

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة منتوري قسنطينة  
Université Mentouri Constantine  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
Faculté des Sciences  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

N° d'ordre : 032/TG/2005  
Série : 04/ Nat. / 2005

# THESE de DOCTORAT d'ÉTAT en Sciences Naturelles

Présentée par  
**HAMRA-KROUA SALAH**

Pour obtenir

Le grade de **DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES**  
Spécialité : **ENTOMOLOGIE**

Sujet

**LES COLLEMBOLS (ARTHROPODA, HEXAPODA) DU NORD-  
EST ALGERIEN : TAXONOMIE, BIOGEOGRAPHIE ET  
ÉCOLOGIE**

Soutenue le 02/07/2005

**Devant le jury :**

**Président :** DOUMANDJI SALAHEDDINE

**Rapporteur :** ALATOU DJAMEL

**Examineurs :** DEHARVENG LOUIS

SOLTANI NORÉDINE

HARRAT ABOUD

BERCHI SELIMA

**Prof. ENSA (INA) El-Harrach, Alger**

**Prof. Univ. Mentouri Constantine**

**Prof. MNHN, Paris France**

**Prof. Univ. Badji Mokhtar Annaba**

**M.C. Univ. Mentouri Constantine**

**M.C. Univ. Mentouri Constantine**

(Mise en ligne le : 14 / 11 / 2016)

**Ce travail consacré aux Collemboles du Nord-Est algérien est dédié :**

- A ma très chère Mère, toujours vivante dans ma mémoire, et à mon très cher Père
- A mes Frères : Hocine, Chérif, Aziz et Ali, Martyrs de la Révolution
  
- A ma femme Farida et tous nos enfants : Abderrahmane, Meriem, Souad, Houda
- A mon frère Abderrezak.

A Mr le Professeur Doumandji Salaheddine, mon enseignant en Post-Graduation et mon directeur de thèse de Magister

A Mr le Professeur Michel Anciaux de Faveaux, fondateur de la Post-Graduation Entomologie à l'Université de Constantine.

A Mr le Professeur Feu Claude Caussanel du MNHN, Directeur du Laboratoire d'Entomologie, Paris France, premier co-directeur de thèse.

A Mme Feu Ghaffour Chaffia Bensebane, première Directrice de thèse

A tous ceux, habitants anonymes des différentes localités et stations prospectées, qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

## AVANT - PROPOS

Ce travail a été réalisé dans le Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, Université Mentouri Constantine, Faculté des Sciences.

Avant d'entamer ce travail, mes connaissances sur les Collembolés étaient très sommaires. Même dans l'enseignement d'Entomologie on ne donnait pas assez d'importance à ce groupe d'anciens Insectes. La tâche était très difficile, presque impossible. Pendant dix ans, j'étais seul face à un tabou, aucun zoologiste algérien ne s'y intéressait, aucune référence n'était disponible ou à ma portée. J'ai frappé à toutes les portes, on me rétorquait, laissez tomber ces maudits Collembolés, voyez ailleurs. Vouloir obstinément connaître les Collembolés, ancêtres des Insectes est pour moi un challenge, un défi contre l'ignorance grâce à l'aide inestimable du Prof. Louis Deharveng et d'autres.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à Monsieur le Professeur **D.ALLATOU**, qui a accepté de reprendre la direction de ma thèse dans les moments les plus difficiles qu'a connue la réalisation de ce travail. Pour ses conseils, sa patience ainsi que sa confiance, il trouve de ma part davantage de respect et d'amicale sympathie.

Monsieur le Professeur **DOUMANDJI SALAHEDINE**, dont j'ai été l'élève au DE.A Entomologie et qui a dirigé ma recherche pour l'obtention du Magister et auprès duquel j'ai appris à mieux connaître les Insectes. L'honneur est pour moi de le revoir juger le présent travail et d'en présider. Qu'il trouve ici mes plus respectueux sentiments et toute ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur **LOUIS DEHARVENG** Directeur du Laboratoire de Structure, Origine et Evolution de la Biodiversité, MNHN, Paris. Je ne trouve pas les mots qu'il faut pour le remercier sauf que lui dire toute ma gratitude. "C'est grâce à vous que l'on connaît mieux les Collembolés d'Algérie". Eminent spécialiste, grand Taxonomiste, n'a pas hésité à m'apprendre les secrets de la Taxonomie des Collembolés, en me recevant dans son Laboratoire de Toulouse et celui de Paris. Son inestimable aide est pour beaucoup dans la réalisation de ce travail par l'identification de la plupart des espèces mais surtout pour la description de nouvelles espèces. Qu'il trouve ici ainsi que **ANNE BEDOS**, mes plus profonds sentiments d'amitiés, de reconnaissance et de respect.

Monsieur le Professeur **SOLTANI NOREDINE** de l'Université de Annaba, pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Sa présence m'honore, ses analyses, ses observations et

ses remarques pertinentes sont toujours utiles et enrichissantes. Qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et mon respect.

Monsieur le Docteur **HARRAT ABOUD**, pour son encouragement et pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Qu'il trouve ici mon amicale sympathie.

Le Docteur **BERCHI SELIMA**, Directrice du Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, collègue depuis plusieurs années, qu'elle retrouve ici mon respect et ma totale confiance.

Monsieur le Professeur **RAPHAËL JORDANA**, Laboratoire de Zoologie et Ecologie, Université de Pomplona (Espagne), pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, là où beaucoup d'espèces ont été déterminées et décrites.

Professeur **JEAN FRANÇOIS PONGE** du Laboratoire d'Ecologie, Paris VI, et Professeur **JORGE PAULO CANCELA DA FONSECA** pour l'aide qu'il m'ont apporté dans l'analyse statistique des résultats de ce Travail. Qu'ils trouvent ici ma plus sincère expression de reconnaissance et de respect.

Je tiens à exprimer mon amicale sympathie à toutes et à tous, enseignants et collègues du Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Constantine.



# S O M M A I R E

	Page
INTRODUCTION.....	1
<b>PREMIERE PARTIE : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>CHAPITRE PREMIER : Données Générales Récentes sur les Collemboles.....</b>	<b>3</b>
<b>I.- Morphologie.....</b>	<b>3</b>
<b>1.-Morphologie générale.....</b>	<b>4</b>
1.1-La tête et ses annexes.....	4
1.2-Le thorax.....	5
<b>2.-Morphologie externe.....</b>	<b>7</b>
2.1-Le tégument et ses formations.....	7
2.2- Les soies, les écailles, les trichobothries et les sensilles.....	8
2.2.1- Les soies.....	8
2.2.3- Les écailles.....	10
2.2.4- Les trichobothries.....	10
2.2.5- Les sensilles.....	10
2.3.- Chétotaxie.....	13
2.3.1- La tête.....	13
2.3.2-La région céphalique.....	17
2.3.3 –Thorax.....	18
2.3.4- Abdomen.....	19
<b>II -Reproduction et développement.....</b>	<b>20</b>
1- Reproduction.....	20
2- Appareil génital et cycle sexuel.....	21
2.1-Le femelle.....	21
2.2- le Mâle.....	21
3.- Développement.....	22
3.1- Le développement embryonnaire.....	22
3.2- Le développement larvaire.....	22
3.3- Modifications morphologiques réversibles.....	24
3.3.1- Epitoquie.....	24
3.3.2- Ecomorphose.....	24
3.3.3- Cyclomorphoses.....	26
4.-Adaptationsmorphologiques et physiologiques.....	26
4.1- Adaptations physiologiques.....	26
4.1.1- Adaptations au froid.....	26
4.1.2- Adaptation à la dessiccation ou "anhydrobiose".....	26
4.1.3- Adaptation à l'innodation.....	27
4.1.4-Adapatationà la salinité.....	27
4.1.5- Adaptation à la vie cavernicole.....	27
<b>III- Phylogénèse et position systématique des Collemboles.....</b>	<b>28</b>
1.-Phylogénèse.....	28
2.- Position systématique des Collemboles.....	34
2.1- Diverses approches de la systématique des Collemboles.....	34

2.1.1- Systématique cladistique.....	34
2.1.2- Méthodes caryologiques et biochimiques.....	34
2.1.3- La systématique évolutive.....	35
2.1.4- Mise en place des caractères au cours du développement post-embryonnaire.....	35
2.2- Classification traditionnelle.....	36
2.3-Nouvelles approches à caractères taxonomiques.....	37
2.3.1- Chétotaxie antennaire.....	37
2.3.2- Chétotaxie tibiotarsale.....	38
2.3.3- Chétotaxie dorsale.....	39
2.3.4- Modèles des soies-S sur les tergites.....	39
2.3.5- Pièces buccales, labre et labium.....	40
3-Classification actuelle des Collemboles.....	41
4-Clés des ordres et des familles de Collemboles.....	45
4.1-Clé des ordres.....	45
4.2- Clé des familles.....	47
IV– Biogéographie.....	50
1.-Répartition et éléments de biogéographie.....	50
V- Ecologie des Collemboles.....	54
1-Habitats et biotopes.....	54
2- La répartition des Collemboles dans leurs biotopes.....	55
3.- Influence des facteurs édaphiques.....	55
3.1- Facteurs abiotiques.....	55
3.1.1- La température et l'humidité.....	55
3.1.2- Porosité et aération du sol.....	57
3.2- Facteurs biotiques.....	57
3.2.1- Le régime alimentaire.....	57
3.2.2- Parasites et Prédateurs.....	58
3.3- L'action humaine sur les populations de Collemboles.....	58
3.3.1 -Influence du travail du sol.....	58
3.3.2- Influence des engrais et fertilisants.....	59
3.3.3- Influence des pesticides et des incendies.....	59
3.4- Rôles des Collemboles dans leurs milieux naturels.....	60
VI- Données actuelles sur les Collemboles d'Algérie.....	60
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DES LOCALITES D'ETUDE ET TECHNIQUES D'ETUDE</b>	
I.- Caractéristiques générales des localités d'étude.....	66
1.-Le massif de l'Edough et la région d'El-Kalla .....	66
1.1-Aperçu de géologie générale.....	66
1.2- Le climat régional et la végétation .....	67
1.2.1 - La température.....	67
1.2.2- Les précipitations.....	68
1.2.3 -Bioclimat et végétation.....	68
2.-Azzaba.....	70
3.-Constantine et ses environs.....	72
3.1- Djebel-Ouahch.....	72
3.1.1- Aperçu topographique, géologique et hydrologique.....	72
3.1.2- Climat et végétation.....	72

3.2-Khroub.....	73
3.3- Le lac salé (Sebkha) Ain Mila.....	74
3.3.1- Géologie et topographie.....	74
3.3.2-Climat et végétation .....	75
<b>II- Méthode d'échantillonnage et extraction des Collemboles.....</b>	<b>75</b>
1.- Etude faunistique.....	75
2.- Etude écologique.....	75
2.1- La station ou aire d'étude.....	76
2.2- Les prélèvements ou échantillons de sol.....	76
3.-Extraction des Collemboles.....	77
3.1- Principe de la technique.....	78
4- L'extraction des Collemboles .....	77
5.- Tri, dénombrement et identification des Collemboles.....	80
5.1-Tri et dénombrement.....	80
5.2- Préparation et identification.....	80
5.2.1- Fixation.....	80
5.2.2- Eclaircissement.....	80
5.3-Montage et conservation.....	81
5.4-Observation et identification.....	82
6- Mesures des paramètres édaphiques.....	82
6.1- La température.....	82
6.2- La teneur en eau et porosité totale.....	82
6.3- La porosité totale.....	83

### **CHAPITRE III : RESULTATS DE L' ETUDE TAXONOMIQUE ET BIOGEOGRAPHIQUE ET ECOLOGIQUE**

<b>I- Inventaire et étude taxonomique.....</b>	<b>85</b>
1.-Composition faunistique .....	85
2- Liste d'espèces de Collemboles identifiées et décrites.....	89
3.-Etude taxonomique.....	91
<b>II.-Biogéographie et classification morphoécologique des Collemboles identifiés.....</b>	<b>140</b>
1- Statut des espèces.....	143
2- Distribution biogéographique.....	144
3- Classification morpho-écologique.....	145
<b>III- Dynamique saisonnière d'un peuplement de Collemboles endogés dans un sol de prairie.....</b>	<b>147</b>
1.-Composition faunistique et structure du peuplement.....	148
2-Structure du peuplement de Collemboles endogés.....	149
2.1- Diversité du peuplement.....	150
2.2- La richesse spécifique du peuplement.....	150
2.3- L'équitabilité (Uniformité) du peuplement.....	151
2.4-La dominance du peuplement.....	152
3.- Distribution spatiale des individus.....	152
4.- Evolution mensuelle de l'abondance.....	154
4.1-Total Collemboles.....	154
4.2-Nombre d'espèces.....	156

<b>5.- Facteurs édaphiques et abondance des Collemboles.....</b>	<b>158</b>
<b>5.1- La teneur en eau du sol.....</b>	<b>158</b>
<b>5.2- La porosité totale du sol.....</b>	<b>160</b>
<b>5.3- La température du sol.....</b>	<b>161</b>
<b>6.- Analyse factorielle des correspondances.....</b>	<b>163</b>
<b>6.1- Courbes de régression.....</b>	<b>169</b>
<b>6.1.1- Total Collemboles x facteurs du milieu.....</b>	<b>171</b>
<b>6.1.2- Richesse spécifique x facteurs du milieu.....</b>	<b>170</b>
<b>7 -Variation mensuelle des effectifs d'espèces.....</b>	<b>173</b>
<b>IV-DISCUSSION ET CONCLUSION.....</b>	<b>201</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>218</b>

## INTRODUCTION

Les Collemboles sont les plus anciens Hexapodes primitivement aptères connus, ils remontent au Dévonien (moins de 400 millions d'années). Sur le plan systématique, les Collemboles, ont depuis longtemps préoccupé les systématiciens. En effet, du rang d'ordre qu'ils occupaient parmi les insectes Aptérygotes, ils passent à celui de sous-classe jusqu'à la fin de la deuxième moitié du siècle dernier. De nos jours et avec l'avènement de la systématique cladistique qui se réfère à l'évolution des caractères spécialisés, partagés et hérités de l'ancêtre commun, la nouvelle vague de systématiciens érige les Collemboles au rang de **classe** à l'intérieur des Hexapodes. Ce nouveau statut donné aux Collemboles est le résultat de très nombreux travaux de Phylogénie. Sur la base de critères morphologiques et moléculaires on isole les Collemboles à l'intérieur des Hexapodes non pas par l'absence d'ailes mais surtout par la présence d'appendices sur les segments abdominaux (furca, tube ventral, tenaculum et rétinacle) qui distinguent les Collemboles des autres Hexapodes. On les maintient parmi les Arthropodes primitifs par la structure du tube digestif et de la gonade, la persistance de l'appareil excréteur coelomique céphalique et abdominal. L'absence des tubes de Malpighi et la présence de deux subcoxas sur les pattes.

Loin de nous l'idée de participer à un débat, du reste du domaine réservé aux éminents systématiciens, ni de prendre position pour l'une ou l'autre des deux écoles (Linnéenne et cladistique) qui malgré leur définition parfois opposées, demeurent complémentaires. La littérature relative aux Collemboles, est à l'heure actuelle considérable, et s'intéresse aux différents aspects : écologie, biologie, physiologie. Le débat continue à alimenter les rencontres scientifiques sur la phylogénie des Collemboles et leur biodiversité, où reste beaucoup à faire pour connaître le monde des Collemboles.

C'est dans le volet biodiversité que s'intègre notre travail, le principal objectif et de connaître davantage la faune des Collemboles d'Algérie. Nous partons avec, d'une part, un handicap, celui de ne posséder que très peu d'informations sur le sujet, et d'autre part un avantage, celui de réaliser un travail original. En effet, hormis les travaux systématiques réalisés à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle Lucas (1846 et 1849) ; Parona (1884) qui étudient des formes assez difficiles à replacer dans la taxonomie moderne, les travaux les plus proches de nous remontent à la fin de la première moitié du siècle dernier, Denis (1925-1925-1937) et Handschin (1926-1928). Il faut attendre la fin des années cinquante pour qu'il se réalise un travail sérieux de taxonomie grâce au travail de Cassagnau réalisé entre Novembre 1958 et Juin 1959, publié en 1963. Les travaux précédents sont donc très peu nombreux, sporadiques et fragmentaires, se limitant à quelques localités du vaste territoire du pays.

Le présent travail se propose d'apporter sa contribution à une meilleure connaissance des Collemboles de quelques localités du Nord-Est algérien. Notre objectif est d'en réaliser un inventaire faunistique, d'émettre un avis sur l'appartenance biogéographique de cette faune et enfin aborder l'étude de la dynamique saisonnière dans un milieu naturel non anthropisé.

Le choix des localités d'étude est fait d'une manière à mieux connaître la diversité des Collemboles dans les conditions écoclimatiques qui caractérisent la région.

L'Edough (Annaba) est choisi surtout parce qu'il représente, le lieu le plus proche où a été réalisé le dernier travail sur les Collemboles d'Algérie par Cassagnau (1963). L'auteur écrivait à son sujet à cette époque le texte suivant : " C'est dire l'intérêt qu'il y aurait à prospector systématiquement les milieux naturels aujourd'hui d'accès difficiles en raison de la situation politique. Nous songeons en particulier aux formations boisées du massif de l'Edough qui domine la plaine de la Seybouse et qui est l'une des régions les plus arrosées de tout le Maghreb oriental". Les résultats obtenus dans cette localité ont donné raison à l'auteur.

Nous avons élargi nos prospections à d'autres localités, les unes situées au nord du Tell oriental, Azzaba, Jijel; les autres, Djebel Ouahch (Constantine), Khroub et la Sebkhia de Ain Mlila au sud de la chaîne Numidienne. Nos prospections, bien qu'elles soient limitées à un espace assez réduit nous ont permis de mieux connaître une faune délaissée par les zoologistes algériens.

# PREMIERE PARTIE : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

## CHAPITRE PREMIER : Données Générales Récentes sur les Collemboles.

### I.- Morphologie

#### Place des Collemboles parmi les Héxapodes et caractères distinctifs

Les Collemboles du Grec (Kolla = colle) ; (embolon = toupie) ou "Springtails" en anglais, un groupe d'insectes 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 insecte 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). Cependant le rattachement de ce fossile aux familles actuelles de Collemboles ne fait pas l'unanimité des auteurs. Pour Scourfield (1940) cité par Grassé (1965) il s'agit d'un *Arthropleona*; d'autres auteurs y voyant d'incontestables Poduromorphes (Massoud, 1976), pour d'autres, des Entomobryomorphes *Isotomidae* (Greenslade et Whalley, 1986). Mais tous les auteurs s'accordent à les considérer comme d'authentiques Collemboles.

Denis (1928) cité par (Grassé, 1965) limite la description abrégée des Collemboles aux caractères suivants: pièces buccales entotrophes ou presque complètement cachés, un organe temporal ou de Tömösvary, antennes à 4 articles, chacun pourvu d'un segment musculaire, pattes à 2 articles subcoxaux et à griffe simple, abdomen à 6 segments pourvus d'appendices spécialisés : tube ventral sur le 1<sup>er</sup>, tenaculum ou rétinacle sur le 3<sup>ème</sup>, furca sur le 4<sup>ème</sup>, orifices génitaux mâle et femelle sur le 5<sup>ème</sup> et orifice anal sur le 6<sup>ème</sup>. Selon 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:

- l'existence d'un organe postanténaire bilatéral qui s'apparente à l'organe de Tömösvary des Myriapodes.
- les antennes de 4 articles.
- les yeux qui s'ils sont présents, peuvent être formés au total de 8 ocelles de chaque côté de la tête.
- la présence d'appendices sur les segments abdominaux: tube ventral sur le 1<sup>er</sup> segment; tenaculum et rétinacle sur le 3<sup>ème</sup> segment et la furca

(organe de saut) sur le 4<sup>ème</sup> segment.

Chez certains genres, les 6 segments post-thoraciques peuvent présenter une régression de quelques uns de leurs caractères comme conséquence de leur adaptation aux divers milieux. Cet ensemble de caractères confèrent aux Collemboles une identité qui les isolent facilement du reste des Héxapodes.

Cassagnau (1971b) indique que les Collemboles se rattachent aux Arthropodes primitifs pour les caractéristiques suivantes:

- Structure du tube digestif et de la gonade
- Persistance de l'appareil excréteur coelomique céphalique et abdominal.
- Absence des tubes de Malpighi
- Présence de deux subcoxas sur les pattes.

Et ils se rapprochent des Insectes par les caractères suivants:

- 6 pattes thoraciques
- structures neuro-endocrines
- réduction du nombre de segments
- perte de l'anamorphose .

Les Collemboles se séparent des Insectes Ptérygotes par la présence des appendices abdominaux spécialisés.

## **1.-Morphologie générale, (Fig. 1).**

La morphologie des Collemboles est depuis longtemps bien connue, Grassé (1965) et bien d'autres auteurs donnent les moindres détails. Notre exposé se limitera ainsi à rappeler les grandes lignes de la morphologie.

Les Collemboles sont des Aptérygotes de petite taille (0,5 à 8mm) dont le corps est divisé en 3 parties (tagmes): tête, thorax et abdomen. Les 9 segments post-céphaliques sont bien individualisés chez les formes primitives et partiellement coalescents chez quelques groupes évolués.

### **1.1- La tête et ses annexes**

La tête est orthognathe ou entognathe portant une paire d'antennes à 4 articles (segments) chacun pourvu d'une musculature propre, le 4<sup>ème</sup> article pouvant s'allonger en fouet annelé (*Tomoceridae*). Sur le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> article de nombreux sensilles (organe sensoriel simple dont la partie externe est une soie) se sont différenciés. Chez beaucoup de



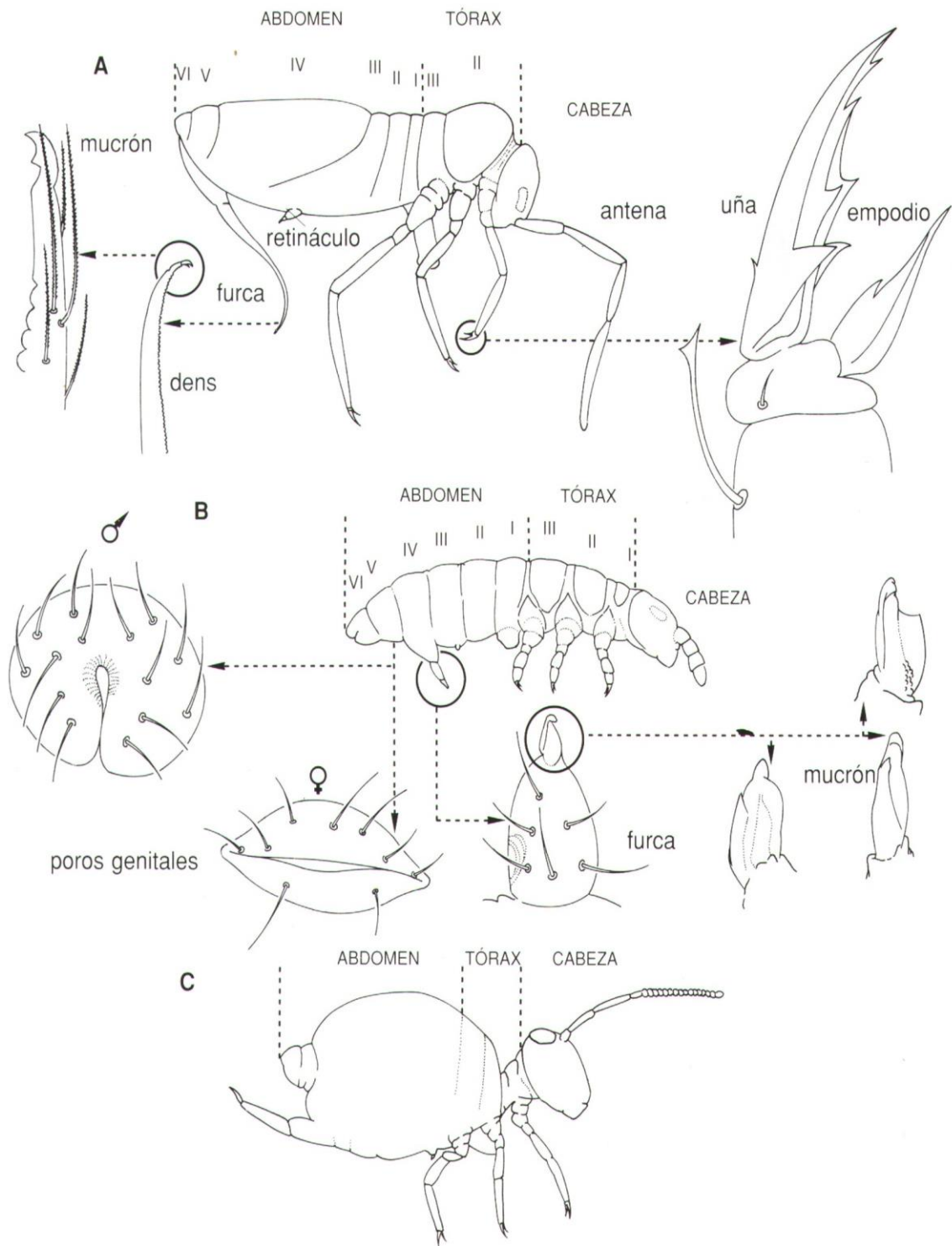
formes évoluées (Entomobryomorpha) on trouve des sensilles de type trichobothries. Un organe photosensible constitué de deux groupes de 8+8 ommatidies indépendantes les unes des autres qui peuvent être réduites ou totalement absentes chez certains groupes. Un organe post-antennaire (organe de Tömösvary) se développe entre la base de l'antenne et la tache oculaire qui peut disparaître secondairement.

## **1.2 -Le thorax**

Le thorax est composé de 3 segments inégaux, le premier est toujours plus ou moins réduit, chacune des trois paires de pattes sont pourvues de 2 praecoxae, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibiotarse, d'un prétarse à nodule empodial et d'une griffe simple terminale.

## **1.3 -L'abdomen et ses appendices**

L'abdomen est généralement à six segments mais peut être réduit chez certains de genres par la soudure du 5<sup>ème</sup> et du 6<sup>ème</sup> segment, ou du 4<sup>ème</sup> au 6<sup>ème</sup> segment. Chez les Sympyléones on note une coalescence totale des métamères post-céphaliques 1 à 7. Sur l'abdomen en position ventrale l'anus terminal s'ouvre entre trois valves sur le 6<sup>ème</sup> segment. Sur le 5<sup>ème</sup> segment s'ouvre l'orifice génital sous forme de fente transversale chez la femelle et sous forme de tubercule plus ou moins hémisphérique chez le mâle. Les appendices abdominaux sont constitués du tube ventral toujours présent sur le 1<sup>er</sup> segment abdominal, organe d'osmorégulation et d'adhésion au substrat, formé par la coalescence de 2 coxae à vesicule exsertile, d'un rétinacle ou tenaculum pourvu de crochets sur le 3<sup>ème</sup> segment et servant à maintenir l'appendice du 4<sup>ème</sup> segment. La furca, organe de saut constitué d'un manubrium impair à la base surmonté de deux dents latérales et de deux mucrons apicaux. La furca peut être réduite et peut même entièrement disparaître chez les groupes euédaphiques.



**Fig.1 : Aspects de différents types morphologiques des Collemboles.**

A : Entomobryomorpha, B : Poduromorpha, C : Symphypleona

**Traduction des mots espagnols :** cabeza : tête, uña : griffe, empodio : empodium, retináculo : rétina, poros genitales : orifice génital (mâle et femelle)

## 2.- Morphologie externe

### 2.1- Le tégument et ses formations

Le tégument des Collemboles est peu sclérifié, l'hypoderme est pourvu de pigments rouge-vineux et bleu noir masquant les pigments verts, jaunes, rouges, oranges ou noirs dans les lipides du corps gras. Cassagnau, (1980) énumère les types de pigmentation chez les *Neanuridae*.

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).

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<sup>ème</sup> segment abdominal de *Hypogastrura (Ceratophysella) tergilobata* ou chez *Metaphorura affinis*, le tubercule terminal postéroventral du 6<sup>ème</sup> 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).

Chez les *Neanuridae* selon Deharveng (1983), 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 bielanensis*) et chez les *Gulgastruridae* (*Gulgastrura reticulata*).

Les protubérances tégumentaires qui représentent le grain tégumentaire tertiaire se présentent comme des soulèvements du tégument, pouvant former de véritables digitations. En plus des formations tégumentaires précédentes, on peut observer d'autres structures cuticulaires tels que l'organite dorsal, particulier aux *Neanuridae*, qui apparaît en arrière du 1<sup>er</sup> tergite thoracique chez les premiers stades de la vie. C'est une plage circulaire impaire. Les pseudopores, plages circulaires légèrement convexes, très connues chez les *Entomobryidae* et les *Tomoceridae* sont aussi présents chez les *Isotomidae*, les *Neanurinae* et quelques *Tullberginae* et *Onychiurinae*. Deharveng (1983), précise leur localisation chez les *Neanurinae*.

## **2.2- Les soies, les écailles, les trichobothries et les sensilles. (Fig.2, a, b, c, d).**

### **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: (Figure 4).

#### **Selon la structure:**

- 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 le diamètre ne dépasse pas le diamètre de la soie mesurée en son milieu.
- Soie barbelée: la surface et la longueur des microsculptures dépassent le diamètre de la soie en son milieu.

- Soie striée: présence de stries longitudinales.
- Soie écailleuse: présence d'une ornementation en écaille agencée de façon régulière.

#### **Selon la forme:**

- Soie mousse: présente le même aspect d'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, capités triangulaires et capités en entonnoir.
- Soie claviforme: soies fines à la base et élargies à l'apex présentant en vue de profil un aspect d'une spatule.
- Soie en crosse : soie ciliée, se termine par un renflement en forme de crosse .
- Soies tibiotarsales: sont des soies spéciales peut être glandulaires présentes sur les tibiotarses, présentent un grossissement terminal sphérique ou sous forme de spatule.
- Soie spiniforme, épine: soie présentant un épaississement à la base et un rétrécissement vers l'extrémité, elle se distingue des apophyses par la présence d'une ambase (partie basale).

Pour distinguer une soie d'une épine l'auteur le fait par le rapport suivant:

**diamètre maximum / longueur = soie 0,1 < soie spiniforme < 0,25 < 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<sup>ème</sup> 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*).

Chez la majorité des Collemboles on distingue des machrochètes 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<sup>ème</sup> segment abdominal) ayant la même taille.
- 2.- Macrochète: soies plus longues.
- 3.- Mésochète: soies intermédiaires.
- 4.- Microchète ou sétolles: 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 **S** sensu Deharveng (1983).

### **2.2.3- Les écailles**

L'écaille, chez les Collemboles est un phanère aplati, très mince, en général pourvue d'une ambase 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.

### **2.2.4- Les trichobothries**

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

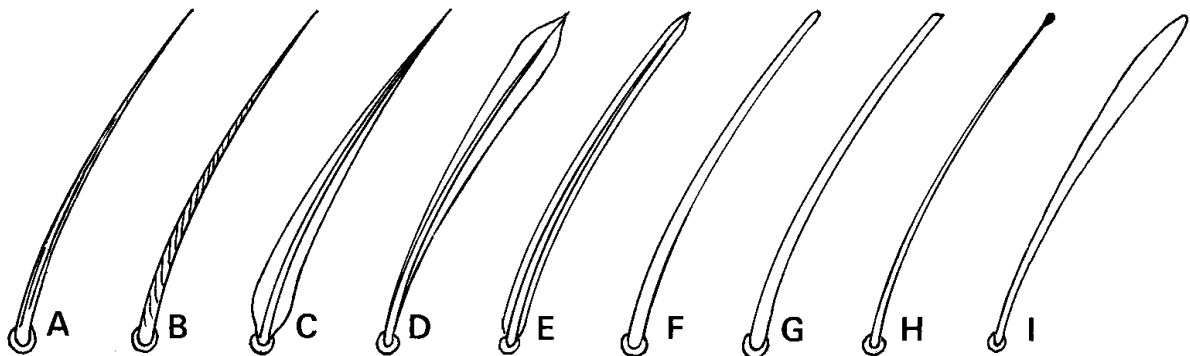
- Bothriotriches: typiques des Symphypléones à filament lisse et comportant une lamelle torsadée. Peut être plus ou moins long , plus ou moins ondulé.
- Lasiotriches: sont des trichobothries à filament lisse ou cilié implanté sur le tégument par une partie basal plus ou moins large, mais sans coupelle ni protubérance.

### **2.2.5- Les sensilles**

La sensille ou soie sensorielle ou encore soie **s** sensu Deharveng (1983) 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.

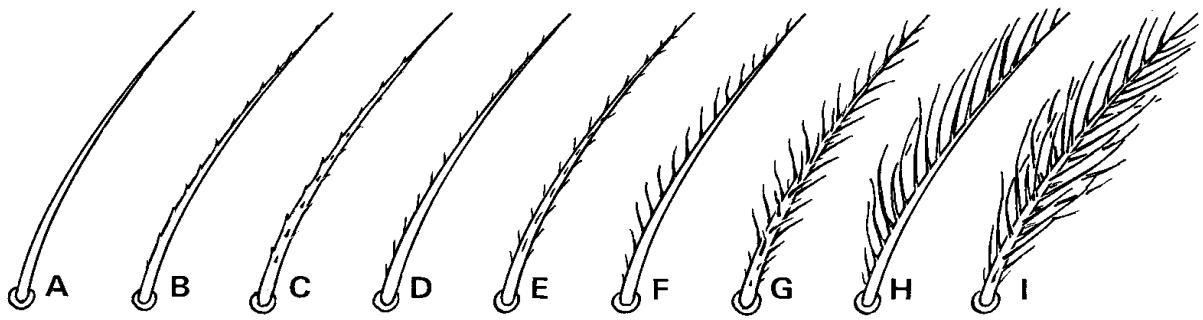
Les sensilles sont des formations tégumentaires spéciales, en général en forme de soie à apex émoussé par exemple la « soie **s** » (sensille ou soie sensorielle) dénommée ainsi par Deharveng (1983) et Deharveng et Lek (1993) ; lorsqu'elles ont la dimension de microchètes et soie **s** sensu Deharveng (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 chez les Neanurinae :

- Une sensille typique : diffère d'une soie par sa surface lisse et son apex émoussé, incolore et montre une réfringence différente 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 largement 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*.



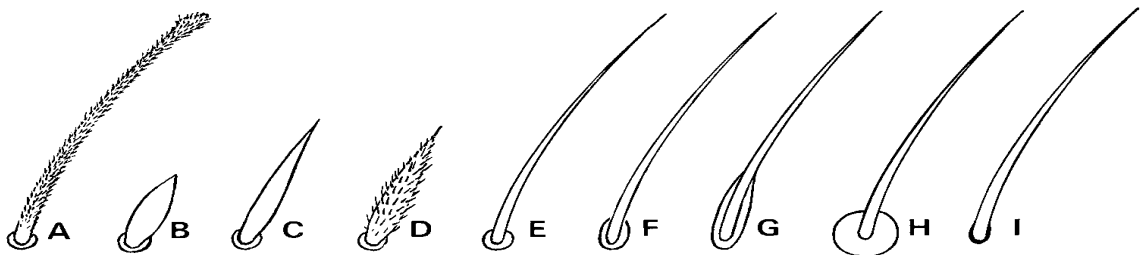
— A, soie avec des stries longitudinales. — B, soie avec des stries obliques. — C, D et E, soies à ailettes. — F, soie mousse. — G, soie tronquée. — H, soie capitée. — I, soie claviforme.

**Fig.2 (a) : Soies selon la structure**



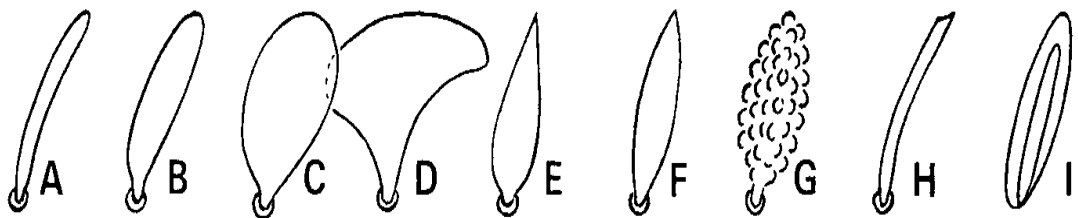
— A, soie lisse. — B, soie denticulée sur une face. — C, soie denticulée sur tout le pourtour. — D, soie ciliée sur une face. — E, soie ciliée sur tout le pourtour. — F, soie barbelée sur une face. — G, soie barbelée sur tout le pourtour. — H, soie plumeuse sur une face. — I, soie plumeuse sur tout le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

**Fig.2(b) : Soies selon la forme**



— A, soie en crosse. — 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.

**Fig.2 (c):Soies selon la forme**



— 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.

**Fig.2 (d): Soies sensilles**



Toutes les révisions et descriptions récentes donnent une drande aux soies s. Chez Parisotoma (Rusek, 1984 ; Potapov, 1991), chez Isotomiella (Deharveng et Oliveira, 1990), chez Folsomides (Fjellberg, 1993), chez Vertagopus (Fjellberg, 1996), chez Anurophorus (Potapov, 1997a), chez Pseudanurophorus (Potapov, 1997b), chez Folsomia (Potapov et Babenko, 2000), chez Isotomurus (Deharveng et Lek, 1993 ; Carapelli et al., 2001) et bien d'autres taxa. Deharveng (1983), 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 chétotaxie 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), note que les modèles basés sur la chétotaxie 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.- Chaetotaxie**

La différents éléments tégumentaires décrits ci-dessus; répartis sur les différentes régions du corps des Collemboles 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 chétotaxie: nombre et disposition des soies, est d'une importance systématique fondamentale pour l'identification des espèces. Deharveng (1983) a proposé une nouvelle définition de la sous famille des Neanurinae basée sur une nomenclature plus complète de la chétotaxie 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.

#### **2.3.1- La tête**

##### **a.-Les antennes. (Fig.3)**

Les antennes des Collemboles sont constituées de quatre articles chez tous les *Poduromorpha*, les *Actaletidae*, les *Isotomidae* et plusieurs espèces *d'Entomobryidae* et de *Symphyleona*. Le nombre d'articles antennaires peut être porté à cinq articles par division du 1<sup>er</sup> article, comme c'est le cas chez le genre *Heteromurus*, ou à six articles suite à la division du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> articles chez le genre *Orchesella*. Chez quelques espèces *d'Entomobryidae* on observe une segmentation secondaire du 4<sup>ème</sup> article ou du 3<sup>ème</sup> et du 4<sup>ème</sup>. Chez plusieurs espèces de Symphypléones on peut observer l'apparition de plusieurs sous-segments sur le 4<sup>ème</sup> article antennaire. 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. (Fig.3).

Les antennes présentent en plus des phanères comme les soies, les sensilles etc..., une valeur systématique, où chaque phanère présente un position caractéristique.

Leur valeur taxonomique est majeure chez les groupes à réduction chaetotaxique, comme les *Poduromorpha*, *Neelipleona* et *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 décrites chez les *Sminthurididae* sur le 2<sup>ème</sup> 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.

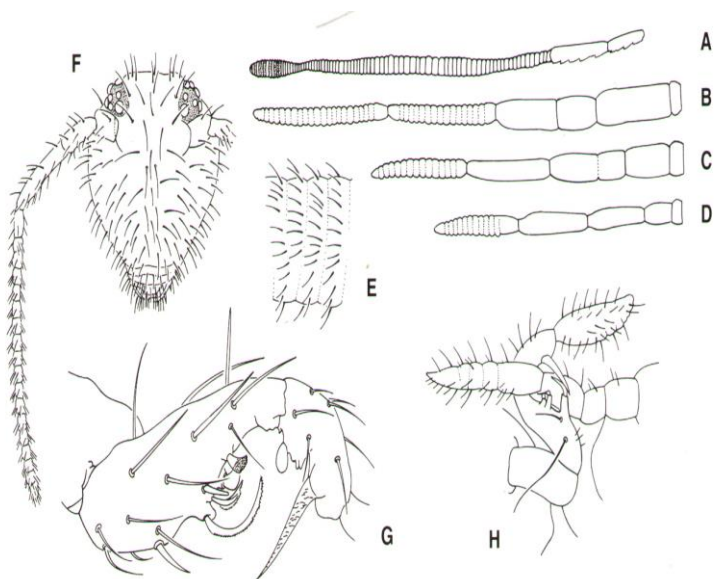


Fig.3 : Les différents types d'antennes des Collemboles.  
 A : antenne de *Tomocerus*  
 B et C : antennes de *Orchesella*  
 D : antenne de *Heteromurus*.  
 E : article antennaire IV annelé  
 F : tête et antenne de *Sminthurus*  
 G : Organite antennaire de fixation.  
 H : Accrochage du mâle et de la femelle en accouplement par les antennes, (*Sminthuride*)

**b.- La zone oculaire.** (Fig.4 a)

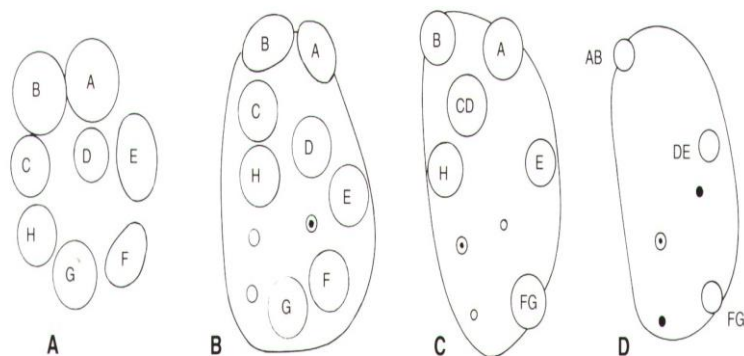


Fig.4 (a) : Aire oculaires des Collemboles.  
 A : Symphyleona; B, C et D :Poduromorpha et Entomobryomorpha  
 (les petites lettres à l'intérieur désignent la dénomination des cornéules).  
 (Jordana et al, 1997).

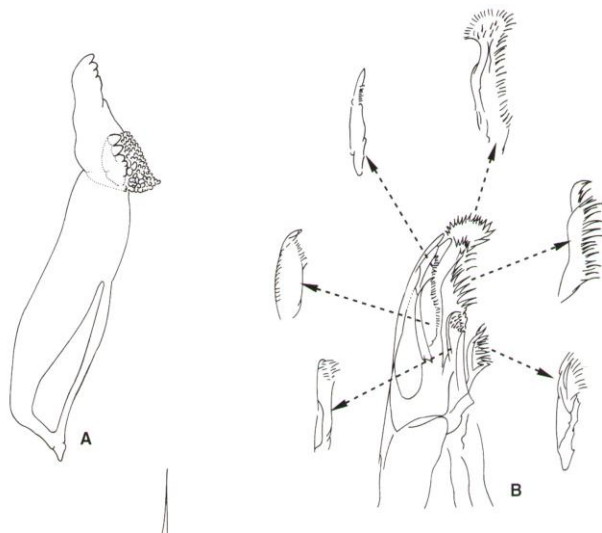


Fig.4 (b) : Pièces buccales des Collemboles.  
 A : Mandibules de *Tetracanthella*,  
 B : Maxilles d'*Hypogastrura*  
 (Jordana et al, 1997).

