de l'Afrique du nord (4^e note). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*28: 85-87.
- 41-** D'Haese C.A., 2003. Morphological appraisal of Collembola phylogeny with special emphasis on Poduromorpha and a test of the aquatic origin hypothesis., The Norwegian Academy of Science and Letters, *Zoologica Scripta*, 32, 6, November 2003, p.563-586.
- 42-** Faber J.H., Joosse ENG., 1993. Vertical distribution of Collembola in a *Pinus nigra* organic soil. *Pedobiologia* 37: 336-350.
- 43-** Fjellberg, A., 1989. Redescription of *Mackenziella psocoides* Hammer, 1953 and discussion of its systematic position (Collembola, Mackenziellidae). 93-105.
- 44-** Fjellberg A. 1993. Revision of European and North African Folsomides Stach with special emphasis on the Canarian fauna (Collembola: Isotomidae)., *Ent. Scand.* Vol. 23, 4, (1992), p.453-473.
- 45-** Fjellberg A. 1996. Sensillary patterns in *Vertagopus* with description of a new European species (Collembola, Isotomidae)., *Miscellanea Zoológica*, 19.1, 1996, p.99-103.
- 46-** Giribet G., Edgecombe G.D. et Wheeler W.C., 2001. Arthropod phylogeny based on eight molecular loci and morphology [Collembola included]., *Nature*, Vol 413, 13 September 2001, p.157-161.
- 47-** Gisin H., 1960. Collembolenfauna Europas. *Museum d'Histoire Naturelle*, Genève, 312 pp.
- 48-** Grassé P.P., 1965. *Traité de Zoologie: Anatomie, Systématique, Biologie*. T.10, Masson et Cie Edit. Paris (Vème) ,1117 p.
- 49-** Greenslade, P., 1982. Revision of the Spinothecinae (Collembola: Sminthuridae) including a new Australian Genus., *J. Aust. ent. Soc.*, 1982, 21, p.81-95.
- 50-** Gullan P.J. et Cranston P.S., 1994. *The Insects : An Outline of Entomology*. London.

- 51-** Hågvar S., 1982. Collembola in Norwegian coniferous forest soils. I. Relations to plant communities and soil fertility. *Pedobiologia* 24, 255-296.
- 52-** Hamra-Kroua S., 2005. Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-Est algérien : Taxonomie, Biogéographie et Ecologie. Thèse de doctorat d'Etat en sciences naturelles, université Mentouri, Constantine. 266 p.
- 53-** Hamra-Kroua S. & Cancela da Fonseca J.P., 2009. Dynamique saisonnière d'un peuplement de Collemboles d'un sol agricole de la ferme pilote d'El-Baaraouia (Wilaya de Constantine, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, n° 31 (1): 48-59.
- 54-** Hamra-Kroua S., Jordana R. & Deharveng L., 2009. A new *Friesea* of the *mirabilis*-group from Algeria (Collembola: Neanuridae, Frieseinae). *Zootaxa* 2074: 65-68.
- 55-** Handschin E., 1926. Collembolen aus Algerien. *Neue Beitr. Syst. Insektenk.* 3 : 117-126.
- 56-** Handschin E., 1955. Considérations sur la position systématique des Collemboles., *Mémoires de la Société Royale d'Entomologie de Belgique*, Tome Vingt-Septième, Volume Jublaire, 1955, p.40-53.
- 57-** Hassall M., Visser S., Parkinson D., 1986. Vertical migration of *Onychiurus subtenuis* in relation to rainfall and microbial activity. *Pedobiologia* 29: 175-182.
- 58-** Hopkin S. P., 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press. 1997. 1-330.
- 59-** Jacquemart S. 1974. Résultats de la mission anthropologique belge au Niger. Collemboles nouveaux du Sahara. *Bull. Inst. R. Sci. nat. Belg.* 50 : 1-46.
- 60-** Janssens F. & Lawrence P.N., 2002-2007. Are Collembola terrestrial Crustacea?
- 61-** Jordana R. & Arbea J.I., 1989. Clave de identificación de los géneros de Colémbolos de España (Insecta.Collembola). *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Zoológica*, 19: 1-16.

- 62-** Jordana R., Hamra-Kroua S. & Baquero E., 2009. Redescription of *Isotominella geophila* Delamare Deboutteville, 1948 from Algeria (Collembola, Entomobryomorpha, Isotomidae), a second world record for an Ivory Coast species., *Zootaxa* 2169, 28 Jul 2009, p.63-68.
- 63-** Juberthie C. et Cassagnau P., 1971. L'évolution du système neurosécréteur chez les Insectes; l'importance des Collemboles et des autres Aptérygotes., *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, Tome VIII, Fascicule 1, 1971 janvier, p.59-80.
- 64-** Khanfouci M. S., 2005. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif de Belezma. Thèse Magist. In. Agr. Batna.249 p.
- 65-** Kubikova J., Rusek J., 1976. Development of xerothermic rendzinas. A study in ecology and soil micro-structure. *Rozpravy ČSAV, řada mat. přír. Věd* 86 (6), 78.
- 66-** Kuznetsova N.A., 2002. Classification of collembolan communities in the east-European taiga. *Pedobiologia* 46, 373-384.
- 67-** Lek-Ang S. & Deharveng L., 2002. Seasonal variations of Collembola (Hexapoda) assemblages in damp riparian habitats. *Arch. Hydrobiol.* 153 (4) 635-655.
- 68-** Lubbock J., 1873. Monograph of the Collembola and Thysanura. Ray Society. London. p.1-276.
- 69-** Lucas H., 1846. Aperçu des espèces nouvelles d'insectes qui se trouvent dans nos possessions françaises du Nord de l'Afrique. *Rev. Zool.*, t. 9, pp. 252- 256.
- 70-** Lucas H., 1849. Thysanoures de l'Algérie. *Explor. Sc. Alg.*, t. 1, pp. 371-376.
- 71-** Massoud Z., 1967. Monographie des Neanuridae, Collemboles Poduromorphes à pièces buccales modifiées. In Delamare Deboutteville (C.) & Rapoport (E.), ed., *Biologie de l'Amérique Australe*, C. N. R. S., Paris, 3, Études sur la faune du sol, Documents biogéographiques: 7-399.

- 72-** Massoud Z., 1971. Un élément caractéristique de la pédofaune : Les Collemboles. In : *La vie dans les sols. Aspects nouveaux. Etudes expérimentales*. GauthiersVillars Ed., 472 p., 111 fig.
- 73-** Massoud Z., 1976. Essai de synthèse sur la phylogénie des Collemboles. *Revue Ecol. Biol. Sol.* 13 (1): 241-252.
- 74-** Massoud Z. et Ellis W., 1977. Proposition pour une classification et une nomenclature cohérente des phanères des Collemboles européens. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 14 (1): 163 -179.
- 75-** Materna J., 2004. Does forest type and vegetation patchiness influence horizontal distribution of soil Collembola in two neighbouring forest sites?. *Pedobiologia* 48: 339-347.
- 76-** Murphy D.H., 1958. *Isotoma vaillanti* n.sp., a new species of Collembola from Algeria. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 13: 524-526.
- 77-** Negri I., 2004. Spatial distribution of Collembola in presence and absence of a predator. *Pedobiologia* 48: 585-588.
- 78-** Nicolet H., 1842. Recherches pour Servir à l'Histoire des Podurelles. *Nouv. Mém. Soc. Helvet. Sci. Nat.*, 6, p.1-88.
- 79-** Nosek J., 1967. The investigation on the Apterygotan fauna of the Low Tatras. *Acta Univ. Carolinae-Biol.* 5-6, 349-528.
- 80-** Palissa A. in Schwoerbel, J. et Zwick, P. 2000. Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Band 10: Insecta. Collembola., Spektrum, Akad. Verlag, p.1-166.
- 81-** Pichard S., Massoud Z. et Elkaim B., 1989. Ecologie des peuplements de Collemboles de quelques mares et de leurs abords en région parisienne. *Ecol.Biol. Sol.* 26 (4) : 451-472.
- 82-** Poinot N., 1968. Cas d'anhydrobiose chez le Collembole *Subisotoma vuriobilis* Gisin. *Rev. Écol. Biol. Sal*, 5, 4. 585-586.