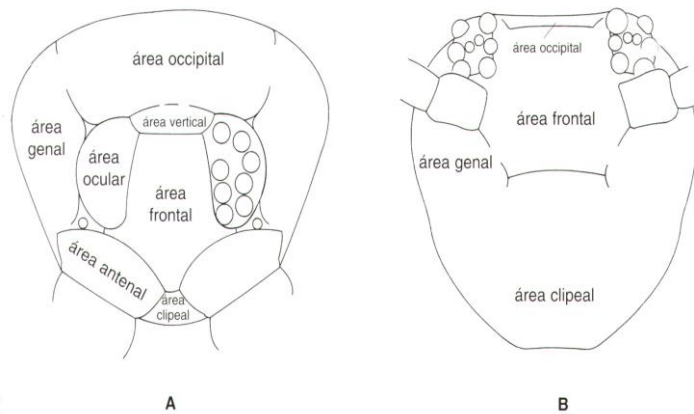


Fig.4 (c) : Aires céphaliques des Collembos.  
 A : chez les Poduromorpha  
 B : chez les Symphypleona  
 (Jordana et al, 1997).

L'organe post-antennaire, homologue de l'organe de Tömösvary à fonction indéterminé, est de morphologie variable, absent chez les *Neanuridae* (Deharveng, 1983). Il est formé par un ou plusieurs lobes situés entre la masse des ommatidies et la base de l'antenne. Sa structure a été étudié par Karuize, (1971) in (Jordana et Arbea, 1997) 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 cônica.

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 formé 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 ambases. Elles contiennent quatre cellules cornéolaires et un cristallin d'aspect réfringent. Seule l'aire oculaire est pigmentée.

La regression oculaire se manifeste extérieurement par la disparition d'un certain

nombre de cornéules. Cette regression oculaire se rencontre spécialement chez les Poduromorphes *Hypogastruridae* et *Neanuridae* et les Entomobryomorphes *Isotomidae* et *Entomobryidae*.

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

La regression oculaire semble résulter d'un arrêt de la différenciation durant le développement embryonnaire, elle correspond à la disparition de la structure interne du même nombre d'ommatidies. (Thibaud et Massoud, 1973). Chez les *Neanurinae*, le nombre de cornéules est de 5+5 (rare), 4+4, 3+3, 2+2 et 0+0. (Deharveng, 1983).

### **c.- La région buccale.** (Fig.4 b)

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 chétotaxie 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, (1981b) 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,1981b).

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 regresser, se souder ou s'hypertrophier ou se réduire en un simple stylet ou se compliquer par la formation d'expansions lamillaires de grande taille. Les différentes formes sont utilisés comme caractères systématiques pour la classification des différents groupes de Collemboles.

### 2.3.2- La région céphalique. (Fig.4 c)

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; (fig.4c), 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)

Yosii (1956), Da Gama (1969), Cassagnau (1974) et Deharveng, (1983) 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, gënale **g** et latérale **l**. Dans l'aire oculaire se rencontre normalement trois soies **oc**.

### 2.3.3 -Thorax

Le tégument thoracique est constitué par trois segments correspondant à chacune des trois paires de pattes. Dorsalement il ya une différenciation de trois tergites chez les *Poduromorpha* tandisque 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.

La chaetotaxie des segments thoraciques est typique pour les genres ou les espèces des *Poduromorpha*. Les pattes sont constituées en général de deux subcoxas, une coxa, un trochanter (non bien individualisé), un fémur et un tibiotarse 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. La 1<sup>ère</sup> patte est plus complexe chez quelques *Symphyleona* qui présente une tunique et un pseudonychium (croissance de la denté basale latérale) en bas du tubercule empodial qui est lié en position

antérieure à l'appendice empodial équipé d'une lame interne, trois ou quatre lames et une soie terminale plus ou moins large.

La chaetotaxie de la patte est d'un intérêt systématique chez plusieurs groupes selon la variation du nombre de soies, la présence de soies avec un gros apex sur le tibiotarse, la présence d'épines de diverses morphologies et de l'organe trochantéral de la 3<sup>ème</sup> paire de pattes des *Entomobryomorpha* et de quelques *Symphyleona*. Yosii, (1962)) et (Lawrance, 1977) cité par (Deharveng, 1983) proposent une nomenclature pour les soies tibiotarsales des *Hypogastruridae* pour le premier et pour les *Isotomidae* pour le second. De son côté Deharveng, (1983), propose un schéma de la chétotaxie tibiotarsale des *Isotomidae* et des *Poduromorpha* et note que la chaetotaxie tibiotarsale des *Neanuridae* s'intègre dans le schéma hypogastrurien primitif.

## 2.4- Abdomen

L'abdomen des Collemboles est constitué généralement de six segments pouvant présenter des variations substantielles. Chez les *Symphyleona* et les *Neelipleona* il y a une fusion des segments thoraciques et abdominaux et seuls le 5<sup>ème</sup> et ou le 6<sup>ème</sup> restent libres. C'est le cas chez *Pseudisotoma* qui n'a que cinq segments (le 5<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> sont soudés) et chez le genre *Folsomia* qui ne comprend que quatre segments, le 4<sup>ème</sup>, le 5<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> segments sont unis en un seul. La chétotaxie peut constituer une valeur systématique chez quelques genres par la disposition des soies sensorielles, trichobothries, microchètes, macrochètes et les soies modifiées.

Le segment abdominal I est pourvu d'un appendice ventral: le **tube ventral** qui comprend une base courte ou allongée selon les groupes. La base porte apicalement, une paire de deux vésicules exertiles à paroi mince, un court segment basal et un segment distal plus long. La fonction de cet appendice n'est pas tout à fait clairement définie, certains le considère comme un appareil respiratoire ou comme organe adhésif ou organe d'absorption d'eau, (Grassé, 1965); (Jordana et al, 1997). Le segment abdominal II ne comporte aucun appendice.

Le segment abdominal III comporte le **tenaculum** ou **réтинacle** constitué par une base et deux branches munies vers leurs parties mobiles d'une paire de dents.

Le segment abdominal IV porte la furca, organe de saut, située sur le bord postérieur de la plaque ventrale, est constitué d'une base impaire, le *manubrium*, deux dens 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 peu 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). 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 Symphypleones sont le plus souvent identifiés suivant la chétotaxie du manubrium ou du mucron.

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

Le segment abdominal VI 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 Symphypleones les lamelles anales sont constituées de soies transformées. Potapov (1989) a montré que les modèles de soies s sur les tergites sont particulièrement diversifiés chez les Isotomidae, et que l'utilisation de la chétotaxie s s'est rapidement étendu dans les descriptions de taxa pour cette famille.

## **II -Reproduction et développement**

### **1- Reproduction**

Généralement les Collembolés ont une reproduction bisexuée. La parthénogénèse a été signalée chez quelques espèces (*Onychiurus parthenogeneticus*, *Tullbergia krausbauri*, *Isotoma notabilis*, *Folsomia candida*, *Folsomia cavicola*). Un dimorphisme sexuel toujours présent du moins si l'on se réfère à l'orifice génital et à la présence de caractères sexuels secondaires pas toujours nets et bien différenciés et qui en plus demeurent très peu étudiés chez les Poduromorphes et les Entomobryomorphes mis à part les soies ventrales des mâles de quelques *Onychiuridae* et *Neanuridae*. Chez d'autres groupes ces mêmes caractères deviennent spectaculaires par exemple chez certains *Isotomidae* où les mâles des genres *Guthriella*, *Rhodanella* et *Jestella* sont pourvus de soies géantes sur la tête ou les segments post-céphaliques avec la présence des soies périanales en bâtonnets ou chez les femelles de *Hydroisotoma*. Deharveng, (1976) décrit chez *Anurophorus serratus*, la présence de 1 à 2 bâtonnets de forme cylindrique, large et court sur la face ventrale du tibiotarse III du mâle adulte [en plus des 6 soies internes de la plaque génitale]. Les caractères sexuels secondaires les plus nets se sont développés chez les Symphypleones:



- Chez les mâles: antennes préhensiles (*Sminthurididae*), organe abdominal chez les genres d'*Arrhopalitidae* et *Bourletiellidae*.

- Chez les femelles: appendices anaux et soies élargies sur le 6<sup>ème</sup> segment.

Le trait le plus remarquable de ces caractères sexuels secondaires est selon Cassagnau, (1986), leur extrême malléabilité sous l'influence d'une activité hormonale fluctuante, l'auteur cite le cas du phénomène de **neutralisation écologique**: mâles et femelles sans caractères sexuels secondaires et d'**épitoquie**: ensemble des modifications morphologiques en période de reproduction "vitellogénèse".

La fécondation chez les Collemboles est de type indirecte par l'intermédiaire d'un spermatophore que le mâle dépose sur le substrat (Schaller, 1952 cité par Cassagnau, 1990) Chez les *Symphyleona* existent des parades sexuelles entre le mâle et la femelle qui interviennent avant ou au moment du dépôt du spermatophore. Betsch-Pinot, (1977) décrit deux types de parades sexuelles chez *Allacma gallica* et *Sminthurus viridis* :

- **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 (ce type de pariade inclut aussi la production de spermatophores en absence du mâle).
- **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 pariade est lié à l'existence de caractères sexuels secondaires spectaculaires (*Sminthurididae*, *Bourletiellidae*); (Betsch, 1980). Chez le genre *Sminthurus*, la pariade sexuelle consiste en un accrochage par les antennes du mâle et de la femelle; (Massoud, 1971). Bertfeld, (1976) note que la pariade sexuelle qui se manifeste chez *Sphaeridia pumilis* consiste en un transfert du spermatophore d'orifice à orifice génital, chez d'autres ordres le recueil du spermatophore se fait au hasard. Les spermatophores sont déposés en grand nombre sur le substrat et leur prise par la femelle est très variable suivant les groupes: dépôt au hasard et fécondation ultérieure en l'absence du mâle ; dépôt stimulé par la présence de la femelle réceptive; dépôt et prise du spermatophore lors d'une pariade primitive.

## 2- Appareil génital et cycle sexuel

### 2.1-Le femelle

Chez la femelle la gonade est composée d'une paire d'ovaires de type méroïstique polytrophique ventraux latéraux à germarium latéral et externe. Les oviductes sont courts

débouchent au vagin impair qui s'ouvre ventralement sur le 3<sup>ème</sup> sternite au niveau d'une fente génitale transversale, (Cassagnau, 1990).

L'ovogénèse a été étudiée par Palevody, (1976) chez *Folsomia candida*, l'auteur précise que le cycle passe par cinq phases séparées d'intermues de prévitellogénèse et d'intermues de vitellogénèse entre chaque ponte. La succession des phases du cycle est le plus souvent régulière chez la majorité des Collemboles avec quelques modifications chez certains *Entomobryomorpha* et certains *Poduromorpha* chez qui Thibaud, (1970) note une certaine irrégularité. Pour certains *Symphypleona*, Bretfeld, (1977) note une seule éxuviation par ponte chez *Heterosminthurus insignis*. Le nombre d'œufs par ponte varie d'un groupe à l'autre, il est compris en moyenne entre 150 à 200 chez les espèces d'*Hypogastruridae* édaphiques et de 40 à 70 chez les formes cavernicoles du même groupe dans les conditions optimales (Thibaud, 1970). Chez les *Neanurinae* le nombre d'œufs par ponte varie de 5 à 10, (Cassagnau, 1990).

## **2.2- Le mâle**

La gonade du mâle est composée d'une paire de testicules à germarium latéral. Le canal déférent (court chez les *Arthropleona* et long et contourné chez les *Symphypleona*) se développe en vésicule séminale à la maturité sexuelle. Les spermatozoïdes s'accumulent dans les vésicules séminales, mêlés à des gouttelettes nutritives secrétées par la paroi. Cassagnau, (1971) décrit les spermatozoïdes des Collemboles et note que ceux-ci ont une tête filliforme et sont enroulés sur eux-mêmes. Le spermatophore se forme dans le conduit ventral, le pédoncule du spermatophore est long chez *Symphypleona* et les *Entomobryomorpha* subépigés, plus réduit chez les *Poduromorpha* et pratiquement absent chez les *Hypogastrura* et les *Onychiurus*.

## **3.- Développement**

### **3.1- Le développement embryonnaire**

Chez les Collemboles Entomobryomorphes et Symphypléones les femelles pondent des œufs isolés, chez d'autres espèces les œufs sont groupés dans une ponte déposée sur le substrat. Chez les espèces à fécondité élevée (*Isotomidae*, *Hypogastruridae*) les pontes sont amassées en paquets pouvant rassembler plusieurs milliers d'œufs. Les pontes des Symphypléones sont protégées contre les prédateurs et contre le dessèchement du milieu par l'enrobement par les excréments (Massoud et Pinot, 1973) ou par du matériel du substrat ayant transité par le tube digestif. (Cassagnau, 1990).

L'œuf est de type centrolécithe avec une segmentation totale dans les premiers stades, une segmentation superficielle débute au stade de 8 blastomères.

Chez la plupart des Collemboles édaphiques, le développement de l'œuf est immédiat, mais chez les groupes épigés, les œufs d'hiver ont un développement différé pendant plusieurs mois. Cassagnau, (1990) explique ces arrêts de développement par le phénomène de diapause embryonnaire.

### **3.2- Le développement larvaire**

Les Collemboles passent par différentes mues et des périodes d'intermues (stades). Le développement larvaire est de type protomorphe et amétabole. Le 1<sup>er</sup> stade larvaire sortant de l'œuf avec 9 segments post-céphaliques définitifs, la chétotaxie est plus simplifiée et se met en place avec les mues successives. Le passage d'un stade larvaire à l'autre ne présente pas de transformations dans l'ontogénèse. C'est ce qui permet de déterminer parfois l'espèce de plusieurs Collemboles à partir de la larve néonate. L'un des caractères principaux et à la fois particulier du développement larvaire des Collemboles est la persistance de la mue tout au long de la vie de l'animal, c'est ce qui les distingue des insectes Ptérygotes. Le nombre de mues est variable et oscille entre 3 et 60, 30 pour *Folsomia candida* et 60 *Orchesella*; (Snider,1970) cité par Cassagnau, (1990). Le nombre de mues peut être très réduit, par exemple chez les espèces du genre *Mesaphorura*, il y a quatre stades et la maturation sexuelle a lieu au 3<sup>ème</sup> stade. Chez d'autres espèces, l'accroissement est continu et peut produire plusieurs mues. (Jordana et al, 1997). Il existe une différence entre le mâle et la femelle au sujet du nombre de mues: chez *Sminthurides aquaticus*, le mâle présente trois stades larvaires et la femelle passe par 10 stades larvaires; le stade adulte apparaît à partir du 6<sup>ème</sup> stade. (Blancaert, 1981) cité par (Jordana et al, 1997).

Barra, (1977) a étudié en détails les manifestations biologiques et histologiques de l'exuviation les genres: *Tomocerus*, *Lepidocyrtus* et *Pseudosinella*. Le nombre d'intermues varie d'un groupe de Collemboles à l'autre, à titre indicatif il est de 3 à 5 chez les Symphypléones (Betsch, 1980), de 6 à 7 chez les *Isotomidae*. La durée du développement larvaire est conditionnée par la température, dans les conditions optimales, la durée des intermues les plus courtes ne dépassent pas 3 à 4 jours et peut atteindre en moyenne 5 à 20 jours selon la température d'élevage. (Cassagnau,1990). Des transformations tégumentaires peuvent apparaître chez les Collemboles, nous citons les principales transformations étudiées par l'auteur précité qui cite deux catégories de transformations:

**\* Transformations tégumentaires d'un stade larvaire à l'autre:**

- Augmentation de la chaetotaxie discrète chez les Poduromorphes, plus nette chez les Entomobryomorphes et les Symphypléones ( absence de trichobothries abdominales A, B, C du 1<sup>er</sup> stade, (Betsch,1980); soies ventrales du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> stade; apparition des écailles chez les Entomobryens qui en sont pourvus (Barra, 1975).
- Différenciation progressive des orifices génitaux et de leur chaetotaxie;
- Mise en place des caractères sexuels secondaires chez les Symphypléones.

\* **Transformations réversibles**: sont des variations phénotypiques à déterminisme hormonal passagers dépendants des conditions du milieu sont en rapport avec le développement sexuel. **L'épitoque**: modifications morphologiques associées à l'arrêt du développement. **L'écomorphose**: simples variations saisonnières. **La cyclomorphose**: régression des caractères sexuels secondaires. **La neutralisation phénotypique des sexués**: arrêts de développement dus aux conditions drastiques (**l'anhydrobiose**) et **déformations morphologiques**. La neutralisation phénotypique des sexués et l'anhydrobiose sont deux phénomènes à déterminisme écologique.

### 3.3- Modifications morphologiques réversibles

#### 3.3.1- Epitoque

Bourgeois et Cassagnau (1973), ont les premiers à avoir donné le nom d'épitoque 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 éxuviation 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), 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 raccourcissement des soies et l'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 résultant de l'épitoque peuvent toucher des caractères classiques utilisés dans la systématique ce qui

implique une attention particulière afin d'éviter de possibles erreurs.(Cassagnau, 1990).

### 3.3.2 - Ecomorphose

Cassagnau (1990) définit l'écomorphose comme l'altercalation, dans le développement post-embryonnaire des espèces d'une crise métabolique généralisée mais passagère qui se manifeste par une morphologie nouvelle suite à la persistance du processus d'exuviation, l'individu écomorphique reprendra sa morphologie normale lors de la rupture de l'écomorphose. Ce phénomène a été découvert par Cassagnau en 1965 chez *Ceratophysella armata* par la suite il l'a signalé chez d'autres espèces d'*Hypogastruridae* et certains *Isotomidae* édaphiques est une adaptation mixte où morphogénèse et physiologie sont étroitement liées, l'individu conservera toutes les caractéristiques d'un organisme amétabole. Comme l'a noté Cassagnau (1990), l'écomorphose est une crise qui touche certaines espèces de Collemboles dont le développement optimum a lieu dans des conditions de températures basses et une hygrométrie élevée. L'écomorphose se déclenche dans les biotopes où les conditions optimales changent du fait de l'apparition d'une saison chaude et sèche; elle traduit la possibilité d'entrer en vie ralentie pour faire face aux conditions extrêmes. La lenteur du développement prive les espèces écomorphiques à passer la saison défavorable à l'état d'œuf. Les espèces écomorphiques sont de deux types:

- Ecomorphose à un seul stade, dans ce cas les espèces écomorphiques passent par deux états morphologiques différents: a la forme normale **A** pré et post-écomorphique, les individus ont une diagnose d'adultes en phase reproductrice, qui à la suite d'une mue, apparait une forme écomorphique temporaire **B** correspondant à des individus immatures parfois adultes mais non reproducteurs.
- Ecomorphose à deux stades observée chez certaines espèces du genre *Hypogastrura*, où la phase **A** se décompose en deux stades morphologiques différents (formes **B** et **C**), la forme **C** a la même signification que la forme **B**.

Les modifications qui apparaissent lors de l'écomorphose concernent les structures tégumentaires (grain cuticulaire, phanères, organes sensoriels), le développement des appendices (pattes, furca, pièces buccales), l'anatomie interne (tube digestif, tissu adipeux, les hémocytes) et le blocage de l'activité des gonades. Seuls la musculature et le système nerveux ne présentent pas de modifications apparentes.

L'analyse expérimentale montre que les perturbations morphologiques et anatomiques résultants de l'écomorphose sont d'origine génétique qui s'expriment dans certaines conditions

du milieu interne et externe.

Du point de vue physiologique, l'écomorphose correspond à l'inhibition des *corpora allata* qui a pour effet de modifier le contexte physiologique de l'organisme. Cette inhibition confère à l'individu un avantage adaptatif lui permettant de s'échapper aux aléas de l'échauffement et de la dessiccation des strates édaphiques superficielles. De telles conditions sont létales pour les formes normales: blocage de la gonade, régression de la fonction digestive par involution des pièces buccales et du tube digestif; l'individu utilise les réserves stockées au niveau du corps gras. Ces modifications anatomiques et physiologiques ajoutées à celles qui touchent le tégument et les appendices, rendent l'animal apte à une vie hygrophile en milieu anoxygène par la migration vers les couches profondes du sol. La levée de la crise métabolique due à l'écomorphose peut être provoquée par l'injection de l'hormone juvénile.

### 3.3.3 - Cyclomorphoses

Fiellberg (1976) 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.

## 4.- Adaptations morphologiques et physiologiques

### 4.1- Adaptations physiologiques

#### 4.1.1- Adaptations au froid

Les Collembolés peuplent les biotopes froids des régions arctiques et antarctiques. Cassagnau (1990) cite l'exemple d'*Isotoma saltans* vivant dans les glaciers alpins, *Tetracanthella wahlgreni* sur les rochers glacés par  $-15^{\circ}\text{C}$ , à 2000 mètres d'altitude aux Pyrénées et *Cryptopygus antarcticus* supportant des températures de  $-27^{\circ}\text{C}$ . Ces capacités adaptatives sont rendues possibles grâce aux propriétés "antigel" assurées par des substances cryoprotectrices du glycérol, manitol, tréhalose et le fructose. (Block et Somme, 1982) cité par (Cassagnau, 1990). De son côté Zettel (2000) dans un travail sur les Collembolés alpins révèle le rôle de protéines à action thermique et d'autres substances à pouvoir antigel comme: le ribitol, l'arabitol et le threitol chez les espèces: *Isotomurus alticola*, *Entomobrya nivalis* et *Isotoma hiemalis*. L'auteur note que les polyols sont synthétisés durant le stade inactif alors que les protéines assurent la protection contre le froid qui intervient au cours de la phase de transition du printemps et de l'automne.

#### **4.1.2- Adaptation à la dessiccation ou "anhydrobiose"**

A 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. (Poinsot, 1968) cité par (Cassagnau, 1990). Beleguenaoui et Barra (1998) rapportent que *Folsomides angularis* réduit son incapacité à réduire la perte d'eau corporelle par l'anhydrobiose. Pour cette espèce l'anhydrobiose représente le seul moyen de survie aux conditions de hautes températures.

#### **4.1.3- Adaptation à l'innodation**

Lorsque le milieu édaphique est saturé par l'eau, la plupart des espèces remontent vers la surface du fait de la non mouillabilité de leur cuticule, mais quelques espèces demeurent prisonnières en profondeur subissant ainsi une vie subaquatique pouvant provoquer leur mort. La survie dans de telles conditions est liée à la teneur en oxygène disponible en profondeur. (Zinkler et Rüsbeck, 1986).

#### **4.1.4- Adaptation à la salinité**

Les espèces de Collemboles inféodées aux biotopes à forte salinité de type interstitiel (*Archisotoma pulchella*) ou atmosphérique (*Anurida maritima*) du milieu marin ou surfaces d'eau salées terrestres, sont capables de réguler la concentration de leur milieu intérieur par rapport aux fluctuations de la salinité environnante. (Josse, 1983). Chez *Anurida maritima*, Cassagnau (1990), note que l'énergie indispensable à la régulation du taux de salinité est fournie par l'augmentation de la température du corps favorisée par l'activité diurne et la couleur bleu sombre des animaux.

#### **4.1.5- 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). Les auteurs précisent que les caractères précédents ne suffisent pas à

qualifier une espèce de troglobie; puisque ils caractérisent aussi les espèces euédaphiques . Selon Thibaud (1986) 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) et de l'écomorphose (Lauga-Reyrel, 1984). Selon Cassagnau (1990), 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* a comme effet l'amincissement des soies et la réduction des productions cuticulaires (tendance à une juvénalisation des structures).

### **III-Phylogénèse et position systématique des Collemboles.**

#### **1.-Phylogénèse**

Dès le début des années cinquante plusieurs systématiciens se sont intéressés à la révision taxonomique au niveau supraspécifique des Collemboles. Les résultats auxquels ils sont parvenus sont présentés sous forme de monographies au niveau du genre ou de la famille. Ces travaux ont contribué à une meilleure connaissance de la phylogénie de l'ensemble des



Collemboles connus sur la base de caractères morphologiques et anatomiques choisis par les auteurs:

Cassagnau (1971b), se basant sur les structures endocrines rétro-cérébrales, fait descendre les Collemboles d'un ancêtre hypothétique, *Protocollembola*. L'auteur divise les Collemboles en 3 branches (ordres)

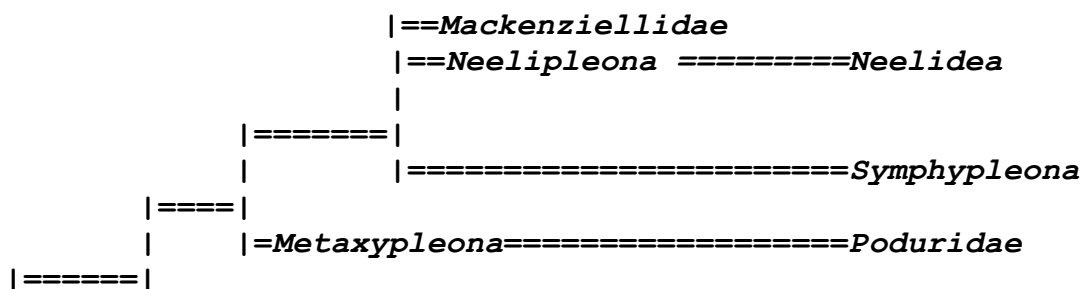
\* Branche A : ordre des **Poduromorpha** comprend 5 familles:  
*Poduridae, Hypogastruridae, Onychiuridae (Tullberginae, Onychiurinae, Tetrodontophorinae, Pachytullberginae)*, les *Neanuridae (Odontellinae, Brachystomellinae, Frieseinae* d'une part et *Pseudachorutinae et Neanurinae* d'autre part), la cinquième famille étant celle des *Rhyniellidae*.

\* Branche B : ordre des **Entomobryomorpha** comprend 6 familles:  
*Isotomidae et Actaletidae* d'une part , *Oncopoduridae, Tomoceridae et Entomobryidae (Entomobryinae, Microfalculinae, Cyphoderinae, Paronellinae)* d'autre part, la sixième famille étant les fossiles *Protentomobryidae*. ik

\* Branche C: ordre des **Symphyleona** avec 3 familles:  
*Neelidae, Dicyrtomidae et Sminthuridae (Katianninae, Sminthurinae, Bourletiellinae, Sminthuridinae et Spinothecinae)*.

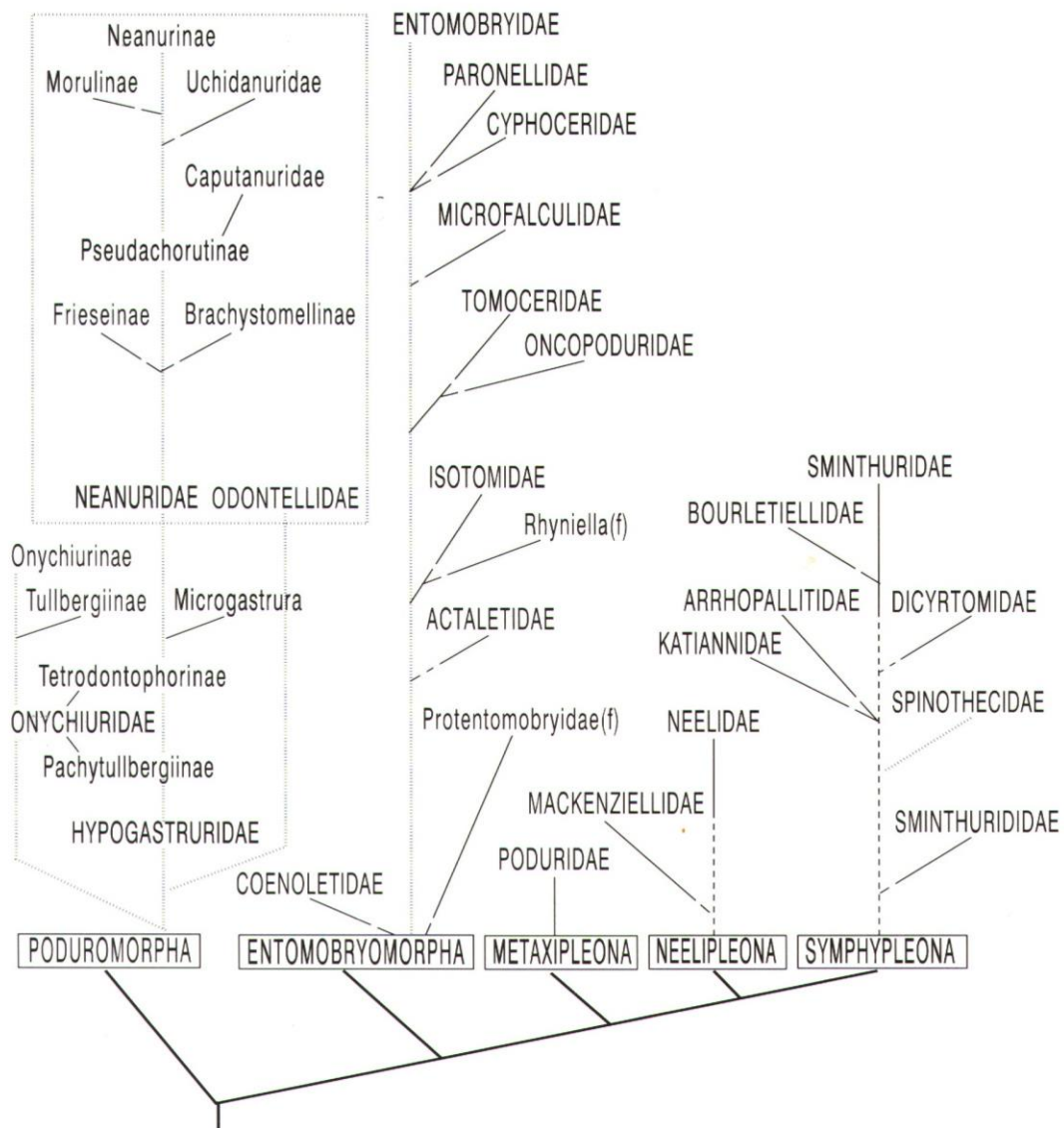
De son côté, Massoud (1976) travaillant sur le schéma de Cassagnau (1971b) ajoute d'une part une quatrième branche, D, correspondant à l'ordre des *Neelipleona* avec une seule famille des *Neelidae* et d'autre part érige au rang familial tous les Symphypléones à la suite des travaux de Betsch (1980) et écarte la famille des *Mackenziellidae* des Symphypléones.

Moen & Ellis (1984), d'une part, redéfinissent et ajoutent l'ordre des *Metaxypleona* cité par (Salmon, 1964) à leur schéma phylogénique avec comme seule et unique famille des *Poduridae*, et d'autre part, intègrent la famille des *Mackenziellidae* et des *Neelidae* aux *Neelipleona*. Les auteurs se basent dans leur analyse sur les caractères morphologiques (présence de la précoxa, manubrium divisé et absence d'organe post antennaire) qui lient entre eux les *Metaxypleona*, les *Symphyleona* et les *Neelipleona*. Il y a donc cinq ordres de Collemboles comme le montre le schéma de phylogénie proposé par les auteurs précités.



|           | ===== *Entombryomorpha*  
 |  
 |===== "*Poduromorpha*"

De son côté Stebaeva (1988) propose une phylogénie qui reprend le même schémas de (Moen et Ellis,1984) et divise les Collemboles en cinq ordres :*Poduromorpha*, *Entombryomorpha*, *Metaxypleona*, *Neelipleona* et *Symphyleona*, isole d'une part, comme (Cassagnau,1990), les *Ondontellidae* des *Neanuridae* et ajoute d'autre part une famille aux *Entombryomorpha*: *Coenoletidae* et maintient les *Mackenziellidae* avec les *Neelidae* parmi les *Neelipleona*. (Fig.5).



**Fig.5 : Phylogénèse des Collemboles selon Stebaeva, (1988).**

Cassagnau (1990) repropose un nouveau schéma phylogénique des Collemboles beaucoup plus complet basé, d'une part, sur des caractères morphologiques classiques non adaptatifs (les structures endocrines rétro-cérébrales, et la tendance à un mode de vie) homogènes pouvant être attribués aux rangs d'ordres, et d'autre part, sur des caractères adaptatifs, hétérogènes et variables tels que les pièces buccales (broyeuses ou modifiées), la furca (développée, réduite ou absente), le nombre de cornéules et bien d'autres, sont utilisés comme critères au niveau spécifique, générique ou sous-familial. (Fig.6). L'auteur a pris en considération dans son nouveau schéma à la fois les observations de Massoud (1976) et de Betsch (1980), ajoute d'une part l'ordre des *Neelpleona* avec l'unique famille des Neelidae, écarte la famille des *Mackenziellidae* de son schéma et élève au rang familial tous les Symphypléones, d'autre part:

\* ordre des ***Poduromorpha*** avec 5 familles:

*Poduridae, Onychiuridae ( Tullberginae, Pachytullberginae, Onychiurinae, Tetrodontophorinae ), Hypogastruridae, Neanuridae (Neanurinae, Morulinae, Uchidanurinae, Pseudachorutinae, Frieseinae, Brachystomellinae),*

La sous famille des *Odontellinae* créée par Massoud (1967) est élevée au rang de famille (*Odontellidae* ) par Deharveng (1981b).

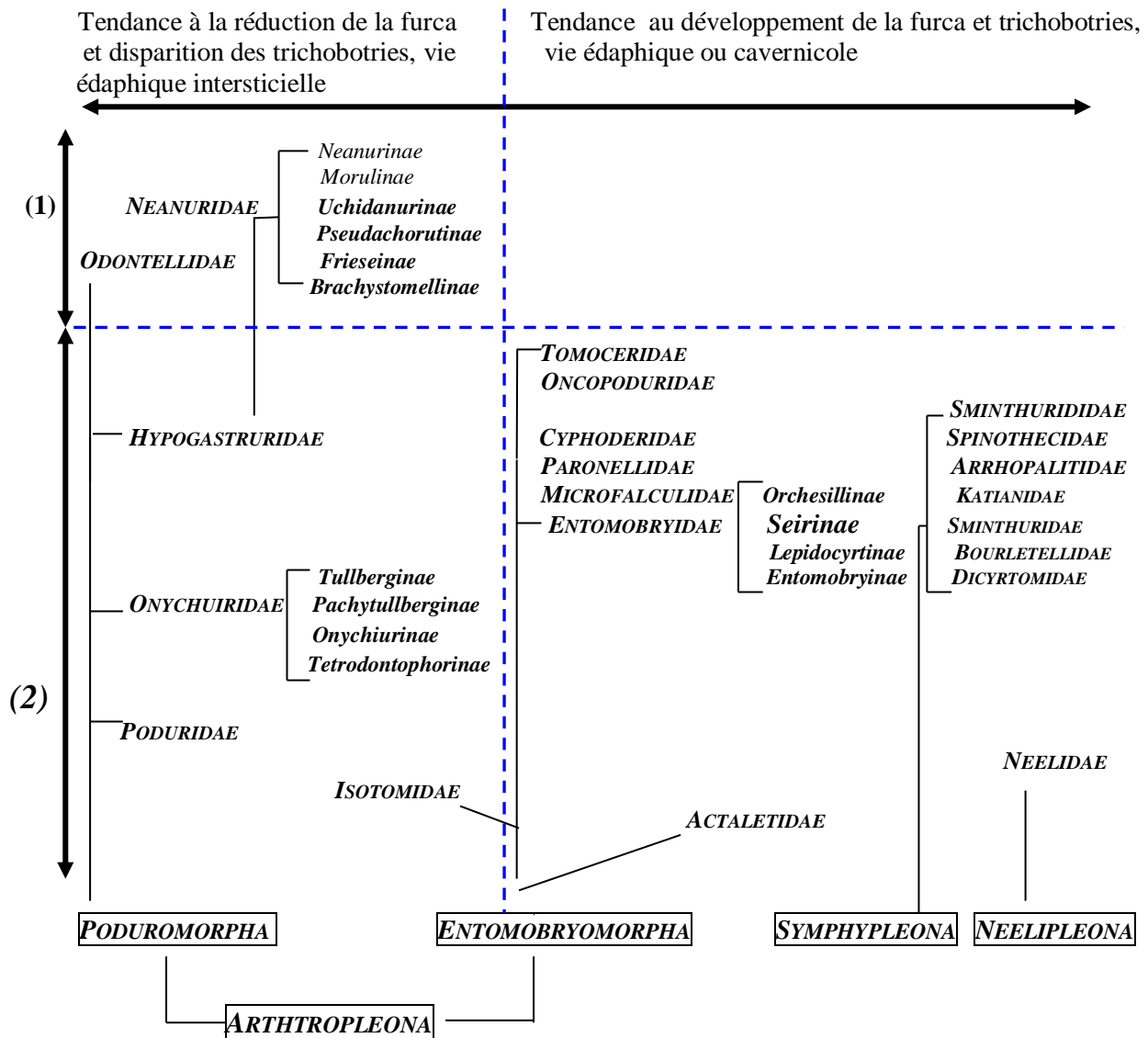
\* ordre des ***Entomobryomorpha*** avec 8 familles:

*Isotomidae, Actaletidae, Entomobryidae (Orchesellinae, Seirinae, Lepidocyrtinae, Entomobryinae) Cyphoderidae, Paronellidae, Oncopoduridae et Tomoceridae.*

\* ordre des ***Symphyleona*** avec 7 familles:

*Sminthurididae, Spinothecidae, Arrhopalitidae, Katianidae, Sminthuridae, Bourletellidae, Dicyrtomidae.*

\* ordre des ***Neelipleona*** avec une seule famille: *Neelidae*.



**Fig. 6.- Classification proposée par les spécialistes de divers groupes de Collemboles, (Cassagnau, 1990).**

(1): pièces buccales modifiées ; (2): pièces buccales broyeuses et primitives.

Les Apterygota qui selon Lang (1889) comprenaient : *Archaeognatha*, *Zygentoma*, *Diplura*, *Collembola*, *Protura*). Cette classification est considérée par Moen et Ellis (1984) comme étant un assemblage artificiel de taxons para phylétiques, n'est donc plus acceptée comme un taxon formel et valide par les systématiciens de l'école cladistique (Hopkin, 1997), (Bach de Roca, Gaju-Ricart & Compte-Sart, 1999) cités par Bellinger et al (2004).

Les *Ellipura* qui comprennent les Collemboles et les Diploures selon Börner (1910), n'est plus un groupe monophylétique et donc, n'est plus accepté dans la nouvelle classification selon Bach de Roca, Gaju-Ricart & Compte-Sart (1999) cités par Bellinger et al (2004).

Nous rapportons ici les principales opinions sur la phylogénie des Collemboles dont les auteurs sont cités par Bellinger et al (2004) : Gullan et Cranston (1994) considèrent les Collemboles comme un groupe proche des *Insectes* et des *Diploures*, qui avec les *Protura* forment les *Hexapoda*, et que leur évolution a atteint son climax déjà au Dévonien lorsqu'ils dominèrent les habitats terrestres. La compétition entre les Collemboles et les insectes actuels a permis à ces derniers à développer des ailes et dominer les milieux aériens au Carbonifère. Les Crustacés les plus récents sont adaptés à l'habitat marin au Cambrien, et à l'habitat édaphique terrestre au Dévonien. Il est possible que les Collemboles dérivent des Branchiopodes benthiques marins par exploration des potentialités offertes par les habitats terrestres. De leur côté, Lawrence et Janssens (2002-2005), suggèrent que les Collemboles sont un groupe de Crustacés terrestres extrêmement spécialisé, ayant accédé déjà à l'apogée de leur évolution au Dévonien. Les données de la physiologie montrent que les Collemboles ont évolués directement d'ancêtres marins, comme l'atteste les caractéristiques de leur Hémolymphe d'une pression osmotique élevée et composée principalement de sels inorganiques.

Enfin, d'après les opinions les plus récentes sur la phylogénie des Collemboles et contrairement à Moen & Ellis (1984) et Stebaeva (1988), l'ordre des *Metaxypleona* n'est plus maintenu parmi les ordres de Collemboles, selon Soto-Adames (1996), D'Haese, (2002, 2003) et Deharveng (2004). Les résultats obtenus peuvent être complétés par l'avancement des connaissances sur les structures de base des Collemboles. Les grandes lignes du schéma phylogénique actuel semblent faire l'unanimité et la plupart des systématiciens considèrent le schéma de Cassagnau (1990) comme étant le plus adéquat, (Jordana et al, 1997). Cependant il nous est permis d'admettre le principe que d'autres révisions restent possibles et que la phylogénie des Collemboles est toujours d'actualité aussi bien au niveau supra spécifique (famille et genre) que spécifique par l'utilisation de nouveaux outils de travail, comme les nouvelles analyses morphologiques et moléculaires.

## **2.- Position systématique des Collemboles**

### **2.1- Diverses approches de la systématique des Collemboles**

La systématique des Collemboles a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche depuis les premières descriptions du début du 19<sup>ème</sup> siècle (Börner,1907) et (Caroli, 1912) cités par Grassé,1965). D'autres travaux plus récents ont été réalisés notamment par Fjellberg (1985), Rusek (1986a, 2002), Betsch et al. (1990). Le tout dernier travail de systématique est celui réalisé par Deharveng (2004). L'auteur complète des vues d'ensemble précédentes sur la systématique de collemboles, analyse les connaissances sur la biodiversité des Collemboles du siècle dernier, passe en revue les avancées récentes en systématique de collemboles. L'auteur propose une nouvelle classification des Collemboles basée sur de nouvelles approches et de nouveaux outils morphologiques qui remodelent la systématique des Collemboles.

#### **2.1.1- Systématique cladistique**

C'est une méthode qui a été mise au point par l'entomologiste allemand, Willi Henig en 1950. Elle repose sur les caractères spécialisés partagés et hérités de l'ancêtre commun, sont les seuls pris en compte pour établir des relations de parenté. C'est Richards (1968) qui le premier a analysé les Symphypléones en terme de plésiomorphie et d'apomorphie. Plutard, Deharveng (1983), Bretfeld (1986) sont les seuls auteurs ayant strictement appliqués les principes de la systématique cladistique chez les Poduromorphes en particulier aux *Neanuridae* pour le premier et aux Symphypléones pour le second.

#### **2.1.2- Méthodes caryologiques et biochimiques**

Plusieurs essais de systématiques basés sur l'analyse des caryotypes ainsi que sur les polymorphismes enzymatiques ont été mis en application depuis une vingtaine d'années, (Dallai et al., 1983). Deharveng et Lee (1984) dans leur travail sur les chromosomes de *Bilobella aurantiaca*, montrent que cette espèce bien qu'étant monomorphe et monotype sur le plan morphologique, présente un polymorphisme chromosomique intense. Sur le plan enzymatique toujours chez *B.aurantiaca*, Fanciulli et al (1986) montrent des variations enzymatiques dans différentes populations de cette espèce, ils suggèrent un début de spéciation; entre *Billobela aurantiaca* et *Billobela braunerae*.