- 83-** Poinso N., 1974. Comportement de certains Collemboles dans les biotopes xkriques mediterraneens : un nouveau cas d'anhydrobiose. *C.R. Ac&. Sci.* (Paris), sér. D, T. 278, 17,2213-2215.
- 84-** Ponge J.F., 1993. Biocoenoses of Collembola in Atlantic temperate grass-woodland ecosystems. *Pedobiologia* 37, 223-244.
- 85-** Ponge J.F., 2000. Vertical distribution of Collembola (Hexapoda) and their food resources in organic horizons of beech forests. *Biol. Fertil. Soils* 32: 508-522.
- 86-** Potapov M.B. 1991. Species of the genus *Isotoma* subgenus *Parisotoma* Bagnall, 1940 and *Sericeotoma* subgen. nov. (Collembola, Isotomidae) of USSR fauna., *Acta zool. acracov.*, 34 (1), Kraków, 20 Dec., 1991, p.267-301.
- 87-** Potapov M.B. 1997. Anurophorus species of East Asia and North America (Collembola, Isotomidae)., *Acta zool. cracov.*, 40 (1), Kraków, 25 July, 1997, p.1-35.
- 88-** Potapov M.B., Babenko A.B. 2000. Species of the genus *Folsomia* (Collembola: Isotomidae) of northern Asia. *European Journal of Entomology*, 97, 51-74.
- 89-** Raccaud-Schoeller J., 1980. Les insectes: Physiologie et développement. Edition Masson, Paris, 295 p.
- 90-** Rusek J., 1984. New species and review of the *Isotoma notabilis* species-group (Collembola, Isotomidae)., *Acta ent. bohemoslov.*, 81, 1984, p.343-369.
- 91-** Rusek J., 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and conservation* 7, 1207-1219.
- 92-** Stomp N., 1974. Collemboles cavernicoles d'Afrique du nord. I (Insecta) . *Annl. Spéléol.* 29 (1) : 109-120.
- 93-** Szeptycki A., 1967. Fauna of the springtails (Collembola) of the Ojcow National Park in Poland. *Acta Zool. Cracov.* 12, 219-280.

- 94-** Takeda H., 1995. Changes in the collembolan community during the decomposition of needle litter in a coniferous forest. *Pedobiologia* 39: 304-317.
- 95-** Thibaud J.M. 1970. Biologie et écologie des Collemboles Hypogastruridae édaphiques et cavernicoles. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Nouvelle Série, Série A, Zoologie, Tome LXI, Fascicule 3, p.83-201.
- 96-** Thibaud J.M., 1976. Structure et régression de l'appareil oculaire chez les Insectes Collemboles. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 13: 173-190.
- 97-** Thibaud J.M. & Massoud Z., 1980. Étude des Collemboles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. *Rev. suisse Zool.* 87, 2: 513-548.
- 98-** Thibaud J.M. & Vannier G., 1987. Caractérisations biologiques et écophysiological des Insectes Collemboles cavernicoles. 2nd Int. Sem. Apterygota, Siena, 1986: 129-137.
- 99-** Ulrich W. & Fiera C., 2008. Environmental correlates of species richness of European springtails (Hexapoda: Collembola). *Acta Oecologica XXX* (2008) 1-8.
- 100-** Vannier G., 1971. Importance du point d'hydroscopie maximale dans une analyse factorielle du biotope des Collemboles. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 1971, T. VIII, 1, pp. 81 à 89.
- 101-** Wigglesworth V.B., 1965. The principles of Insect Physiology., sixth edition, revised, 1965, p.1-741.

The background of the slide is a heavily blurred photograph. It appears to show a person wearing a bright yellow raincoat, possibly in a public square or protest area. The person is holding a sign, but the details are indistinct due to the blur. The overall color palette is dominated by the yellow of the raincoat and the muted greens and greys of the background.

Annexes

ANNEXES

A1: Photos d'espèces de Collemboles selon **Bellinger et al.**, 1996-2009.



1- *Ceratophysella denticulata*



2- *Ceratophysella gibbosa*



3- *Ceratophysella armata*



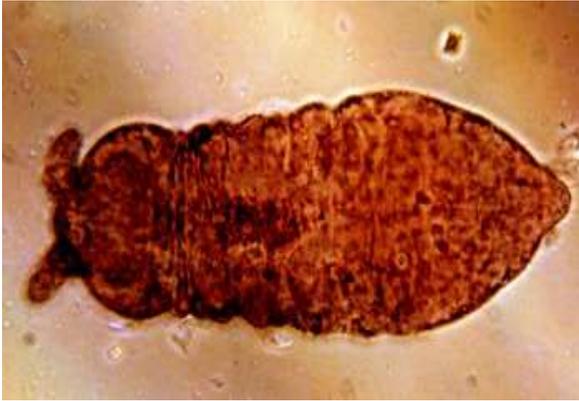
4- *Superodontella lamellifera*



5- *Brachystomella parvula*



6- *Bilobella aurantiaca*



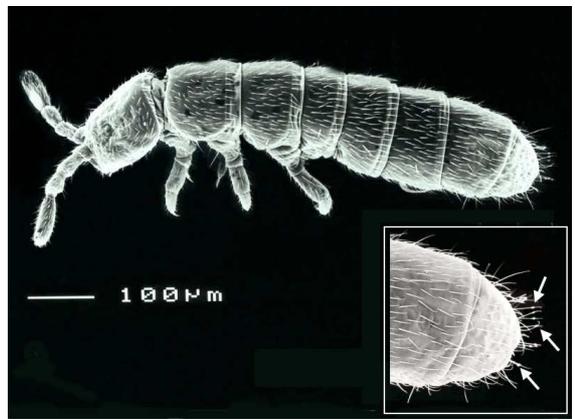
7- *Pseudachorutes parvulus*



8- *Protaphorura armata*



9- *Desoria olivacea*



10- *Cryptopygus thermophilus*



11- *Isotomiella minor*



12- *Folsomia quadrioculata*



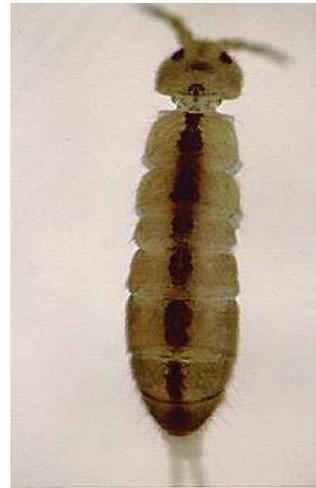
13- *Isotomurus maculatus*



14- *Isotomurus balteatus*



15- *Isotomurus unifasciatus*



16- *Isotomurus palustris*



17- *Parisotoma notabilis*



18- *Proisotoma minuta*



19- *Pseudanurophorus isotoma*



20- *Entomobrya multifaciata*



21- *Entomobrya albocincta*



22- *Heteromurus major*



23- *Heteromurus nitidus*



24- *Lepidocyrtus curvicollis*



25- *Lepidocyrtus cyaneus*



26- *Lepidocyrtus lanuginosus*



27- *Arrhopalites acantophthalmus*



28- *Dicyrtomina ornata*



29- *Dicyrtomina minuta*



30- *Sminthurinus elegans*



31- *Sminthurinus niger*



32- *Sphaeridia pumilis*



33- *Sminthurides aquaticus*



34- *Neelus murinus*

A2 : Matériels utilisés : Appareil d'extraction de Berlèse (A), Loupe binoculaire (B), Tubes et mandrin (C).



B



C



A3: Tableaux de dénombrement des différents prélèvements réalisés.

Mardi 22 01 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Ceratophysella denticulata</i>		16					1	43	39		99
<i>Ceratophysella gibbosa</i>					1			1	9		11
<i>Hypogastrura sp</i>		2	3	3	18		2				28
<i>Xenyllodes armatus</i>			6		1			4			11
<i>Superodontella lamellifera</i>					3		1	2	1		7
<i>Friesea sp1</i>		12	3	3	7	2	58	24	3		112
<i>Bilobella aurantiaca</i>							1		2		3
<i>Neanurinae sp</i>							1		1		2
<i>Pseudachorutes parvulus</i>			2	1	2		3	3	1		12
<i>Protaphorura armata</i>		3						1	13		17
<i>Onychiurus sp</i>			2	2							4
<i>Desoria olivacea</i>					2						2
<i>Cryptopygus thermophilus</i>		11									11
<i>Isotomiella minor</i>	8	5									13
<i>Isotomurus maculatus</i>		5									5
<i>Isotomurus palustris</i>	7	47	3	13	31	32		12			145
<i>Pseudanurophorus isotoma</i>					1						1
<i>Entomobrya albocincta</i>							2				2
<i>Heteromurus major</i>						3		3			6
<i>Heteromurus nitidus</i>						1					1
<i>Lepidocyrtus curvicollis</i>			2								2
<i>Lepidocyrtus sp1</i>	6										6
<i>Sminthurinus niger</i>	2	2	11	2							17
<i>Sminthurides aquaticus</i>		34		1	6	8	15	6			70