La comparaison des résultats issus des analyses classiques (chétotaxie et morphologie) d'une part et les méthodes à base génétique et biochimique dans le cas de

*B.aurantiaca* et bien d'autres espèces est loin de permettre une confrontation satisfaisante des hypothèses pour définir un système généralisable. La communauté internationale des Aptérygotologues et en particulier des Collembologues a recommandée à l'issue du colloque de zoologie du sol à Moscou en 1985, une méthode basée sur l'homologie de structures et de la polarité des morphoclines groupe par groupe afin de fournir une vue d'ensemble. Cette démarche a été utilisée par Betsch et Waller (1989) chez les Symphypléones, les auteurs ont établi un schéma unificateur par l'analyse de la chaetotaxie céphalique chez ce groupe. Bien avant, Deharveng (1983) a présenté 3 schémas synthétiques de la chaetotaxie tibiotarsale des Poduromorphes (*Hypogastruridae* et *Neanuridae*), des *Onychiuridae* et des *Isotomidae*, Chez les trois groupes, l'auteur présente un schéma de base comportant 3 verticilles et 7 soies.

### **2.1.3- La systématique évolutive**

L'analyse est basée sur la prise en compte des caractères dérivés (apomorphes), parmi ceux qui sont considérés comme non adaptatifs dans les chaetotaxies dorsales et ventrales de chaque espèce et sous-espèce. C'est Gisin (1964) et Da Gama (1969) qui ont construit des arbres phylétiques faisant intervenir des "pas évolutifs" pour fixer les paliers où se placent les espèces d'un ensemble taxinomique (genre ou groupe d'espèces). Da Gama, (1988), dans l'analyse des caractères dérivés dans le genre *Xenylla*, note qu'il ya 13 pas évolutifs entre *Xenylla welchi* ( espèce primitive) et *Xenylla gr.thibaudi* (espèces évoluées).

### **2.1.4- Mise en place des caractères au cours du développement post-embryonnaire**

La systématique des Collemboles est le plus souvent basée sur les adultes. Les caractères de ceux-ci résultent d'une mise en place progressive au cours du développement post-embryonnaire, mais avec une prédominance nette de l'effet de la première mue. D'après Deharveng (1983) la chétotaxie du 1<sup>er</sup> stade, appelée primaire peut être augmentée de phanères surnuméraires ou néochétose secondaire. La paurochétose ou diminution du nombre de phanères peut survenir au cours du développement post-embryonnaire: une soie peut manquer au 1<sup>er</sup> stade ou disparaître au 2<sup>ème</sup> stade chez les Symphypléones. Plusieurs cas existent chez différents groupes: *Hypogastruridae* (Thibaud,1967), les *Poduridae* (Moen et Ellis,1984), Les *Entomobryidae* (Barra, 1975), Les Symphypléones (Betsch, 1980). D'autres modifications morphologiques post-embryonnaires résultants de l'influence

des conditions du milieu (écomorphose, cyclomorphose, neutralisation des caractères sexuels secondaires, anhydrobiose et épitoquie).

## 2.2- Classification traditionnelle

Traditionnellement on divise la classe des insectes en deux sous-classes: *Apterygota* et *Pterygota*:

Sous-classe *Apterygota* : 2 super-ordres Selon Grassi (1889) cité par (Grassé, 1965), les Aptérygotes se divisent en deux super-ordres :

- Entotrophes à pièces buccales presque complètement cachées dans la tête.
- Ectotrophes, à pièces buccales visibles.

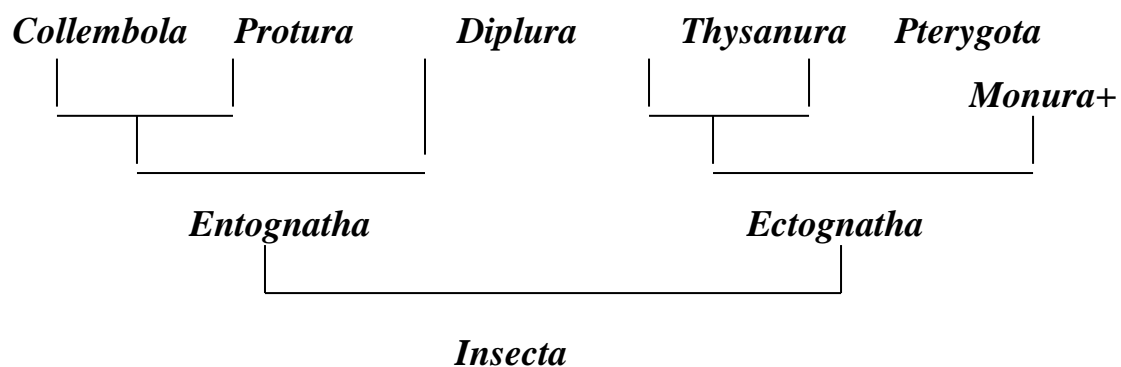
Super-ordre des *Entotropha*: 3 ordres

- ordre Collembola
- ordre Diplura
- ordre Protura

Super –ordre des *Ectotropha*: 1 ordre

- ordre des Thysanura.

Une autre classification est basée sur la structure des pièces buccales, les pattes, la segmentation du tégument selon lesquels Tuxen,(1968) propose les relations phyllogéniques suivantes:



Cassagnau (1971b) dans son travail sur les structures nerveuses et de neuroscréctions cérébrales des Collemboles propose d'ériger au rang de sous-classe tous les Aptérygotes connus. Pour l'auteur le terme taxonomique "Aptérygotes" est sujet à caution et alimente les controverses et il propose la classification suivante:

Classe *Insecta*:

Groupe I: *ENTOTROPHA*: 3 sous-classes



- sous-classe *COLLEMBOLA*
- sous-classe *PROTURA*
- sous-classe *DIPLURA*
- Groupe II: *ECTOTROPHA*: 2 sous-classes
- sous-classe *THYSANURA*
- sous-classe *PTERYGOTA*

Dans le même sens Ross et Ross (1985) cité par (Stebaeva,1988) propose une classification où les Collembolés avec les Aptérygotes sont élevés au rang de sous-classe:

Super-classe *HEXAPODA*

Classe *ENTOGNATHA*:

- sous-classe *COLLEMBOLA*
- sous-classe *PROTURA*
- sous-classe *DIPLURA*

Classe *INSECTA*:

- sous-classe *APTERYGOTA*
  - ordre *MICROCORYPHIA*
  - ordre *THYSANURA*
- sous-classe *PTERYGOTA*
  - ordre *EPHEMEROPTERA* etc...

### **2.3-Nouvelles approches à caractères taxonomiques**

Les Collembolés se distinguent des autres groupes d'Hexapodes par l'absence d'ailes et d'organes génitaux non sclérifiés, utilisés couramment en taxonomie. Cependant, ils ont un grand ensemble de caractères morphologiques qui permettent d'analyser leur lien de parenté groupés en cinq catégories par Deharveng (2004): segmentation, caractères chaetotaxiques, caractères tégumentaires non-chaetotaxiques, pièces buccales et le complexe de la griffe. Des avancées taxonomiques sont aujourd'hui réelles grâce à l'utilisation de nouvelles approches. Ces dernières, sont de plus en plus intégratrices par la recherche de modèles morphologiques et l'unification des outils descriptifs, en particulier la nomenclature chaetale. L'auteur cite les caractères suivants :

#### **2.3.1- Chétotaxie antennaire**

La chétotaxie antennaire est un caractère distinctif puissant chez divers groupes, et

est de plus en plus employé à tous les niveaux taxonomiques. Elle est basée en particulier sur l'arrangement des soies-S (sensille ou soie sensorielle) dénommée ainsi par Deharveng et Lek (1993) lorsqu'elles ont la dimension de mésochètes ou de macrochètes, situées sur le 4<sup>ème</sup> segment antennaire. C'est le meilleur caractère différentiel des *Neanurinae* (8 soies S et aucune microchète) et de *Sensillanurini* parmi les *Neanurinae* (hypertrophie de la soie S7), (Deharveng, 1983). Au niveau générique, *Micranurida*, *Cephalochorutes* et *Isotomiella* sont mieux définis par leur chétotaxie antennaire. Au niveau générique, la chaetotaxie antennaire a été successivement employée chez les genres, *Anurida* par Babenko (1997) et chez *Ceratophysella* par Jordana et al (1997). D'autres cas sont cités par Deharveng (2004).

Malgré ces tentatives réussies, la chaetotaxie antennaire a été à peine exploitée comme outil taxonomique. Il sera particulièrement utile de redéfinir les genres de la sous-famille *Pseudachorutinae*, où les caractères régressifs enclins à une évolution convergente, restent la base de la taxonomie. Chez d'autres groupes, en particulier chez les *Entomobryomorpha*, on s'attend à ce que la chaetotaxie antennaire fournisse les caractères taxonomiques instructifs au niveau supra familial, bien qu'aucune tentative n'ait été encore faite dans ce sens, (Deharveng, 2004).

### **2.3.2- Chétotaxie tibiotarsale**

Des modèles complets de chaetotaxie tibiotarsale ont été établis plus récemment, et il n'y a pas plus de deux décennies qu'elles sont employées couramment chez quelques groupes comme caractère taxonomique de base. La chaetotaxie tibiotarsale 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), cite les principaux modèles chétotaxiques des différents groupes de Collembolés: *Hypogastruridae* par Yosii (1962), le modèle observé par Lawrence (1977) chez le genre *Anurophorus*. Deharveng (1983) a employé une nomenclature dérivée de celle de Lawrence (1977) pour l'adapter à tous les modèles observés chez les *Isotomidae* et les *Poduromorpha*. Plus récemment, le modèle chétotaxique chez les *Symphyleona* établi par Nayrolles (1988) emploie une nomenclature différente en raison des homologies incertaines avec les *Arthropleona*. Beaucoup reste à faire pour homologuer les modèles des *Symphyleona* (huit soies dans chaque spirale) et celui des *Arthropleona* (sept soies dans chaque spirale). D'autres caractères, tels que l'arrangement des soies du fémur et des subcoxas peuvent avoir une valeur taxonomique selon Nayrolles (1990) cité par Deharveng (2004).

### 2.3.3- Chétotaxie dorsale

Des modèles chaetotaxiques des tergites et de la tête chez les Poduromorpha ont été réalisés par (Yosii, 1961), (Gama, 1964), (Cassagnau, 1974). Chez les Entomobryomorpha, la recherche de modèles généraux basés sur la distribution dorsale de macrochètes a commencé tôt par (Cassagnau, 1959) et Yosii, 1959). Deharveng (1977) a étudié la chétotaxie du 1<sup>er</sup> stade chez les *Isotomidae* et *Entomobryidae*. Il a trouvé des similitudes saisissantes entre les genres *d'Isotomidae*, et une chaetotaxie caractéristique de la tête pour la famille, clairement homologue à celui de Poduromorpha, exceptés quelques ensembles additionnels de soies.

Chez les Symphypleona, Yosii et Lee (1963), Yosii (1969) ont étudié la chétotaxie dorsale de ce groupe, Lawrence (1980) a proposé une nomenclature chaetotaxique simplifiée du 6<sup>ème</sup> segment abdominal chez les *Dicyrtomidae*. Mais c'est tout récemment que des modèles chaetotaxiques dorsaux plus étendus ont été documentés chez les Symphypleona. Ce retard est dû aux particularités de la segmentation dans ce groupe, c'est-à-dire la fusion des tergites abdominaux et thoraciques qui brouille des homologies périodiques, et entrave l'utilisation du système existant. D'autres modèles chaetotaxiques ont été récemment proposés par Betsch et Waller (1994), Betsch (1997), Bretfeld (1990). Bien que non entièrement intégrés dans les travaux taxonomiques courants, ils peuvent représenter les outils puissants à l'avenir, (Deharveng, 2004).

### 2.3.4- Modèles des soies-S sur les tergites

Deharveng (2004), note que des soies spécialisées de divers types morphologiques (Fig.2), sont présentes sur les tergites de toutes les espèces de Collemboles. Parmi les types de soies utilisées en taxonomie, l'auteur cite les soies sensorielles, les setae (setae ou ensemble des soies d'un segment), les setae sensorielles, les sensillae des Poduromorpha et les setulae (sétoles: setula: soies minuscules de nature différente de celles des soies, lisses et de réfringence différente de celles des soies d'Entomobryoidea.

L'auteur passe en revue les principaux modèles de chétotaxie-S et note que les révisions et les descriptions récentes basées sur la chaetotaxie-S se sont rapidement étendues et que ces modèles émergent en tant qu'un des caractères les plus instructifs à tous les niveaux taxonomiques. Ils n'ont même pas été mentionnés dans la faune classique de Gisin (1960). La généralisation de la chétotaxie-S aujourd'hui utilisée chez les *Hypogastruridae* et chez la plupart des *Neanuridae* pourrait être généraliser pour les

*Onychiuridae*, *Entomobryidae*, *Tomoceroidea* et *Symphyleona*. L'auteur justifie l'utilisation de ces modèles par l'absence de plurichétose, c'est-à-dire que le nombre et l'arrangement des soies-S sont les mêmes sur les tergites des jeunes stades et chez l'adulte.

### 2.3.5- Pièces buccales, labre et labium

La morphologie spéciale des pièces buccales chez quelques espèces a été longtemps notée par plusieurs auteurs chez diverses familles : *Cyphoderidae* (Delamare-Deboutteville, 1948); Yoshii, 1992, *Isotomidae* (*Archisotoma*, *Gnathisotoma*, *Gnathofolsomia*) par Potapov, (2002). La chétotaxie du labre est réévaluée en taxonomie des *Neanurinae*, avec la découverte de différents degrés de réduction de la chétotaxie labrale (Deharveng et Weiner, 1984). Plus généralement, ce caractère est susceptible de distinguer des taxa au niveau supra-spécifique chez les groupes de *Neanurinae* (*Lobellini*, *Paleonurini*). Dans une série de travaux remarquables, (Yosii (1976), (Fjellberg (1984 a,b) cités par Deharveng (2004) ont prouvé que les pièces buccales, le labre et le labium peuvent apporter une contribution essentielle à la taxonomie de Collemboles dans toutes les familles. Chez les *Isotomidae* et les *Hypogastruridae*, la morphologie des pièces buccales et la chétotaxie labiale ont été employées pour décrire un certain nombre de nouvelles espèces de *Desoria*, d'*Archisotoma* et de *Ceratophysella*. La chétotaxie labrale est utilisée pour définir des taxa supra-spécifiques chez les *Onychiuridae* et probablement dans beaucoup d'autres familles. L'accomplissement le plus impressionnant concernant la morphologie de la région buccale est le travail de Fjellberg (1999) au sujet de la chaetotaxie labiale. Il décrit des différences chaetotaxiques importantes dans cet organe aux niveaux spécifique et supra-spécifique, et propose une nomenclature détaillée, qui fournit un nouveau outil pour la taxonomie et la phylogénie. (Deharveng, 2004).

Beaucoup de problèmes ont été donc résolus, par l'utilisation de la morphologie des pièces buccales, Deharveng (2004) cite particulièrement les cas de la famille des *Brachystomellidae* qui ont été longtemps séparées des *Neanuridae* par l'absence des mandibules (Jordana et al, 1997) et le cas de *Pongeia* (Najt et Weiner, 2002), et celui de *Aethiopellina* (Delamare, 1951), ne possèdent pas de mandibules. Tous les deux sont maintenus parmi les *Pseudachorutinae* sur la base d'une autre combinaison de caractères. Réciproquement, des mandibules ont été découvertes chez certains *Brachystomellidae* (Weiner et Najt, 1991). La validité taxonomique de *Brachystomellidae*, longtemps considérée en tant qu'une des familles bien délimitée parmi les *Neanuroidea*, est remise donc en question. De façon générale, la hiérarchie taxonomique des Collemboles a été

stabilisée, mais d'autres changements peuvent avoir lieu avec les résultats des analyses cladistiques récentes où plusieurs taxa de niveau élevé, particulièrement les Symphypleona, les Entomobryoidea et les Hypogastruridae apparaissent comme paraphylétiques (d'Haese, 2003).

### 3-Classification actuelle des Collemboles

Les nouveaux caractères et les nouvelles approches rapportées ci-dessus ont profondément remplacé la taxonomie de Collemboles, (Deharveng, 2004). Peu de changements importants se sont produits dans la définition des taxa supra générique pendant les 30 dernières années. L'auteur cite la restructuration complète des *Neanurinae* par Cassagnau (1989) qui passent du niveau générique à celui de tribu, des taxa ont été abandonnés après une vie courte (les tribus *Anuridini* et *Protanurini*, sensu Massoud (1967). Nous reproduisons dans les tableaux 1 (a) et (b) les principaux changements opérés dans la taxonomie des Collemboles selon Deharveng (2004).

**Tableau 1 (a) : La conception taxonomique moderne des sous-familles de Neanuridae comparée aux conceptions de Massoud (1967), selon Deharveng (2004).**

Conception actuelle	Taxa correspondants selon Massoud (1967)
Brachystomellidae	Brachystomellinae
Neanuridae	Neanuridae
Caputanurinae	(Non décrit en 1967)
Frieseinae	Frieseinae
Morulinae	Morulini
Sensu Cassagnau (1989) de Neanurinae	Pairs de Neanurinae
Neanurini	Neanurini +Protanurini +Neanurini
Morulodini	Protanurini
Lobellini	Crossodonthini+Protanurini
Paleonurini	Pseudachorutinae +Neanurini +Protanurini
	Crossodonthini
Paranurini	Pseudachorutinae
Sensillanurini	Neanurini
Pseudachorutinae	Pseudachorutinae
Uchidanurinae	Pseudachorutinae +Neanurinae : Neanurini
Odontellidae	Odontellinae
	Pseudachorutinae : Pseudachorutini (abandonné)
	Pseudachorutinae : Anuridini (abandonné)
	Neanurinae : Protanurini (abandonné)
	Neanurinae : Crossodonthini (abandonné)

**Table 1 (b) : Comparaison entre l'hierarchie taxonomique courante et celle conçue par Salmon (1964)**

Salmon, (1964)	Hierarchie moderne	Changement de taxon	Changements de contenu taxonomique
Arthropleona	Abandonné		Toutes les familles transférées à Poduromorpha et à Entomobryomorpha
Hypogastruroidea	Hypogastruroidea	Aucun changement	Onychiuridae transféré à Onychiuroidea
Onychiuridae	Onychiuridae	Aucun changement	Pachytullbergiinae transférés à Hypogastruroidea
Pachytullbergiinae	Pachytullbergiidae	Elevée au rang de famille	Paleotullbergia transféré à Paleotullbergiidae
Tetrodontophorinae	Tetrodontophorinae	Aucun changement	
Tullbergiinae	Tullbergiidae	Elevée au rang de famille	
Onychiurinae	Onychiurinae	Aucun changement	
Hypogastruridae	Hypogastruridae	Aucun changement	
Entomobryoidea	Entomobryoidea	Aucun changement	Isotomidae transféré à Isotomoidea, à Oncopoduridae et à Tomoceridae à Tomoceroidea
Isotomidae	Isotomidae	Aucun changement	Australotomurus transféré à Entomobryidae
Proisotominae	Abandonné		Transféré à Anurophorinae, à Pachyotominae et à Isotominae
Anurophorinae	Anurophorinae	Aucun changement	
Isotominae	Isotominae	Aucun changement	
Tomoceridae	Tomoceridae	Aucun changement	
Oncopoduridae	Oncopoduridae	Aucun changement	
Entomobryidae	Entomobryoidea	Elevée au rang de superfamille	
Entomobryinae	Entomobryidae	Elevée au rang de famille	

Paronellinae	Paronellidae	Elevée au rang de famille	
Cyphoderinae	Cyphoderidae	Elevée au rang de famille	Troglopedetini transféré à Paronellidae
Cyphoderini	Abandonné		
Troglopedetini	Abandonné		Tous les genres transférés à Paronellidae
Nearthropleona	Abandonné		Toutes les familles transférées à Poduromorpha
Brachystomellidae	Brachystomellidae	Aucun changement	Quelques genres transférés à Odontellidae
Anuridae	Abandonné		Tous les genres transférés à Neanuridae
Protachorutidae	Abandonné		Tous les genres transférés à Neanuridae
Setanuridae	Abandonné		Genres transférés à Hypogastruridae et à
Neanuridae	Neanuridae	Aucun changement	Une plus large conception
Uchidanuridae	Uchidanurinae	Dégradée au rang de sous famille	Deux genres transférés à Frieseinae

La systématique moderne ne considère plus les Collemboles comme étant des insectes mais un groupe taxonomique élevé au rang de **classe *Collembola*** appartenant à la superclasse des ***Héxapoda***. Cette classification est basée sur les données apportées par la systématique cladistique qui se réfère à l'évolution des caractères spécialisés, partagés et hérités de l'ancêtre commun dont (Moen & Ellis, 1984), (Hopkin, 1997) et (Betsch, Massoud et Najt, 1990). Recemment en se basant sur les travaux de taxonomie, de phylogénèse, Bretfeld (1994,1999), D'Haese (2002). Deharveng (2004), sur la base de nouveaux caractères taxonomiques, donne la dernière classification que nous reproduisons ci-dessous :

**Super-règne:** *Eucarya* Woese, Kandler & Wheelis, 1990

**Règne :** *Animalia* Linnæus, 1758

**Sous-règne:** *Eumetazoa* Butschli, 1910

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

**Phylum:** *Arthropoda* Latreille, 1829

**Sous- phylum:** *Pancrustacea* Zrzavy & Stys, 1997

**Super-classe :** *Hexapoda* Blainville, 1816

**Classe :** *Collembola* Lubbock, 1870

1.- **Ordre :** *Poduromorpha* Börner, 1913, sensu D'Haese CA, 2002

**Super-famille:** *Neanuroidea* Massoud Z, 1967:58, sensu D'Haese CA, 2002

Famille: *Neanuridae* Börner, 1901, sensu Deharveng L, 2004  
Famille: *Brachystomellidae* Stach, 1949  
Famille: *Poduridae* Latreille, 1804  
**Super-famille: Hypogastruroidea** Salmon JT, 1964, sensu Deharveng L, 2004.  
Famille: *Hypogastruridae* Börner, 1906  
Famille: *Pachytullbergiidae* Stach, 1954  
Famille: *Paleotullbergiidae* Deharveng L, 2004.  
**Super-famille: Onychiuroidea**, sensu D'Haese CA, 2002.  
Famille: *Onychiuridae* Börner, 1901  
Sous-famille: *Onychiurinae* Börner, 1901  
Sous-famille: *Tetrodontophorinae* Stach, 1954  
Famille: *Gulgastruridae* Lee B-H & Thibaud J-M, 1998.  
Famille: *Tullbergiidae* Bagnall, 1935  
Famille: *Isotogastruridae* Thibaud J-M & Najt J, 1992..  
Famille: *Odontellidae* Deharveng, 1982

2.-**Ordre: Neelipleona** Massoud Z, 1971, sensu Deharveng, L, 2004.  
Famille: *Neelidae* Folsom, 1896

3.- **Ordre: Tomoceromorpha**, sensu D'Haese, 2002.  
Famille: *Oncopoduridae* Carl & Lebedinsky, 1905  
Famille: *Tomoceridae* Schäffer, 1896

4.- **Ordre: Entomobryomorpha** Börner, 1913, sensu stricto D'Haese, 2002.  
**Super-famille: Isotomoidea** Szeptycki, 1979  
Famille: *Isotomidae* Schäffer, 1896  
Sous-famille: *Anurophorinae* Börner, 1901  
Sous-famille: *Proisotominae* Stach, 1947  
Sous-famille: *Isotominae* Schäffer, 1896  
Sous-famille: *Pachyotominae* Potapov, 2001  
Famille: *Protentomobryidae* Folsom, 1937.  
**Super-famille: Entomobryoidea** Womersley, 1934, sensu Szeptycki, 1979  
Famille: *Cyphoderidae* Börner, 1913  
Famille: *Entomobryidae* Schött, 1891, sensu Deharveng, L, 2004  
Sous-famille: *Entomobryinae* Schäffer, 1896  
Sous-famille: *Lepidocyrtinae* Stach, 1955  
Sous-famille: *Orchesellinae* Börner, 1906  
Sous-famille: *Seirinae* sensu Deharveng L, 2004.  
Famille: *Microfalculidae* Massoud & Betsch, 1966  
Famille: *Paronellidae* Börner, 1913  
Famille: *Oncobryidae* Christiansen & Pike, 2002.  
**Super-famille: Actaletaidea** Handlirsch, 1925  
Famille: *Actaletidae* Börner, 1902.  
Famille: *Coenaletidae* Bellinger, 1985..

5.- **Ordre: SYMPHYPLEONA** Börner, 1901, sensu Bretfeld, 1994  
**Super-famille: Sminthurididoidea**  
Famille: *Mackenziellidae* Yosii, 1961  
Famille: *Sminthurididae* Börner, 1906, sensu Betsch J-M, 1974  
**Super-famille: Katiannoidea** Bretfeld, 1994



Famille: *Katiannidae* Börner, 1913, sensu Bretfeld, 1994  
 Famille: *Spinothecidae* Delamare Deboutteville, 1961, sensu Bretfeld, 1994  
 Famille: *Arrhopalitidae* Richards, 1968, sensu Bretfeld, 1999  
 Famille: *Collophoridae* Bretfeld, 1999  
**Super-famille: *Sturmioidae*** Bretfeld, 1994  
 Famille: *Sturmiidae* Bretfeld, 1994  
**Super-famille: *Sminthuroidea*** Bretfeld, 1994  
 Famille: *Sminthuridae* Lubbock, 1862, sensu Deharveng, L, 2004  
 Sous-famille: *Sminthurinae* Lubbock, 1862, sensu Deharveng, L, 2004  
 Sous-famille: *Sphyrothecinae* sensu Deharveng, L, 2004:427  
 Famille: *Bourletiellidae* Börner, 1912, sensu Bretfeld, 1994  
**Super-famille: *Dicyrtomoidea*** Bretfeld, 1994  
 Famille: *Dicyrtomidae* Börner, 1906, sensu Deharveng, L, 2004  
 Sous-famille : *Ptenothricinae* Richards, 1968  
 Sous-famille: *Dicyrtominae* Richards, 1968

#### 4- Clés des ordres et des familles de Collemboles

Nous donnons ci-dessous, la clé d'identification des quatre ordres et des principales familles de Collemboles, selon Jordana et Arbea (1989).

##### 4.1- Clé des ordres (Fig.7)

Classe **COLLEMBOLA** Lubbock, 1862.

- 1.- Corps globuleux, segmentation du corps non apparente. Tout au plus les segments abdominaux V et VI sont segmentés.....3
- 1.-' .Corps allongé. Segmentation du corps apparente .....2
- 2.- Prothorax (segment thoracique I) développé et avec soies dorsales. Corps avec trois segments thoraciques et six segments adnominaux, (Fig.3).....  
 .....Ordre **PODUROMORPHA** BÖRNER, 1913.
- 2'- Prothorax réduit et sans soies dorsales (Fig.3).....  
 ..... Ordre **ENTOMOBRYOMORPHA** BÖRNER, 1913.
- 3.- Animaux plus petits et sans pigments. Segments abdominaux V et VI non différenciés. Sans yeux. Tenaculum sans soies. Antennes plus courtes que la tête. Abdomen sans Trichobothries dorsales.....  
 .....Ordre **NEELIPLEONA**, 1 seule famille **NEELIDAE** FOLSOM, 1896.
- 3'- Animaux avec ou sans pigments. Segments abdominaux V et VI différenciés. 0 à 8 cornéules de chaque côté de la tête. Abdomen avec trichobothries.....  
 .....Ordre **SYMPHYPLEONA** BÖRNER, 1901.

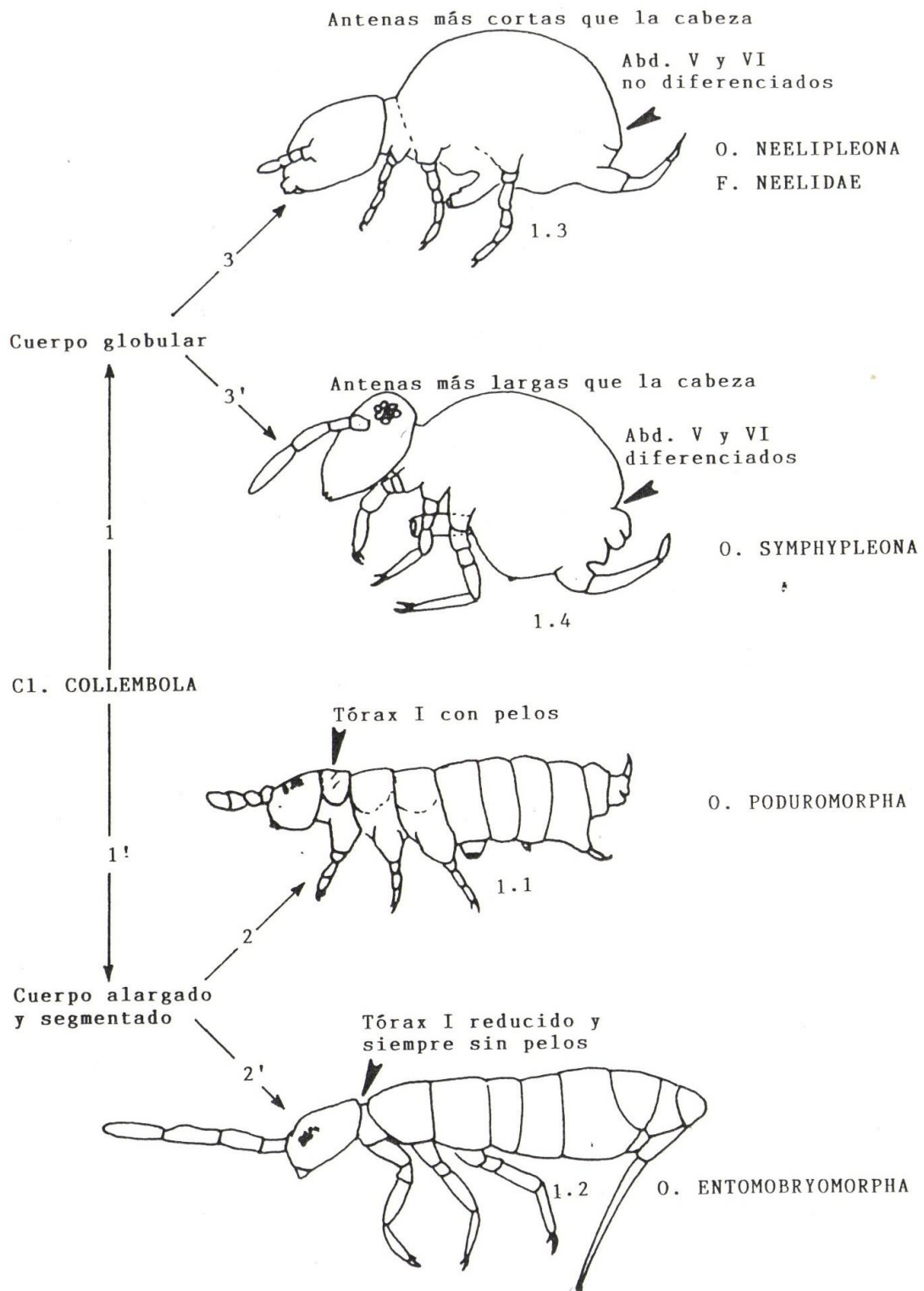


Fig.7 : Les ordres de Collemboles

## 4.2- Clé des familles

### Ordre *PODUROMORPHA*

- 1.- Pièces buccales broyeuruses composées de maxilles et mandibules avec plaque molaire..... 2
- 1'- Pièces buccales modifiées ayant acquis des formes très; mandibules sans plaque molaire Ou absente.....4
- 2.- Corps avec pseudocelles. Au sommet du segment antennaire III il y a un organe sensoriel composé de soies sensorielle en forme de "masse", très apparentes et protégées par des papilles. Sans yeux. Corps sans pigmentation.....F. *ONYCHIURIDAE*
- 2'- Corps sans pseudocelles. Organe sensoriel au sommet du 3<sup>ème</sup> article antennaire composé par deux soies sensorielles cylindriques. 0-8 cornéules de chaque côté de la tête. Corps avec ou sans pigmentation.....3
- 3.- Furca large, quand elle est rabattue sur le corps, dépasse les coxas de la seconde paire de pattes. Les deux branches de la dens présentent une courbature vers l'intérieur .....F. *PODURIDAE* Lubbock, 1873: *Podura* Linnaeus, 1758
- 3'- Furca très courte, quand elle est rebattue ne dépasse pas les coxas de la 3<sup>ème</sup> paire de pattes, ou absente. Les deux branches de la dens, quand elles sont présentes, sont parallèles ou divergentes.. .....F. *HYPOGASTRURIDAE* Börner, 1913
- 4.- Metathorax (3<sup>ème</sup> segment thoracique) généralement avec microsensilles latérales. Furca présente. Mucron avec lames obliques ou en forme de gant..... F. *ONDONTELLIDAE* Deharveng, 1981
- 4'- Metathorax sans microsensilles latérales. Furca présente ou absente...F. *NEANURIDAE* Cassagnau, 1955

### Ordre *ENTOMOBRYOMORPHA*

- 1.- Corps couvert de soies simples ou faiblement cilié.....2
- 1'- Corps couvert de soies très pilosées, de gros cils. Avec ou écailles ou soies en forme d'écailles.....3
- 2 Segment abdominal III réduit, presque invisible en vue dorsale. Segment abdominaux IV et V fusionnés. Tibiotarse avec un éperon élargi en forme de feuillet. Tête relativement grosse. Antennes insérées vers le milieu de la tête.....  
.....*ACTALETIDAE* Stach, 1955: Genre *Actaletes* Giard, 1889.
- 2'- Segment abdominal III normal, non réduit. Segments abdominaux libres ou unis IV-V et V-VI. Tibiotarses sans éperon élargi en forme de feuillet mais porte une soie avec une pointe grossie.....F. *ISOTOMIDAE* Börner, 1913

- 3.- Mucron court, avec une ou deux dents, avec ou sans épine basale. Dens régulièrement annelé en son côté postérieur.....F. *ENTOMOBRYIDAE* Tömösvary, 1882
- 3'.- Mucron d'autre forme, allongé. Dens non annelée.....4
- 4.- Segments abdominaux III et IV de même longueur.....5
- 4'.- Segment abdominal IV beaucoup plus lrge que le segment abdominal III.....6
- 5.- Mucron falciforme ou allongé et avec de nombreuses dents, avec soies chez tous les individus adultes. Si la dens porte une épine, elle est située en position basale.....F. *TOMOCERIDAE* Börner, 1913.
- 5'.- Mucron cylindrique et plus allongé, avec 4-7 dents, avec soies. Dens avec 2 sub-segments qui portent des soies plumeuses, épines ou écailles sur la partie postérieure, les épines sont grandes et apparentes à la partie distale.....  
.....F. *ONCOPODURIDAE* Denis, 1932; genre: *Oncopodura* Carl & Lebeddinsky, 1905.
- 6.- Dens sans épines, avec deux rangs d'écailles ciliées. Mucron cylindrique et allongé (1/3 plus moins que la longueur de la dens), griffe et empodium avec dents aliformes.....F. *CYPHODERIDAE* Börner, 1913; genre: *Cyphoderus* Nicolet, 1842
- 6'.- Dens avec griffe ou deux rangs d'épines ciliées. Mucronde forme conique et relativement court. Griffe et empodium sans dents aliformes. ....  
.....F. *PARONELLIDAE* Börner, 1913;  
Genre: *Troglopedetes* Absolon, 1907.
- Ordre SYMPHYPLEONA**
- 1.- Tenaculum avec 4 dents depuis la phase juvenile II jusqu'à l'adulte (réellement avec 3 dents et un tubercule basal).....2
- 1'.- Tenaculum avec 3 dents depuis la phse juvénile II jusqu'à l'adulte (réellement avec 2 dents et un tubercule basal).....5
- 2.- Femelles sans appendice anal. Mâles avec les articles antennaires II et III modifiés en un organe de fixation. Deux paires de trichobothries sur le segment abdominal V. Trichobothrie du grand abdominal A, B et C équidistants et forment un angle ouvert vers l'arrière ou vers l'avant.....F. *SMINTHURIDIDAE* Börner, 1906.
- 2'.- Femelle avec appendice anal. Mâle avec antennes non modifiés. . Au maximum 1 paire de trichobothries sur le segment abdominal V. Trichobothries du grand abdominal A, B et C en autre disposition.....3
- 3.- Segement antennaire IV plus court que le III ème. Appendice anal dirigé vers l'anus. Trichobothries du grand abdominal forme un angle vers l'arrière, dun A nait une papille à segmentation apparente..... F. *DICYRTOMIDAE* Börner, 1906.
- 3'.- Segment antennaire IV plus court que le III ème. Appendice anal dirigé vers l'orifice génital. Trichobothries A et B respectivement, proche et éloigné du C, formant un angle ouvert vers l'avant.....4

4.- 0 – 1 cornéules de chaque côté de la tête. Corps sans piment. Tibiotarse sans éperons. Adultes avec épines sur tous les dents.....F. *ARRHOPALITIDAE* Stach, 1956; Genre *Arrhopalites* Börner, 1906.

4'.- 8 cornéules de chaque côté de la tête. Tibiotarse avec éperons fins et redressés. Dents sans épines.....F. *KATIANNIDAE* Börner, 1913, sensu Stach, 1956.

5.- Avec vésicules interoculaires. Appendices anaux dirigés vers l'orifice génital. Trichobothries du grand abdominal A, B et C équidistants et formant un angle ouvert vers l'avant.....genre: *Vesicephalus* Richards

5'.- Sans vésicules interoculaires. Appendices anaux dirigés vers l'orifice anal .....6

6.- Segment abdominal V avec une paire de trichobothries au maximum. Trichobothries A, B et C du grand abdominal équidistants et formant un angle ouvert vers l'arrière; le B peut manquer. Les tibiotarses presque toujours sans éperons.....F. *SMINTHURIDAE* Börner, 1913.

6'.- Segment abdominal V avec deux paires de trichobothries. Trichobothries A, B et C du grand abdominal formant une ligne droite oblique. Tibiotarse avec 2-4 éperons appliquée sur la largeur de la griffe.....F. *BOURLETIELLIDAE* Börner, 1913.

#### Ordre *NEELIPLEONA*

1.- Animaux plus petits et sans pigments. Segments abdominaux V et VI non différenciés. Sans yeux. Tenaculum sans soies. Antennes plus courtes que la tête. Abdomen sans trichobothries dorsales.....  
.....Ordre *NEELIPLEONA*, 1 seule famille *Neelidae* Folsom, 1896.

## IV - Biogéographie

### 1.- Répartition et éléments de biogéographie

Les Collemboles sont présents dans tout le monde. En raison de leur faible mobilité, leur diversification écologique, les Collemboles sont considérés comme marqueurs biogéographiques. Les conclusions biogéographiques sont rendues possibles à la suite de travaux d'analyse phylogénétique de lignées dont la systématique a été révisée à l'échelle mondiale sur des critères morphologiques de base. Parmi les catégories taxinomiques étudiées récemment chez les Collemboles, on cite particulièrement, La phylogénèse des genres suivant: les *Pseudosinella* (Gama,1984), les *Xenylla* (Gama,1980), la lignée des *Odontellidae* (Deharveng,1981), des *Neanurinae* (Deharveng,1983) et (Cassagnau,1983) et du genre *Tetracanthella* (Deharveng,1987), les Entomobryomorphes (Szeptycki, 1979) et les Symphypléones (Betsch,1980).

A l'issue de quelques travaux phylogénétiques il se dégage un spectre biogéographique constitué d'éléments spécifiques des domaines suivants:

**Eléments à large répartition:** Ce sont les genres répartis sur les deux hémisphères tels que les groupes d'espèces; *Xenylla*, *Onychiurus*, *Friesea*, *Isotoma*, *Folsomia*, *Megalothorax*, *Sminthurinus* .etc. Selon Cassagnau (1990) L'expansion de ces genres semble être liée à leur lointaine origine Pangéenne.

**Eléments holarctiques:** Ils sont fréquents et nombreux dans le sol et les humus des régions froides et tempérées situées au nord du 30<sup>ème</sup> degré de latitude nord deux exemples typiques: le genre *Tetracanthella* (Deharveng (1987) et la lignée Neanurienne (Cassagnau,1983) et (Deharveng,1983) ces deux lignées sont nettement dominantes dans la région paléarctique. La majorité des *Hypogastrura* se sont également différenciés dans le domaine holarctique.

**Les éléments boréalpins et sibéroalpines** leur aire est fragmentée en Eurasie et en Amérique du Nord. On cite le cas des *Morulinae* dont l'aire dessine un vaste arc de l'Alaska à la Californie et de la Sibérie au Japon avec trois pointes en direction du sud eurasiatique: Carpathes, Turquie, Himalaya.

**Les lignées holantarctiques** ou "Gondwana froid": actuellement ces lignées sont réparties essentiellement sur la Patagonie, l'extrême sud de l'Afrique et les terres australes (Nouvelle-zélande). On cite particulièrement: le genre *Triacanthella*, *Ectonura*, *Australonura*, nombreux *Katianidae*.

**Eléments Holotropiques ou gondwaniens:** s'étendent de l'Amérique du sud à la Nouvelle Guinée, ils peuplent une large bande de part et d'autre de l'équateur et constituent l'essentiel des peuplement en forêt tropicale. On cite les Entomobryomorphes. *Dicranocentrus*, *Paronella*, *Acanthocyrtus*. Chez les symphyléones, les *Temeritas* et les *Calvatomina*.

**Lignées inabrsiennes** sont limitées à la partie septentrionale du Gondwana préjurassique (Brésil, Afrique, Inde) dont les genres les plus représentatifs sont Chez les *Neanuridae Arlesia*, *Kenyura*, *Furculanurida*, *Aethiopella*. Les lignées gondwaniennes orientales sont centrées sur le socle africano-indo-malgache, elles sont à l'origine de la parenté faunistique des massifs africains et himalaya ( Cassagnau, 1984): lignée bilobellienne et lignée phylliomérienne.