Lundi 03 03 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Hypogastrura sp</i>		1									1
<i>Brachystomella parvula</i>	10	64								1	75
<i>Friesea sp1</i>		1									1
<i>Friesea sp2</i>		2					1		2		5
<i>Bilobella aurantiaca</i>	1	7									8
<i>Neanurinae sp</i>	8										8
<i>Pseudachorutes parvulus</i>			2	2							4
<i>Cryptopygus thermophilus</i>										2	2
<i>Isotomurus balteatus</i>							8				8
<i>Parisotoma notabilis</i>						1	1			1	3
<i>Entomobrya multifaciata</i>	2	5	20	2		3	23	24	5	11	95
<i>Heteromurus major</i>		6	10		1		13	15		3	48
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>		3									3
<i>Lepidocyrtus sp1</i>	4										4
<i>Arrhopalites sp</i>		2									2
<i>Dicyrtomina minuta</i>							1				1
<i>Sminthurinus elegans</i>		2	9			2	3	17		10	43
<i>Sminthurinus niger</i>							2	1		2	5
<i>Sminthurinus sp</i>	2										2
<i>Sphaeridia pumilis</i>	51	39	30		22	3	33	4		62	244

Lundi 10 03 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Brachystomella parvula</i>	9	14	1	4	3	4			3		38
<i>Friesea sp1</i>							27			3	30
<i>Bilobella aurantiaca</i>	2	16	1		1	2		3		1	39
<i>Neanurinae sp</i>					1					1	2
<i>Pseudachorutes sp</i>	8	14	89	8	17	3	1	2	10	8	160
<i>Parisotoma notabilis</i>			1		1					2	4
<i>Entomobrya multifaciata</i>	2	2	3	9	4	2	2	5	1		30
<i>Entomobrya sp</i>			2								2
<i>Heteromurus nitidis</i>				1							1
<i>Lepidocyrtus curvicollis</i>			1								1
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	2	2					2				6
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>			1	6	4	1	2		1		15
<i>Arrhopalites acantophthalmus</i>		1	1								2
<i>Sminthurinus elegans</i>		1									1
<i>Sminthurinus niger</i>			1	11			1	1			14
<i>Sphaeridia pumilis</i>	50	60	167	50	21	7	106	2			463

Lundi 17 03 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Brachystomella parvula</i>	4		17	3		3		40	1	1	69
<i>Bilobella aurantiaca</i>	9	3	40	3		20		34	8	39	156
<i>Neanurinae sp</i>	10	4	17		2	18		23	17	23	114
<i>Pseudachorutes sp</i>	3	2	40	3		10		22	28	41	149
<i>Protaphorura armata</i>	1	3	4	1		6		20	18	20	73
<i>Folsomia quadrioculata</i>	2	16			2						20
<i>Isotomurus unifasciatus</i>							3				3
<i>Parisotoma notabilis</i>	23	137	59		65	97	61	249	92		780
<i>Entomobrya multifaciata</i>	2	7	4	13	8	3	20	7	4	12	80
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	1	2	4	5	1	2	19	2	2	5	43
<i>Lepidocyrtus curvicollis</i>	1	3	2	8	2	4	7	4	4	2	37
<i>Arrhopalites acantophthalmus</i>	1		2	1		5	1	2	2	2	16
<i>Sminthurinus elegans</i>	3	1	1	10	1	5	11	9	10	14	64
<i>Sminthurinus niger</i>	4				2	6	5		5		22
<i>Sphaeridia pumilis</i>	14	34	471	46	38	126	317	162	367	235	1810
<i>Bourletiella sp</i>			1				2			1	4
<i>Neelus murinus</i>			3						1		4

Lundi 31 03 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Brachystomella parvula</i>	1	1									2
<i>Friesea sp1</i>	19	6		3							28
<i>Bilobella aurantiaca</i>	17	3						1			23
<i>Neanurinae sp</i>	20										20
<i>Pseudachorutes sp</i>	2	2									4
<i>Protaphorura armata</i>	15	1									16
<i>Cryptopygus sp</i>	1			10				5	14		30
<i>Isotomurus balteatus</i>							10	8	4		22
<i>Isotomurus unifasciatus</i>							3				3
<i>Isotomurus palustris</i>	92				53						145
<i>Parisotoma notabilis</i>	1	1	36	164	5	6	31	20		34	298

<i>Proisotoma minuta</i>				15	22		36	69	9	19	170
<i>Entomobrya multifaciata</i>	12	12	3	6	6	2	16	6		2	65
<i>Entomobrya sp</i>						1		1			2
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>		6	8	7	3	5	10	5	6	17	67
<i>Lepidocyrtus sp1</i>								1			1
<i>Arrhopalites sp</i>				1							1
<i>Dicyrtomina ornata</i>									2		2
<i>Sminthurinus elegans</i>	12	4	5	9		5	3	17	7	9	71
<i>Sminthurinus niger</i>	1	3		1					2		7
<i>Sphaeridia pumilis</i>	40	23	18	70	20		44	17		20	252
<i>Neelus murinus</i>								2			2