**La lignée australo-cathaysienne** ( Asie du sud-est et le Pacifique) dominée par des Lobelliens.

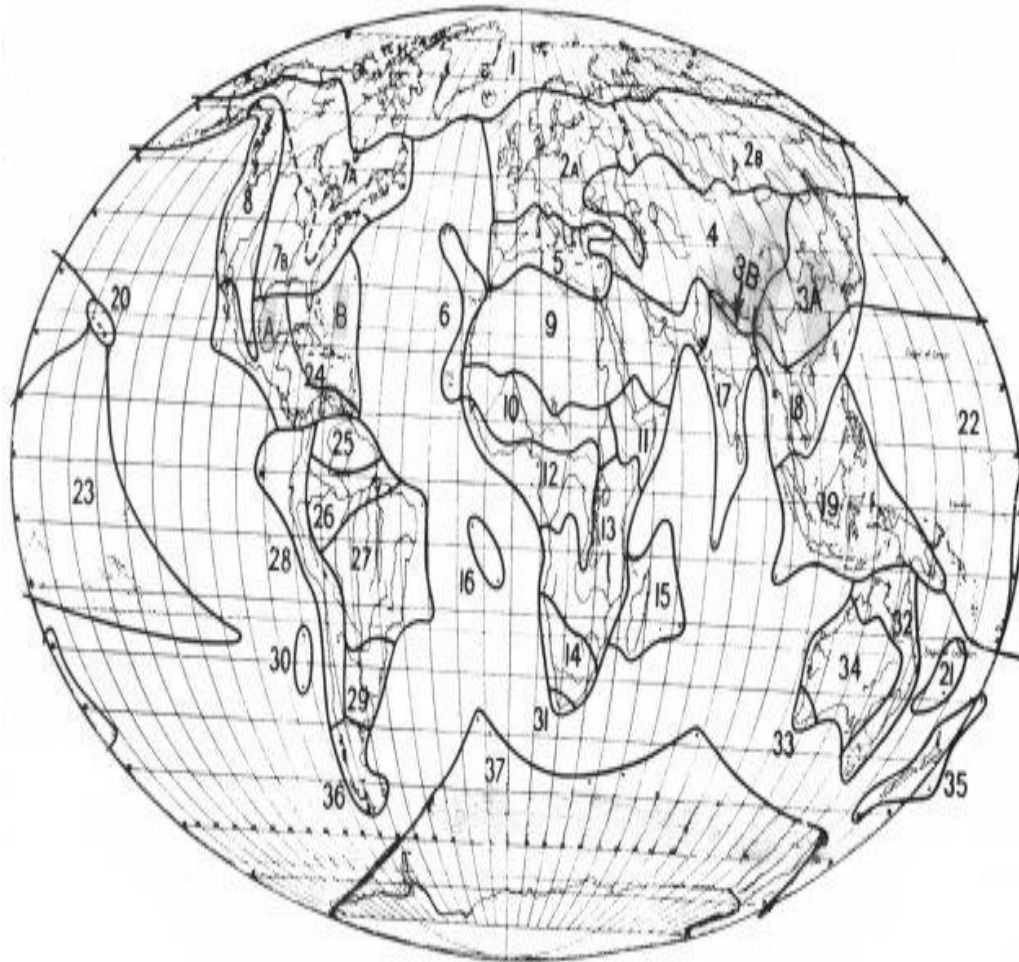
Selon Cassagnau (1990), la biogéographie des Collemboles est encore à ses débuts et les quelques travaux réalisés sont limités à quelques genres et des aires restreintes. L'auteur conclut que les Collemboles, groupe zoologique très ancien (Dévonien) peuvent apporter des informations fondamentales pour une meilleure connaissance de la paléogéographie en tant que marqueurs fiables des étapes de la fragmentation des milieux continentaux ou la fluctuation des paléoclimats. L'élaboration d'une carte mondiale de la distribution des Collemboles connus dans les différentes régions biogéographiques est un travail qui exige une coordination entre les spécialistes des différents continents. Bellinger et al.(2002) ont établi une carte de distribution mondiale des espèces connues sur les 37 différentes régions biogéographiques

**Tableau 2.- : Les régions biogéographiques, d'après Good (1953), modifiée par Christiansen et Bellinger (1995), corrigée par Culik et Zeppelini (2003).**

Code numéro	Régions
1	Arctique et Sub-arctique
2 a	Europe
2 b	Nord Eurasienne
3 a	Sino-Japonaise
3 b	Himalayenne
4	Ouest et Centre Asiatique
5	Méditerranéenne
6	Macronésie
7 a	Nord de l'Amérique du nord
7 b	Sud de l'Amérique du nord

8	Pacifique de l'Amérique du nord
9	Desert Afro-Indien
10	Steppe Soudanaise
11	Hautes Terres du Nord-Est
12	Fôrets humides de l'ouest Africain
13	Steppes Est-Africaine
14	Afrique du Sud
15	Madagascar
16	Ascension et St. Helena
17	Indienne
18	Sud-Est Asiatique continentale
19	Malaysienne
20	Hawaiienne
21	Nouvelle Calédonie
22	Melanesie & Micronesie
23	Polynesie
24 a	Carraïbe continentale
24 b	Antilles et Sud de la Floride
25	Venezuela et Guyanne
26	Amazonie
27	Nord-Est et Centre du Brésil
28	Andes
29	Pampas
30	Juan Fernandez
31	Cape
32	Nord et Est de l'Australie
33	Sud-Ouest de l'Australie
34	Centre d'Australia
35	Nouvelle Zeeland
36	Patagonie
37	Antarctique et Subantarctique





**Fig.8 : Régions biogéographiques.**  
**D'après Good (1974), modifiée par Christiansen, et Bellinger (1995).**

## V- Ecologie des Collemboles

### 1- Habitats et biotopes

Les Collemboles constituent un groupe zoologique très diversifié ayant réussi à coloniser tous les milieux terrestres grâce à leurs variations phénotypiques et leurs larges aptitudes écophysiologicals. Les Collemboles, primitivement inféodés au sol (faune cryptique) se rencontrent dans tous les biotopes terrestres connus de la planète, des bords des mers jusqu'aux neiges éternelles, sous tous les climats et sous toutes les latitudes, (Thibaud et Deharveng, 1989).

La répartition spatiale des groupes de Collemboles est un domaine ayant fait l'objet de plusieurs travaux de la part des écologistes. Les Collemboles comme tous les organismes ne possèdent pas des facultés de discernement pour choisir et classer les habitats qu'ils occupent. Ce qui semble déterminer la répartition des espèces de Collemboles dans le milieu naturel ce sont: leur localisation spatio-temporelle et leur besoins trophiques; donc deux dimensions fondamentales pour délimiter et définir une niche écologique. (Cassagnau, 1990). Nous reproduisons ici la classification proposée par Cassagnau en 1961 et reprise dans un autre travail plus récent (Cassagnau,1990), l'auteur classe les biotopes occupés par les collemboles comme suit:

- **Un biotope édaphique d'origine:** c'est un véritable vivier où s'enracinent les évolutions spécialisées ultérieures, présentant une diversité spécifique plus importante et la présence des formes les plus pléiomorphes (ayant des caractères primitifs hérités de l'ancêtre); les *Hypogastrura* en sont l'exemple le plus typique. Ce biotope de base comprend les humus et les litières, les strates muscinales superficielles et toutes les annexes directes: les mousses, lichens, et hépatiques des biotopes humides, les mousses au pied des arbres, les troncs morts tombés à terre, les terriers et nids, les champignons (temporaires), les cadavres sur le sol et les déjections animales.

- **Les biotopes périphériques:** sont peuplés à partir du milieu édaphique tout au long de l'histoire de la terre. La faune de ce milieu est plus spécialisée que la distance écologique qui sépare ces biotopes du sol, Cassagnau (1990) cite les milieux suivants:

- **Biotopes offrant des conditions de vie de type atmosphérique :**

- Milieu subépigé, litières (*Tomocerus*, *Orchesella*, *Lepidocyrtus*).
- Milieu épigé (*Paronellidae*, *Entomobryidae*, Symphypléones divers).
- Côtes rocheuses, récifs (*Oudemansia*, *Anurida*,)

- Surface de l'eau (*Podura, Hydroisotoma, Sminthurides*).
- Milieu souterrain superficiel et profond: (*Arrhopalites, Oncopodura, Pseudosinella*); cavernicoles stricts (*Tritomurus, Ongulogastrura...*).

**\* Biotopes offrant des conditions de vie de type interstitiel:**

- Sol profond, horizon B (*Tullbergia, Issotomodes, Folsomides...*)
- Milieu subépigé, annexes indirectes: biotopes isolés du sol et des annexes directes et à écoclimat différent des divers horizons édaphiques; exemple: mousses et humus isolés en plaques sur les rochers, mousses et lichens sur les toits, les arbres et les nids d'oiseaux) on y trouve essentiellement: *Xenylla, Tetracathella, Vertagopus*.
- Sables fins aériens (*Acherongia, Scaphaphorura*).
- Sables marins (*Anuridella, Archisotoma*).
- Substrats azotés: pholéophiles, coprophiles, guanobies (*Acherontiella, Mesogastrura*).
- Nids d'insectes sociaux (*Cyphoderinae*).
- Biotopes froids: cryophiles, nivicoles (*Schaefferia, Gnathisotoma, Desoria saltans*).

## **2- La répartition des Collembolés dans leurs biotopes**

C'est en écologie édaphique que furent mises au point les premières méthodes d'analyse statistique modernes, notamment l'analyse factorielle des correspondances, introduite par Bonnet (1966). D'autres études écologiques sont réalisées dans la région méditerranéenne, (Bonnet, Cassagnau et Deharveng, 1979), (Ponge, 1980), (Gers et Izarra, 1983). Recemment, Lek et Deharveng (1999) ont analysé l'influence des facteurs abiotiques (température, teneur en eau, distance de l'eau, matière minérale et bois pourri etc..) sur la diversité et l'abondance des Collembolés hydrophiles.

## **3.- Influence des facteurs édaphiques**

### **3.1- Facteurs abiotiques**

#### **3.1.1- La température et l'humidité**

Sont deux facteurs bioclimatiques fondamentaux qui régulent et déterminent la bioécologie des Collembolés. Leur action se porte essentiellement sur la durée du

développement embryonnaire et post-embryonnaire, sur la croissance des individus par une action sur l'inter mue. (Cassagnau, 1990).

Chaque espèce possède une température préférentielle pour son activité et les variations de température déterminent des migrations verticales des Collemboles. Les fortes températures, liées souvent à une faible humidité de l'air, agissent surtout indirectement en desséchant le milieu, ce qui diminue la respiration cutanée des Collemboles plus difficile à cause de la fragilité de leurs téguments. Les basses températures de quelques degrés en dessous du zéro si elles persistent pendant plusieurs jours; sont léthales pour la plupart des Collemboles édaphiques de surface (*Orchesella* et de nombreux *Sminthuridae*) de la région méditerranéenne.

L'humidité est un facteur écologique primordial pour les Collemboles. Son excès comme son déficit sont néfastes : en excès, elle provoque le phénomène d'endosmose et du manque d'oxygène et les pièges de la tension superficielle, son manque entraîne la dessiccation des animaux. Parmi les Collemboles, il y a ceux qui sont avides d'eau (Hydrobiontes), d'autres recherchent l'humidité (hygrobiontes) et ceux qui sont capables de supporter la sécheresse (xérophiles). C'est la dessiccation du milieu qui affecte le comportement des Collemboles. A ce sujet Vannier (1971) précise que dans les régions méditerranéennes, les Collemboles disparaissent des couches superficielles du sol et des autres strates aériennes pendant la période estivale en s'enfonçant en profondeur dès que le point de flétrissement :  $pF = \log_{10} [F]$  est atteint.

**F** : forces de rétention de l'eau, exprimées en méga pascals (MPa), en bars en atmosphères, en cm eau et en cm mercure : 1MPa = 10 bars = 9,87 atm = 10197 cm H<sub>2</sub>O = 750 cm Hg.

Vannier, (1971) énonce le concept de disponibilité en eau: [**Les Microarthropodes ne sont affectés par le dessèchement de leur milieu qu'à partir d'un seuil critique de son taux d'humidité, constant pour chaque groupe d'espèces, le plus souvent situé après le point de flétrissement permanent ( pF 4.2)** ]. Dans les conditions de dessiccation les Collemboles, soit ils migrent verticalement vers les couches encore humides, soit ils peuvent limiter leur activité par la diapause et la quiescence, (Bachelier, 1971). A ce sujet Bachelier (1978) note que les eaux courantes de ruissellement contribuent à la dispersion des Collemboles épi édaphiques et non mouillables qui flottent à la surface de l'eau.

Dans le sol, l'humidité est un facteur abiotique qui joue un rôle déterminant dans la survie des Collemboles. Holmstrup et al (2001) notent que les Collemboles édaphiques

hydrophiles perdent 50 % de leur humidité corporelle quand ils sont placés dans un sol sec. Les auteurs précisent que les Collemboles tolèrent la dessiccation du milieu et compensent le déficit hydrique par une augmentation de l'absorption de la vapeur d'eau atmosphérique par l'accumulation de sucres : l'inositol et le tréhalose. Cependant, si la dessiccation en dessous de 95% d'humidité relative persiste; certaines espèces recourent à la stratégie de l'anhydrobiose (construisent une logette d'argile ou de calcaire).

### **3.1.2- Porosité et aération du sol**

La porosité du sol est un facteur édaphique qui reflète le volume des vides du sol qui permettent la circulation de la faune, de l'eau et de l'air. Les Collemboles euédaphiques sont sensibles aux variations saisonnières de l'humidité et de la température. Pour fuir les contraintes climatiques estivales (haute températures et sol sec), ces animaux doivent entamer une migration verticale vers les couches profondes où persistent des conditions de température et d'humidité optimales.

C'est du taux de porosité que dépend le déplacement saisonnier des Collemboles. Un sol à faible taux de porosité offre une mauvaise circulation de la faune (Bachelier, 1978), (Gobat et al, 1998). La porosité du sol bien que liée en grande partie à sa structure, peut en être affectée par d'autres facteurs mécaniques tels que le piétinement par l'homme, les animaux ou les engins agricoles.

Les effets de la compactation des sols a fait l'objet de quelques travaux par entre autres Hermosilla et al (1977 et 1978) et Massoud et al (1984). Les auteurs notent qu'il y a des effets immédiats sur les Collemboles qui se traduisent par une forte baisse de l'effectif total, de la richesse et la diversité spécifiques en période estivale. Selon Cassagnau (1990) les Collemboles ainsi que l'ensembles des microarthropodes favorisent la structure poreuse du sol et son drainage par le système de galeries creusées au fond du sol.

## **3.2 - Facteurs biotiques**

### **3.2.1- Le régime alimentaire des Collemboles.**

La plupart des Collemboles sont détritivores. De nombreuses études basées sur l'analyse des contenus intestinaux ne montrent pas une spécialisation alimentaire stricte inféodée à un type de nourriture. Les Collemboles se nourrissent de parenchymes végétaux frais, hyphes et spores de Champignons, matière organique en décomposition, fragments minéraux, Algues filamenteuses, pollens, des bactéries, excréments d'autres animaux. Ils

peuvent se nourrir des racines de plantes vivantes et plantules, d'où souvent des dégâts causés par certaines espèces ( *Sminthurus viridis*) sur les luzernières.

Cassagnau (1990) donne plus de détails sur la nourriture de certains groupes de Collemboles; les *Isotomidae* des mousses humides consomment des diatomés dont on retrouve les squelettes dans le tube digestif. L'auteur rapporte que certaines espèces se nourrissent de cadavres d'animaux, mais d'autres sont des prédateurs, il cite le cas d'un *Isotomidae: Cephalotoma grandiceps (=Isotoma grandiceps)* qui possède des mandibules dissymétriques adaptées à ce type de nourriture. C'est le cas aussi des *Friesea* qui se nourrissent de Tardigrades, Protoures, Rotifères et de Nématodes. L'auteur cite le cas des *Neanuridae* dont les pièces buccales sont adaptées ( hypertrophie et polyténisation des glandes salivaires) à un régime alimentaire sous forme de liquide.

### **3.2.2- Parasites et Prédateurs.**

Parmi les parasites rencontrés chez les Collemboles la plupart des auteurs ont signalé la présence des Gragarines et des Nématodes comme endoparasites. La liste des parasites des Collemboles s'élargit à divers groupes zoologiques, Massoud (1971) cite les Chilopodes (*Lithobius forficatus*), les araignées des genres *Xysticus* et *Erigone* ainsi que *Tegenaria atrica* et *Oedothorax apicatus* comme prédateurs. Cassagna (1990) cite les groupes précédents et ajoute les Coccidies, les Champignons, Les Microsporidies, les Hélicosporidies.

### **3.3- L'action humaines sur les populations de Collemboles.**

#### **3.3.1 -Influence du travail du sol**

L'influence des pratiques culturales: labour, désherbage et transformation du couvert végétal, le déboisement et le reboisement, l'utilisation de pesticides et d' engrais sur les populations de Collemboles ont fait l'objet de très nombreux travaux. Gers (1982) note que le travail du sol : le semis direct, le travail superficiel et le labour en profondeur ont un impact négatif sur l'abondance et la richesse spécifique des Collemboles.

Au même sujet, Cassagnau (1990) rapporte que la mise en culture et le travail régulier du sol détruisent totalement la stratification naturelle du milieu édaphique et conduisent à des types de milieu dégradé. Cet impact perturbateur entraîne l'appauvrissement de la densité et de la diversité spécifique des populations et seules se maintiennent des espèces peu spécifiques. Loranger et al (1998) confirment l'influence

néfaste des pratiques culturales sur l'abondance et la richesse spécifique des Arthropodes édaphiques, en particulier les Collemboles.

Sautter et dos-Santos (1999) comparent l'influence de la fertilisation d'un sol non labouré, d'un labour traditionnel et d'un sol naturel sur les fluctuations des populations de Collemboles *Entomobryidae* et *Isotomidae*, les auteurs notent qu'une fluctuation annuelle régulière et une abondance élevée sont observées dans le sol naturel et que dans les sols fertilisés et labourés, les densités des *Entomobryidae* présentent des pics en hiver et les *Isotomidae* en été. Jagers Op Akkerhuis et al. (1988) indiquent que les Collemboles sont beaucoup plus abondants à la surface du sol dans les céréales que dans les cultures de tubercules.

(Crossley et al.,1992) indiquent d'une part que les pesticides, la monoculture, l'assolement ainsi que le désherbage entraînent en général une diminution de la diversité spécifique des Collemboles et une augmentation de la densité de certaines espèces, et d'autre part, les fertilisants et la polyculture augmentent la diversité spécifique ainsi que la densité des populations de Collemboles.

### **3.3.2- Influence des engrais et fertilisants**

L'influence des engrais et des fertilisants naturels comme le fumier a fait l'objet d'observations et d'études peu précises et parfois contradictoires. (Moris,1927) et (Franz, 1953), (Rubensam et al,1962 cités par Massoud (1971). Pfozter et Schulerm (1997) ont étudié les effets de différents amendements : mélange fumier + fertilisant minéral et fumier + mixture biogénique (matière animale et végétale en décomposition) sur l'activité alimentaire des Collemboles. Les auteurs indiquent une activité alimentaire plus élevée après un amendement de la mixture.

### **3.3.3- Influence des pesticides et des incendies**

Les effets les plus sévères sont obtenus avec des insecticides chlorés: le Lindane est plus actif à court terme, les organo-phosphorés comme le **Leybacid** efficace contre les *Isotomidae*:*Isotoma notabilis* et *Folsomia quadrioculata*, (Gregoire-Wibo, 1983).

Les Collemboles épigés (Symphypléones et Entomobryiens) sont affectés par le feu (Vannier, 1978). L'action du feu se répercute à long terme sur la perturbation de l'évolution des populations (Cassagnau, 1990). Lopes et Gama (1994) ont étudié les effets du feu de forêt sur les populations de Collemboles édaphiques, les auteurs indiquent que les sites brûlés présentent une densité plus élevée en Collemboles et une richesse spécifique faible.

### **3.4- Rôles des Collemboles dans leurs milieux naturels**

Le régime détritivore, mycophage ou bactériophage de la plupart des espèces de Collemboles leur confère un rôle efficace en tant que fragmenteurs secondaires en réduisant progressivement la taille des éléments organiques, soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire d'éjections des fragmentaires primaires dans les humus coprogènes (Isopodes, Diplopodes, larves de Ptérygotes) qu'ils consomment. Par cette action, les Collemboles donnent au sol une structure poreuse pour un meilleur drainage ainsi qu'une meilleure action des microorganismes et des enzymes du sol par l'accroissement de la surface d'attaque et une migration des substances organo-minérales plus active. (Vannier et Kilbertus, 1981); (Cassaganu, 1990). Les Collemboles qui représentent 2 à 10 % de la biomasse animale contribuent aux alentours de 5 à 10 % dans le processus de décomposition de la litière grâce aux quelques espèces capables de s'attaquer aux polysaccharides des structures végétales. (Petersen et Luxton, 1982).

### **VI- Données actuelles sur les Collemboles d'Algérie**

Les travaux systématiques sur les Collemboles d'Algérie sont très peu nombreux et sporadiques. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, Lucas, (1846 et 1849) cité par Thibaud et Massoud, (1980) signale quelques espèces difficiles à classer dans la Systématique actuelle. Au début du 20<sup>ème</sup> 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 3, 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 3 selon Cassagnau (1963) et dans le tableau 4, 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 3.- 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> * <i>Ceratophysella tergilobata</i> <i>Hypogastrura purpurescens</i>	Hypogastruridae
* <i>Friesea oligorhopala</i> <i>Neanura aurantiaca (Bilobella)</i> <i>Protanura pseudomuscorum</i> * <i>Pseudachorutes parvulus</i>	Neanuridae
<i>Onychiurus armatus</i> * <i>Onychiurus imperfectus</i> * <i>Onychiurus obsiones n.sp.</i> <i>Tullbergia bipartita</i> <i>Tullbergia krausbaueri</i> * <i>Tullbergia quadrispina</i> * <i>Tullbergia ramicuspus</i>	Onychiuridae
* <i>Folsomides parvus</i> * <i>Isotoma olivacea</i> * <i>Isotomiella minor</i> * <i>Isotomina (=Cryptopigus) thermophila (thermophilus)</i> * <i>Proctostephanus sancti-augustini n.sp.</i> * <i>Proisotoma minuta</i> * <i>Pseudanurophorus isotoma</i>	Isotomidae
<i>Heteromurus major</i> * <i>Sinella coeca</i>	Entomobryidae
* <i>Cyphoderus bidenticulatus cf. veneris</i> * <i>Oncopodura crassicornis</i>	Cyphoderidae Oncopoduridae
* <i>Megalothorax minimus</i>	Neelidae
<i>Dicyrtoma fusca</i>	Dicyrtomidae
* <i>Sminthurus echinatus</i>	Sminthuridae

**Tableau 4.-: Les Collemboles d'Algérie selon Thibaud et Massoud (1980).**

<b>Familles et espèces</b>	<b>Auteur et année</b>
<b>PODURIDAE</b>	
<i>Podura aquatica</i> Linné,1758 **	H, 28
<b>HYPOGASTRURIDAE</b>	
<i>Acherontiella bouguisi</i> Cass et Delam.,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
<b>NEANURIDAE</b>	
<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</i> ( <i>Neanura</i> ) <i>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> ( Schäffer, 1896) +	Mur, 58
<i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner , 1901 **	C, 63
<b>ONYCHIURIDAE</b>	
<i>Metaphorura affinis</i> Börner, 1902 +	Mur, 58 ; C,63
<i>Neotullbergia ramicuspis</i> Gisin , 1953 +	C, 63
<i>Onychiurus fimetarius sensu</i> 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 saccardyi</i> ( Denis, 1935) °	D, 35 et 37; Sto,74, 80
<i>Stenaphorura quadripina</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

<b>ISOTOMIDAE</b>	
<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> (Schäffer, 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 oensis</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
<b>ENTOMOBRYIDAE</b>	
<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 tetropthalmus</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
<b>TOMOCERIDAE</b>	

<i>Tomocerus minor</i> ( Lubbock,,1862) *	H, 28
<b>CYPHODERIDAE</b>	
<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
<b>ONCOPODURIDAE</b>	
<i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebot.,1911 +	C, 63
<i>Oncopodura delhezi</i> Stomp,1974 °	Sto, 74 , 80
<b>NEELIDAE</b>	
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900 *	C, 63
<b>DICYRTOMIDAE</b>	
<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
<b>SMINTHURIDAE</b>	
<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
<b>SMINTHURIDIDAE</b>	
<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 abreviations 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 biogéographiques:

- (\*) : 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: 4 familles**

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

- ONYCHIURIDAE : 7 genres ; 11 espèces
- b- Ordre des ENTOMOBRYOMORPHA: 5 familles**
  - 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 famille**
  - NEELIDAE: 1 espèce
- d- Ordre des SYMPHYPLEONA: 3 familles**
  - DICYRTOMIDAE : 2 genres ; 3 espèces
  - SMINTHURIDAE: 5 genres ; 8 espèces
  - SMINTHURIDIDAE: 2 genres ; 3 espèces

Il y a lieu d'ajouter la famille des ONCOPODURIDAE Denis, 1932 : genre *Oncopodura* Carl & Lebedinsky (1925) représentée par 2 espèces : *Oncopodura crassicornis* Shobotham, 1911 récoltée par Cassagnau (1963) dans le sol profond de la région de Annaba et *Oncopodura delhezi* récoltée par Stomp (1974) dans les grottes du massif du Djurdjura . Ces 2 espèces sont rattachées par Thibaud et Massoud (1980) et par Cassagnau (1963) dans leurs listes parmi les *Cyphoderidae*, alors que les révisions systématiques récentes les placent parmi les *Oncopoduridae* (Jordana et Arbea 1989) et (Jordana et Arbea, 1997).

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. Aucune étude taxonomique récente basée sur les nouveaux caractères taxonomiques moderne n'existe en Algérie. Cette faune est insignifiante comparée à 7650 espèces, 621 genres et 45 familles et sous-familles recensés dans le monde. C'est ce qui justifie l'objectif de ce travail qui contribue à l'enrichissement de l'inventaire de cette faune.

## **CHAPITRE II : PRESENTATION DES LOCALITES D'ETUDE ET TECHNIQUES D'ETUDE**

### **I.-Caractéristiques générales des localités d'étude**

La présente étude est réalisée dans 7 localités du nord-est Constantinois situées au nord et au sud de la chaîne montagneuse du Tell Oriental, comme le montre la carte de localisation géographiques des 7 localités d'étude. Les localités suivantes ont été prospectées au cours des années 2000 à 2004 : Le massif de l'Edough (Annaba), la plaine humide d'El-Kala, Le massif d'El-Alia (Azzaba) et le massif montagneux de Djbel-Ouahch (Constantine), La ferme pilote El-Baaraouia (Khroub), le massif côtier de Jijel et le lac salé (Sebkha) de Ain Mlila. (Fig.9).

#### **1.-Le massif de l'Edough et la région d'El-Kalla (Fig.10)**

##### **1.1-Aperçu de géologie générale**

La région est constituée des principaux éléments structuraux suivants :

- le massif de l'Edough situé à l'Ouest de la ville de Annaba: latitude 36°55' Nord, Longitude : 07°40' Est. Le massif est isolé par un couloir long de 50 kilomètres environ, constitué :

- une plaine alluviale orientée approximativement Ouest Est, enchâssée dans le système orographique constitué par la massif de l'Edough à l'Ouest et les monts de la Médjerda au Sud et à l'Est

- d'un cordon dunaire au Nord, dont la hauteur est de 100 mètres environ. Il est jalonné de caps gréseux: le cap Rosa à l'Ouest et le cap Segleb à l'Est de la ville d'El-Kalla.

L'Edough est un massif cristallin qui appartient aux plis numidiques d'Afrique du Nord. Il est orienté Nord-Est-Sud-Ouest, sur une longueur de 50 kilomètres, 8 kilomètres de large et culmine à 1008 mètres à Kef Sebaa. Il se situe au nord-est du Tell oriental, cette partie du pays a fait l'objet de nombreux travaux, nous citons le travail de Joleaud (1936) cité par Djouadi & Khorief (2000) sur la géologie du nord-est algérien. L'auteur note que les systèmes géologiques de cette partie de l'Algérie sont constitués de terrains du secondaires (le crétacé), du tertiaire (le nummulitique et le néocène), le quaternaire est représenté par le pliocène et l'holocène.

Sur le plan géologique, le massif de l'Edough se caractérise particulièrement par des terrains métamorphiques où dominent les gneiss glanduleux, le gneiss schisteux, des micaschistes grenatifères et des gneiss feuilletés. Cette série cristallophylienne remonte au paléozoïque, elle est antérieure à l'éocène supérieur.

Les monts d'El-Kalla se caractérisent par des terrains sédimentaires. Le crétacé moyen comprend de bas en haut, des marnes de teinte foncée avec intercalation de grès quartzeux, rougeâtres, lustrés et des marnes noires. Le crétacé supérieur se présente, au dessus de la série précédente avec des marnes et de calcaires dans la partie sud des monts d'El-Kalla où on trouve également le flysch oligocène. La formation des zones lacustres et les plaines littorales de l'extrême Nord-Est algérien, résultent de la néotectonique du quaternaire.

Le cordon dunaire s'étend depuis l'embouchure de la Seybouse jusqu'au cap Rosa. Il est long de 40 kilomètres environ et son orientation Nord-Ouest-Sud-Est est conforme aux vents dominants. Ainsi, il constitue une véritable barrière entre la plaine intérieure et la mer, qui gêne le drainage, et où seul l'Oued Mafragh est capable de la traverser, bien qu'il soit souvent obstrué en hiver. Selon la division de Joleau (1936), il existe 4 stades de formation dunaire allant de la mer vers les terres :

- la plage à sable fin,
- les dunes littorales dans la partie occidentale,

au fur et à mesure de l'élargissement du cordon à l'Est se succèdent :

- les dunes sub-littorales à sable gris,
- les dunes intérieures constituées de sable rougeâtre dû aux dépôts d'oxyde de fer. Par conséquent, les dunes les plus anciennes sont fixées et éloignées de la mer. Elles sont colonisées par une végétation dominée par le Chêne kermès (*Quercus coccifera*).

Les phénomènes tectoniques généraux, la lithologie et la pluviosité de la région favorisant une érosion massive des reliefs ont permis la naissance des zones humides (marécages, d'étangs d'eau et de lacs.) les plus importantes de l'Afrique du Nord.

## **1.2 – Le climat régional et végétation**

Le climat de la région n'est connu qu'à partir de données fragmentaires. Cependant, le travail réalisé par de Belair (1990) à partir de données anciennes complétées par de plus récentes, a permis de mettre en valeur les grands traits du climat régional.

### **1.2.1 - La température**

Les données analysées pour la région proviennent des stations météorologiques d'Annaba-les Salines, Séraïdi et El-Kalla.

La région se caractérise par des amplitudes thermiques élevées entre les extrêmes les plus froids "m" et les plus chauds "M", tableau 6. Les températures les plus clémentes sont observées en Octobre et Novembre et particulièrement en avril et mai.

**Tableau 5 :Températures en (C°), minimales, maximales, moyennes et extrêmes de l'extrême Nord-Est algérien, d'après de Belair (1990).**

Station	m''	m	(M+m)/2	M	M''
Séraïdi	-0,4	10,7	13,8	16,9	39 (août) 49,4
El-Kala	+0,6	14,6	18,6	22,6	(août)

m'' : température minimale absolue, m: température minimale annuelle moyenne  
M'': température maximale absolue  
M : température maximale annuelle moyenne

### 1.2.2 - Les précipitations (Fig.11)

La région se caractérise par un régime pluviométrique du type méditerranéen où il existe deux périodes distinctes. Une période pluvieuse qui s'étale sur six mois, de novembre à avril et une période sèche pour le reste de l'année, soit de mai à octobre. L'influence des perturbations de l'atlantique ouest et nord-ouest et les dépressions qui naissent en Méditerranée occidentale, sont à l'origine du climat l'humide de l'extrême nord-est algérien. La région est l'une des plus humides du Maghreb, on enregistre jusqu'à 1000 mm / an et de ce fait les plus humides du Bassin méditerranéen (Marre, 1987). Le massif de l'Edough reçoit en moyenne 1169 mm par an et 910 mm par à El-Kalla.

**Tableau 6 . Moyenne des précipitations annuelles (mm) et nombre de jours de pluie par an dans la région, d'après de Belair (1990).**

Station	Moyenn annuelle en mm	Nombre de jours de pluie
Edough	<b>1169</b>	<b>86</b>
El-Kalla	<b>910</b>	<b>115</b>

### 1.2.3 - Bioclimat et végétation

En se référant à Ouakid (com.pers.) dont on rapporte ici le résumé sur les différentes études réalisées dans la région ont montré que le couvert végétal est constitué d'espèces à affinité européenne, méditerranéenne et tropicale. Belair (1990).

C'est une véritable mosaïque de milieux diversifiés, façonnée par l'action



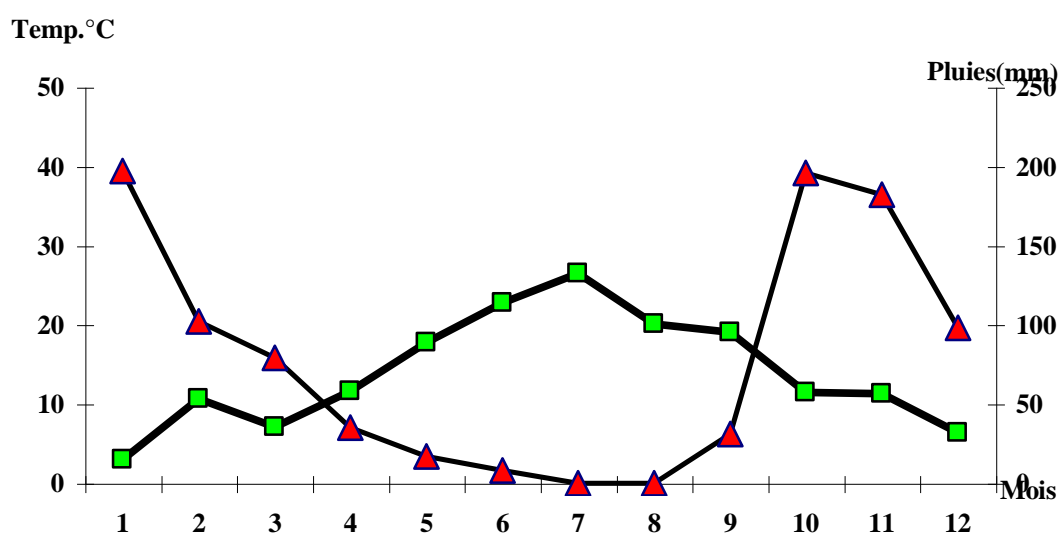
combinée du climat et du réseau hydrologique. D'après les travaux de Toubal (1982) et celui de Belair (1990) la région comporte 850 espèces environ, composées principalement de spermaphytes, d'algues, de champignons, de lichens, de mousses et de fougères.

La végétation s'étale depuis le littoral jusqu'au massif de l'Edough et les monts d' El-Kalla où on distingue trois étages: L'étage humide à hiver tempéré à froid. Caractérisé par des altitudes supérieures à 800-900m dans les Djebels de l'Edough et d'El Ghorra, il représente l'aire du Chêne zen (*Quercus faginea* ssp. *mirbeckii*). C'est une essence caducifoliée à feuillage marcescent qui couvre en Algérie 65000 ha environ. Il forme des peuplements denses où les arbres peuvent atteindre 30 mètres de hauteur avec un tronc bien droit qui peut parfois mesurer plus d'un mètre de diamètre. C'est une essence exigeante en humidité et qui trouve son épanouissement lorsque la pluviométrie est supérieure à 900 mm / an, c'est-à-dire en altitude là où la moyenne des maxima lui donne l'avantage par rapport au Chêne liège. Le Chêne zéen entretient une ambiance humide dans le sous bois sur un sol de type brun forestier. Le sous bois est constitué de *Cytisus triflorus*, qui domine, de *Crataegus monogyna*, *Rubus hulmifolius*, *Rosa canina*. Dans les sites où l'humidité est quasi-permanente en été, le sous bois contient aussi *Ilex aquifolium*, *Laurus nobilis*, *Viburnum tinus*. Par ailleurs, il existe de nombreux lianescents tel que *Hedera helix*, *Smilax aspera*, entourant les arbres jusqu'à la canopée. L'ambiance humide favorise également le développement de nombreux épiphytes telles que les fougères, les lichens et les mousses.

Enfin, l'aspect particulier de la région réside aussi dans la présence de populations rélictuelles d'espèces végétales et animales dont l'aire de distribution actuelle est soit franchement tropicale soit franchement européenne (Benyacoub 1993). Ces populations seraient maintenues depuis au moins le tertiaire grâce à la présence de 25 000 hectares de zones humides combinée à une température moyenne élevée. Junca (1954) et Joleau (1936) insistent sur le caractère biogéographique particulier de cette région, où des traces de l'ancien climat tropical Nord Africain côtoient une faune et une flore aux affinités autant tropicale qu'europpéenne.

**Tableau 7 : Caractéristiques écoclimatiques générales de l'Edough de la zone prospectée.**

Caract.Ecoclimatiques	Biotopes de récolte Fôret de Chêne-zen + Chêne-liège
Latitude : 36° 55' Nord Longitude : 07° 40' Est Altitude : 700 – 800 m T° moy. Hiver : 6, 5 C° T° moy. Ete : 24,6 C° Précipit Annu. :900- 1200 mm	Litières ,Humus ,Bois mort Mousses et Lichens sur arbres, sur sol, sur roches, dans le sol et l'humus, sol près de sources d'eau douce.
Etage bioclimatique :Humide doux à Humide frais.	



**Fig. 12 : Diagramme ombrothermique de l'Edough 2001.**

## 2.- Azzaba

Le présent travail a été réalisé à l'intérieure et à la lisière d'un maquis à chêne liège (*Quercus suber*) de l'atlas tellien au nord de la ville de Azzaba (36°48' Nord et 7°05' Est) distante de 32 Km au sud-est de Skikda (18 Km à vol d'oiseau de la mer méditerranée) et à 80 Km au nord-est de Constantine à une altitude ne dépassant 200 m. La végétation est de deux types :

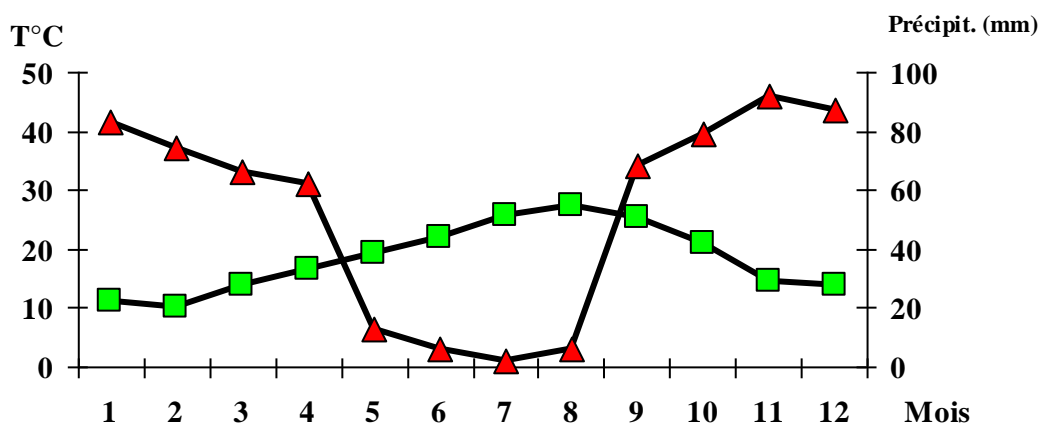
a- forestière en association avec le chêne-liège (sous-bois haut et serré formé de Bruyère, Arbousier, Philaires, Cytises, Genêts, Cistes et Myrte.

b- Herbacée spontanée et cultivée (céréales et fourragères).

La zone d'étude appartient à l'étage sub-humide à hiver froid et à été sec et chaud. Les températures moyennes mensuelles varient de 9,5°C à 9,8 °C entre janvier et février et de 25,8 °C à 27,2 °C entre juillet et août de l'année 1999. Les précipitations enregistrées au cours de l'année 1999 ont atteint 759 mm dont 60% entre décembre et février.

**Tableau 8 : Caractéristiques éoclimatiques générales de Azzaba**

Caract.éoclimatiques	Biotopes de récolte
Latitude : 36° 48' Nord Longitude : 07°05' Est Altitude : 110-150 m T°C moy. Ann. Hiver : 9,5 °C T°C moy. Ann. Ete : 26.8 °C Précipit. Annu. : 600-740 mm	Litières + Humus sous chêne-liège, Sol ,Vieux foin, strate herbacée
Etage Bioclimatique : Sub-Humide	Milieu naturel : maquis de Chêne-liège



**Fig. 13 : Diagramme ombrothermique de Azzaba 2002.**

### **3.-Constantine et ses environs** : Djebel Ouahch, Khroub et la Sebkhha de Ain Mlila.

#### **3.1- Djebel-Ouahch**

Ancien massif montagneux boisé, aujourd'hui fortement dégradé, Djebel-Ouahch, se situe à l'est de la ville de Constantine aux coordonnées : latitude :36°23 à 24' Nord, longitude : 6°38' Est. Il fait partie de la chaîne Numidienne ou Monts de Constantine, d'une altitude comprise entre 500 m et 1100 m.

##### **3.1.1- Aperçu topographique, géologique et hydrologique**

Le massif montagneux de Djebel Ouahch se caractérise par un relief accidenté avec de fortes et de moyennes pentes dans sa partie nord, et des pentes moyennes à faibles dans la partie sud.

Sur le plan géologique, le massif se caractérise par 3 types de substrats :

- Sols sur substrats résistants à l'érosion : roches volcaliques, calcaires, dolomies dures, phyllades et grès numidiens durs.
- Sols sur substrats de moyenne résistance à l'érosion : les conglomérats, les croûtes calcaires, les calcaires friables, les schistes et grès friables.
- Sol à substrats peu résistant à l'érosion : alluvions ou sables.

Sur le plan hydrologique, quatre lacs artificiels construits en 1860, reçoivent les eaux de ruissellement d'un bassin versant de 4 Km<sup>2</sup>. On note l'absence de nappes phréatiques.

##### **3.1.2 - Climat et végétation**

La région de Constantine est sous influence du climat méditerranéen, se caractérisant des précipitations irrégulières et une longue période de secheresse. La région de Constantine appartient à deux étages bioclimatiques : un domaine semi-aride à hiver frais au sud et un domaine sub-humide frais à partir de 1000 m où se trouve la zone prospectée. L'année se divise en deux périodes, l'une humide dure 270 jours en altitude et une période sèche d'une durée de 90 jours. La région se situe dans l'étage frais ou les les gelées sont assez fréquentes d'octobre à mai. La neige ne dure que très peu de temps. Les vents secs et chauds (Sirocco) sont fréquents dans la région.

La végétation est très diversifiée, Djouadi et Khorief Nasredine (2000) donnent un inventaire de 43 espèces forestières autochtones et allochtones appartenant à 14 familles. On cite à titre indicatif : *Abies numidica*, *Cedrus atlantica*, *Pinus maritima*, *P.halepensis*, *P.canariensis*, *P.coulteri*, *Pinus nigra*, *Eucalyptus globulus*, *Cupressus arizonica*, *Juniperus phoenicea*, *Quercus afares*, *Q.faginea*, *Q.ilex*, *Q.robur*, *Acer platanoides*, *A.nugundo*, *Robinia pseudo acacia*, *Ulmus campestris*, *Celtis australis*, *Morus alba*, *Populus alba* , *P.nigra*, *Tilia playphyllos*, *Platanus orientalis*, *Cersis siliquastrum*, *Sequoiadendron giganteum* et *S.sempervirens* .

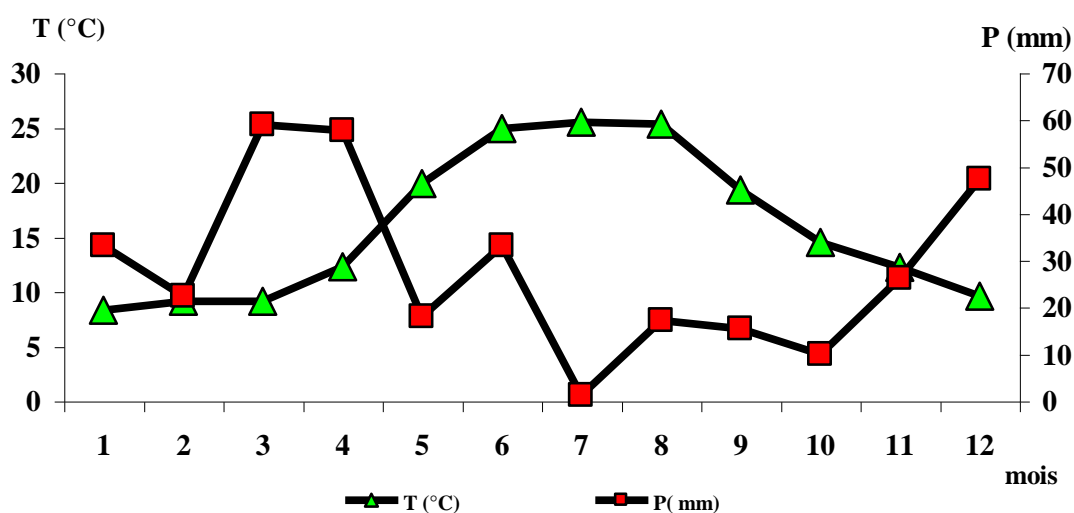
### 3.2-Khroub

Le présent travail a été réalisé sur les sols de la ferme pilote d'El-Baaraouia Commune du Khroub (latitude: 36°48' Nord et Longitude: 07°05' Est ) est située au Sud-Ouest à 16 Km de la ville de Constantine.

Le climat du Khroub appartient à l'étage bioclimatique sub-humide dans sa partie Nord et semi-aride au sud. Pendant la période de notre travail, la moyenne mensuelle de la température a été de 8.3 °C pour l'hiver, enregistrée en janvier 1997 et 25,5°C pour l'été, enregistrée en juillet. Les précipitations mensuelles enregistrées pendant la durée de notre travail ont atteint une hauteur de 340.06 mm. La région d'étude se caractérise par une longue période de secheresse qui s'étale du mois d'avril au mois de novembre, juillet avec 1.2 mm de pluies est le mois le plus sec. Le mois de juin est marqué par des pluies orageuses exceptionnelles d'une hauteur de 33.2 mm. (Fig.14).

**Tableau 9 : Caractéristiques éoclimatiques générales de Azzaba**

Caractéristiques éoclimatiques	Biotopes de récolte
Latitude : 36° 48' Nord Longitude : 07°05' Est Altitude : 640 m T°C moy. Ann. Hiver : 9 °C T°C moy. Ann. Ete : 25,3 °C Précipit. Annu. : 340 mm	Sol profond de prairie.
Etage Bioclimatique : Sub-Humide au nord Semi-aride au sud.	Milieu d'étude : agricole, cultures céréalières.



**Fig.14.- Diagramme ombrothermique de la région de constantine en 1997.**

En ce qui concerne les caractéristiques des sols ,ils ont été étudiés par Rached (1977). La parcelle d'échantillonnage d'une superficie de 100m<sup>2</sup> est une prairie non travaillée ni fertilisée sur un sol calcaire avec présence d'éléments calciques ou pétrocalciques de texture moyenne d'assez bonne perméabilité ,profond de couleur sombre de type aéric haplacquept, hydromorphe minéral ;nappe phréatique à moins de 50m de profondeur ,calcarifère.

La végétation est composée essentiellement de *Cynodon sp.*, espèce dominante. On y trouve aussi *Sinapis arvensis* (Moutarde des champs), *Hordeum murinum* (Orge des rats), *Calendula arvensis*, *Scolymus hispanicus*, *Silybum marianum* (Chardon), *Chrysanthemum paludosum*, *Trifolium sp.* et de nombreuse autres plantes annuelles.

### **3.3- Le lac salé (Sebkha) Ain Mlila**

Fait partie des hautes plaines constantinoise, se situant à mi distance entre Ain Mlila et Ain Yagout, sur la route nationale n°3. D'une altitude de 790 m, latitude : 35°53' Nord, longitude : 06°30'13'' Est.

#### **3.3.1-Géologie et topographie**

La zone prospectée se caractérise par des terrains du quaternaire constitués de sols salés anciens situés dans la zone inondable du Chott Tinnsit.Alluvions actuels correspondant aux basses terrasses de l'oued Rouâyane, et constituants les terres fertiles de Souk Nâamane et de Bir Chouhada. Croutes de calcaire se cantonnant entre les alluvions et les montagnes, formant les plaines de ce périmètre, fortement entaillées par des ravins et des châabates qui se perdent dans la plaine. Le sol très pauvre et caillouteux, est le siège d'une agriculture extensive. Les autres formations sont des terrains Miopliocène, formés d'argile jaunâtre et sableuse. Le contexte topographique est caractérisé par trois ensemble :

- **Les montagnes** : Le lac salé se situe au pied du massif de Snobra qui culmine à 1244 m. Les pentes sont très abruptes sur les versants voisins, les retombées des versants sud vers la dépression (Chott Tinnsit et Lac salé)

- **La plaine** : Elle est limitée par un ensemble de relief de moyenne altitude. Elle s'incline régulièrement en pente douce à partir du flanc sud de la chaîne montagneuse située au nord de la zone prospectée.

- **Le Lac** : Il constitue une zone d'accumulation des eaux de pluies et des matériaux d'apport résultant de la dynamique pluviale. Une colline d'une altitude

de 842 m sépare le Chott Tinnsit du lac. Au Lac salé, on pratique l'extraction de sel.

### **3.3.2-Climat et végétation**

L'analyse climatique montre que la zone prospectée fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride où la pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 277 mm. L'année se divise en deux saisons, l'une humide dure 165 jours, l'autre sèche dure 195 jours. La température moyenne annuelle est de 15 °C, avec un maximum au mois de Juillet de l'ordre de 35 °C et un minimum annuel de l'ordre de 10,69°C.

La végétation dominante aux berges du lac est essentiellement constituée de Salsolacées où domine l'espèce halophile: *Sneda monoica*.

## **II- Méthode d'échantillonnage et extraction des Collemboles**

Le présent travail s'est fixé deux objectifs, une étude écologique qui s'échelonne sur 12 mois dans une parcelle non cultivée (paririe) et établir un inventaire faunistique dans différentes localités du Nord-Est algérien. Le nombre et les dimensions des prélèvements dépendent du type d'étude à réaliser (Vannier et Cancela da Fonseca, 1966).

### **1.- Etude faunistique**

Pour réaliser une étude faunistique, dont l'objectif est de dresser un inventaire, Cancela da Fonseca (1969) préconise la méthode des transects. Dans la présente étude nous avons prélevé des échantillons dans différents biotopes de différents habitats :

- Milieu forestier : A l'Edough, Azzaba, Jijel et Djebel Ouahch nous avons prélevés dans la litière (Chêne-liège et Chêne-zen) et dans l'humus, dans le sol, dans les mousses et les lichens (sur sol, sur arbres et sur les roches), bois mort et pourri, fumier (foin pourri), plantes herbacées terrestres, sous les pierres. A El- Kalla en plus des biotopes cités ci-dessus, on a prélevé dans le sable de l'écosystème dunaire, sur plantes aquatiques aux abords de lacs et lagunes, et dans les grottes. A la Sebkhha de Ain Mlila, la litière de *Sneda monoica*.

Dans toutes les localités précitées, le nombre d'échantillons prélevés n'a pas été standardisé, puisqu'il s'agit d'une étude faunistique.

### **2.- Etude écologique**

Pour réaliser une étude écologique qui à pour objectif de suivre la variation mensuelle en fonction des principaux paramètres édaphiques (teneur en eau, température et

porosité), on doit au préalable choisir l'aire d'étude et fixer le nombre d'échantillons à prélever (Pesson, 1971).

### **2.1- La station ou aire d'étude**

Pour suivre la dynamique saisonnière du peuplement de Collembolés et l'impact des facteurs édaphiques fondamentaux : température, teneur en eau et porosité du sol. On a choisi une parcelle de prairie (sol non cultivé) appartenant à la ferme pilote El- Baaraouia dans la commune d'El- Khroub située à 15 km au sud-est de Constantine, à une altitude de 640 m. Le terrain se trouve sur une pente de 2 %, et un couvert végétal de type herbacée où dominent les espèces suivantes: *Cynodon sp.*, espèce dominante; *Trifolium sp.*, *Sinapis arvensis* (moutarde des champs), *Hordeum murinum* (Orge des rats), *Calendula arvensis*, *Scolymus hispanicus*, *Silybum marianum* (Chardon), *Chrysanthemum paludosum* et de nombreuses autres plantes annuelles. L'aire de prélèvement est un quadrat homogène de 100m<sup>2</sup> (10 m de côté), divisée fictivement en 100 sous-quadrats de 1m<sup>2</sup>. La méthode des quadrats est plus pratique pour les études écologiques de caractère permanent, (Vannier et Cancela da Fonseca, 1969) ; (Vannier in Pesson, 1971).

### **2.2- Les prélèvements ou échantillons de sol**

L'échantillon est un volume de sol de 196,25 cm<sup>3</sup>, l'équivalent d'une surface de 20 cm<sup>2</sup> environ. Le sol est prélevé à l'aide d'une petite pelle. L'enfoncement de la pelle se fait avec précaution de sorte que l'effort de compression qui s'exerce sur l'échantillon au moment de la pénétration de la pelle dans le sol soit le plus faible possible afin de ne pas tasser le sol et éviter de modifier sa porosité. Vannier cité par Pesson (1971) recommande d'utiliser une sonde pédologique, cylindrique ou rectangulaire. Le nombre de prélèvements est de 15 échantillons de sol /mois, soit un total de 180 pour les 12 mois. La prise des échantillons de sol sur le terrain doit se faire au hasard. Pour cela nous avons utilisé la méthode du " jet de caillou" : on jette à yeux fermés un petit caillou et on prélève à l'endroit même où il tombe.

Aucune méthode ne permet la détermination du nombre de prélèvement, celui-ci est fonction du type d'étude (écologique ou faunistique), de l'abondance du peuplement, de la dominance et la rareté des espèces, de la dimension et du type de distribution spatiale des individus, (Cancela da Fonseca et Vannier, 1969). Vannier cité par Pesson (1971) préfère un grand nombre de petits échantillons qui permettent de prospecter au moins 10 % de l'aire d'étude. Les échantillons de sol prélevés sont mis dans des boîtes en plastiques



hermétiquement fermées pour éviter l'évaporation et pour mieux conserver la structure du sol dont dépendra le rendement de l'extraction.

### **3.-Extraction des Collemboles**

Une fois la station est choisie, les échantillons sont prélevés et on entame le travail d'extraction des Collemboles qui consiste à séparer ces derniers de leur substrat. Il existe plusieurs méthodes pour extraire les Collemboles des échantillons, dont trois sont utilisées : Extraction par voie sèche, extraction par lavage et extraction par film graisseux de Aucamp, (Pesson, 1971) ; (Cancela da Fonseca et Vannier,1969).

La méthode utilisée dans la présente étude est celle connue sous le nom de : "**Extraction par voie sèche**", appelée aussi méthode de **Berlese-Tullgren**. C'est une méthode selective ou dynamique, par laquelle les Microarthropdes (Acariens, Collemboles et autres larves de petits insectes Ptérygotes) sont récoltés sans l'intervention d'un opérateur.

#### **3.1- Principe de la technique**

La technique consiste à modifier les conditions de vie par l'utilisation d'agents thermodynamiques : l'éclairage, l'élevation de la température et le dessèchement. les animaux grâce à leur tactismes quittent l'échantillon pour être récoltés intacts.

#### **4.- L'extraction des Collemboles (Fig.15).**

- On place l'échantillon de sol sur un tamis ou une cuvette en toile métallique à maille de 4 mm, sur laquelle on étale l'échantillon sur une épaisseur de 2 à 3 cm.
- Le tout est placé sur un entonnoir métallique, en verre ou en plastique et d'une ouverture de 20 à 25 cm et d'une forte pente (60°).
- On place un tube de récolte renfermant de l'alcool éthylique à 70° à l'extrémité inférieure de l'entonnoir.
- L'échantillon est desséché progressivement au moyen d'une lampe à filament d'une puissance de 25 ou 40 watts, située au moins à 25 cm au dessus du tamis.
- Les Collemboles, fuyant la secheresse, descendent l'échantillon et les mailles du tamis et finissent par tomber dans l'entonnoir et le tube de récolte. Vannier et Thibaud, (1968) ont montré que la réponse des Collemboles à la

déssiccation semble se situer entre pF 4,2 (point de flétrissement permanent) et pF 5.

- L'extraction dure entre 4 et 5 jours ou plus, selon l'état hydrique de l'échantillon.

Des précautions sont à prendre pour une meilleure conduite de l'extraction afin d'améliorer le rendement: de retarder d'une journée l'allumage de la lampe et utiliser un tamis à larges mailles, jusqu'à 5 cm.

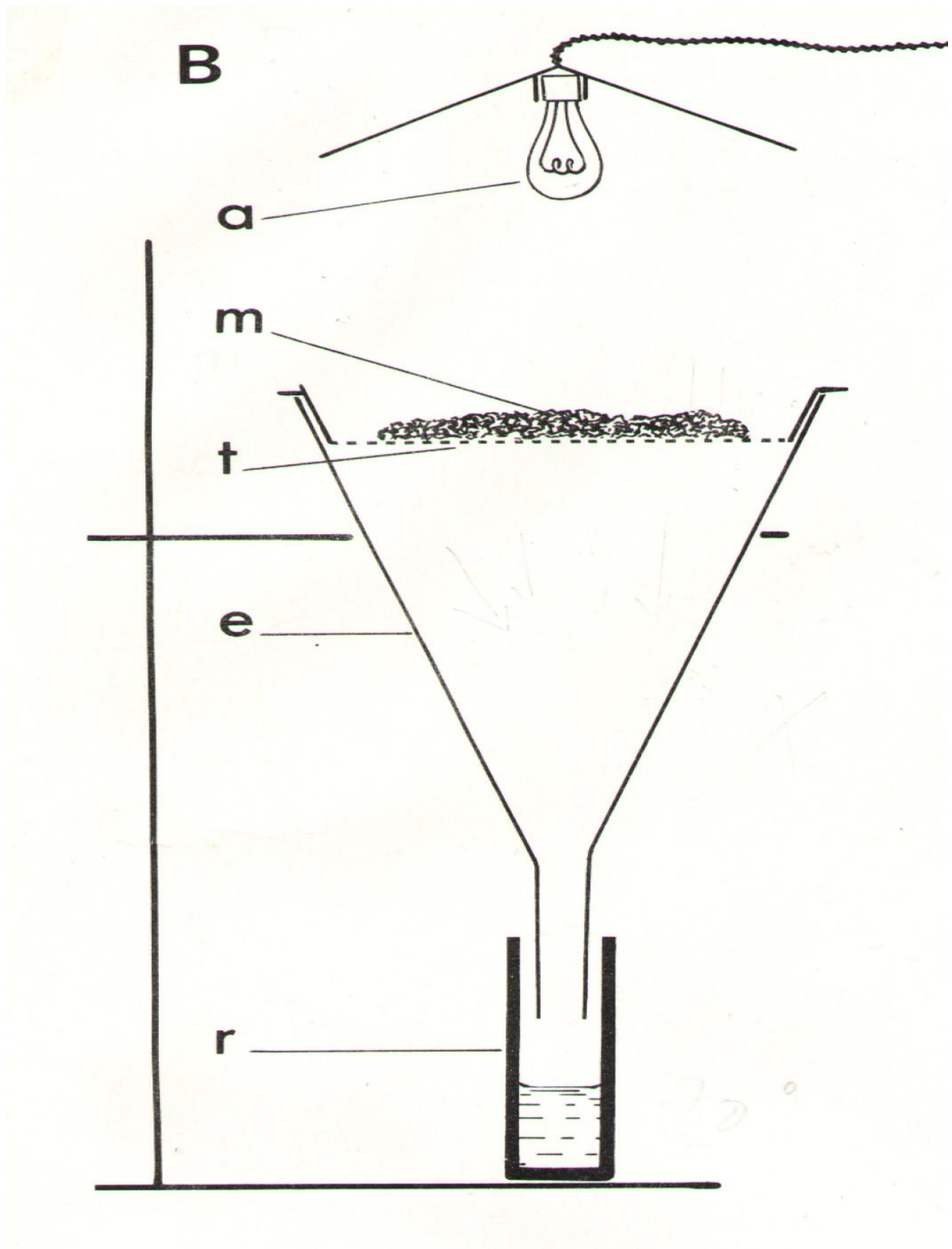


Fig.15 : Appareil de Berlèse –Tullgren pour l'extraction des Collemboles par la méthode de " voie sèche".

**e : entonnoir, t : tamis à mailles de 4 à 4,5 mm, m : échantillon, r : récipient ou tube de récolte avec alcool 70°, a : ampoule de chauffage et d'éclairage de 25 à 40 W.**

## 5.- Tri, dénombrement et identification des Collemboles

### 5.1-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 que tous les Collemboles sont séparés des autres Microarthropodes, on procède au 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 de l'espèce. On manipule les Collemboles, pour le tri ou le dénombrement, soit avec:

- "la brosse de Cassagnau" : une tige en matière plastique très fine (1mm) montée sur un mandrin métallique.
- Une minutie ou une aiguille métallique fine à extrémité courbée que l'on enchasse dans le verre en fusion
- Une pipette capillaire munie d'une poire en caoutchouc

### 5.2- Préparation et identification

L'identification au niveau de l'espèce doit être réalisée par un spécialiste en taxonomie dans le cas d'espèces difficiles à classer. Elle nécessite une préparation avant de procéder à l'observation entre lame et lamelle, sous le microscope à contraste de phases:

#### 5.2.1- Fixation

Les Collemboles destinés à l'observation entre lame et lamelles sont fixés, soit, dans l'alcool à 70° ou 75°, mais par suite de leur non-mouillabilité on utilise le **liquide de Gisin** pour briser les forces de tension qui les maintient en surface.

Composition du liquide fixateur de Gisin:

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

#### 5.2.2- 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 chétotaxie 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 extention 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 à permis d'obtenir de meilleurs résultats (Jordana et al,1997).

\* 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.
- Secher 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.

#### **5.4-Observation et identification**

Pour l'observation des Collembolés, il est recommandé d'utiliser un microscope à contraste de phases (2 ou 3 phases) et pour observer certains détails il est nécessaire d'utiliser un contraste interférentiel. Pour dessiner les différents caractères d'intérêt systématique, on équipe le microscope à contraste de phase d'un tube à dessins ou d'un appareil photographique incorporé. Parfois et si les moyens le permettent on peut utiliser le microscope électronique à balayage.

### **6- Mesures des paramètres édaphiques**

#### **6.1- La température**

La température du sol est mesurée à l'aide d'un long thermomètre de sol, sous forme de tanière du jardinier, éfilée à son extrémité, rigide et qu'on enfonce dans un sol. On enfonce le thermomètre dans le sol avant de prélever celui-ci pour prendre la température ambiante. Il est préférable d'utiliser un thermomètre à sonde métallique, qui s'enfonce facilement dans le sol quelque soit sa structure.

#### **6.2- La teneur en eau et porosité totale**

Dès que la température est mesurée on procède à la prise de l'échantillon de sol, on prend une petite motte de quelques grammes que l'on met rapidement dans une petite boîte métallique, on ferme hermétiquement pour empêcher l'évaporation. Au laboratoire on pèse la motte de terre pour déterminer son poids frais (PF). Le poids sec (PS) sera

déterminé après séchage de la motte à l'étuve à une température de 105 °C pendant 24 à 48 heures. On calcule la différence ( $\Delta H$ ) entre le poids frais et le poids sec et on déduit la teneur en eau par la formule suivante:

$$\Delta H = PF - PS, \quad H\% = \Delta H / PF \times 100 \quad \text{ou} \quad H\% = \Delta H / PS \times 100$$

### 6.3- La porosité totale

La porosité totale du sol est déterminée sur la même motte utilisée pour mesurer l'humidité du sol. Elle exprime le volume des vides du sol exprimé en pourcentage du volume total.  $D$  est la densité réelle de la matière solide,  $d'$  la densité apparente (masse volumique du sol en place, vides compris), (Guillet cité par Bonneau et Souchier, 1979). Elle est mesurée par la relation suivante :

$$P = 1 - d' / d \times 100$$

#### 6.3.1 Détermination de la densité apparente

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la porosité totale, Guillet cité par Bonneau et Souchier (1979), citent la méthode au pétrole, la méthode à la paraffine, la méthode du cylindre. Pour des raisons techniques et de disponibilité de matériels, nous avons été contraint d'utiliser la méthode à la paraffine, qui est une méthode longue mais donne des résultats satisfaisants, bien qu'elle reste un peu moins précise, d'où une marge d'erreur de moins de 5 %, due au maniement de la motte.

#### Procédure :

- On prend la motte sèche utilisée pour mesurer la teneur en eau, on la pèse dans un verre de montre, on détermine le poids sec (P1).
- On attache avec délicatesse la motte à un fil à coudre fin de 30 cm
- On trempe la motte dans la paraffine liquéfiée ( sur une plaque chauffante) en la tenant par le fil pour la rendre imperméable à l'eau, et on la laisse refroidir.
- On pèse le verre de montre avec les particules qui peuvent se détacher de la motte (P2).
- On pèse la motte enduite de paraffine (P3).
- On prend un becher contenant de l'eau de volume connu et on le pèse (P4)
- On plonge la motte enrobée de paraffine dans le becher et on pèse le tout (P5).
- On détermine le volume de la paraffine ( $V_p$ ) après avoir récupéré la paraffine utilisée pour le trempage de la motte.

La densité apparente ( $d'$ ) est donnée par le rapport : Poids de la motte / volume de la motte :

$$d' = P_m / V_m$$

Le poids de la motte ( $P_m$ ) est déduit de la relation suivante :

$$(P_m) = P_1 - P_2$$

Et son volume ( $V_m$ ) est déduit de la relation :  $V_m = \text{Volume de la motte enrobée} - \text{Volume de la paraffine}$ . Le volume de la paraffine étant connu ( $V_p$ ) on calcule le volume de la motte enrobée par la relation suivante :

$$V_m = P_5 - P_4 - (P_3 - P_m) / 0.9$$

D'où la densité apparente qui est calculée par la relation suivante : 
$$\frac{P_1 - P_3}{P_5 - P_4 - (P_3 - P_m) / 0.9}$$

Une fois la densité apparente est calculée, On peut déterminer la porosité totale ( $P_t$ ) par la formule suivante :  $P_t = \text{Volume total} - \text{Volume du sol} / \text{Volume total}$

Le volume total ( $V_t$ ) est calculé par le rapport : Poids du sol sec / densité apparente

Le volume du sol ( $V_s$ ) est donné par le rapport : Poids sec du sol / densité réelle

La densité réelle est une constante  $d = 2,65$

Enfin la porosité totale ( $P_t$ ) = densité apparente / densité réelle x 100

$$P(t) = d' / d \times 100.$$



**CHAPITRE III : RESULTATS DE L' ETUDE TAXONOMIQUE, BIOGEOGRAPHIQUE  
ET ECOLOGIQUE**

**I- Inventaire et étude taxonomique**

**1.-Composition faunistique**

**Tableau 10.- Liste des espèces de Collemboles identifiées et décrites dans les  
différentes localités du nord-est algérien.**

Familles et espèces	Localités de récolte						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>I.- PODUROMORPHA Börner, 1913</b>							
<b>1.- Hypogastruridae Börner 1913</b>							
1. <i>Acherontiella bougisi</i> Cassagnau et Delamare 1955			x	x			
2. <i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	x	x	x	x			
3. <i>Ceratophysella cf. denticulata</i>	x				x		
4. <i>Ceratophysella gibbosa</i> (Bagnall, 1940)	x						
5. <i>Ceratophysella tergilobata</i> (Cassagnau 1954)	x						
6. <i>Hypogastrura affinis</i> (Lucas, 1846)			x				
7. <i>Hypogastrura vernalis</i> (Carl, 1901)	x	x					
8. <i>Mucrella acuminata</i> (Cassagnau, 1952)	x						
9. <i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i> Gama, 1964		x					
10. <i>Xenylla sp.</i>	x					x	
11. <i>Xenyllogastrura afurcata</i> Deharveng et Gers, 1979						x	
12. <i>Xenyllogastrura sp.</i>						x	
13. <i>Willemia intermedia</i> Mills, 1934		x					
14. <i>Microgastrura minutissima</i> (Mills, 1934)		x					
<b>2.- Odontellidae Deharveng, 1982</b>							
15. <i>Axenyllodes bayeri</i> (Kseneman, 1935)	x		x			x	
16. <i>Xenyllodes armatus</i> Axelson, 1903	x		x				
17. <i>Superodontella lamellifera</i> (Axelson, 1903)	x						
18. <i>Superodontella vallvidrerensis subalpina</i> Arbea 1990	x						
19. <i>Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis</i> (Selga 1966)	x						
<b>3. -Brachystomellidae Stach, 1949</b>							
20. <i>Brachystomella curvula</i> Gisin, 1948	x						
21. <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1816)	x			x	x	x	
22. <i>Brachystomella sp.</i>	x						
<b>4. - Neanuridae sensu Cassagnau, 1955</b>							
<b>a.- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967</b>							
23. <i>Friesea albida</i> Arbea et Jordana, 1993	x	x					
24. <i>Friesea ladeiroi</i> Gama, 1959	x						
25. <i>Friesea laouina</i> Deharveng et Hamra-Kroua, 2004	x						
26. <i>Friesea oligorhopala</i> Caroli, 1914			x	x			
27. <i>Friesea mirabilis</i> (Tullberg, 1871)	x						
28. <i>Friesea cf. steineri</i> Simon, 1975	x						
29. <i>Friesea cf. truncata</i> Cassagnau, 1958	x						

30. <i>Friesea cf. mirabilis</i>	x						
31. <i>Friesea major</i> Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004	x						
32. <i>Friesea algerica</i> Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004	x						
33. <i>Friesea sp.</i>	x	x					
<b>b.- Sous-famille : <i>Neanurinae</i> Börner, 1901</b>							
34. <i>Bilobella aurantiaca</i> Caroli, 1912	x	x	x		x		x
35. <i>Bilobella braunerae</i> Deharveng, 1983.	x						
36. <i>Deutonura zana</i> Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004	x		x				
37. <i>Deutonura deficiens meridionalis</i> Deharveng, 1979							x
38. <i>Endonura sp.</i>	x						
39. <i>Neanurini n.g. cf. Ghirkanura</i>	x						
40. <i>Protanura cf. monticelli</i> Caroli, 1910	x						
41. <i>Protanura cf. pseudomuscorum</i> (Börner, 1903)	x	x					
<b>c.- Sous-famille : <i>Pseudachorutinae</i> Börner, 1906</b>							
42. <i>Pseudachorutes sp.</i>	x						
43. <i>Pseudachorudina meridionalis</i> (Bonet, 1929)	x						
44. <i>Pseudachorutes cf. subcrassus</i> Tullberg, 1871	x						
45. <i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	x						
46. <i>Pseudachorutella asigillata</i> (Börner, 1901)	x		x				
47. <i>Pratanurida boeneri</i> (Schött, 1902)	x						
48. <i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901	x						
<b>5.- Onychiuridae Börner, 1913</b>							
49. <i>Protaphorura armata</i> Tullberg, 1869	x			x			
50. <i>Protaphorura sp. gr. armata</i>	x						x
51. <i>Mesaphorura critica</i> Ellis, 1976	x	x					
52. <i>Mesaphorura italica</i> Rusek, 1971	x						
53. <i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	x			x			
54. <i>Mesaphorura pacifica</i> Rusek, 1976	x						
55. <i>Mesaphorura sp.</i>	x						
56. <i>Doutnacia xerophila</i> Rusek, 1974	x						
57. <i>Onychiurus sp.</i>	x						
<b>II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913</b>							
<b>6.- Isotomidae Börner, 1913</b>							
58. <i>Desoria olivacea</i> (Tullberg, 1871)			x				
59. <i>Cryptopygus bipunctatus</i> (Axelson, 1903)	x			x			
60. <i>Cryptopygus thermophilus</i> (Axelson, 1900)	x	x	x	x			x
61. <i>Cryptopygus sp.</i>							
62. <i>Folsomia candida</i> Willem, 1902	x						
63. <i>Folsomia trisetata</i> Jordana et Ardanaz, 1981	x	x					
64. <i>Folsomia fimetaria</i> (Linnaeus, 1758)		x					
65. <i>Folsomia sp.</i>	x						
66. <i>Folsomides parvulus</i> Stach, 1922				x			
67. <i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	x		x	x			
68. <i>Isotomurus maculatus</i> (Schäffer, 1896)	x						
69. <i>Isotomurus gr. balteatus</i> (Reuter, 1876)	x						

70. <i>Isotomurus cf. fucicolus</i> Reuter, 1891	x						
71. <i>Isotomurus cf. unifasciatus</i> (Börner, 1901)					x		
72. <i>Isotomurus palustris</i> (Müller, 1776)					x		
73. <i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	x						
74. <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	x				x		
75. <i>Proctostephanus sanctiaugustini</i> Cassagnau, 1963	x		x				
76. <i>Proctostephanus sp.</i>	x						
77. <i>Pseudanurophorus isotoma</i> Börner, 1903					x		
78. <i>Tetracanthella pilosa</i> Schött, 1891	x						
79. <i>Tetracanthella sp.</i>	x						
<b>7.- Entomobryidae Tömösvary, 1882</b>							
80. <i>Entomobrya albocincta</i> (Templeton, 1835)		x					
81. <i>Entomobrya lanuginosa</i> (Nicolet, 1841)			x				
82. <i>Entomobrya sp.</i>			x				
83. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	x	x	x	x			
84. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	x	x	x				x
85. <i>Lepidocyrtus curvicollis</i> Bourlet, 1839			x				
86. <i>Lepidocyrtus fimetarius</i> Gisin, 1964	x	x					
87. <i>Lepidocyrtus ruber</i> Schött, 1902		x					
88. <i>Lepidocyrtus cf. flexicollis</i> Gisin, 1965			x				
89. <i>Orchesella cincta</i> (Linnaeus, 1758)			x				
90. <i>Orchesella cf. quinquefasciata</i> (Bourlet, 1841)	x		x				
91. <i>Pseudosinella alba</i> (Packard, 1873)					x		
92. <i>Pseudosinella albida</i> (Stach, 1930)	x						
93. <i>Pseudosinella octopunctata</i> Börner, 1901	x		x				
94. <i>Pseudosinella sp.</i>	x						
95. <i>Seira sp.</i>							x
96. <i>Willowsia sp.</i>							x
<b>8. Cyphoderidae Börner, 1913</b>							
97. <i>Cyphoderus sp.</i>	x		x				
<b>9.- Oncopoduridae Denis, 1932</b>							
98. <i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebbotham, 1911	x				x		
<b>III. SYMPHYPLEONA</b>							
<b>10.- Arrhopalitidae Richards, 1968</b>							
99. <i>Arrhopalites subbifidus</i> Travé, Gadea et Delamare, 1954			x				
<b>11.- Dicyrtomidae Börner, 1906</b>							
100. <i>Dicyrtomina saundersi</i> (Lubbock, 1862)		x	x				
101. <i>Dicyrtomina ornata</i> (Nicolet, 1842)		x	x				
<b>12.- Katiannidae Börner, 1913</b>							
102. <i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)	x						
103. <i>Sminthurinus elegans</i> (Fitsch, 1863)	x						
104. <i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1868)			x				x
105. <i>Sminthurinus sp.</i>							
<b>13.- Sminthurididae Börner, 1906</b>							
106. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	x						

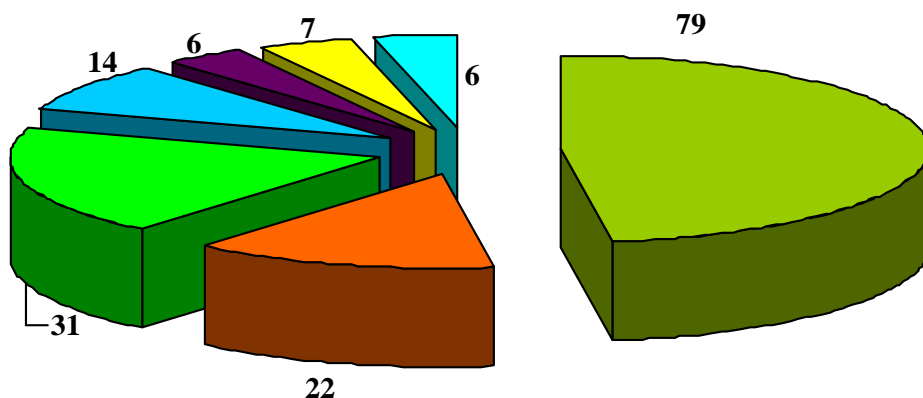
107. <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1843)		x					
<b>14.- Sminthuridae Börner, 1913</b>							
<b>a.- Sous-famille : Sminthurinae Betsch, 1980</b>							
108. <i>Caprainea bremondi</i> (Delamare et Bassot, 1957)			x				
109. <i>Caprainea marginata</i> (Schött, 1893)	x	x	x				
110. <i>Sminthurus viridis</i> (Linnaeus, 1758)			x				
<b>IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896</b>							
<b>15.- Neelidae Folsom, 1896</b>							
111. <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	x		x				
112. <i>Neelus murinus</i> Folsom, 1896	x						
113. <i>Neelus sp.</i>	x						
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>22</b>	<b>31</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>6</b>

**Abréviations :**

**Localités :** 1: Edough, 2 : El-Kalla, 3 : Azzaba, 4 : Khroub, 5: Djebel Ouahch, 6 : Sebkhha (Lac salé d'Ain Mlila), 7: Jijel.

Le tableau 10 contient toutes les espèces de Collemboles identifiées et décrites, par ordre, famille, sous-famille, ainsi que leur statut pour chacune des localités prospectées. (Fig.16).

Plus de la moitié des espèces récoltées proviennent du massif forestier de l'Edough, soit 79 espèces, 31 espèces sont trouvées à Azzaba ; 22 espèces sont récoltées à El-Kalla, 14 espèces sont trouvées au Khroub. Les autres localités, Jije (6 espèces), Djebel Ouahch (6 espèces), et la Sebkhha de Ain Mlila (7 espèces). Il faut tenir compte que certaines espèces sont rencontrées dans plus d'une localité et que d'autres sont trouvées que dans une seule localité.

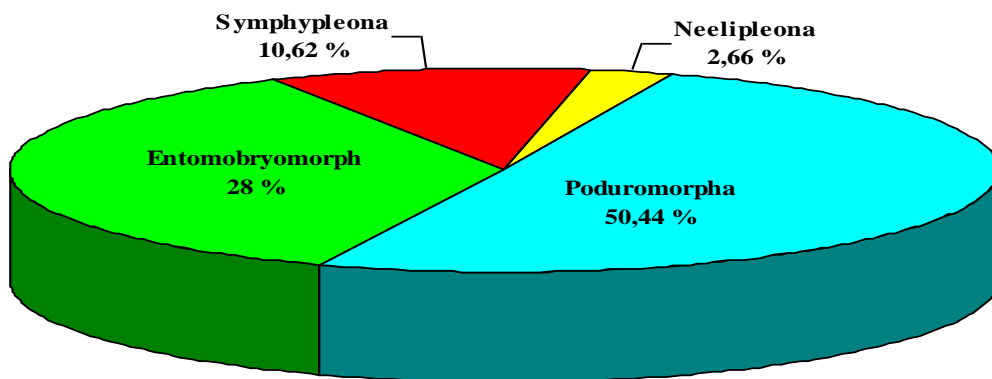


■ Edough ■ El-Kalla ■ Azzaba ■ Khroub ■ Djebel-Ouahch ■ Jijel ■ Sebkhha

**Fig.16 : Composition faunistique (%) des localités d'étude**

## 2- Liste d'espèces de Collemboles identifiées et décrites

Cent treize (113) espèces de Collemboles sont rencontrées dans les différentes localités. Elles sont réparties sur 57 genres appartenant à 15 familles se répartissant sur quatre ordres.(Fig.17).



**Fig.17: Répartition, en pourcentage, des espèces récoltées par ordre de Collemboles.**

### a.- Ordre des PODUROMORPHA

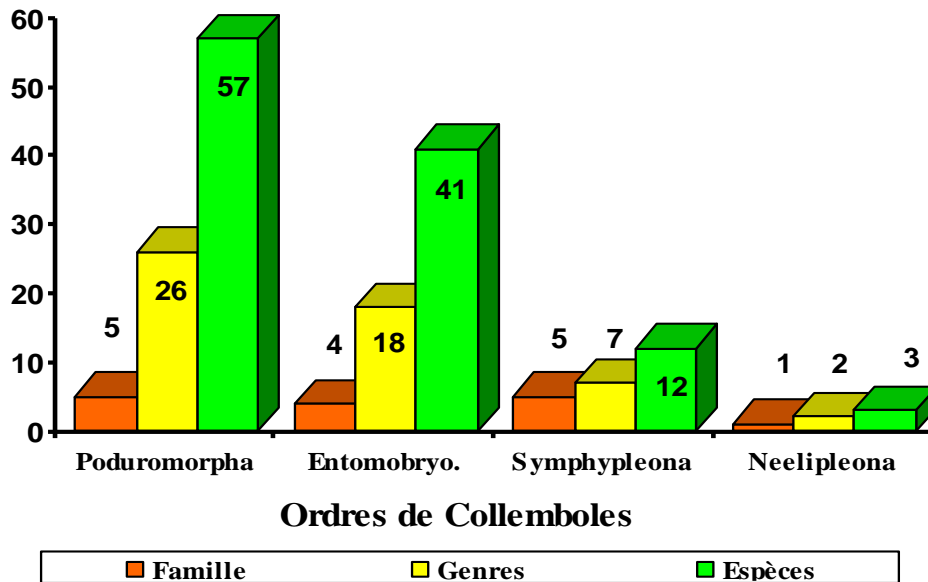
Cet ordre représente 50,44 % des espèces identifiées, soit 57 espèces réparties sur 26 genres appartenant à 5 familles (Fig.18) :

- La famille des *Hypogastruridae* est représentée par 14 espèces réparties sur 7 genres, soit 12,40 % du total d'espèces identifiées.
- La famille des *Neanuridae* avec 3 sous-familles et 26 espèces est la mieux représentée parmi les *Poduromorpha*, soit, 23,01%.
  - *Frieseinae*: 11 espèces appartenant à un seul genre.
  - *Neanurinae* : 8 espèces appartenant à 5 genres.
  - *Pseudachorutinae* : 7 espèces appartenant à 5 genres.

Les *Neanuridae* représentent Ils sont suivis par la famille des *Hypogastruridae* avec 14 espèces, soit, 25 %, réparties sur 8 genres.

- La famille des *Onychiuridae* avec 9 espèces appartenant à la sous famille des *Onychiurinae* et 4 genres représente 7,96 % du total récolté.

\* La famille des *Ondontellidae* avec 5 espèces et 3 genres et celle des *Brachystomellidae* avec 3 espèces d'un même genre, représentent respectivement, 4,42 % et 2,65 % du total récolté.



**Fig. 18: Fréquences absolues des familles, genres et espèces de Collemboles.**

#### **b.- Ordre des ENTOMOBRYOMORPHA**

L'ordre des Entomobryomorpha est représenté par 4 familles, 18 genres et 41 espèces. Il représente 36,28 % du total identifié.

\*Famille des *Isotomidae* est la mieux représentée parmi cet ordre, elle représente 19,45 % du total d'espèces identifiées, soit 22 espèces réparties sur 11 genres.

\*Famille des *Entomobryidae* compte 16 espèces réparties sur 7 ordres, soit 15,04 % des Collemboles identifiés.

\*Les familles des *Cyphoderidae* et des *Oncopoduridae*, sont représentées chacune par une seule espèce, soit 0,88 % du total Collemboles identifiés.

#### **c.- Ordre des SYMPHYPLEONA**

L'ordre des *Symphypleona* est représenté par 5 familles, 7 genres et 12 espèces. Soit un pourcentage de 10,62 % du total d'espèces identifiées.

- \* Famille des *Katiannidae* : 4 espèces du même genre, soit 3,51 %.
- \* Famille des *Sminthurididae* : 2 espèces et 2 genres, soit 1,75 %.
- \* Famille des *Sminthuridae* : 4 espèces, 4 genres, soit 3,51 %

Les familles des *Arrhopalitidae* et des *Dicyrtomidae* sont représentées chacune par une seule espèce et représente chacune 0,88 % du total d'espèces identifiées.

#### **d.- Ordre des NEELIPLEONA**

L'ordre des *Neelipleona* ne comporte qu'une seule famille des *Neelidae*, 2 genres et 3 espèces, soit, 2,66 %.

### **3.- Etude taxonomique**

#### **I.- Ordre: *PODUROMORPHA***

Quatre familles sont représentées dans nos échantillons

- 1.- Famille: *Hypogastruridae*:** Collemboles à pièces bucales bien développées, mandibules avec plaque molaire dentée. Quatorze espèces réparties sur huit genres.

- *Acherontiella bougisi*, (Fig. 19)

**Diagnose:** Tête : antennes plus courtes que la diagonale céphalique. Article antennaire IV avec une vésicule apicale entièrement renfermée dans un repli tégumentaire. Article antennaire III avec un organe sensoriel constitué par deux bâtons sensoriels centraux plus courts et une sensille plus large de chaque côté. Sans yeux et sans OPA. Epines anales minuscules, placées sur des papilles plus ou moins hautes.

Thorax : pattes avec 17, 17 et 16 soies pointues respectivement sur les tibiotarses I, II, III, sans soies sensorielles différenciées. Le tube ventral avec 4+4 soies, pas de furca ni de rétinaclé. Griffes sans dents, empodium absent.

**Répartition :** Citée en Asie centrale et de l'ouest particulièrement au Liban en région méditerranéenne, Açores, Iles Canaries, Antilles et en Floride. En Algérie, elle a été signalée pour la première fois par Cassagnau, (1963) dans la région de Annaba.