Samedi 05 04 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Ceratophysella armata</i>	3	3									6
<i>Hypogastrura sp</i>	57	11									68
<i>Friesea sp1</i>										1	1
<i>Parisotoma notabilis</i>									74	73	147
<i>Entomobrya multifaciata</i>									2		2
<i>Entomobrya sp</i>									10	3	13
<i>Arrhopalites sp</i>			3								3
<i>Sminthurinus elegans</i>	1	1		3		1	4	4	1	2	17
<i>Sminthurinus niger</i>							1				1
<i>Sphaeridia pumilis</i>	38	44	12	60		24	195	7	1	23	404

Samedi 12 04 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Hypogastrura sp</i>									60		60
<i>Friesea sp1</i>			13						1		14
<i>Pseudachorutes parvulus</i>									70		70
<i>Protaphorura armata</i>									2		2
<i>Isotomiella minor</i>			1								1
<i>Folsomia quadrioculata</i>	3	3									6
<i>Parisotoma notabilis</i>	33	50	4				140	25			252
<i>Entomobrya multifaciata</i>								1			1
<i>Entomobrya sp</i>	7	150					2	4	1		164
<i>Lepidocyrtus sp1</i>							4				4
<i>Arrhopalites sp</i>	1	1		1				1	2	1	7
<i>Sminthurinus elegans</i>		5					1	2		1	9
<i>Sphaeridia pumilis</i>	6	54		26			66	17	33	118	320

Mardi 22 04 2008	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Isotomiella minor</i>								2			2
<i>Parisotoma notabilis</i>						70		80			150
<i>Entomobrya multifaciata</i>								1			1
<i>Entomobrya sp</i>						1		8			9
<i>Heteromurus nitidis</i>						5		1			6
<i>Lepidocyrtus sp</i>						1					1
<i>Sminthurinus niger</i>				1	1						2
<i>Sphaeridia pumilis</i>								5			5

A4: Abréviations

Me	Manubrium
De	Dens
Mu	Mucron
OPA	Organe post antennaire
AR	Abondance relative
IA	Indice d'agrégation
CDE	<i>Ceratophysella denticulata</i>
CGI	<i>Ceratophysella gibbosa</i>
CAR	<i>Ceratophysella armata</i>
Hsp	<i>Hypogastrura sp</i>
XAR	<i>Xenyllodes armatus</i>
SLA	<i>Superodontella lamellifera</i>
BPA	<i>Brachystomella parvula</i>
Fsp1	<i>Friesea sp1</i>
Fsp2	<i>Friesea sp2</i>
BAU	<i>Bilobella aurantiaca</i>
Nsp	<i>Neanurinae sp</i>
PPA	<i>Pseudachorutes parvulus</i>
Psp	<i>Pseudachorutes sp</i>
PAR	<i>Protaphorura armata</i>
Osp	<i>Onychiurus sp</i>
DOL	<i>Desoria olivacea</i>
HTH	<i>Hemisotoma thermophilus</i>
Csp	<i>Cryptopygus sp</i>

IMI	<i>Isotomiella minor</i>
FQU	<i>Folsomia quadrioculata</i>
IMA	<i>Isotomurus maculatus</i>
IBA	<i>Isotomurus balteatus</i>
IUN	<i>Isotomurus unifasciatus</i>
IPA	<i>Isotomurus palustris</i>
PNO	<i>Parisotoma notabilis</i>
PMI	<i>Proisotoma minuta</i>
PIS	<i>Pseudanurophorus isotoma</i>
EMU	<i>Entomobrya multifaciata</i>
EAL	<i>Entomobrya albocincta</i>
Esp	<i>Entomobrya sp</i>
HMA	<i>Heteromurus major</i>
HNI	<i>Heteromurus nitidis</i>
LCU	<i>Lepidocyrtus curvicollis</i>
LCY	<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>
LLA	<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>
Lsp	<i>Lepidocyrtus sp</i>
AAC	<i>Arrhopalites acantophtalmus</i>
Asp	<i>Arrhopalites sp</i>
DOR	<i>Dicyrtomina ornata</i>
DMI	<i>Dicyrtomina minuta</i>
SEL	<i>Sminthurinus elegans</i>
SNI	<i>Sminthurinus niger</i>
Ssp	<i>Sminthurinus sp</i>

SPU	<i>Sphaeridia pumilis</i>
SAQ	<i>Sminthurides aquaticus</i>
Bsp	<i>Bourletiella sp</i>
NMU	<i>Neelus murinus</i>

A5: Liste des tableaux

Numéro et titre	Page
Tableaux 1. Le nombre d'œufs déposés à chaque ponte ainsi que le nombre de paquets d'œufs, Massoud (1971).....	25
Tableau 2. Espèces récoltées dans les milieux édaphiques humides de la région de Annaba (Bône) Nord-Est de l'Algérie 1958-1959 (Cassagnau, 1963).....	49
Tableau 3. Les Collemboles d'Algérie selon Thibaud et Massoud (1980) modifié par Hamra-Kroua (2005).....	50
Tableau 4. Liste d'espèces reconnues nouvellement signalées en Algérie par Hamra-Kroua (2005).....	56
Tableau 5. Liste d'espèces des Collemboles reconnues signalées par Ait Mouloud (2006) dans la région de Tizi Ouzou.....	60
Tableau 6. Précipitations mensuelles moyennes (mm) (Station Batna).....	66
Tableau 7. Températures mensuelles moyennes (°C) (Station Batna).....	68
Tableau 8. Températures minimales et maximales moyennes (°C) (Station Batna).....	69
Tableau 9. Liste espèces identifiées par prélèvement.....	76
Tableau 10. Statut et appartenance biogéographique des espèces récoltées.....	80
Tableau 11. Totaux, moyenne et abondance relative des effectifs d'espèces de Collemboles.....	85
Tableau 12. Rang, effectif moyen/espèce décroissants et types d'agrégation (λ^2 et IA) des espèces de Collemboles pour les 3 mois de l'étude.....	89
Tableau 13. Paramètres de la structure du peuplement des Collemboles.....	93

A6: Liste des figures

Numéro et titre	Page
Figure 1. Aspects de différents types morphologiques des Collemboles	4
Figure 2. Les antennes, la zone oculaire, l'aire céphalique et les pièces buccales des Collemboles.....	10
Figure 3. Les soies selon la sculpture.....	13
Figure 4. Les soies selon la forme	14
Figure 5. Les sensilles	16
Figure 6. Système nerveux de <i>Smythurus signatus</i> (= <i>Allacma fusca</i>) d'après Nicolet, 1842.....	18
Figure 7. Plaque génitale de la femelle (à gauche) et plaque génitale du mâle (à droite) de <i>Onychiurus silvarius</i> , Gisin (1960).....	22
Figure 8. Spermatophore de <i>Tomocerus minor</i> , accrochage des antennes chez <i>Sminthurides aquaticus</i> , tête de <i>Bovicornia coronata</i> et œuf de <i>Tomocerus minor</i> , Massoud (1971).....	27
Figure 9. Situation géographique de la zone d'étude	64
Figure 10. Précipitations mensuelles de la station de Batna (mm) de l'année 2008.....	67
Figure 11. Variation de la température moyenne mensuelle pour l'année 2008	68
Figure 12. Le diagramme ombrothermique de la région de Batna	70
Figure 13. Appareil de Berlèse.....	72
Figure 14. Pourcentage de chaque ordre des Collemboles récoltés.....	78
Figure 15. Répartition des espèces sur les genres et les familles de Collemboles.....	80
Figure 16. Statut des espèces trouvées dans le parc de Belezma en pourcentage (%).....	83
Figure 17. Distribution biogéographiques des espèces récoltées.....	83
Figure 18. Abondance moyenne/espèce et son erreur-type des huit prélèvements.....	87

Figure 19. Indice d'agrégation-couverture spatiale de Cancela da Fonseca pour les espèces de Collemboles.....	91
Figure 20. La diversité spécifique (H') du peuplement de collemboles litéricoles dans le parc de Belezma.....	93
Figure 21. Richesse spécifique des Collemboles pour chaque sortie.....	94
Figure 22. L'équitabilité des espèces pour chaque sortie.....	94
Figure 23. La dominance des espèces pour les huit sorties.....	95

Figure 2 (page 10): Les antennes, la zone oculaire, l'aire céphalique et les pièces buccales des Collemboles:

a: A: Antennes de *Tomocerus*, B et C: Antennes de *Orchesella*, D: Antennes de *Heteromurus*, E: Article antennaire IV annelé, F: Tete et antenne de *Sminthurus*, G: Organe de fixation, H: Accrochage du male et de la femelle (*Sminthuridae*).

b: A: *Symphyleona*, B,C,D: *Entomobryomopha* (les petites lettres désignent la dénomination des cornéules).

c: A: *Poduromorpha*, *Symphyleona*.

d: A: Mandibules de *Tetracanthella*, B: Maxilles d'*Hypogastrura*.