**Biotope:** Nous l'avons trouvé dans le sol au Khroub et dans le sol sous la mousse à Azzaba. C'est une espèce euédaphique.

- *Ceratophysella denticulata*, (Fig.20)

**Synonymie.:** *Achorutes denticulata* *Achorutes distinguenus* *Hypogastrura denticulata*  
*Ceratophysella denticulata*

**Diagnose:** Corps long de 0,8 à 1,2 mm de couleur bleutée. Article antennaire IV présentant deux sensilles dorso-externes et cinq dorso-internes. Sur l'article antennaire III se trouve

l'organe sensoriel propre au genre avec deux sensilles latérales de même grandeur que celles de l'article IV. OPA formé par quatre ou cinq vésicules, les deux antérieures sont plus grandes que les postérieures. Huit cornéules de chaque côté de la tête. La chaetotaxie de la tête est complète. Les tergites thoraciques II et III avec des soies grandes p2, p5, et p6. Les segments abdominaux I-III présentent 4+4 soies antérieures entre les macrosoies postérieures dorso-centrales et des macrosoies p2,p4,et p6. Le segment abdominal IV présente 3+3 soies et des macrosoies p2, p4et p6. Le segment VI est pourvu d'épines larges. Les pattes : Tibiotarses avec 19, 19 et 18 soies respectivement sur les pattes I, II et III. Empodium bien développé avec une lame basale et une soie terminale. Le tube ventral avec 4+4 soies, rétinacle avec 4+4 dents. Furca courte et la dens avec sept soies, mucron large muni de lames externes bien développées qui forment une grande dent.

**Répartition** : C'est une espèce cosmopolite. En Algérie elle a été signalée pour la première fois par Stomp, (1980) dans le Djurdjura..

**Biotope**: Nous l'avons trouvé à l'Edough, El-Kalla, Khroub et Djebel Ouahch. C'est une espèce hémiedaphique prélevée dans les mousses sur sol, plantes aquatiques, sol agricole, racines émergées d'*Agrania maritima* (Lac bleu, El-Kalla) et fumier de chevaux.

- *Ceratophysella gibbosa*, (Fig.21)

**Synonymie** : *Achorutes gibbosus*

**Diagnose** : Longueur entre 1 et 1,5 mm d'une couleur marron clair. Se distingue de *C.denticulata* par :

- tergite abdominal IV avec une microsoie p1 et une macrosoie p2
- tergite abdominal sans soie m1.Dens avec 7 soies , granulation grise sur le tergite abdominal V formant un tubercule ou bande plus ou moins développé. Selon Fjellberg, (1992) a décrit chez *C.gibbosa* le phénomène d'écomorphose chez les formes juvéniles dans les îles Canaries

**Répartition** : Espèce cosmopolite largement répandue dans les régions paléarctique, néarctique, australienne, et méditerranéenne). Nouvelle pour l'Algérie.

**Biotope**: Prélevée dans la mousse sur sol près d'une source dans la forêt de C hêne zen à l'Edough.

- *Ceratophysella tergilobata*, (Fig.22)

**Synonymie** : *Hypogastrura tergilobata* Cassagnau,1954

**Diagnose**: Corps long de 1 à 1,5 mm de couleur grise. Se caractérise par :

- Tergite abdominal IV avec une microsoie (p2) entre les macrosoies p1 et



p4 et présence de la soie (p3).

- Tergite abdominal V avec une projection médiane vers l'arrière en forme de languette qui peut être plus ou moins longue et de forme différente.

**Répartition** : A large répartition, est signalée en région méditerranéenne, en Europe, en Chine et au Japon et en Malaisie. En Algérie est signalée par Cassagnau, (1963) dans une tranchée de fougères moins 1 m en profondeur dans les environs de Annaba.

**Biotope**: Nous l'avons trouvé dans la litière de Chêne-liège à l'Edough.

- *Hypogastrura affinis*, (Fig.23)

**Synonymie** : *Achorutes affinis*.

**Diagnose**: Tête avec toutes les soies du genre. L'article antennaire IV présente en plus deux microsensilles subapicales, trois sensilles cylindrique dorso-externes et une dorso-interne. - L'article antennaire III avec l'organe sensoriel typique du genre. OPA avec quatre vésicules. Huit yeux de chaque côté de la tête.

La chaetotaxie du corps se présente comme suit:

- Les pattes: Tibiotarses I,II, et III avec 19, 19 et 18 soies.
- Empodium large avec lame basale développée.
- Furca élargie avec cinq soies dont quatre de formes juvéniles disposées en quatre verticelles.
- Le segment abdominal VI avec épines anales courtes.
- Tube ventral avec 4+4 soies et rétina avec 3+3+ dents.

**Répartition**: Espèce européenne et méditerranéenne. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope**: Récoltée dans le bois mort de Chêne-liège à Azzaba.

- *Hypogastrura vernalis*. (Fig.24)

**Synonymie** : *Achorutes affinis*

**Diagnose**: Corps long de 1 à 1,5 mm de couleur grise. Elle se caractérise par :

- Des sensilles de l'article antennaire IV plus différenciées et avec quelques soies pointues courtes et courbées; présente trois sensilles dorso-externes et d'une à trois dorso-internes.
- L'organe sensoriel de l'article antennaire III réponds à la configuration typique du genre.
- L'article antennaire sans la soie **p**.
- Organe postantennaire formé par quatre vésicules.

- Huit yeux de chaque côté de la tête.
- Pattes avec 19, 19 et 18 soies sur tous les tibiotarses des pattes I, II et III avec une soie dorsale à apex agrandi, griffe avec dent interne et empodium avec lame développée.
- Tube ventral avec 4+4 soies et rétinacle avec 4+4 dents.
- Furca avec un dens légèrement granulé et six soies et un mucron avec lame courte présentant une dent.
- Petites épines anales sur des papilles plus petites que les épines.

**Répartition:** Espèce à large répartition de la région paléarctique à l'Australie et toute l'Europe. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope :** Elle a été récoltée à l'Edough exclusivement sur la mousse : au sol, sur les roches et sur les troncs d'arbres. A El-Kalla elle a été récoltée du fumier de chevaux, racines émergées d'*Agrania maritima* (Lac bleu) ainsi que dans le sable dunaire.

- *Mucrella acuminata*, (Fig.25).

**Synonymie :** *Hypogastrura acuminata* Cassagnau, 1952 ; *Hypogastrura nodosa* Steiner, 1958.

**Diagnose :** Longueur du corps : 1 à 1.2 mm. Coloration grise.

-Article antennaire IV avec 3 sensilles dorso-externes proches des 2 microsensilles subapicales. Une sensille dorsale proche de la soie *i* et l'autre dorso-latérale. Dorsalement on y trouve 5 sensilles, fines et peu développées; ainsi que quelques soies courtes. Ventralement s'observe un groupe de soies courtes avec pointe modifiée, formant un champ sensoriel similaire à celui observé chez *H (C) armata*.

**Répartition:** Se rencontre dans toute l'Europe. Jordana et al. (1997) l'a signalé dans les Pyrénées, dans la Cordillera Cantabrica et au centre de la péninsule. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du nord.

**Biotope :** récoltée à l'Edough parmi les débris de bois mort de chêne zen sur le sol.

- *Xenylla brevisimilis mediterranea*

**Synonymie :** *Xenylla brevisimilis* Stach, 1949.

*Xenylla grisea bidentata* Denis, 1931

*Xenylla bidentata* Denis, 1931 sensu Cassagnau, 1965.

**Diagnose :** Se distingue de *X.grisea* (Gama, 1964) par les caractères chétotaxiques principaux suivants:

- Mucrodens avec deux soies, tenaculum avec 2+2 barbes.

- La présence de la soie m3 et de la soies I a1 sur les tergites thoraciques II et III et de soies médiales sur les sternites abdominales III, et l'absence de la soie a5 sur le sternite abdominal II.

- La chaetotaxie ventrale de cette sous-espèce montre les particularités suivantes:

- Tête: toutes les soies sont présentes

- Thorax II-III: il y a une soie de chaque côté.

- Abdomen II: deux paires de soies médiales présentes.

- Abdomen III: il y a une paire de soies médiales

- Abdomen IV: soie m1 absente.

**Répartition:** C'est une sous-espèce méditerranéenne citée aussi en Europe du nord (mer du nord) et du sud, au Portugal elle a été rencontrée à Coimbra, Mira, sous des écorces d'Eucalyptus et d'Acacia. Citée au Maroc et nouvelle pour l'Algérie.

**Biotope:** Nous l'avons extrait du fumier de chevaux à El-Kalla.

- *Xenyllogastrura afurcata*, (Fig.26).

**Synonymie:** Les espèces de ce genre ont été placées dans les *Mesachorutes* par Steiner, 1955, et Selga, 1959, et dans les *Willemia* par Gisin (1960).

**Diagnose:** Longueur du corps: 0.6 mm. Coloration: blanc, les cornéules seules pigmentées en noir, les *Xenyllogastrura* sont mieux définis par la conjonction de caractères régressifs (pigment, cornéules, furca, appendice empodial: éfilé assez court) et l'existence de caractères originaux (organite d'antenne III, macrochète manubrial, chaetotaxie du tube ventral: 6+6 soies, la morphologie des sensilles des tergites: courtes et épaisses) et une chaetotaxie particulière (complète sur la tête sauf la soie aO, très réduite sur les tergites. Présence de 3 à 4 longs ergots capités par tibiotarses constitue un caractère très original de *X. afurcata* avec l'absence de la furca (pas de rétinacle, ni de mucrodens; manubrium entièrement soudé au sternite du segment abdominal IV).

**Répartition:** Décrite pour la première fois au Portugal. Espèce méditerranéenne. Nouvelle pour l'Algérie et pour l'Afrique du Nord

**Biotope:** Dans les mousses et lichens sur granit à 1500 m d'altitude sur granit en forêt de pins. Dans la litière de *Snedo monoica* aux abords du lac salé (Sebkha) Ain Mlila.

- *Xenyllogastrura sp.*

**Remarque:** Espèce de très petite taille, 0,5 mm. Coloration rose. Revêtement typique du genre. Furca présente. Tube ventral avec 6+6 soies, le rétinacle a 2 +2 dents. La dens porte deux soies dorsale. Mucron soudé à la dens, élargi à l'apex comme chez *X. octoculata*.

**Biotope:** Récoltée au sol aux abords du lac salé (Sebkha) de ain Mlila.

- *Willemia intermedia*, (Fig.27)

**Diagnose:** Longueur du corps: 0,6 mm. Coloration blanche. Article antennaire IV avec six sensilles de forme cylindrique, trois externes, une dorsale et deux internes. Pattes avec 17+17 et 16 soies sur les tibiotarses I, II, III. Appendice empodial petit et de forme triangulaire, sans lame basale et avec une soie terminale qui arrive à la moitié du bord interne de la griffe. Tube ventral avec 4+4 soies; pas de rétinacle ni furca.

**Répartition:** Espèce holarctique à large répartition, signalée en Espagne et au Portugal. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Trouvée les racines émergées d'*Agrania maritima* du lac Bleu (El-Kalla).

## 2.- Famille: *Odontellidae*

Cinq espèces réparties sur cinq genres différents.

- *Axenyllodes bayeri*, (Fig.28)

**Syn.:** *Xenyllodes bayeri* Ksenman, 1935. Espèce typique.

**Diagnose:** Longueur: 0.8 à 1,0 mm. Pigment absent sur le corps. Granulation tégumentaire développée, avec granules polygonales à angles arrondis. Soies du corps lisses et aigues.

- Articles antennaires I, II, III avec 7, 10 et 14 soies ordinaires. Organe sensoriel de l'article antennaire III avec les cinq sensilles typiques. Présente deux paires de cornéules pigmentées. Organe post-antennaire (OPA) avec 4 lobes. Tube ventral avec trois paires de soies; latéralement, avec une paire de soies sur le sternite abdominal I. Rétinacle avec deux à 2 +2 dents de chaque côté; dens avec deux soies dorsales. Mucron typique du genre, en forme de crochet. Le manubrium est pourvu de huit soies dorsales. Segment abdominal VI avec une paire d'épines anales courtes.

**Répartition:** Espèce européenne, citée en Asie centrale, en Macronésie et dans la région méditerranéenne. Signalée au Maroc. Nouvelle pour l'Algérie.

**Biotope:** Espèce rare et thermophile, récoltée dans la litière de chêne-liège à l'Edough et à Azzaba.

- *Xenyllodes armatus*, (Fig.29)

**Syn.:** Espèce typique

**Diagnose:**

Longueur : 0.8-1.0mm. Coloration: bleutée. Granulation tégumentaire développée, avec granules arrondies. Articles antennaires I, II, III avec 7, 10 et 14 soies ordinaires. Tibiotarses I, II, III avec 11, 11 et 10 soies pointues. Griffes sans dent interne et avec une paire de petites dents latéro-basales. Appendice empodial réduit, sétiforme. Tube ventral avec trois paires de soies. Rétinacle avec 2+2 dents. Dens avec deux soies dorsales. Mucron typique du genre en forme de cuiller et plus court que la dens. Manubrium avec dix paires de soies dorsales. Le segment abdominal VI porte une paire d'épines anales courtes disposées sur les papilles; ventralement ce segment présente 13 paires de soies et 3 microchètes de chaque côté.

**Répartition:** Cette espèce est à large répartition en Europe, elle est citée aux Etats Unis. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Vit en milieux forestiers humides. Trouvée dans la litière de Chên-zen à l'Edough et dans les débris végétaux brûlés humides d'une forêt de chêne-liège à Azzaba.

- *Superodontella lamellifer*, (Fig.30).

**Syn.:** *Xenyllodes lamellifer*, *Superodontella lamellifera*

**Diagnose:** Longueur. 0,7 0 1,8 mm. Coloration bleutée. Granulation tégumentaire développée, avec granules fortement étoilés sur la tête et le corps jusqu'au tergite abdominal V et arrondies sur le tergite abdominal VI. Soies du corps subégales, lisses et aigues ou légèrement moussées dont quelques unes apparaissent légèrement denticulées sur le tergite abdominal VI.

- Articles antennaires I, II, III avec 7, 10 et 12 soies ordinaires. Organe sensoriel de l'article antennaire III avec les cinq soies typiques, les sensilles sont relativement courtes et courbées. Article antennaire IV avec 12 sensilles de forme presque cylindrique peu différenciées. OPA avec 4 lobes subégales.

- Tibiotarses I, II, III avec 15, 15 et 14 soies pointues. Griffes avec une dent interne et une paire de dents latéro-basales. Appendice empodial absent.

- Tube ventral avec trois paires de soies. Rétinacle avec 3+3 dents. Dens avec 5 soies dorsales dont 3 sont grosses et spiniformes. Mucron typique du genre, bilobé et plus petit que la dens. Manubrium avec 11 paires de soies dorsales. Segment anal avec 13 paires de soies ventrales et 3 microchètes de chaque côté. Segment abdominal VI avec une paire de petites épines anales sur de grandes papilles coniques (absentes chez les individus épitoques). C'est une espèce constituée exclusivement d'individus épitoques.

**Répartition:** Espèce à très large répartition, connue en Europe; décrite en Scandinavie et rencontrée dans les îles Carpates; connue au Portugal et en Espagne. Citée en Amérique et en Australie. Citée en Algérie et au Maroc sous le nom de *Odontella lamellifera* (Axelson, 1903).

**Biotope:** Selon Jordana et al, (1997), *S.lamellifera* préfère les biotopes frais et humides des montagnes. Nous l'avons extrait de la litière humide de chêne zen en période hivernale (janvier et février) dans le massif forestier de l'Edough (Annaba).

- *Superodontella vallviderensis vallviderensis*, (Fig.31)

- *Superodontella vallviderensis subalpina*, (Fig.31)

**Syn.:** *Odontella vallviderensis* Selga, 1966.

**Diagnose:**

Longueur : 0,5 à 1,0mm. Coloration bleuté. Granulation tégumentaire développée, avec granules arrondis. Soies du corps subégales, lisses et capitées.

- Articles antennaires I, II, III avec 7, 10, 8 soies ordinaires. Organe sensoriel de l'article antennaire III avec 5 sensilles typiques. Article antennaire IV avec 9 grosse sensilles chez les adultes. Le labre présente 4 paires de soies basales. Possède 5 paires de cornéules subégales. OPA avec 4 lobes subégaux.

- Tibiotarses avec 14 soies capitées. Griffe avec une dent interne basale et une paire de dents latéro-basales. Appendice empodial réduit à un mmelon pointu.

- Tube ventral avec 14 paires de soies. Le sternite abdominal I porte une paire de soies. Rétinacle avec 3 +3 dents. Dens avec 3 à 4 soies dorsales subégales. Mucron typique du genre ; plus court que la dens.. Plaque génitale de la femelle avec 7 à9 soies, celle du mâle avec 15 soies.

**Clé des sous-espèces:**

1.- Dens avec 4 soies. Les sensilles ventro-latérales sont subégales ou plus larges que les sensilles de l'article antennaire III... ..*S. v. vallviderensis*

2.-Dens avec 3 soies. Les sensilles ventro- latérales de l'article antennaire IVsont courtes, aussi longues que la moitié des sensilles de l'article antennaire III.....

.....*S. v. subalpina*

**Répartition:** Sous-espèces décrites en Espagne dans la localité de Vallvidriera (Barcelone); *S vallviderensis subalpina* est endémique de la motié nord de Navarre en région

pyréenne. Les deux sous-espèces sont signalées au Portugal. Sont nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Les deux sous-espèces sont trouvées à l'Edough dans la forêt de Chêne zen dans les mousses sur sol près d'une source d'eau douce pour *S. v. subalpina*. *S. v. vallvidrerensis* est trouvée dans les mousses sur roche près de la même source.

**3. famille: *Brachystomellidae*:** trois espèces du même genre.

- *Brachystomella curvula*, (Fig.32)

**Syn.:** Espèce typique.

**Diagnose:**

Longueur: 0.5 à 0.6 mm. Coloration bleu. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies du corps courtes, lisses et aigues.

- Article antennaire IV avec 6 sensilles fines, 3 internes et 3 externes qui sont difficiles à distinguer des soies mousses du même article, cette espèce présente 2 soies mousses dorsales moins que *B.parvula*. Mandibules absentes, maxilles globuleuses avec 7 dents. Possède 8 paires de cornéules. OPA de forme ciculaire, avec 4 à 6 vésicules (lobes).

- La chétotaxie dorsale identique à celle de *B.parvula*.

- Tibiotarses I, II, III avec respectivement 19, 19 et 18 soies. Appendice empodial absent. Griffes avec une dent interne et une paire de dents latérales.

- Tube ventral avec 3 paires de soies, 2 distales et une basale. Rétinacle avec 3 + 3 dents.

- Furca bien développée; dens avec 6 soies, mucron court, avec l'extrémité ventrale courbée, avec une lamelle externe large et arrondie. Les mâles présentent comme caractère sexuel secondaire, les 4 soies circumgénitales internes en forme de bâtonnets. Espèce interstitielle résistant à la sécheresse.

**Répartition:** Espèce européenne, connue aux îles Canaries. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Espèce à préférences litéricoles sur *Cistus*, *Rosmarinus officinalis* et *Halimium halimifolium*. Trouvée dans l'humus et litière de Chêne zen à l'Edough et dans la litière de *Pinus pinaster* à El-Kala. Selon Gama et al, (1989), *B.curvula* est une espèce interstitielle résistant à la sécheresse.

- *Brachystomella parvula*, (Fig.33)

**Syn:** *Schoettella parvula* Schäffer, 1896.

**Diagnose:** Longueur: 0,7 à 1,0 mm. Coloration : bleu noir, plus pâle du côté ventral. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies du corps courtes, lisses et aigues.

- Article antennaire IV avec 6 sensilles fines, 3 internes et 3 externes, difficiles à distinguer des soies sensilles du même article. Vésicule apicale légèrement trilobée. L'organe sensoriel de l'article antennaire III est formé par les 5 sensilles typiques. Mandibules absentes, maxilles globuleuses avec 7 dents. Huit paires de cornéules. OPA ciculaire avec 6 à 8 vésicules.

- Tibiotarses I, II, III avec 19, 19 et 18 soies. Appendice empodial absent. Griffes avec 3 paires de soies, 2 distales et une basale. Rétinacle avec 3+3 dents. Furca bien développée; dens avec 5 soies; mucron court et plus ou moins éfilé, avec une extrémité ventrale droite ou légèrement courte et une lamelle large et arrondie. La plaque génitale de la femelle avec 8 soies et deux microchètes sur la valve antérieure; celle du mâle avec 6 à 14 soies circumgénétales externes et 8 internes. Les mâles présentent comme caractère sexuel, 4 soies circumgénétales internes en forme de bâtonnets.

**Remarque:** Pour survivre à la sécheresse en saison estivale, les adultes de cette espèce entre en anhydrobiose (Poinsot, 1976).

**Répartition:** Espèce cosmopolite. Signalée en Algérie par Handschin, (1928).

**Biotope:** Rencontrées dans le sol agricole d'El-Baaraouia (Khroub), parmi les plantes aquatiques à Djebel-Ouahch (Constantine), dans les mousses au sol, la litière de chêne liège à l'Edough (Annaba), dans le sol et débris végétaux aux abords du lac salé (sebkha) à Ain Mlila.

#### 4.- Famille: *Neanuridae*

a.- **Sous-famille:** *Frieseinae* Massoud, 1967 : Dix espèces du même genre dont trois sont nouvelles pour la sciences.

- *Friesea sp.*

Avec 3 épines anales, 8+8 yeux, (2 mâles de l'Edough, 1 femelle de l'Edough, avec 1 soie a2 sur le segment abdominal V, Furca sans mucron et avec 3 soies, Tenaculum avec 1 ou 2 griffes, 4 à 5 ergots capités sur les tibiotarses. Tibiotarses I, II et III avec 17, 17, 16 soies.

**Biotope:** Extraite des mousses sur sol près d'une source d'eau douce dans la forêt de chêne zen à l'Edough.

- *Friesea albida*



**Diagnose:** Longueur: 0,7- 0,8 mm. Coloration du corps bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies du corps lisses et pointues. Parfois les soies des derniers tergites abdominaux sont plus larges.

Article antennaire IV avec 6 sensilles subcylindriques. Vésicule apicale simple. L'organe sensoriel de l'article antennaire III est formé par les 5 sensilles typiques. Le cône buccal tronqué. Labre typique du genre, avec la soie-papille **L**.

Pièces buccales caractéristiques du genre: mandibules avec 8 dents.

**Biotope:** Extraite des mousses sur sol près d'une source d'eau douce dans la forêt de chêne zen à l'Edough.

- *Friesea ladeiroi*, (Fig.34)

**Syn.:** Espèce typique.

**Diagnose:**

Longueur: 0,8 à 1,1 mm. Coloration bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies du corps lisses et aigues, légèrement denticulées sur les derniers tergites abdominaux. Pas de soie a2 sur abdomen V.

- Article antennaire IV avec 6 sensilles subcylindrique, parmi lesquelles 2 soies internes fines difficiles à distinguer des soies mousses du même article. Vésicule apicale simple. L'organe sensoriel de l'article antennaire III est formé par les 5 sensilles typiques. Cône buccal tronqué. Labre typique du genre, avec la soie papilles **L**. Pièces buccales caractéristiques du genre. Mandibules avec 8 dents; 8 paires de cornéules et absence de l'OPA.

- Revêtement chétotaxique dorsal représenté dans la figure 34. Segment abdominal VI porte de 4 à 6 épines anales, droites et lisses, et sans papilles basales; les soies a1 et p1 toujours modifiées en épines et les soies a2 peuvent être des macrochètes ordinaires et fines.

- Tibiotarses I, II, III avec 17, 17 et 16 soies pointues. Griffes avec une petite dent interne. Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle et furca absents; l'emplacement de la furca présente 4 à 6 microchètes.

**Répartition:** Espèce méditerranéenne, signalée en Macronésie. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Trouvée à l'Edough sur mousses sur roche, au sol près d'une source d'eau douce et dans la litière de chêne zen.

- *Friesea laouina*, (Fig.35)

**Matériel type:** Holotype femelle et un paratype mâle.

**Diagnose:** Longueur 0,8-1 mm. Couleur grise, cornéules pigmentées en noir. Habitus classique du genre.

- Revêtement chétotaxique dorsal constitué de soies ordinaires lisses, fines et aigues, y compris sur l'arrière corps. Macrochètes faiblement différenciées, atteignant au plus 1,3 fois la longueur des mésochètes sur abdomen V, non capités sur abdomen III- VI.
- Soies des sternites courtes, lisses et aigues. Soies S des tergites 1,1 à 1,5 fois plus longues que les soies ordinaires voisines.
- Antennes: Article antennaire IV avec 6 soies S épaisses, subégales, D et E nettement moins épaisses .
- Organite d'article antennaire III: S2 et S5, assez longues et épaisses. Douze soies sur article antennaire II; article antennaire avec 7 soies.
- Cornéules au nombre de 4 par côté, avec assymétrie chez 1 des exemplaires (3+4).
- Tibiotarses I,II,III avec 17, 17, 16 soies dont une n'est pas capitée  
Griffe avec une dent interne à 50% de la longueur de la crête interne de la griffe
- Fémurs I, II, III avec 13, 11, 10 soies. Trochanters I, II, III avec 5, 5, 5 soies, coxae I, II, III avec 3, 8, 7 soies.
- Tube ventral à 4+4 soies.
- Furca totalement absente, son emplacement marqué par une petite aire dépourvue de grain secondaire et portant 2 à 4 microchètes postérieures .
- Rétinacle absent.
- Quatre épines anales sur abdomen VI, égales, droites, longues, dépourvues de papilles correspondant aux soies a1 et m1.

**Derivatio nominis:** à la réduction de l'oeil de l'espèce et à sa présence aux abords d'une petite source du massif de l'Edough. "Laouina" signifie petit œil ou encore petite source en arabe.

**Répartition:** Espèce endémique de la forêt de chêne zéen (*Q.mirbecki*) de l'Edough au nord-ouest de Annaba.

**Biotope:** Trouvée dans le sol humide aux abords directs d'une source d'eau douce dans forêt de chêne zen de l'Edough.

- *Friesea oligorhopala*, (Fig.36)

**Syn.:** Espèce male définie.

**Diagnose:** Longueur 1,0-1,4 mm. Couleur bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Toutes les soies du corps sont nettement denticulées à l'exception des soies sensorielles qui sont lisses et fines.

- Article antennaire IV avec 6 sensilles subcylindriques; sans OPA.
- Revêtement chétotaxique dorsal similaire à celui de *F.mirabilis*, mais avec présence de la soie **a5** sur les tergites thoraciques II et III. L'abdomen VI possède 3 épines anales situées sur les papilles; toutes les soies dorsales de ce segment sont aigues.
- Tibiotarses I, II, III avec 17, 17 et 16 soies. Griffes avec une dent interne et sans dents latérales.
- Tube ventral avec 4 paires de soies, rétinacle présentant 2 dents de chaque côté.
- Furca réduite; mucron absent; dens avec 3 soies.

**Répartition:** Citée aux Andes et aux Pampas en Amérique du sud en Europe et en région méditerranéenne. En Algérie a été signalée dans la région de Annaba par Cassagnau, (1963).

**Biotope:** Rencontrée dans le sol agricole de la ferme El-Baaraouia (Khroub), dans le vieux foin pourri, mousses sur roche et dans le sol à Azzaba.

- *Friesea cf. mirabilis* Tullberg, 1871. (Fig.37)

**Syn.:** *Triaena mirabilis* Tullberg, 1871.

**Remarque :** Couleur bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Cette espèce est proche de *F.mirabilis* mais diffère d'elle par les caractères suivants :

- Trois épines anales
- 8+8 yeux
- Furca sans mucron et trois soies.
- Tibiotarses I, II et III avec 17, 17 et 16 soies (18, 18 et 17 chez *F.mirabilis*). Griffes sans dents.

**Répartition:** Espèce nouvelle pour la science, endémique d'Algérie (Edough).

**Biotope:** Trouvée dans le sol humide sous mousses dans la forêt de Chên zen à l'Edough.

- *Friesea cf. steineri*, (Fig.38).

**Syn.:** *Friesea (Polycanthella) steineri* Simon, 1975.

**Diagnose:** Longueur 0,7 mm. Couleur bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Cette espèce est proche de *F.steineri*, mais diffère d'elle par les caractères suivants :

- Tibiotarses I, II, et III avec respectivement 17, 17 et 16 soies au lieu de 18, 18 et 17 chez *F. steineri*.

- Pas d'ergots capités sur aucun des tibiotarses.

- Labium sans la soie **D**.

- Est différente de *F. steineri* par la chétotaxie dorsale :

\* *F. steineri* avec a1, a4, et p4, p3

\* la nouvelle espèce avec a1, a4, a5, m2, m4, m5, p2, p3 (soie s) p4 et p5. Le reste de la formule chaetotaxique est identique.

- Soies du corps lisses et aigues, légèrement denticulées, mousses sur les derniers tergites abdominaux.

- Article antennaire IV avec 6 sensilles subcylindriques dont 2 internes sont plus fines.

- Organe sensoriel de l'article antennaire III est formé par les 5 sensilles typique du genre.

- Cône buccal tronqué, labre typique du genre avec la soie **L**.

- Pièces buccales caractéristiques du genre; mandibules avec 8 dents.

- Huit paires de cornéules et absence de l'OPA.

- Revêtement chaetotaxique dorsal avec le segment abdominal VI sans de vraies épines anales; toutes les soies de ce tergite sont légèrement denticulées et capitées.

- Tibiotarses I, II, III avec 17, 17 et 16 soies aigues. Griffes sans dent interne ni dents latérales. Tube ventral avec 4 paires de soies ordinaires.

- Rétinacle et furca absents, l'emplacement de la furca présente 4 à 6 microchètes.

**Répartition:** Espèce ibérique, à distribution de type méditerranéen. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Extraite de l'humus de bois mort de chêne zen à l'Edough.

- *Friesea cf. truncata*, (Fig.39)

**Syn.:** Espèce typique.

**Remarque :**

Longueur :1.6 mm. Coloration noirâtre. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies du corps lisses et aigues, légèrement denticulées sur les derniers tergites abdominaux.

Cette nouvelle espèce se distingue de *F. truncata* par les caractères suivants :

- Sans la soie a2 sur le segment abdominal V

- 8+8 yeux

- Furca sans mucron et avec 3 soies

- Tenaculum avec deux dents, cinq ergots capités.

- Tibiotarses I,II,III avec 17, 17, 16 soies (18, 18 et 17 soies aiguës chez *F.truncata*), Le reste des caractères chaetotaxiques sont identiques à ceux de *F.truncata* :

- Griffes sans dent interne ni dents latérales. Tube ventral avec 4 paires de soies.

- Le rétinacle présente 2 dents de chaque côté. Furca réduite; mucron absent; la dens présente 3 soies.

**Répartition :** Très commune en Europe et en région méditerranéenne. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Trouvée sur mousses sur roche dans la forêt de chêne zen de l'Edough.

- *Friesea n.sp. algerica*, (Fig.40), Planche I.

**Remarque:** Nos exemplaires ne correspondent à aucune des espèces du genre déjà décrites dans la littérature par sa taille : 1,6 mm et sa couleur noirâtre probablement une nouvelle espèce proche de *F. claviseta-spunaensis*, elle se distingue de *F.spunaensis* par son mucron qui est séparés en dents, l'extrémité des soies des segments abdominaux I à IV. Elle se distingue de *F.claviseta* par son mucron, la griffe avec dents, et 17, 17, 16 soies sur les tibiotarses I, II et III.

- *Friesea major n.sp.*, (Fig.41)

**Diagnose:**

Holotype: femelle et paratype mâle. Algérie, Massif de l'Edough, chêne Zéen (*Quercus faginea ssp mirbecki*) PARATYPE: 1 mâle, *idem* holotype.

L'holotype et 30 paratypes sont déposés au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (France); 12 paratypes sont dans la collection du Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, Université Mentouri Constantine (Algérie); 22 paratypes sont dans la collection du Laboratoire de Zoologie et Ecologie, Faculté des Sciences, Université de Navarre, Pamplona (Espagne).

**Description**

*Habitus:* classique du genre. Longueur du corps: 1.6 mm. Coloration du corps

*Chaetotaxie:*

- Revêtement dorsal est plutôt dense, soies ordinaires longues et dentelées surtout sur les tergites postérieurs. Macrochètae non nettement différenciées des mésochètes. Toutes les soies acuminées.

- Soies sternales lisses et acuminées. Soie **S** sur tergites aussi longue que proche des soies ordinaires.

- Labre et labium classiques du genre.
- Antennes: Ant.IV avec 6 sensilles, courtes et 1 soie S subégale. L'organite de l'article antennaire III avec les soies S2 et S5 assez courtes et peu épaisses. Articles antennaire I avec 7 soies, et 13 sur l'article antennaire II.
- Plaque oculaire avec 8+8 soies.
- Segments thoraciques I, II, III avec respectivement, 4, 11+S+ ms, 10+S soies.
- Soie a1 présente sur segment abdominal V, parfois asymétriques.
- Pattes avec griffe sans dents internes, Tibiotarses I, II, III avec respectivement 18, 18, 17 soies, contenues dans 4 à 5 rangées. Femur I, II, III avec 12, 11, 10 soies, trochanter I, II, III avec 5, 5, 5 soies, coxae I, II, III avec 3, 8, 7 soies, subcoxae 2 avec 0, 2, 2 soies.
- Tube ventral avec 4+4 soies..
- Furca réduite. Dens avec 2 petits tubercules chacune avec 3 microchètes.
- Tenaculum avec une dent.
- Trois grosses épines anales sur une grosse papille.

**Derivatio nominis:** En référence à sa grande taille, comparée à d'autres espèces du groupe *mirabilis*.

**Répartition:** Nouvelle pour la science, endémique d'Algérie (Edough).

**Biotope :** Litière de *Quercus mirbecki spp.faginea* 'Chêne zen), Edough (Annaba).

**b. Sous-famille: Neanurinae** Börner, 1901: sept espèces réparties sur quatre genres dont un nouveau pour la science ( *cf. endonura n.g.*).

- *Bilobella aurantiaca*, (Fig.42). (Photo 1)

**Syn.:** *Neanura aurantiaca* Caroli, 1910.

**Diagnose:** Longueur: 1,5-2,5mm. Coloration jaune–orange. Segment abdominal VI caché par le tergite abdominal V. Tubercules avec granules tertiaires plus marqués et moins nets. Soies dorsales différenciées en macrochètes larges et courtes, avec double contour, faiblement denticulées avec un apex aigu, microchètes et soies ordinaires courtes, fines, lisses et pointues. Sensilles dorsales fines, lisses et relativement larges. Toutes les soies dorsales sont intégrées aux tubercules.

- Article antennaire IV avec 8 sensilles hypertrophiées. La vésicule apicale trilobée. Article antennaires I, II avec 7 et 11 soies ordinaires. Article Antennaire III avec 17 soies ordinaires et les 5 sensilles typiques. Deux paires de cornéules dépigmentées.

- Tubercule céphalique antenofrontal avec 3 paires de soies. Tubercules céphaliques de la face dorsale avec 3 soies . La région ventrale de la tête avec 6 paires de soies.

- Tibiotarses I, II, III avec 19, 19 et 18 soies aiguës. Griffes sans dents. Appendice empodial absent. Tube ventral avec 4 paires de soies. Vestige furcal avec 4 microchètes.

**Répartition:** Connue en Afrique du Nord et dans la partie ouest de la méditerranée nord. Déjà signalée en Algérie sous le nom de *Neanura aurantiaca* par Cassagnau, 1963.

**Biotopes:** Rencontrée dans toutes les stations visitées sauf au Khroub et au lac salé (Sebkha). Espèce eurytope vivant dans tous les types de biotopes sub-humides à humides de préférence dans le bois mort en décomposition avancée, litières de chêne-liège, de chêne zen, du Peuplier blanc et dans les raquettes du figuier de barbarie pourries. En saison estivale dans la forêt elle s'abrite sous le feuillage mort en profondeur ou près des endroits humides (sources).

- *Bilobella braunerae* Deharveng, 1983

**Diagnose:** Longueur: 1,1 à 1,3 mm, coloration rouge, les cornéules sans pigments bleu. Les soies ordinaires dorsales sont de 2 types: macrochètes longs, à contour simple, faiblement écailléux, légèrement épaissies et obtus à l'apex; macrochètes courts de morphologie comparable, simplement obtus à l'apex. Le segment abdominal VI est caché sous le segment abdominal V en vue dorsale.

Les tubercules sont petits et les réticulations peu développées. 2+2 grosses cornéules subégales.

Pièces buccales réduites, la maxille styliforme.

L'article antennaire I porte 7 soies. Article antennaire IV avec 8 sensilles, s7 et s8 subégales et nettement plus longues que s5 et s6.

Huit tubercules céphaliques. L'aire antennofrontale comporte 7 soies: B,C,E et O. Deux soies sur le tubercule oculaire . Tubercule Di+De avec 3 soies, (L+DI+So) avec 10 soies

Griffe interne, lisse.

Tube ventral à 4+4 soies. Vestige furcal à 4 soies, sans microchètes distincts. Chétotaxie des tergites:

	Di	De	DI	L
Th I	0	2	1	-
Th II	2	3	3	3
Th III	2	3	3	3

Abd I	2	3	2	3
II	2	3	2	3
III	2	3	2	3
IV	2	-----	4	----- 6
V	-----	7	-----	
VI	-----	7	-----	

**Remarque:** Cette espèce diffère essentiellement de *B.aurantiaca* par la présence d'une soie O céphalique.

**Répartition:** Espèce européenne typique, décrite par (Deharveng, 1981) endémique de l'Autriche. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Récoltée à vue en un seul exemplaire sous les pierres à l'Edough.

- *Deutonura n.sp zana*, Planche II.

La nouvelle espèce diffère de *D.luberonensis* du sud-est de la France, et de *D.deficiens meridionalis*, de France et d'Espagne par:

\* Séparation des tubercules Di et De sur la tête (Fig. E)

\* Présence d'une soie céphalique O.

**Diagnose:** Longueur 1 à 1,4 mm, couleur bleu. Il y a 3 types de soies ordinaires dorsales: macrochètes longs finement rugueux, à apex ogival; macrochètes courts de morphologie comparable et sétolles courtes et grêles. Segemnt abdominal VI est caché en partie sous Abd. V. Réticulations et tubercules sont bien développées. Pièces buccales réduites. 2+2 cornéules subégales. Tête avec 10 tubercules: Cl, Af, 2Oc, 2(Di+De), 2 (L+So), 2 Dl. Le tubercule Af porte 9 soies ( A, B, C, E et O); le tubercule Cl a 4 soies (F, G); les soies D sont soit libres, soit rattachées au tubercule Cl par la présence d'un tuibercule élémentaire DF; les tubercules élémentaires DE et EE sont absents (Fig. A). (Di+De) avec 4 soies; (L+So) avec 9 soies; Dl avec 6 soies.

Chétotaxie des tergites:

	Di	De	Dl	L	
Th I	----	3	-----	1	-
Th II	3	3	4	3	
Th III	3	4	4	3	
Abd I	2	4	2	3	
II	2	4	2	3	



III	2	4	2	4
IV	2	3	3	(7)- 8
V	(3+3)	-----	8	-----
VI	-----	7	-----	

Griffe avec dent interne. Tube ventral avec 4+4 soies. Vestige furcal à 5+5 soies, sans microchètes distincts.

**Répartition:** Espèce européenne, montagne du Luberon (Vitrolles, France) en altitude 600 m dans la litière de chênes. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotores:** A l'Edough l'espèce à été récoltée dans la litière de chêne-liège et chêne zen, dans les mousses au sol. A Azzaba dans le fumier de foin très pourri et parmi les débris végétaux humides incendiés.

- *Deutonura deficiens meridionalis*

**Syn.:** *Neanura (Deutonura) plena deficiens* Deharveng, 1979.

**Diagnose:** Longueur: 1,2-1,9 mm. Couleur bleu. Segment abdominal VI plus ou moins visible dorsalement. Tubercules bien développés, avec granules tertiaires plus marqués et réticulation moins nette. Soies dorsales différenciées en macrochètes larges, courtes - avec double contour, faiblement denticulées et avec un apex aigu- et en microchètes et soies ordinaires courtes, fines, lisses et aigues. Soies sensorielles dorsales fines et lisses. Toutes les soies dorsales sont intégrées dans les tubercules.

- Article antennaire IV avec 8 sensilles. Vésicule apicale trilobée. Article antennaire I et II avec 7 et 12 soies ordinaires.

- Article antennaire III avec les 5 sensilles. Labium avec 11 paires de soies. Mandibules fine, pourvue de 3 dents. Maxille stiliforme. Huit paires de cornéules pigmentées. OPA absent.

- Tubercules céphaliques antenno-frontales complètement réticulées sans aire granulée; tubercules élémentaires BE présentes et DF absentes. Les tubercules DE et EE peuvent être présentes ou absentes selon les sous-espèces. La région ventrale de la tête porte 6 paires de soies Ve et 10 paires de soies VI. Sur le tergite abdominal V la soie Di est une macrochète large, Di2 et Di3 sont des macrochètes courtes.

- Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aigues. Griffe sans dents. Absence de l'appendice empodial. Tube ventral pourvu de 4 paires de soies. Vestige furcal avec 4 à 8 mésochètes.

**Clé des sous-espèces:**

1.- Tubercules Af avec les tubercules élémentaires DE et EE.

- Le tubercule céphalique Af sans le tubercule EE.....2  
 2.-Tubercule céphalique Af avec le tubercule DE .....*D. d. deficiens*  
 Tubercule céphalique Af sans les tubercules élémentaires DE et EE...  
 ..... *D. d.meridionalis*.

**Répartition:** *Deutonura deficiens meridionalis* est une espèce typiquement méditerranéenne. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** *D. d.meridionalis* est une espèce forestière. Vit dans l'humus, litière et les mousses sous écorces d'arbres. Trouvée sous écorce de peuplier pourri aux bords d'une petite rivière dans la localité de Beni Belaid (Jijel).

- *Neanurinae n. g. cf Ghirkanura*, (Fig.43)

**Remarque:** L'unique exemplaire diffère de la description originale des genres connus des *Neanurinae*.

- *Endonura sp.*

**Remarque:** Nos exemplaires se distinguent des autres espèce du même genre par:

- Sa couleur bleue.
- Les tubercules Di et De soudés sur le segment thoracique I, soie Di3 absente sur le segment abdominal V.
- La tête: soie O présente, tubercule Af comme *D. deficiens meridionalis*, soie D libre, labre?

**Biotope :** Récoltée en un seul exemplaire dans les mousses aux abords d'une source d'eau douce à l'Edough.

- *Protanura cf. pseudomuscorum*, (Fig.44)

**Syn.:** *Neanura pseudomuscorum* Börner, 1903.

**Diagnose:** Longueur 1,5 –3,0 mm. Couleur bleu gris. Segment abdominal VI visible dorsalement. Tubercules peu proéminents, avec granules tertiaires rares et développés mais avec réticulation moins nette. Soies dorsales différenciées:

- en macrochètes larges et courtes, avec double contour, faiblement denticulées et avec l'apex capité.
- en microchètes et soies ordinaires courtes, fines, lisses et aigues

Soies sensorielles dorsales fines, lisses et relativement larges. Toutes les soies dorsales sont intégrées aux tubercules à l'exception de la soie antérieure du groupe de soies dorso-externes des ergites thoraciques III et abdominal III.

- Article antennaire IV avec 8 sensilles épaisses, subégales; la vésicule apicale lobulée. Articles antennaires I et II avec 7 et 12 soies ordinaires; article antennaire III avec les 5 sensilles typiques de l'organe sensoriel. Labre tronqué à la partie antérieure; labium avec 11 paires de soies. La mandibule présente 9 dents à base plus forte, et 4 autres dents subapicales situées sur différents plans. Maxille avec un capitulum fortement denté et avec 2 lamelles dentées très développées; deux paires de cornéules pigmentées.

- La région ventrale de la tête avec 6 paires de soies **Ve** et 11 paires de soies **V1**. Sur le tergite abdominal V la soie **Di** est une macrochète large tandis que **Di2** et **Di3** sont des macrochètes courtes.

- Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aiguës. Griffes avec une dent interne. Appendice empodial absent. Tube ventral avec 4 paires de soies. Vestige furcal pourvu de 8 à 10 mésochètes.

**Répartition:** Espèce de méditerranée occidentale. Connue en Italie, France, Espagne et Algérie.

**Biotope:** Extraite du fumier pour chevaux et dans la litière + humus de chêne kermes (*Quercus coccifera*) sur sable dunaire à El-Kala.

- *Protanura cf. monticelli*

**c.- Sous-famille: Pseudachorutinae:** Six espèces réparties sur quatre genres différents.

- *Pseudachorutes parvulus*, (Fig.45)

**Syn.:** Espèce typique.

**Diagnose:** Longueur. 0,8 – 1,1 mm. Couleur Bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies du corps courtes, lisses et aiguës.

- Article antennaire IV avec 6 sensilles sub-cylindriques. Vésicule apicale simple, quelquefois plus ou moins lobée. Organe sensoriel typique. Labium avec chétotaxie complète sans la soie **L**. Mandibules réduites, difficiles à observer, avec 2 dents. Maxilles stiliformes. Huit paires de cornéules. OPA circulaire, avec un nombre de vésicules qui varie entre 6 et 8.

- Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aiguës. Appendice empodial absent. Griffes avec une faible dent interne. Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle avec 3 dents de chaque côté. Furca bien développée; dens avec 6 soies; mucron plus court que la moitié du dens, avec le bord ventral courbé et l'apex légèrement crochu..

**Biotope:** Espèce holarctique à large répartition. Signalée en Algérie dans la région de Annaba et au Maroc. Rencontrée à l'Edough dans le bois mort de chêne-liège.

- *Pseudachorutes cf. subcrassus*

**Remarque:** grisâtre de taille moyenne à furca très courte

- *Pseudachorudina meridionalis*, (Fig.46)

**Remarque:** gris-violacé avec furca, de taille moyenne et grosses de couleur noirâtre.

- *Pseudachorutella asigillata*, (Fig.47)

**Syn.:** *Pseudachorutes asigillatus* Börner, 1901

**Diagnose:** Longueur: 0,6 – 1,5 mm. Couleur bleue. Granulation tégumentaire relativement grosse. Soies du corps courtes, lisses et aigues.

- Article antennaire IV avec 8 sensilles sub-cylindriques. Vésicule apicale trilobée. L'organe sensoriel de l'article antennaire III est formé par les 5 sensilles typiques. Cône buccal aigu, chaetotaxie labiale complète, avec la soie **L** et avec une papille sensorielle en forme de bâton entre la soie **A** et **C**. Mandibules avec 2 ou 3 dents. Maxilles styliformes, avec 2 lamelles libres sur le tiers distal. Huit paires de cornéules. Absence de l'OPA.

- Tibiotarses I,II et III avec 19, 19 et 18 soies aigues. Appendice empodial absent. Griffes avec une dent interne.

- Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle avec 3 dents de chaque côté. Furca bien développée, dens avec 6 soies: mucron est moins long que la moitié de la largeur du dens et bord ventral légèrement courbé, la lamelle mucronale interne, rétrécie et droite. La lamelle externe est large se rétrécit et atteint l'apex du mucron. Plaque génitale du mâle avec 8 soies circum-génitales internes et 10 à 15 externes.

**Répartition:** Espèce européenne, connue au Maroc et en Lybie, nouvelle pour l'Algérie.

**Biotope:** Rencontrée à Azzaba dans le vieux fourrages sauvage et à l'Edough dans les mousses sur le tronc de chêne zen.

- *Pratanurida boernerii*, (Fig.48).

**Diagnose:** Longueur: 0,6-1,1 mm. Couleur bleu-noirâtre. Granulation tégumentaire fine. Les soies de la tête et les premiers tergites du corps sont courtes, lisses et aigues; celles des derniers tergites abdominaux sont plus larges et faiblement denticulées, mousses ou capitées.

- Article antennaire IV avec 6 sensilles sub-cylindriques. Vésicule apicale simple. L'organe sensoriel de l'article antennaire III est de forme typique. Chaetotaxie labiale complète; soie **L** absente. Mandibules réduites, avec 2 dents. Maxilles styliformes avec 2 petites dents

apicales et 2 lamelles simples et réduites. Huit cornéules . Opa ciculaire pourvu de 5 à 6 vésicules. Le rapport entre le diamètre de l'Opa et de la cornéule est de 1,3 à 1,5 fois.

- Tibiotarses I,II et III avec 19, 19 et 18 soies, dont 5, 5, 5 distales sont des soies mousses et légèrement capitées, et 1, 1, 1 dorsales dont les ergots sont fortement capités. Appendice empodial absent. Griffes avec une petite dent interne sur la partie distale, parfois difficile à observer.

- Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle avec 3 dents de chaque côté. Furca réduite; dens avec 5 soies; mucron, fusionné à la dens. Plaque génitale du mâle avec 8 soies circum-génitales internes et avec 10 à 14 externes.

- Cette espèce est incluse dans le genre *Pratnurida* à cause de sa furca réduite et le mucron incomplètement séparé de la dens.

**Répartition:** Espèce euro-méditerranéenne, connue des Caraïbes. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotop:** Extraite du bois de chêne-liège dans le massif de l'Edough.

- *Micranurida pygmaea*, (Fig.49)

**Diagnose:** Longueur 0,4-0,6 mm. Couleur: bleu d'intensité variable, parfois sans pigment. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies du corps courtes, lisses et aigues.

- Article antennaire Iv avec 5 sensilles en forme de flamme de bougie. Vésicule apicale trilobée à lobulation faible. Organe sensoriel de l'article antennaire III formé par les 5 sensilles typiques; la sensille ventrale est grosse et sinueuse et plus large que la dorsale. Chaetotaxie labiale complète, sans la soie **L** . Mandibules avec 3 dents, une apicale et une basale développée et une médiale plus réduite. Maxilles styliformes, avec 2 lamelles faiblement dentées sur l'apex. Huit paires de cornéules. L'Opa est circulaire et pourvu de 5 à 8 vésicules; le rapport entre le diamètre de l'Opa et une cornéules est de 2,0 à 2,5 fois.

-Tibiotarses I, II, et III avec 19, 19 et 18 soies aigues. Appendice empodial absent. Griffes sans dent interne.

-Tube ventral avec 4 paires de soies, 2 distales et 2 basales. Les sternites abdominaux II et III présentent une soie axiale impaire. Sans furca et rétinacle. Vestige furcal constitué par 6 microchètes.

**Répartition:** Espèce holarctique. Signalée au Maroc, nouvelle pour l'Algérie.

**Biotop:** Espèce typiquement forestière, acido-tolérante, caractéristique de l'humus brut. Nous l'avons trouvé dans le sol humide près d'une source d'eau douce à l'Edough en milieu d'une forêt de Chêne zen.

5.- Famille: *Onychiuridae* Börner, 1913. Neuf espèces réparties sur quatre genres.

- *Protaphorura armata*, (Fig.50)

**Syn.:** *Lipura armata* Tullberg, 1869.

**Diagnose:** Longueur: 1,1-1,6mm. Couleur blanche. Antennes plus courtes que la diagonale de la tête ( 0,75 à 0,85 fois).

- Article antennaire IV sans masse apicale, avec une sensille subapicale dorso-externe et une autre sur le tiers latéro-basal, les soies olfactives si elles sont présentes sont difficiles à différencier des soies du même article. L'organe sensoriel de l'article antennaire III est formé par 2 sensilles groupées, entre lesquelles se localisent 2 bâtonnets sensoriels droits et lisses, ces quatre éléments sont protégés à l'extérieur par 5 papilles, alternées par 5 soies. Article antennaire I avec 10 soies. Tête dépourvue de cornéules, OPA élargi et formé par 2 files de vésicules simples au nombre de 30 à 40.

- Chaetotaxie : Tergite thoracique I sans soie **m**; avec soie **i**, le nombre de soies **1** est variable, il est fréquemment égal à 3. Prosternite avec 1+1 soies. Tergite abdominal V: **p2** (= **M**), **p5** (= **M'**). Tergite abdominal VI sans soie impaire **p0**, ce segment est sans la soie **s'**. Les insertions des soies pré-spinales déterminent deux lignes convergentes, et sur le côté ventral de ce segment il y a la soie **1'2**.

- Les tibiotarses des pattes présentent 22, 23 (22) et 24 (23) soies disposées en trois verticelles **a** (distales), **b** (mediales) et **c** (basales).

**Répartition:** Espèce à large répartition peut-être cosmopolite puisqu'elle est signalée dans les régions: arctique et sub-arctique, Europe, Méditerranée, Amériques et en Australie.

**Biotope:** Espèce euédaphique, se localisant dans les près et les milieux forestiers. Rencontrée dans le sol d'une prairie au Khroub, et à l'Edough dans: litière de chêne-zen, mousses sur sol, mousses sur tronc de chêne zéen, humus de bois mort de Chêne zen et sol humide (près de la même source déjà citée)

- *Protaphorura sp. gr. armata*

**Remarque:** Nos exemplaires semblent être différents des espèces citées en Algérie. Récoltée dans le bois mort de Chêne zen à l'Edough (Annaba).

- *Mesaphorura critica*, (Fig.51)

**Diagnose:** Longueur: 0,48 à 0,55mm. Couleur blanche. Les antennes sont plus courtes que la diagonale de la tête selon le rapport de 0,6 à 0,78 fois. Article antennaire III avec 2 masses

sensorielles courbées l'une contre l'autre, dans lesquelles sont insérées 2 bâtons sensoriels qui sont protégés par un repliement tégumentaire. Tête dépourvue d'yeux.

- Article antennaire IV avec une masse ventro-latérale simple, peu apparente. Cinq soies olfactives **a-e** et une paire de microsensilles proches de la soie **a**. OPA élargit et avec 25 à 30 vésicules disposées en deux files.

- Tibiotarses sans éperons capités, les griffes sans dents internes et latérales.

- Tube ventral avec 6+6 soies, 2 basales (dont une plus grande que toutes les autres), 2 médiales et 2 distales.

- Pseudocelles: en forme étoilée ou en forme de rosette. Sur la tête, elles se situent à la base des antennes et sur le bord postérieur, entre les soies **p3** et **p4**, tandis que sur les segments thoraciques II et III elles se situent latéralement entre les soies **p5** et **m5**. Sur les segments abdominaux, elles se localisent au-dessous de la soie **p3**.

Ce qui distingue *M.critica* des autres espèces du même genre est :

- Sur le tergite abdominal V, la microchète **p1** et la macrochète **p2** forment une ligne convergente vers la partie antérieure. Le tergite thoracique III avec **a2** présente. Tergite abdominal IV avec **m4** et **m5**.

**Répartition:** Espèce européenne et méditerranéenne. Signalée aux environs de Moscou et au Maroc. Nouvelle pour l'Algérie.

**Biotope:** A l'Edough nous l'avons trouvé dans la litière de chêne-zéen, à El-Kala extraite du fumier (excréments de chevaux).

**n.b.:** Les lettres a, m et p : indiquent les lignes qu'occupent les soies: antérieure (a), médiane (m) et postérieure (p) sur les différents segments thoraciques, abdominaux et sur la tête. Les chiffres indiquent l'ordre de chaque soie sur les lignes.

- *Mesaphorura italica*, (Fig.52)

**Syn.:** *Tullbergia* (*Mesaphorura*) *italica* Ruzek, 1971.

**Diagnose:** Longueur: 0,40 à 0,55 mm. Couleur blanche. Antennes sont 0,66 à 0,75 fois plus courtes que la diagonale de la tête. Article antennaire III avec 2 masses sensorielles courbées l'une contre l'autre, dans lesquelles sont insérées 2 bâtons sensoriels qui sont protégés par un repliement tégumentaire. Tête dépourvue d'yeux.

- Article antennaire II avec 11 soies, le Ier avec 6 soies. OPA élargi et avec 24 à 23 vésicules simples disposées en deux files. La disposition des soies dorsales et ventrales est représentée dans la figure .

- Tube ventral avec 6+6 soies, 2 basales dont une plus grande que toutes les autres, 2 médianes et 2 distales. L'orifice génital du mâle avec 13 soies.

- Pseudocelles: sont en forme d'étoile ou de rosette., leur disposition est identique à celle de *M.critica*. Cette espèce se distingue de toutes les autres par l'aspect spiniforme de la soie p3 sur les segments abdominaux III et IV.

**Répartition:** Espèce à large répartition en Europe. Signalée en Arctique, en Méditerranée, aux Antilles et au sud de la Floride. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Trouvée dans l'humus de bois mort de chêne zéen à l'Edough.

*Mesaphorura macrochaeta*, (Fig.53)

**Diagnose:** Longueur de 0,50 à 0,77 mm. Couleur blanche. Les antennes sont 0,80 à 0,85 fois plus courtes que la diagonale de la tête. Article antennaire III avec 2 masses sensorielles courbées l'une contre l'autre, dans lesquelles sont insérées 2 bâtons sensoriels qui sont protégés par un repliement tégumentaire. Tête dépourvue d'yeux.

- Pseudocelles de même forme que les 3 espèces précédentes, mais avec 7 à 9 points qui sont disposés comme suit:

- sur la tête: à la base des antennes et sur le bord postérieur entre les soies p3 et p4.

- sur les segments thoraciques II et III au niveau de la soie p4.

- sur les segments abdominaux les pseudocelles se localisent près de la soie p3.

**Répartition:** Espèce Européenne, connue du Canada. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Comme toutes les espèces du genre *Mesaphorura*, c'est une euedaphique, peut se rencontrer dans tous les milieux et les différents habitats. Nous l'avons trouvé au Khroub dans le sol d'une prairie non cultivée, humide à une profondeur de 10 à 20cm. A l'Edough: sous les mousses au sol humide.

- *Mesaphorura pacifica*, (Fig.54)

**Diagnose:** Longueur des mâles entre 0,40 et 0,45, les femelles autour 0,70 mm. Couleur blanche. Les antennes sont 0,9 fois plus courtes que la diagonale de la tête chez la femelle et 0,8 fois chez les mâles.

- Article antennaire IV avec une masse ventro-latérale simple. Présente 5 soies olfactives **a-e** et une paire de microsensilles près de la soie **a**. Organite de l'article antennaire III formé par 2 masses sensorielles courbées l'une contre l'autre entre lesquelles se localise une paire



de bâtons sensoriels hypertrophiés à leur extrémité, et protégés par un repli tégumentaire et 3 soies, sur la région ventrale se localise une autre masse sensorielle semblable aux dorsales.

- Articles antennaires I et II avec 7 et 11 soies. OPA, avec 18 à 25 vésicules simples disposées en deux files.

- Orifice génital femelle avec 2 soies. Segment abdominal VI avec une paire d'épines anales simples insérées sur les papilles. Le rapport entre les épines et la griffe est de 0,8 fois.

- Pseudocelles: Tout à fait identiques à celles de *M.macrocheta*, dont elle se distingue de cette dernière espèce par la présence sur le segment abdominal V de la soie **a2** qui est soit, une mésochète ou une macrochète; chez *M.macrochaeta* la soie **a2** est toujours une microchète.

**Répartition:** Espèce néarctique. Connue d'Espagne, Amérique (Pacifique nord), région Sino-Japonaise et Himalaya et en Nouvelle Calédonie. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Rencontrée à l'Edough dans les mousses sur sol.

- *Mesaphorura sp.*

**Remarque:** Espèce non déterminée, nos exemplaires ne correspondent à aucune autre espèce identifiée. Trouvée à l'Edough dans la litière de Chêne zen.

- *Doutnacia xerophila*, (Fig.55)

**Syn.:** Espèce typique: *Doutnacia xerophila*, Ruzek, 1974.

**Diagnose:** Genre décrit en ancienne Tchécoslovaquie, se caractérise par la présence d'une masse sur l'organe sensoriel de l'article antennaire III et une paire d'épines anales simples. Ce genre se distingue par la petite taille (- 0,5 mm) des deux seules espèces connues.

*Doutnacia xerophila* a une longueur qui oscille entre 0,32 et 0,42 mm. Couleur blanche.

Antennes 0,66 à 0,80 fois plus courtes que la diagonale de la tête.

- Article antennaire IV avec une masse ventro-latérale peu développée. Les sensilles sont réduites à des soies, deux microsensilles situées sur l'apex de l'antenne.

- L'organite sensoriel de l'article antennaire III est formé par une masse sensorielle patente que protège 2 petits bâtons sensoriels recouverts par un repli tégumentaire.

- L'article antennaire II avec 12 soies, et le Ier avec sept soies.

- OPA élargi avec vésicules simples disposées en deux files dont le nombre varie de 35 à 48.

- La disposition des soies dorsales et ventrales des pattes est typique du genre (Fig. 56).

- Griffes sans dents internes et latérales, l'appendice empodial représente 30 à 40 % de la

crête interne des griffes.

- Tube ventral avec 6+6 soies, 2 basales (dont une plus grande que toutes les autres), 2 médiales et 2 apicales; pas de rétinacle. Orifice génital du mâle avec 12-13 soies, celui des femelles avec 2 soies.

- Segment abdominal VI avec une paire d'épines anales simples insérées sur les papilles.

**Répartition:** Connue dans le centre de la péninsule Ibérique. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord. Signalée en Europe, aux Antilles et en Floride.

**Biotope:** Trouvée à l'Edough dans l'humus de bois mort du chêne zéen.

- *Onychiurus sp.*

**Remarque:** Les exemplaires ne correspondent à aucune autre espèce connue. Trouvée à l'Edough dans le sol de forêt de Chêne zen.

## II.- Ordre ENTOMOBRYOMORPHA: Quatre familles

6.- Famille: *Isotomidae*: Vingt deux espèces réparties sur 11 genres.

- *Desoria olivacea*

**Diagnose:** Longueur 2,3 mm. Couleur jaune-gris à bleu-violet. Longues soies lisses.

- 1/5 de la longueur du tergite sur le segment abdominal IV.

- 1/2 de la longueur du tergite sur abdomen V et VI.

- Antennes environ 1/5 fois longues que la diagonale de la tête.

- OPA 2,5 à 3 fois plus long qu'un œil; 8 yeux de chaque côté, dont 2 postérieurs sont un peu plus petits.

- Griffes avec ou sans dent interne, dents latérales faibles. Tenaculum avec 4-9 soies. Dentes 1,7 à 2 fois plus longues que le manubrium. Face antérieurs du tube ventral avec soies, maxilles lobuleuses.

**Répartition:** Toute l'Europe, l'Eurasie et la Méditerranée. Connue du Maroc et signalée en Algérie.

**Biotope:** Trouvée dans le vieux foin et dans le fumier.

- *Cryptopygus bipunctatus*.

**Syn.:** *Isotoma bipunctata* Axelson, 1903; *Proisotoma bipunctata* Gisin, 1943; *Proisotomodes bipunctatus* Bagnall, 1949.- *Isotomina bipunctata* Axelson, 1903.

**Diagnose:** Longueur 0,7 mm. Couleur blanc, yeux noirs. Toutes les soies sont lisses. Antennes un peu plus longues que la diagonale de la tête. Article antennaire IV avec 6-8 soies olfactives.

Œil de chaque côté situé près de l'OPA. Griffes sans dents. Soie sensorielle des tibiotarses pointue. Abd. III un peu plus long que Abd.IV. Abd. De chaque côté avec 1 soie sensorielle de type olfactif. Tenaculum avec 4+4 dents et 1 soie. Furca parvenant jusqu'au bord de Abd. II. Manubrium à l'avant avec 1 paire de soies subapicales. Soie subapicale des dents plus longues que les autres. Dentes 1,7 à deux fois plus longues que le manubrium. Dentes avec 8 soies à l'arrière. Mucron à 2 dents.

**Répartition:** Espèce européenne: de la Finlande et de la Grande-Bretagne à l'Autriche, Italie et au sud de la France. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Espèce vivant dans les sols des prés et des champs. Trouvée dans l'humus de bois mort à l'Edough et dans le sol d'une paririe au Khroub.

- *Cryptopygus thermophilus*.

**Syn.:** *Isotoma thermophila* Axelson, 1900.-*Proisotoma thermophila* Linnemi, 1912. Hemisotoma, groupe d'espèces complexe.

**Diagnose:** Longueur 1 mm. Couleur gris tacheté. Toutes les soies sont lisses. Antennes seulement un peu plus longues que la diagonale de la tête. Huit yeux de chaque côté. Griffes sans dents ou avec une petite dent interne. Soie sensorielle des tibiotarses pointue (parfois finement capitée). Abd. IV plus long que Abd. III. Tenaculum avec 4+4 dents et 1 soie. Furca s'étendant jusqu'au milieu de Abd.II. Manubrium avec 1 paire de soies subapicales. Longue soie subapicale située à l'avant des dents 2 fois plus longues que le mucron. Face postérieure de la dens avec 20-30 annélations et 3 paires de soies. Mucron à 2 dents.

**Répartition:** Espèce cosmopolite. Europe, Afrique, Amériques et Australie.

**Biotopes:** Espèce hémiedaphique xérophile, vivant dans tous les biotopes, adaptée à la sécheresse. Rencontrée dans toutes les localités d'Algérie.

- *Folsomia candida*, (Photo 2)

**Syn.:** *Isotoma candida* Willem, 1902; *Folsomia kingi* Bagnall, 1939; *Folsomia distincta* Bagnall, 1939; *Folsomia cavicola* Cassagnau & Delamarre, 1955.

**Diagnose:** Longueur 1,5 à 1,4 mm. Couleur blanche. Longues soies abdominales, parfois ciliées chez les grands exemplaires. OPA moitié moins long à presque aussi long que l'article antennaire I est large. Griffes avec dent interne, souvent minuscule ou même totalement absente. Empodium avec une large lamelle interne et une pointe aciculaire. Manubrium avec 19-32 soies à l'avant; manubrium: dens: mucron = 70:107:10; manubrium relativement plus long chez les très grands exemplaires et avec 1+1 soies sur la face antérieure.

**Répartition:** A très large répartition. Dans toute l'Europe, la région méditerranéenne, Amériques, Australie..

**Biotopes:** Vivant dans les biotopes riches en matières organiques en décomposition. Trouvée à l'Edough dans le bois mort de chêne-zéen pourri.

- *Folsomia fimetaria*

**Syn.:** *Podura fimetaria* Linné, 1758; *Isotoma alba* Tullberg, 1871; *Isotoma fimetaria*, Tullberg, 1872; *Isotoma nitida* Becker, 1902.

**Diagnose:** Longueur 0,8 à 1,4 mm. Couleur blanche, sans pigment. Longues soies de l'extrémité de Abdominale 2,5 à fois plus longues que les griffes. Griffes avec une petite dent interne, sans dents latérales. Dens avec 18-21 soies à l'avant, avec 5 soies à l'arrière et de nombreux anneaux presque jusqu'au mucron. Manubrium: dens: mucron = 50:88:10. Chétotaxie de la face antérieure du manubrium avec 1+1 soies devant 3+3 soies subapicales.

**Répartition:** Largement répartie en Europe centrale et du nord.

**Biotopes:** Récoltée dans les mousses sur sol à El-Kala

- *Folsomia trisetata* Jordana et Ardanaz, 1981.

**Syn.:** *Folsomia sexoculata* Tullberg, 1871; *Isotoma sexoculata* Tullberg, 1871; *Folsomia sexoculata alpigena* Stach, 1947; *Folsomia sexoculata britannica* Stach, 1947; *Listerodes folsomiella* Bagnall, 1949; *Folsomia sexoculata anglicana* Paclt, 1952; *Folsomia sexoculata var. pyrenaea* Cassagnau, 1954.

**Diagnose:** Longueur 1,6 mm. Couleur blanc-jaunâtre; disparaît dans l'alcool, seule la pigmentation de la zone oculaire persiste. Corps élargi, 6 segments visibles dorsalement, 2 thoraciques et 4 abdominaux, les segments IV et VI son unis. Tous les segments du corps sont recouverts de soies larges, thorax II avec 7-9 soies effilées, thorax III avec 5-6, Abd.I-III avec 3-4 soies à filament .

Antennes aussi longues que la moitié de la tête, avec 4 articles, Art.IV avec une papille trilobulée subterminale et soies spéciales à nombre variable. Ant. III avec 2 petites masses protégées par 2 soies spéciales et plus éloignées d'une autre masse élargie. Art. I avec 2 soies différenciées.

Sur la tête, l'OPA large avec une petite constriction centrale. Deux yeux joints à l'OPA dont un plus éloigné à une distance de 2/3 de l'OPA. Griffes sans dent interne et avec dents latérales. Empodium présent, et atteint la moitié du bord interne de la griffe. Toutes les soies

des tibiotarse sont pointues. Le tube ventral relativement large, avec 3+3 soies antérieures apicales et 3+3 soies postérieures basales.

Tenaculum avec 4+4 dents et 1 soie. Furca bien développée, manubrium et dents d'égale longueur. Manubrium avec 3+3 soies apicales, 1+1 au-dessous et plus éloignées 3-4 soies. Dens avec 11-12 soies sur la face ventrale.

Mucron bidenté; typique du genre. Abd. IV-VI avec 3+3 soies spéciales terminées par une masse, chez certains exemplaires.

L'orifice génital femelle formé par 2 valves avec 1+1 soies épines. 5-7 soies sur la partie supérieure et 2+2 soies extérieures plus grandes que les autres. Chez le mâle, l'orifice génital avec soies disposées en cercle à nombre variable de 11-13 chez les adultes.

Se distingue de *F.sexoculata* par: un manubrium avec 4+4 soies apicales (3+1 chez *F.sexoculata*) et 3-4 soies antérieures.

**Répartition:** Espèce Européenne, endémique d'Espagne (Navarra). Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Rencontrée dans le sol humide et dans les mousses à El-Kala.

- *Folsomides parvulus*

**Syn.:** *Folsomides parvus* Folsom,, 1934.

**Diagnose:** Longueur 0,8 mm. Couleur blancs, yeux noirs. Tégument non granulé, mais avec une surface bosselée. Deux yeux pigmentés de chaque côté OPA, droit ou légèrement courbé. Griffes sans dent. Tibiotarses sans soie sensorielle nettement différenciée. Furca avec 8 soies. Mucron sans dents et avec 3 soies.

**Répartition:** Cosmopolite. Déjà citée en Algérie sous le nom de *F.parvus* par Cassagnau, (1963).

**Biotopes:** Espèce recherchant la chaleur et disparaît presque complètement en hiver. Récoltée dans le sol agricole de la ferme expérimentale "El-Baaraouia: Khroub": étage bioclimatique sub-humide à semi-aride.

- *Isotomiella minor*

**Syn.:** *Isotoma minor* Schäffer, 1896.- *Isotoma muscorum* Schäffer, 1900 – *Isotomiella distinguenda* Bagnall, 1939.-*Isotomiella media* Gisin, 1948. Espèce typique: *minor* Schäffer, 1896.

**Diagnose:** Longueur 0,7-1,1 mm. Couleur blanche. Longues soies sur la face antérieure avec une double rangée de cils. Ant. IV avec 6 soies olfactives grosses et ovales. OPA et yeux

absents. Griffes sans dents. Empodium plus long que la moitié de la griffe. Tibiotarses sans soies capitées. Face antérieure du manubrium dépourvue de soies dans la moitié basale, avec 10 ou 12 soies. Tenaculum avec 4+4 dents et 1 soie. Furca très longue et mince. Dentes 2,5 à 3 fois longues que le manubrium, avec environ 35 anneaux sur la face postérieure. La chaetotaxie manubriale parfois avec 3 soies de chaque côté dans la rangée transversale centrale chez les très grands individus. Mucron petit, à 3 dents. Abd. V+VI confondus, avec de chaque côté 1 soie sensorielle d'une longueur à peu près égale à celle de la griffe.

**Répartition:** Espèce cosmopolite, du Groenland à Malte, au Caucase et en Afrique du Nord, où elle a été citée par Cassagnau (1963) dans la région de Annaba.

**Biotores:** Récoltée dans le massif forestier de l'Edough dans les mousses sur sol et dans le sol sous mousses. A Azzaba, l'espèce est trouvée dans du foin pourri et humide et dans la litière humide de chêne-liège. Au Khroub, l'espèce a été récoltée dans le sol d'une prairie.

Le genre *Isotomurus* :

**Diagnose:** *Isotomidae* de grande taille. Furca bien développée. Présence de trichobothries ciliées sur les tergites abdominaux III,IV et parfois II chez l'adulte. Chétotaxie de type **S** abondante. OPA présent. Plus de 10 soies ventrales sur la manubrium. Mucron quadridenté.

#### **Caractères morphologiques des *Isotomurus***

Selon Deharveng et Lek (1993), la taxonomie du genre *Isotomurus* est largement fondée sur les patterns de coloration des espèces. L'importance accordée à ce critère tient en partie à la difficulté de l'analyse chaetotaxique du revêtement qui est très dense, avec de nombreuses asymétries et une large variabilité individuelle. A chaque mue post-embryonnaire apparaissent des soies secondaires dont les dimensions s'échelonnent entre celles de macrochètes et celles de petits mésochètes. Ce revêtement masque la plupart des caractères chaetotaxiques utilisés chez les autres *Isotomidae*. Seules quelques régions du corps, épargnées par la plurichaetose (rétinacle et tube ventral. Ce manque d'outils pour l'analyse morphologique des espèces d'*Isotomurus* explique la confusion systématique qui caractérise le genre. Les auteurs et pour remédier à cette difficulté, ont recherché de nouveaux caractères au niveau du revêtement chaetotaxique, sur lequel repose la taxonomie de la majorité des *Isotomidae*: les uns mesurent l'intensité de la plurichaetose ordinaire (nombre de soies basales du labium, nombre de soies dans la verticille distale du tibiotarse); les autres, décrivent le revêtement des soies **S** (chétotaxie de type **S**) sur Abd.V et sur l'antenne).

- *Isotomurus maculatus*, (Photo 3)

**Diagnose :** Habitus d'*Isotoma*. Longueur de corps : 2 ou 3 millimètres.

Coloration. Fond blanchâtre. Les pièces rapportées et les taches irrégulières de couleur variable sont présentes sur des tergites. Tête avec quelques pièces rapportées foncées ; une tache pigmentée symétrique est présente des côtés latéraux de l'abd. VI.

Antennes. Longueur relative des segments d'antenne I : II : III : IV sont comme 37.5 :55 :55 :62.5.

Tête. 8+8 yeux. Ovale de PAO, PAO/DCA : 1. Labrum avec 3 rangées parallèles de 5, 5 et 4 setae, respectivement. Labium avec 10 à 16 setae sur chaque partie de submentum.

Chétotaxie : Soies ordinaires très abondantes ; les méso et les macrochètes ciliées Trois macrochètes disposées en forme triangulaire sur chaque côté d'abd. IV. Trois longues setae additionnelles s distribuées dans une rangée sont présents sur chaque hemitergite d'abd. V. La formule trichobothriale est typique du groupe de palustris (3+3+1). La distribution des setae **S** est typique du type 1 À (2A), ms1 + al1 + accp1-5 sur le thorax. II et III; ms1 + accp1-5 sur l'abd. I et II; ms1 + accp1-6 sur l'abd. III; as1, 2 et 4 + accp1-5 sur l'abd. IV ; as1-2 +accp1-5 (accp1 et accp2 plus longues que l'autre) sur l'abd. V.

Tube ventral. Ailerons latéraux avec 3+3 setae.

Pattes : Griffes avec les dents externes et latérales. Annexe empodial fréquemment armée avec une dent. Tibiotarse III avec 3-4 macrochètes ciliées.

Furca. Rétinacle avec 10-30 soies ordinaire. Manubrium avec beaucoup de soies courtes, celles du côté dorsal sont longues avec plusieurs mésochètes ventraux qui sont la plupart du temps distribué sur la marge distale. Dentes dorsales avec beaucoup de soies courtes, qui sont plus longues sur les marges latérales, et deux micro sensilles : ventrales avec quelques microchètes de type «A». Les soies sont insérées sont insérés dans les bombements circulaires de la cuticule dentaire. Mucron à 4 dents et sans soies.

**Répartition:** Distribution eurasienne et Australie

**Biotopes:** Des spécimens ont été prélevés sur les environnements humides des herbes, fréquemment exposés à la lumière du soleil.

- *Isotomurus palustris*, (Photo 4)

**Syn.:** Espèce type: *Podura palustris* Müller, 1776.*Isotoma bifasciata* Bourlet, 1839.- *Isotoma stuxbergii* Tullberg, 1876.- *Isotoma tullbergi* Moniez, 1889.- *Isotoma maculata* Börner, 1901.- *Isotomurus palustris tricuspis* Börner, 1906.

**Diagnose:** Longueur 1,5-3 mm. Couleur de fond jaunâtre ou verdâtre. Souvent en plus une bande dorsale médiane, noir-violet (var. *unifasciata*) et les côtés dont le pigment est diffus ou réparti en taches (Var. *maculata*) jusqu'à une pigmentation presque complète (var. *fucicolus*) ou une bande transversale dans la moitié antérieure de chaque segment (var. *belteata*). 1+1 Trichobothries sur Abd. III et 1+1 sur Abd. IV. Cinq soies postérieures de type S sur les tergites, dont 3 externes courtes et 2 internes longues et 2 soies intérieures courtes. Longues soies de Abd. IV environs aussi longues que le tergite, plumeuses sur toutes les faces. Opa, environ 2 / 3 de la longueur d'un œil. Toutes les soies sont non plumeuses. Huit yeux de chaque côté. Griffes sans dent interne, mais avec des dents latérales. Empodium avec une dent canine sur la lamelle interne. Dentes environ 2 fois plus longues que le manubrium.

**Répartition:** Espèce à large répartition à cosmopolite. Citée en Algérie par Handschin, (1928).

**Biotopes:** Espèce hygrophile et souvent près des eaux découvertes, mares et marécages. Récoltée dans une petite mare parmi les algues et plantes aquatiques de l'arboretum de Djebel-Ouahch (Constantine).

- *Isotomurus cf unifasciatus*

**Syn.:** *unifasciata* Börner, 1901.

*Unifasciata* Stach, 1947; *unifasciatus* Carapelli et al, (1995b)

**Diagnose :**

Habitus. Corps mince; habitus typique d'*Isotoma*. Longueur de corps : 2 ou 3 mm.

Coloration. Fond de corps jaunâtre ou verdâtre. Tergites avec la bande foncée longitudinale parfois interrompue sur l'abd. IV et V quelques spécimens sont plus foncés. Une tache pigmentée foncée est présente des côtés latéraux de l'abd. VI; les pièces rapportées foncées sont proches actuelles les bases des antennes. Segment d'antenne légèrement violet. Dans la population de Siena le côté latéral des tergites sont exceptionnellement bruns colorés.

Antennes. Longueur moyenne des segments antennaires comme dans le groupe d'espèces. *I. palustris* Rapport des segments antennaires I : II : III : IV sont comme 50 :70 :80 :85.

Tête. 8+8 yeux. Organe Post antennaire prolongé. Labrum avec trois rangées parallèles de 5, 5 et 4 soies. Labium avec 10 à 15 soies sur chaque partie de submentum. Le lobe externe maxillaire est bipartite et avec 4 poils sublobaux.



Chétotaxie : Les tergites abdominaux couverts par un chaetotaxie très abondante, composée de microchètes et des macrochètes latéralement ciliées. Sur chaque hemitergite d'abd. IV et V, 3 macrochètes ciliées qui sont arrangées forme triangulaire en une rangée

Formule de Trichobothries typique du groupe de palustris (3+3+1). La distribution des setae **S** est du type 1 A (2A) : ms1 + all + accp1-5 sur le thorax. II et III; ms1 + accp1-5 sur l'abd. I et II; ms1 + accp1-6 sur l'abd. III; as1, 2 et 4 + accp1-5 sur l'abd. IV; as1-2 +accp1-5 (accp1 et accp2 plus longtemps que les autres) sur l'abd. V.

Tube ventral. Ailerons latéraux avec 3+3 soies.

Pattes. Griffes avec les dents externes et latérales. Annexe empodial parfois avec une dent. Tibiotarse III avec 4 macrochètes ciliées, qui sont moins développés en comparaison de les abdominaux.

Rétinacle : Avec 10-25 soies ordinaires.

Furca. Les côtés dorso-latéraux du manubrium couverts de plusieurs mésochètes légèrement ciliées, qui sont plus rares dans la partie centrale. Le côté ventral du manubrium avec des microchètes abondants, courts et lisses, absent dans la partie centrale, et avec quelques soies habituellement 2, de chaque côté. Dentes avec une abondante chaetotaxie du côté dorsal, et de microchètes courts, lisses sur la partie ventrale. Des microchètes ventraux sont écartés la plupart du temps sur la moitié proximale et complètement absents sur le mucron. On observe du côté dorsal deux paires de micro sensilles, où certains sont des setae, plus longues et ciliées disposés sur des rangées longitudinales, se tiennent latéralement de chaque côté. Des setae dorsales sont insérées dans la cuticule comme une papille Mucron avec 4 dents et sans soies.

**Répartition:** Espèces européennes.

**Biotoques:** Des spécimens ont été prélevés dans les mousses et des herbes près d'endroits humides à Djebel Ouahch (Constantine).

- *Proisotoma minuta*

**Syn.:** *Isotoma minuta* Tullberg, 1871.- *Isotoma stagnalis* Willem, 1900.- *Isotoma tenebricola* Willem, 1900.- *Isotoma stscherbakowi* Börner, 1901.- *Isotoma clavipila* Axelson, 1903.- *Isotoma minuta* var. *palermitana* Börner, 1903.- *Proisotoma minuta* f. *meridionalis* Denis, 1931.

**Diagnose:** Longueur 1,1 mm. Couleur gris tacheté, yeux noirs. Longues soies différenciées sur tous les tergites abdominaux. **Opa** en ellipse large, non resserré, 3-4 fois plus long qu'un œil. Huit yeux de chaque côté, dont un groupe de 4 disposés en carré à l'avant. Griffes sans dents. Soie sensorielle des tibiotarses pointue, parfois capitée. Tenaculum avec 4+4 dents et 1 grosse soie. Manubrium à l'avant avec 1 paire de grosses soies. Dens avec 6 soies à l'avant, avec 3 soies basales à l'arrière et avec 1 paire au centre et 1 subapicale. Environ 8 annélations sur chaque dent.

**Répartition:** Cosmopolite. Citée en Algérie par Cassagnau, (1963) dans la région de Annaba.

**Biotopes:** Espèce vivant souvent en très grand nombre dans les décharges de végétaux riches en azote. Trouvée parmi la végétation aquatique à moitié desséchée et pourrie à Djebel Ouahch (Constantine) et dans l'humus de bois mort de Chêne vert à l'Edough (Annaba).

- *Proctostephanus sanctiaugustini*

**Diagnose:** Longueur 1 mm. Couleur bleu-vert. Tégument lisse à très finement réticulé ou grenu, sans aucun grain tégumentaire. Soies de longueur moyenne formant un revêtement uniforme dense. Soies au bord postérieur de chaque segment dont quelques unes sont plus longues sur Abd.5 et 6. Soie sensorielle courte et mousse à l'apex à l'angle postérieur des segments post-céphaliques. 8+8 cornéules subégales.

OPA oval égal à 2-2,5 fois le diamètre des cornéules les plus proches. Soies sensorielles d'Ant.IV peu différenciées.

Organe antennaire III typique. Il existe en plus un organite sensoriel court sur la face inférieure d'Ant.III.

Pièces buccales broyeuses.

Griffes et appendice empodial simples. Il y a 2 ergots peu différenciés, légèrement plus courts que la crête interne de la griffe.

Tube ventral pourvu de 5+5 soies, rarement 6+6. Rétinacle portant 3+3 dents (parfois 4+4) et généralement une seule soie sur le corps.

Furca courte, comparable à celle de *P.stuckenie*, mais avec seulement 2 soies dorsales à la dens. Mucron bidenté, mal séparé de l'extrémité de la dens. Manubrium portant 20 soies dorsales et 1 paire de soies ventrales en position distale. Les rapports mesurés entre:

- Griffes de Patte 3 / ergot / appendice empodial = 16 / 13 / 8.

- Opa / manubrium / dens / mucron = 12 / 30 / 17 / 9.

Plaque génito-anale bien individualisés. Couronne chitineuse portant 9 à 10 dents périphériques; son disque parfois dépourvu de dents en présente en général 7 à 10. Cette espèce

se distingue des autres espèces connues du genre, par son tégument lisse, le nombre de soies dorsales de la dens et la structure de la couronne anale.

**Répartition:** Genre méditerranéen; au nord et au sud. Cette espèce est endémique d'Algérie; décrite par Cassagnau, (1963) dans les environs de Annaba (Bône).

**Biotopes:** Rencontrée parmi les débris végétaux (humus) humides à Azzaba et dans l'humus de bois mort (chêne-liège) à l'Edough.

- *Pseudanurophorus isotoma*

**Diagnose:** Longueur 1 mm. Couleur: blanc, avec de petits points noirs sur la tête et les tergites. Trois yeux de chaque côté, pigmentés séparément en noir. Opa avec une petite ampoule sensorielle à l'extrémité. Chétotaxie dense. Tibiotarses sans soies capitées. Griffes sans dents. Empodium ½ moins long que la griffe. Abd. VI prolongé à l'extrémité en papille sans pointe.

**Répartition:** Espèce euroméditerranéenne, signalée en Italie, Banylus, centre de l'Allemagne. Déjà signalée en Algérie par Cassagnau, (1963).