Résumé

Plusieurs échantillons prélevés dans la litière du Chêne vert (*Quercus ilex*) dans la localité de Ain Kerrouche du massif forestier de Belezma à Batna sont analysés. Sur un ensemble de 8380 individus récoltés, l'identification au niveau de l'espèce révèle la présence d'un total de 47 espèces de Collemboles.

Toutes les espèces trouvées sont déjà signalées en Algérie mais toutes sont nouvelles pour la région de Belezma.

La faune rencontrée se compose d'espèces appartenant aux quatre ordres de Collemboles connus, à 13 familles et 29 genres. La prédominance de l'ordre *Entomobryomorpha* avec 21 espèces et 11 genres constitue un caractère remarquable de la faune des Collemboles.

La présence de nouveau taxon *Endonura cf. portucalencis* avec une chaetotaxie antennaire très proche de l'espèce reconnue montre à quel point la faune Collembologique de l'Algérie reste encore mal connue.

La plus faible diversité spécifique est observée à la fin du mois d'avril, et la plus forte diversité est enregistrée au mois de janvier, ce qui indique la variation en fonction des différentes périodes de prélèvement.

La faible richesse spécifique enregistrée dans la zone d'étude est à relier à différents paramètres rencontrés dans la zone, ainsi qu'aux multiples perturbations observées dans le milieu.

La distribution spatiale de toutes les espèces est en agrégats, la couverture du biotope par les espèces est bien marquée par *Sminthurinus niger*, *Sminthurinus elegans*, *Sphaeridia pumilis*, *Lepidocyrtus sp* et *Arrhopalites sp.*

Aujourd'hui cette classe est mieux représentée dans le pays en ajoutant cette étude à celui de Hamra-Kroua (2005), de Ait Mouloud (2006) et celui de Amri (2006) qui ont donné trois listes respectivement du nord-est du pays, de la Kabylie et de Biskra et du lac salé de Tinsilt (Sebkha de Ain M'lila).

Ces résultats donnent de nouvelles perspectives pour la connaissance de la faune Collembologique en Algérie particulièrement à Batna, ce qui prouve que cette faune est encore mal connue et nécessite de nouvelles prospections.

Mots-clés : Collemboles, *Quercus ilex*, Belezma, diversité.

Abstract

Several samples taken from the litter of green oak (*Quercus ilex*) in the town of Ain Kerrouche the massive forest of Belezma in Batna are analyzed. On a set of 8380 individuals collected, identification to species level revealed the presence of a total of 47 species of Collembola.

All species found were already reported in Algeria, but all are new to the region Belezma.

The fauna encountered consists of species belonging to four orders of Collembola known, 13 families and 29 genera. The predominance of the *Entomobryomorpha* with 21 species and 11 genera is a remarkable character of the fauna of Collembola.

The presence of new taxon *Endonura cf. portucalencis* with chaetotaxy of antenna very close to the species recognized shows how the fauna of Collembola in Algeria remains unknown.

The lowest diversity of species was observed in late April, and the highest diversity was recorded in January, which indicates the variation in the different sampling times.

The low species richness recorded in the study area is linked to various parameters encountered in the area, as well as multiple disturbances observed in the middle.

The spatial distribution of all species is in aggregates, the coverage of habitat by the species is well marked by *Sminthurinus niger*, *Sminthurinus elegans*, *Sphaeridia pumilis*, *Lepidocyrtus sp* and *Arrhopalites sp.*

Today this class is better represented in the country adding this study at that of Hamra-Kroua (2005), Ait Mouloud (2006) and Amri (2006) which gave three lists respectively in the north-east, in Kabily, at Biskra and the salt lake of Tinsilt (Sebkha Ain M'lila).

These results provide new perspectives for the knowledge of the fauna of Collembola in Algeria particularly in Batna, indicating that this fauna is still poorly understood and requires further exploration.

Keys-words: Collembola, *Quercus ilex*, Belezma, diversity.