**Biotopes:** Dans le sol de la ferme pilote El-Baaraouia.

- *Tetracanthella pilosa*

**Syn.:** *Tetrachantella delamarei* Cassagnau, 1953.

**Diagnose:** Longueur: 0,8 à 1,1 mm. Coloration: gris foncé, y compris les antennes. Plaques dorsales alvéolaires, de la dimension d'une ambase de mésochète, jusqu'à 5 ou fois plus grandes sur Abd.IV; couloirs profonds; pas de plage lisse. Mésochètes dorsaux assez courts à assez longs à l'arrière d'Abd.IV, non regressés dans la zone axiale des tergites; macrochètes assez courts à moyens, droits parfois capités.

8+8 cornéules. Soie s' d'ant.iii absente chez le mâle. Quatre soies prélabrales, lobe externe de la maxille avec 1 poil sublobal. Cinq soies pp entre l'axe et pc3 à l'arrière de la tête. Soie frontale présente.

Revêtement des tergites abondant. Chétotaxie axiale 12, 8 / 4, 4, 6. Macrochétaxie: 2 / 2, 2 / 2, 2, 2. Sternite de Th.III sans soie. Coxa I avec 1 soie externe. Tibiotarses avec 1, 2, 2 ergots dorsaux capités et 1, 1, 0 ergots ventraux non ou faiblement capités. Soie x du tibiotarse III non épaissies en bâtonnets chez le mâle. Appendice empodial réduit.

Rétinacle à 3+3 dents et 1 soie au corpus. Subcoxa furcal antérieure avec 5–6 soies, postérieure avec 4 soies. Manubrium à 10 – 12 + 10 – 12 soies dorsales. Dens longue ou assez longue,

munie de 3 soies dorsales et 1 soie ventrale subapicale. Mucron bidenté. Epines anales assez courtes, parallèles, sur de petites papilles.

**Répartition:** Est une espèce à large répartition en Europe, citée en Russie, Yougoslavie, Espagne. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Rencontrée à l'Edough dans les mousses sur tronc de chêne-zéen.

7.- Famille des *Entomobryidae*: Dix sept espèces réparties sur sept genres,

- *Entomobrya albocincta*, (Photo 5).

**Syn.:** *Degeeria cincta* Lubbock, 1873.

**Diagnose:** Longueur: 1,5 – 2 mm. Coloration: Tête brune, yeux noirs. Th.II blanchâtre, Th.III jusqu'à Abd.III complètement bleu-noir. Abd.IV-VI jaunâtre avec du pigment bleu-noir. Articles antennaires clairs avec des extrémités foncées.

**Répartition:** Europe, Méditerranée, Macronésie et Iles Hawai. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotoxes:** Vivant sur les souches d'arbres et de pierres. Extraite de la litière de Pin maritime sur sable dunaire à El-Kala.

- *Entomobrya lanuginosa*.

**Syn.:** *Entomobrya bauciana*, Moniez, 1894.

**Diagnose:** Longueur: 2 mm. Coloration: verdâtre, avec une tache noire-violet entre les yeux. Zones oculaires noires. Thorax et abdomen sans aucun pigment foncé, rarement avec une trace noire.

**Répartition:** Europe entière. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotope:** Vivant sur l'herbe des prairies et les rivages marins. A Azzaba l'espèce a été trouvé parmi la végétation spontanée.

- *Heteromurus major*, (Photo 6)

**Syn.:** *Heteromurus caerulescens* Börner, 1903 – *Heteromurus melitensis* Stach, 1924.

**Diagnose:** Longueur: 3 mm. Coloration: jaunâtre avec un pigment violet diffus, écailles brun fumeux dans l'alcool. Deux yeux de chaque côté, zones oculaires noires. Les 3 derniers articles antennaires sont violets. Face interne du tibiotarse III avec seulement 1 soie lisse sur la face subapicale. Soie sensorielle des tibiotarses élargie en forme de spatule à l'extrémité. Partie non annelée de la dens 5-10 fois plus longue que le mucron.

**Répartition:** Espèce répandue dans toute l'Europe, en Méditerranée, en Afrique subsaharienne. Déjà signalée en Algérie par Handschin (1928) et Cassagnau (1963).

**Biotope:** Récoltée à la main sous les pierres et dans la litière à l'Edough, dans le fumier de chevaux et parmi les plantes émergées à El-Kala, dans les débris végétaux incendiés à Azzaba et dans la chaume de céréales au Khroub.

- *Heteromurus nitidus*, (Photo 7)

**Diagnose:** Longueur: 1,5-3 mm. Coloration: jaunâtre. Un œil pigmenté en rouge ou en brun de chaque côté; celui-ci est souvent non pigmenté ou complètement manquant; plus rarement 2 yeux proches l'un de l'autre de chaque côté. Dents proximales des griffes environ 1/3 – 1/5 de l'arête interne de la griffe. Face interne des tibiotarses avec environ 20 soies lisses. Appendice empodial avec dent externe.

**Répartition:** Largement répartie en Europe, sauf au nord de la Scandinavie. Signalée en Algérie par Handschin (1926).

**Biotope:** Vivant de préférence dans les prairies humides et dans les grottes. Rencontrée dans les mousses sur sol à l'Edough, dans le fumier de chevaux et parmi les plantes aquatiques submergées dans le Lac Bleu (El-Kala), dans litières de foin et de Chêne-liège, mousses sur roches à Azzaba.

- *Lepidocyrtus curvicollis*, (Photo 8)

**Diagnose:** Longueur: 2,5 mm. Coloration: Blanc-jaunâtre à rouge-brun. Avec ou sans pigment violet sur les hanches et la tête. Articles antennaires I et II ont des plages dorsales couvertes de nombreuses écailles, celles-ci sont absentes de l'Ant.I sur la face ventrale. Le manubrium présente une bande médiane à la face dorsale; des écailles et pas de soies. Sur la face ventrale du manubrium, il y a 2+2 soies apicales entre 2 groupes d'écailles. Tous les articles des 3 paires de pattes sont couverts d'écailles qui s'intercalent entre les soies. Le tube ventral porte des écailles sur toutes ses faces. Appendice empodial en lancette. Thorax II développé à l'avant: surface dorsale avec écailles, penchées à la verticale et à l'avant.

**Répartition:** Largement répandue en Europe, à l'exception des régions subpolaires.

**Biotope:** Espèce aérienne vivant en surface sur les herbes et les graminées. Citée en Algérie par Handschin (1926,1928). Rencontrée à Azzaba dans la litière de foin humide et sous les pierres

- *Lepidocyrtus fimetarius*

**Diagnose:** Longueur: 1-1,2 mm. Coloration: les yeux et une bande interoculaire sont bleu foncé; les antennes sont bleu clair; des traces de pigment bleu se trouvent sur les coxae, ainsi que sur la tête et les côtés du thorax; la bouche est incolore. Antenne / diagonale céphalique = 1,3. Antennes et pattes sans écailles, à l'exception des coxae II et III.

Organe antennaire III sous forme de 2 petits bâtonnets ovoïdes. 8+8 yeux. Abd.IV environ 3,5 fois aussi longs qu'Abd.III.

Dents internes des griffes petites, les proximales à peu près au milieu de l'arête. Empodium inerme, symétrique. Ergot spatulé. Face dorsale du manubrium dépourvue d'écailles; chacune des 2 plaques apicales portant 2 pseudopores, 2 soies internes et, normalement, 2 externes. Tenaculum avec 1 soie. Partie non annelée des dents 2 fois aussi longues que le mucron. Dentes sans lobes proximaux ni épines.

**Répartition:** Espèce à large répartition, Europe, région sino-japonaise et Asie centrale, Méditerranée et Australie. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Récoltée à l'Edough dans les mousses au sol et dans le fumier de chevaux à El-Kala.

- *Lepidocyrtus ruber*

**Diagnose:** Longueur: 2 mm. Coloration: blanc-jaunâtre à rouge brun. Antennes entièrement dépourvues d'écailles. La face dorsale du manubrium est dépourvue de soie le long d'une bande médiane sans aucune écaille; limitée à l'extrémité distale par une paire de plaques, pourvues chacune comme chez *L.curvicollis*, de 2 pseudopores et 5 soies, 2 du côté médial, 3 du côté externe des pseudopores. Les faces latérale et ventrale du manubrium sont couvertes d'écailles comme chez *L.curvicollis*. Appendice empodial large jusque vers la pointe, puis brusquement coupé en biseau dans le dernier quart, à partir de la face interne. Pas d'écailles sur les tibiotarses, les fémurs et les trochanters, mais avec de grosses écailles sur les coxae II et III. Le tube ventral sans écailles.

**Répartition:** Espèce endémique d'Europe. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Extraite du fumier de chevaux à El-Kala.

- *Lepidocyrtus cf.flexicollis*

**Diagnose:** En plus des caractères typiques du genre qui sont: mucron bidenté, des écailles sur les pattes et les antennes, 8+8 cornéules; l'espèce se distingue par les caractères suivants qui les rapproche de *L. flexicollis*:

- Soies de la base du labium toutes ciliées.

- Griffes à 2 dents internes. Coxae I avec pigment, parfois indistinct. Soie M1>>t M2 sur le labium. Macrochètes postérieurs du rectangle antérieur de la tête absents.

**Répartition:** Europe et Iles Canaries. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** récoltée à vue sur les pierres et dans les mousses sur chêne-liège.

- *Orchesella cincta*, (Photo 9).

**Diagnose:** Longueur: 3-6 mm. Coloration: fond jaune-brun, pigment brun-noir, toujours plus étendu avec l'âge des individus. Mâle pendant les phases d'activité sexuelle, qui durent un intervalle de mue, avec des taches blanches dans la partie distale de Ant.I, sur la face dorso-latérale de Th.II et III, sur le bord postérieur de Abd.III et une tache sur chaque côté de Abd.IV. Ces taches blanches proviennent du développement à ces endroits de soies plus grosses, plus longues et non pigmentées. Une bande transversale noire rectangulaire et très apparente développée sur Abd. III seulement. Cette même bande transversale est présente sur au moins 2 tergites. Le grand sous-segment de Ant.I est clair dans sa partie distale. Antennes toujours plus longues que la moitié du corps. Antenne/diagonale de la tête = 1,8 – 2,6. La paire de dents proximale est située légèrement devant le milieu de l'arête ventrale de la griffe. Dent externe de l'empodium située un peu derrière le milieu de l'arête externe.

**Répartition:** Signalée dans presque toute l'Europe à l'exception des régions subarctiques. Signalée en Algérie par Handschin (1925,1928).

**Biotopes:** Selon Gisin (1960), *O.cincta* vit sur les souches d'arbres isolées, dans les prairies d'altitude moyenne. A Azzaba l'espèce a été récoltée à la main sous les pierres.

- *Orchesella sp. cf. quinquefasciata*

**Syn.:** *Orchesella villosa atrofrenalis* Stach, 1930.

**Diagnose:** Longueur: 5 mm. Coloration: fond jaune à brun clair; pigment brun à violet. Antennes avec 2 bandes foncées sur les articles proximaux, articles distaux clairs jusqu'aux extrémités. Se distingue des autres espèces du même genre par des bandes longitudinales dorso-latérales de Abd. II et III convergeant vers l'arrière.

**Répartition:** Largement répandue en Europe centrale et en méditerranée. Signalée au Maroc par Thibaud et Massoud (1980). Nouvelle pour l'Algérie.

**Biotopes:** Rencontrée sous les pierres à l'Edough et à Azzaba.

- *Pseudosinella alba*

**Syn.:** *Tullbergia ocellata* Lie-Pettersen, 1896.

**Diagnose:** Longueur: 1mm. Coloration avec des zones oculaires noires. Antennes 1,25 fois plus longues que la diagonale de la tête. Base du labium: Chétotaxie Abd.II: paBq1q2. Soie sensorielle des tibiotarses pointue ou légèrement élargie. Arête interne de la griffe avec 2 grandes dents proximales de tailles différentes, parmi lesquelles l'antérieure est plus distale, en outre, une dent distale impaire.

**Répartition:** Largement répandue en Europe, à l'exception des régions arctiques. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Vivant de préférence dans les plaines. Récoltée dans le sol d'une prairie au Khroub.

-*Pseudosinella albida*

**Diagnose:** Longueur: 1,0-1,3 mm. Coloration: Traces de pigment bleu ponctiforme sur les articles antennaires, sous la tête, sur les coxae. 5+5 yeux sur les taches oculaires bleues, tous de même grandeur. Rapport antennes/diagonale céphalique = 1,3. Ant.IV avec 6 soies s . 3 épines anales, macrochètes dorsaux : R111 / 10 / 0101 + 2. Chétotaxie abd.II: paBq. Base du labium: MrEL1L2. Soie accessoire s sur abd.IV absente. Plaques dorsoapicales du manubrium avec 2 internes et 3 externes par rapport aux 2 pseudopores. Ergot un peu élargi à l'apex. Pas de dent à l'empodium. Dents internes proximales: la postérieure un peu plus grande que l'antérieure. Dens avec 2 soies, rétinacle sans dents,

**Répartition:** Espèce méditerranéenne, Espagne, Grèce et Italie. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Selon Stomp (1971), *P.albida* vit dans les mousses rases et lichens au sol, en sous-bois de Pin d'Alep et litière. L'espèce est rencontrée à l'Edough dans la litière de chêne-liège.

- *Pseudosinella octopunctata*

**Syn.:** *Lepidocyrtus octoculatus* Caroli, 1914.

**Diagnose:** Longueur: 1,2 mm. Coloration blanc avec des zones oculaires noires, des antennes et des hanches violet clair. 4+4 yeux dans un carré souvent décalé. Parfois des points de pigment dispersés sur le corps. Macrochètes dorsaux: R111 /10 / 030 .+2. Dents internes des griffes assez petites, 1-2 dents internes distales. Dents proximales des paires de griffes situées au 1 / 4de l'arête interne.

**Répartition:** Largement répandue en Europe du Sud, Afrique du Nord et Palestine. Nouvelle pour l'Algérie.

**Biotopes:** Récoltée dans les mousses sur sol et dans le bois mort à l'Edough; parmi les feuilles mortes de chêne-zéen à Azzaba.



8.- Famille des *Cyphoderidae*: 1 seule espèce

- *Cyphoderus sp.*

Espèce non identifiée. Récoltée à Azzaba dans le foin et à l'Edough sous les pierres (foret de chêne zen).

9.- Famille des *Oncopoduridae*: une espèce

- *Oncopodura crassicornis*.

**Synonymie:** Le genre a été pour longtemps classé par Gisin (1960) dans la famille des Cyphoderidae Börner, 1913. Denis (1932) élève le genre *Oncopodura* décrit par Carl & Lebedinsky (1905) au rang de famille des *Oncopoduridae*.

**Diagnose:** Longueur: 0,6 - 0,8 mm. Coloration: Blanc. Opa composé de 6 lobes ovales avec une bordure régulière. Tibiotarses II avec une soie capitée sur la face externe. Mucron cylindrique et plus élargi, avec 4 dents

**Répartition:** Largement répartie en Europe et en Méditerranée. *O.crassicornis* a été placée par Cassagnau (1963) dans la famille des Cyphoderidae.

**Biotores:** Vit dans les sols forestiers et des prairies. Rencontrée dans le massif forestier de l'Edough dans les mousses au sol, dans le sol d'une prairie au Khroub.

**III.- Ordre : SYMPHYPLEONA :** cinq familles et une sous-famille

10.- Famille: *Arrhopalitidae*: une espèce.

- *Arrhopalites subbifidus*.

**Syn.:** *Coecarrhopalites Yosii*, 1967.

**Diagnose:** longueur: 1,3 mm. Coloration : blanc, ommatidies dépigmentées. Article ant.III légèrement épais. Article ant. IV avec 5 sous-segments. Griffes longues avec dent interne. Appendice empodial mince sans dents d'une longueur inférieure à égale à celle des griffes; Empodium III plus long que la griffe. Dens avec E6, P6, J3 et 7 soies antérieures; soie E1, E3 et J1. et 3 soies-épines. Mucron à bords dentelés à extrémité non élargie. Appendices anaux fort, courbé. Furca à motié assymétrique avec dents rugueuses.

Proportions: Ant.I :II: III:IV: = 1 : 3 :4 : 10. Sous-segments Ant.IV de la base à l'apex = 3 :1 : 1 : 2,3.

**Remarque:** Cette espèce ressemble à *A.bifidus* décrite dans Gisin (1960), sauf pour la dent de l'appendice empodial qui est absente ici.

**Répartition:** Espèce typique du sud de la France (Pyrénées orientales). Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Rencontrée à Azzaba parmi les débris végétaux humides (restes d'incendie).

10. – Famille: *Dicyrtomidae*: deux espèces du même genre.

- *Dicyrtomina saundersi*

- *Dicyrtomina ornata*, (Photo 10)

Espèces trouvées dans la végétation spontanée ( parmi les plantes herbacées) à Azzaba et El-Kalla.

11.- Famille: *Katiannidae*: quatre espèces du même genre.

- *Sminthurinus aureus*

**Syn.:** *Metakatianna anglicana* Salmon, 1955

**Diagnose:** Longueur: 0,7-0,9 mm. Coloration: jaune avec des taches oculaires et une tache frontale foncées; souvent avec de larges bandes longitudinales latérales ou complètement brun foncé à bleu-noir. Article antennaire IV 2,6 fois plus long que ant.III. Ant.III avec dans la partie proximale une papille basse; celle-ci a souvent la marque d'une division en quatre. Dens 2,2-2,5 fois plus longue que le mucron. Appendices anaux très courbes, généralement divisés en 3 branches. Dos régulièrement convexe jusqu'à l'entaille entre abd.V et VI. Abd. VI avec des soies circumanales élargies dans la partie proximale, resserrées à la base.

**Répartition:** Largement répandue en Europe et en Méditerranée. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Espèce vivant dans les mousses, litière au sol, monte souvent sur les herbes, en particulier le soir ou dans le sous-bois de forêts claires, (Gisin, 1960). A l'Edough *S.aureus* est rencontrée dans la litière de chêne-zéen.

- *Sminthurinus elegans*, (Photo 11).

**Syn.:** *Sminthurus quadrilineatus* Tullberg, 1871- *Sminthurus aureus var.ornata* Krausbauer 1902.

**Diagnose:** Longueur: 0,6-0,7 mm. Coloration: blanc-jaunâtre avec des bandes bleu-noir; la ligne médiane dorsale est souvent absente. Abdomen complètement jaune, ou jaune avec une bande latérale foncée, ou complètement noir. Abd.I – IV avec 4 ou 5 bandes longitudinales sur un fond clair. L'extrême des arêtes postérieures du mucron est lisse, l'interne est en scie ou entaillée. Segments abdominaux V et VI réunis.

**Répartition:** Cosmopolite, très répandue du nord au sud de l'Europe et en Méditerranée. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** Récoltée dans les mousses au sol à l'Edough.

- *Sminthurinus niger*

**Syn.:** *Sminthurus bimaculatus* Tullberg, 1871.- *Sminthurus concolor* Meinert, 1896.

**Diagnose:** Longueur: 1 mm. Coloration: bleu-noir; pattes et furca un peu moins pigmentées. Ligne dorsale vue de profil brisée entre abd.IV et V ainsi qu'entre abd. V et VI. Tête totalement foncée. Article antennaire III dans la partie proximale avec une verrue divisée en 4 parties. Tête maxillaire trapue, à peu près carrée. Griffes III plus que la moitié moins longue que le mucron. Tenaculum avec 2 soies, Chétotaxie des dents avec 2 soies distales latérales dans une rangée longitudinale et 2 ventrales dans une rangée transversale devant le verticille terminal. Mucron plus que la moitié moins long que la dens; les deux arêtes postérieures sont nettement en scie. Longues soies circumanales de labd.Vi chez la femelle élargies dans leur partie proximale et resserrées à la base; les dorsales impaires sont profondément divisées. Appendices anaux irrégulièrement dans la moitié distale en environ 5-8 franges.

**Répartition:** Espèce cosmopolite, du Groeland, Scandinavie, Angleterre, Pologne, Russie, Asie mineure et en Méditerranée. Signalée en Algérie par (Handschin, 1928).

**Biotopes:** Récoltée à Azzaba et à Jijel dans les plantes herbacées.

12.-Famille: *Sminthurididae*: deux espèces, deux genres.

-*Sphaeridia pumilis*

**Syn.:** *Sminthurides pumilis*, 1898.- *Sminthurides globosus* Axelson, 1902.- *Sphaeridia pumilo* auct.

**Diagnose:** 0,2-0,5 mm. Coloration: gris –jaunâtre à rougeâtre. Dos en hauteur, voûté comme une sphère. Griffes seulement avec des minuscules dents souvent indistinctes. Dens 1,8-2 fois plus longues que le mucron. Dens avec 4 soies dans la partie basale épaisse, 4 externes, 4 postérieures, 4 internes, et sur la base antérieure 3 paires de soies et 2 impaires. Arête postérieure externe du mucron lisse ou presque lisse, arête interne en scie. Tibiotarses III avec une différenciation proche de la griffe sur la face interne (2 pivots, 1 soie épaisse).

**Répartition:** Espèce cosmopolite. Signalée dans la région de Annaba par Cassagnau (1963).

**Biotopes:** Rencontrée dans les mousses au sol près d'une petite source d'eau douce et dans la litière de chêne-zen à l'Edough.

- *Sminthurides aquaticus*, (Photo 12).

**Syn.:** *Sminthurides apicalis* Reuter, 1880.

**Diagnose:** Longueur: mâle 0,5 mm, femelle 1 mm. Coloration: pigment violet foncé sur un fond jaunâtre, formant en général une ligne dorsale irrégulière présentant des ramifications latérales et s'accroissent parfois outre mesure; extrémité abdominale avec un reflet verdâtre; sont également violets: la bouche, la tache frontale, les pointes des antennes, extrémités des pattes, taches des dents et les mucrons. Antennes chez la femelle plus longues que la diagonale de la tête. Mucron au moins moitié moins large que long. Soie de l'organe tibiotarsal sans lamelle. Griffes I et II avec dent interne, III sans dent interne; la première griffe est aussi longue que le mucron. Dens 2,3-2,5 fois plus longue que le mucron. Les mucrons convergent les uns contre les autres au niveau des pointes.

**Répartition:** De l'Islande et de la Laponie jusqu'à l'Algérie, Japon, Amérique du Nord.

**Biotopes:** Selon Gisin (1960), *S.aquaticus* vit sur les flaques d'eau. A El-Kala, l'espèce est trouvée dans le lac Bleu sur les racines émergées d'*Agrania maritima*.

**13.-** Famille: *Sminthuridae*: trois espèces, deux genres.

Sous-famille: *Sminthurinae*

- *Caprainea bremondi*.

**Syn.:** *Sminthurus bremondi* Delamarre Deboutville & Bassot, 1957.- *Sminthurus sp.* Gama, 1959.- *Cordobaia bembezarensis* Simon, Bach & Gaju, 1986.

**Diagnose:** Longueur: femelle 1,2 mm, mâle 0,75 mm. Coloration: Blanc-jaunâtre. Le grand abdomen avec un pigment violet foncé sous forme de taches et de bandes, ou complètement sombre; la tête avec un pigment violet sur le front et les antennes. Le petit abdomen est pâle ou pigmenté. Le sommet de la tête avec 3 ou 4 paires d'épines et des soies ordinaires. Le grand abdomen avec des épines pointues, longues, droites, grosses et escarpées et des soies ordinaires. La partie distale de Ant.II avec 4 soies dorsales courtes; Ant.III avec 4 soies longues et grosses dans leur partie proximale. Ant.IV avec 15-17 sous-segments. Tibiotarse I-III sans soies Ia. Griffes avec tunique, dent interne, basale, courte, située à l'extérieur. Appendice empodial avec dent, filaments terminaux et aigus, longueur de l'appendice empodial I et II plus grand que la griffe. Tube ventral avec 2+2 soies. Retinacle avec 2 soies. Les soies 2 et 3 de la base de la furca sont grosses, et des épines mousses. La soie interne de la dens ressemble à une épine. Les deux lames du mucron très dentelées, sans soies. Appendices anaux, longs, gros, d'aspect soyeux, lisses ou rugueux.

Les proportions: la longueur des antennes par rapport à la diagonale de la tête = 1,8

Ant I, II, III, IV = 1: 2,1 : 3,3 : 8,3 pour les deux sexes.

Dens: mucron = 2,8 ; appendices anaux: mucron = 0,9.

**Répartition:** Espèce typique de l'Europe, la Méditerranée et des îles Canaries. Nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord.

**Biotopes:** *C.bremondi* vit dans les biotopes chauds, humides dans le sol et les litières et les mousses. L'espèce est trouvée à Azzaba parmi les débris végétaux incendiés et humides.

-*Capraïnea marginata*

**Syn.:** *Sminthurus marginatus* Schött, 1893.- *Sminthurus ericunatus* Börner, 1903.- *Sminthurus echinatus* Stach, 1930.- *Capraïnea echinatus* Dallai, 1970.

**Diagnose:** Longueur: plus de 1,4 mm pour les femelles et 0,7 mm pour les mâles. Coloration: varie d'un blanc sale à bleu pâle. Le grand abdomen est de couleur rose rouillé, seul pattern distinctif de *C.marginata* ou avec une bande longitudinale irrégulière de couleur noir-violet. Le sommet de la tête avec une soie grosse et 2+2 épines. Le grand abdomen avec des épines pointues, longues, droites et escarpées et avec des soies ordinaires. La partie distale de l'Ant.II avec seulement une soie de taille normale; Ant.III avec 5 longues et grosses soies. Ant. IV avec 15 sous-segments. Tibiotarses I-III avec la soie Ia. Griffes avec tunique, dent interne lisse ; appendice empodial avec dent, filaments terminaux aigus d'une longueur  $\geq$  que les griffes. Tube ventral avec 2+2 soies, rétinacle avec 2 soies. Les soies 2 et 3 de la base de la furca d'aspect soyeux. La soie interne de la dens prend l'aspect d'épine. Les deux lames du mucron sont lisses; avec ou sans soie. Appendices anaux, longs et minces.

Proportions :

- longueur des antennes : diagonale de la tête = 1,9, pour les femelles et 2,1 pour les mâles.
- Antenne I, II, III, IV = 1: 2: 3, 3: 8, 6 - 9, 3.
- Dens : mucron = 2,4- 2,8.
- Appendices anaux : mucron = 0,8.

**Répartition:** Europe , à l'exception des régions nord. Signalée en Algérie par Cassagnau, (1963).

**Biotopes:** Trouvée à Azzaba parmi les débris végétaux incendiés et humides, dans la litière de Pin maritime à El-Kala et dans les mousses sur arbre à l'Edough.

- *Sminthurus viridis*

**Diagnose:** Longueur: 3 mm. Coloration: jaune-vert; des marbrures brunes. Longues soies sur le dos deux fois plus longues que le mucron, rugueuses, terminées par une pointe fine. Abdomen VI sans taches foncées sur la face dorsale. Ant.II 2 fois plus longues que la diagonale de la tête. Ant.IV avec 16-17 verticilles de soies. **Opa** conique. Griffes avec une dent interne distincte, avec de longues dents latérales légèrement en scie sur la face interne et avec une petite dent externe. Toutes les arêtes du mucron sont lisses. Appendices anaux en forme de sabre, pliés, environ 2/3 de la longueur du mucron.

**Répartition:** De la Scandinavie et de l'Angleterre jusqu'au sud de la France. Déjà signalée en Algérie par Handschin, (1926, 1928).

**Biotopes:** Trouvée à Azzaba parmi les plantes herbacées .

**IV.- ordre: NEELIPLEONA:** Une seule famille.

14.- Famille: *Neelidae* Folsom, 1896 : trois espèces.

-*Megalothorax minimus*

**Syn.:** *Neelus minimus* Folsom, 1901.- *Megalothorax maculosus* Maynard, 1951.

**Diagnose:** Longueur: 0,4 mm. Coloration: brun-jaunâtre. Soie de la tête comme une épine, celles du tronc sont courtes et petites. L'organe antennaire III avec 2 soies relativement larges, ovoïdes et des stries transversales et 2 très longues sensilles. Ant.IV avec environ 9 longues sensilles dont une grosse et un sensillum globulaire subapical; la soie X normale, le 1/3 du sensillum apical a un segment étroit. Griffes fortes, avec de dents courtes 'I' et une longue 'Bp'; Empodium fort, tubercule en saillie. Rétinacle avec 3+3 ou 4+4 dents. Manubrium de 1+1 à 3+3 soies. La partie distale postérieure de la dens avec 3 épines. Mucron avec au 2/5 étroit dans leur partie distale., bords lisses.

Proportions:

- Longueur de l'antenne environ la 1/2 de la diagonale de la tête.
- Ant. I : II : III+IV = 1 : 2 : 5.
- Dens : mucron = 1,6.

**Répartition:** Cosmopolite. Déjà signalée en Algérie par Cassagnau, (1963) dans la région de Annaba.

**Biotopes:** Selon Bockemühl (1956), *M.minimus* vit durant toute l'année dans les litières, les mousses, et dans les horizons supérieurs du sol et au dessous de 45 cm durant les périodes de gel. Pour Massoud et Thibaud (1973), cette espèce est troglophile et à plus de 2500 m d'altitude dans les Pyrénées (Cassagnau, 1961). En Algérie l'espèce est rencontrée dans les mousses au

sol et dans la litière de chêne-zéen à l'Edough à environ 900 m d'altitude et parmi les débris végétaux incendiés et humides à Azzaba.

- *Neelus murinus*.

**Syn.:** *Amerus sp.* Colling et Shobotham, 1909.- *Neelides sp.* Caroli, 1912.

**Diagnose:** Longueur: 0,5- 0,7 mm. Coloration: jaunâtre à brun-jaune. Ant.III avec 2 soies olfactives plus courtes et 2 très longues, Ant.IV avec 7 plus fines et une plus grosse. Griffes avec une dent interne et 2 longues dents latérales. Ant. IV avec plusieurs soies sensorielles au moins aussi longues et grosses que Ant.IV. Empodium sans dent, moitié moins long que la griffe. Tenaculum avec 3+3 dents. Dentes à l'avant de la base avec un prolongement concave dans lequel rentre un petit pivot du manubrium; avec 3 épines dans une rangée longitudinale sur la face externe dans la partie distale, avec 2 de ces mêmes soies sur la face interne et avec sur la face subapicale une forte épine sur chacun des deux côté de la base du mucron. Mucron en forme de gouttière, les deux bords postérieurs étant en scie, avec 16-18 dents sur chaque arête.

**Répartition:** Cosmopolite. Vivant souvent dans les grottes. Nouvelle pour l'Algérie.

**Biotopes:** *N.murinus* est rencontrée à l'Edough dans les mousses sur sol.

## II.-Biogéographie et classification morphoécologique des Collemboles identifiés.

Nous donnons dans tableau 11, le statut actuel des espèces de Collemboles identifiées récoltées dans les différentes localités, leur appartenance biogéographique.

### Abréviation :

**Statut** : \* : Nouvelle pour l'Algérie ; + : Nouvelle pour l'Afrique du Nord ; N.sp. : Nouvelle pour la science.\*?: indéterminée ; N.g. : Nouveau genre., ° : connue d'Algérie.

### Région biogéographique :

End. : Endémique; Medit. : Méditerranéenne; Eur. : Européenne; Larg.rép. : Large répartition; Cosm. : Cosmopolite; Eu-Médit. : Euro-méditerranéenne; Holarc. : Holarctique; Ind. : indéterminée.

**Morphoécologie** : A : atmobios; A.ep. : atmobios épigée ; Ed. : edaphique ; Eu. : euédaphique ; H : hémiédaphique.

**Tableau 11 : Statut, distribution biogéographique et classification morphoécologique des espèces de Collemboles récoltées dans les différentes localités de l'est algérien.**

Familles et espèces	Statut	Distribution Biogéographique	Classification Morpho-écologique
<b>I.- PODUROMORPHA</b>			
<b>1.- Hypogastruridae</b>			
1. <i>Acherontiella bougisi</i>	°	Médit.	Eu.
2. <i>Ceratophysella denticulata</i>	°	Larg.rép.	H.
3. <i>Ceratophysella cf. denticulata</i>	*?	Ind.	H.
4. <i>Ceratophysella gibbosa</i>	*	Eur.	H.
5. <i>Ceratophysella tergilobata</i>	°	Médit.	H.
6. <i>Hypogastrura affinis</i>	*,+	Eu-Médit.	H.
7. <i>Hypogastrura vernalis</i>	*,+	Larg.rep.	H.
8. <i>Mucrella acuminata</i>	*,+	Eur.	H.
9. <i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i>	*	Médit.	H.
10. <i>Xenylla sp.</i>	*?	Ind.	
11. <i>Xenyllogastrura afurcata</i>	*, +	Médit.	H.
12. <i>Xenyllogastrura sp.</i>	*?	Ind.	Eu.
13. <i>Willemia intermedia</i>	*, +	Larg rép.	Eu.
14. <i>Microgastrura minutissima</i>	*, +	Medit. Am.N	Eu.
<b>2.- Odontellidae</b>			
15. <i>Axenyllodes bayeri</i>	*	Larg.rép.	Eu.
16. <i>Xenyllodes armatus</i>	*, +	Larg rép.	Ep.
17. <i>Superodontella lamellifera</i>	°	Larg rép.	H.
18. <i>Superodontella vallviderensis subalpina</i>	*, +	Eu-Médit.	Ep.
19. <i>Superodontella vallviderensis vallviderensis</i>	*, +	Eu-Médit.	Ep.
<b>3. -Brachystomellidae</b>			
20. <i>Brachystomella curvula</i>	*, +	Eu-Médit.	Ed.
21. <i>Brachystomella parvula</i>	°	Cosm.	H.
22. <i>Brachystomella sp.</i>	*?	Ind.	H.
<b>4. - Neanuridae</b>			
<b>a.- Sous-famille : Frieseinae</b>			
23. <i>Friesea albida</i>	*, +	Eur.	H.



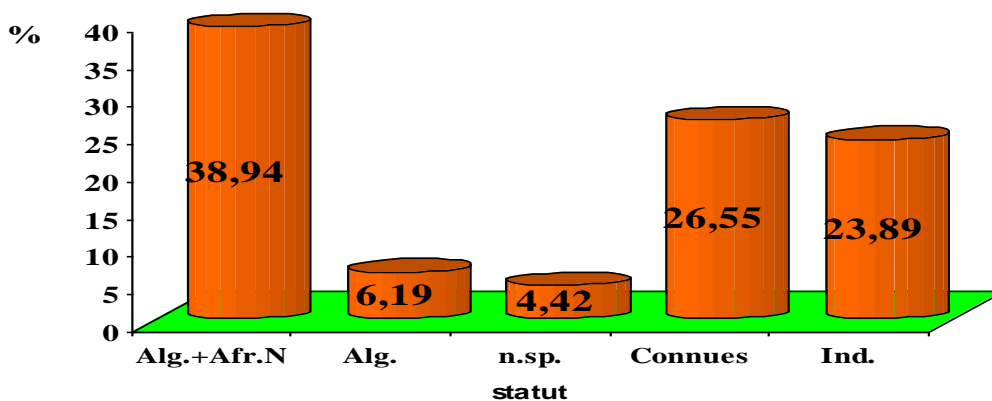
24. <i>Friesea ladeiroi</i>	*, +	Médit.	H.
25. <i>Friesea laouina</i>	<b>n.sp.</b>	End.	H.
26. <i>Friesea oligorhopala</i>	°	Holarc.	H.
27. <i>Friesea mirabilis</i>	*, +	Eur.	H.
28. <i>Friesea cf. steineri</i>	*, +	Medit.	H.
29. <i>Friesea cf. truncata</i>	*, +	Eu-Médit.	H.
30. <i>Friesea cf. mirabilis</i>	*?	Ind.	H.
31. <i>Friesea major</i>	<b>n.sp.</b>	End.	H.
32. <i>Friesea algerica</i>	<b>n.sp.</b>	End.	H.
33. <i>Friesea sp.</i>	*?	Medit.	H.
<b>b.- Sous-famille : Neanurinae</b>			
34. <i>Bilobella aurantiaca</i>	°	Eu-Médit.	H.
35. <i>Bilobella braunerae</i>	*, +	Eur.	H.
36. <i>Deutonura zana</i>	<b>n.sp.</b>	End..	H.
37. <i>Deutonura deficiens meridionalis</i>	*, +	Eu-Médit.	H.
38. <i>Endonura sp.</i>	?	Ind.	
39. <i>Neanurini n.g. cf. Ghirkanura</i>	<b>n.g ?</b>	End..	H.
40. <i>Protanura cf. monticelli</i>	?	Medit.	H.
41. <i>Protanura cf. pseudomuscorum</i>	*?	Médit.	H.
<b>c.- Sous-famille : Pseudachorutinae</b>			
42. <i>Pseudachorutes sp.</i>	* ?	Ind.	H.
43. <i>Pseudachorudina meridionalis</i>	°	Médit	H.
44. <i>Pseudachorutes cf. subcrassus</i>	* ?	Ind.	H.
45. <i>Pseudachorutes parvulus</i>	°	Holarc.	Eu.
46. <i>Pseudachorutella asigillata</i>	*, +	Eu-Médit.	H.
47. <i>Pratanurida boeneri</i>	*, +	Eu-Médit.	H.
48. <i>Micranurida pygmaea</i>	*	Larg.rép.	Eu.
<b>5.- Onychiuridae</b>			
49. <i>Protaphorura armata</i>	°	Larg. rép.	Eu.
50. <i>Protaphorura sp. gr. armata</i>	*?	Ind.	
51. <i>Mesaphorura critica</i>	*	Eur.	Eu.
52. <i>Mesaphorura italica</i>	*, +	Eur.	Eu.
53. <i>Mesaphorura macrochaeta</i>	*, +	Eur.	Eu.
54. <i>Mesaphorura pacifica</i>	*, +	Larg.rép.	Eu.
55. <i>Mesaphorura sp.</i>	*?	Ind.	
56. <i>Doutnacia xerophila</i>	*, +	Larg.rép.	Eu.
57. <i>Onychiurus sp.</i>	*?	Ind.	
<b>II.- ENTOMOBRYOMORPHA</b>			
<b>6.- Isotomidae</b>			
58. <i>Desoria olivacea</i>	°	Holarc.	H.
59. <i>Cryptopygus bipunctatus</i>	°	Eur.	H.
60. <i>Cryptopygus thermophilus</i>	°	Cosm.	H.
61. <i>Cryptopygus sp.</i>	*?	Ind.	
62. <i>Folsomia candida</i>	*	Cosm.	Eu.
63. <i>Folsomia trisetata</i>	*, +	Eur.	H.

64. <i>Folsomia fimetaria</i>	*, +	Larg.rép.	H.
65. <i>Folsomia</i> sp.	*?	Ind.	
66. <i>Folsomides parvulus</i>	* ?	Larg.rép.	Eu.
67. <i>Isotomiella minor</i>	*	Larg.rép.	H.
68. <i>Isotomurus maculatus</i>	*, +	Larg.rép.	H.
69. <i>Isotomurus</i> gr. <i>balteatus</i>	*, +	Larg.rép.	H.
70. <i>Isotomurus</i> cf. <i>fucicolus</i>	*, +	Larg.rép.	H.
71. <i>Isotomurus</i> cf. <i>unifasciatus</i>	*, +	Larg.rép.	H.
72. <i>Isotomurus palustris</i>	°	Larg.rép.	H.
73. <i>Parisotoma notabilis</i>	*, +	Cosm.	H
74. <i>Proisotoma minuta</i>	°	Larg. rép.	H.
75. <i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>	°	End..	H.
76. <i>Proctostephanus</i> sp.	*?	Ind..	
77. <i>Pseudanurophorus isotoma</i>	°	Eu-Médit.	H
78. <i>Tetracanthella pilosa</i>	*, +	Eu-Médit.	H.
79. <i>Tetracanthella</i> sp.	*?	Ind.	
<b>7.- Entomobryidae</b>			
80. <i>Entomobrya albocincta</i>	*, +	Holarc.	A.
81. <i>Entomobrya lanuginosa</i>	*, +	Eu-Médit.	A.
82. <i>Entomobrya</i> sp.	*?	Ind.	A.
83. <i>Heteromurus major</i>	*?	Cosm.	A.
84. <i>Heteromurus nitidus</i>	°	Holarc.	Eu.
85. <i>Lepidocyrtus curvicollis</i>	°	Holarc.	H.
86. <i>Lepidocyrtus fimetarius</i>	*, +	Holarc.	H.
87. <i>Lepidocyrtus ruber</i>	*, +	Eur.	H.
88. <i>Lepidocyrtus</i> cf. <i>flexicollis</i>	*, +	Eur.	H.
89. <i>Orchesella cincta</i>	°	Holarc.	H.
90. <i>Orchesella</i> cf. <i>quinquefasciata</i>	*	Ind.	H.
91. <i>Pseudosinella alba</i>	*, +	Cosm.	H.
92. <i>Pseudosinella albida</i>	*, +	Eur.	H.
93. <i>Pseudosinella octopunctata</i>	*, +	Cosm.	H.
94. <i>Pseudosinella</i> sp.	*?	Ind.	
95. <i>Seira</i> sp.	*?	Ind.	A.
96. <i>Willowsia</i> sp.	*?	Ind.	A.
<b>8. Cyphoderidae</b>			
97. <i>Cyphoderus</i> sp.	*?	Ind.	Eu.
<b>9.- Oncopoduridae</b>			
98. <i>Oncopodura crassicornis</i>	°	Larg.rép.	Eu.
<b>III. SYMPHYPLEONA</b>			
<b>10.- Arrhopalitidae</b>			
99. <i>Arrhopalites subbifidus</i>	*, +	Eur.	H.
<b>11.- Dicyrtomidae</b>			
100. <i>Dicyrtomina saundersi</i>	*, +	Eur.	A.
101. <i>Dicyrtomina ornata</i>	°	Eur.	A.
<b>12.- Katiannidae</b>			

102. <i>Sminthurinus aureus</i>	*,+	Holarc.	H
103. <i>Sminthurinus elegans</i>	*,+	Holarc.	H.
104. <i>Sminthurinus niger</i>	°	Larg.rép.	H.
105. <i>Sminthurinus sp.</i>	*?	Ind.	
<b>13.- Sminthurididae</b>			
106. <i>Sphaeridia pumilis</i>	°	Holarc.	H.
107. <i>Sminthurides aquaticus</i>	*, +	Larg.rép.	H.
<b>14.- Sminthuridae</b>			
<b>a.- Sous-famille : Sminthurinae</b>			
108. <i>Caprainea bremondi</i>	*, +	Eur.	H.
109. <i>Caprainea marginata</i>	°,+	Eu-Médit.	H.
110. <i>Sminthurus viridis</i>	*, +	Cosm.	A.
<b>IV.- NEELIPLEONA</b>			
<b>15.- Neelidae Fol</b>			
111. <i>Megalothorax minimus</i>	°	Larg.rép.	Eu.
112. <i>Neelus murinus</i>	*	Larg.rép.	Eu.
113. <i>Neelus sp.</i>	*?	Ind.	

### 1- Statut des espèces

Nous représentons dans la figure 57, les fréquences relatives en pourcentage, du statut actuel des espèces de Collemboles identifiées.

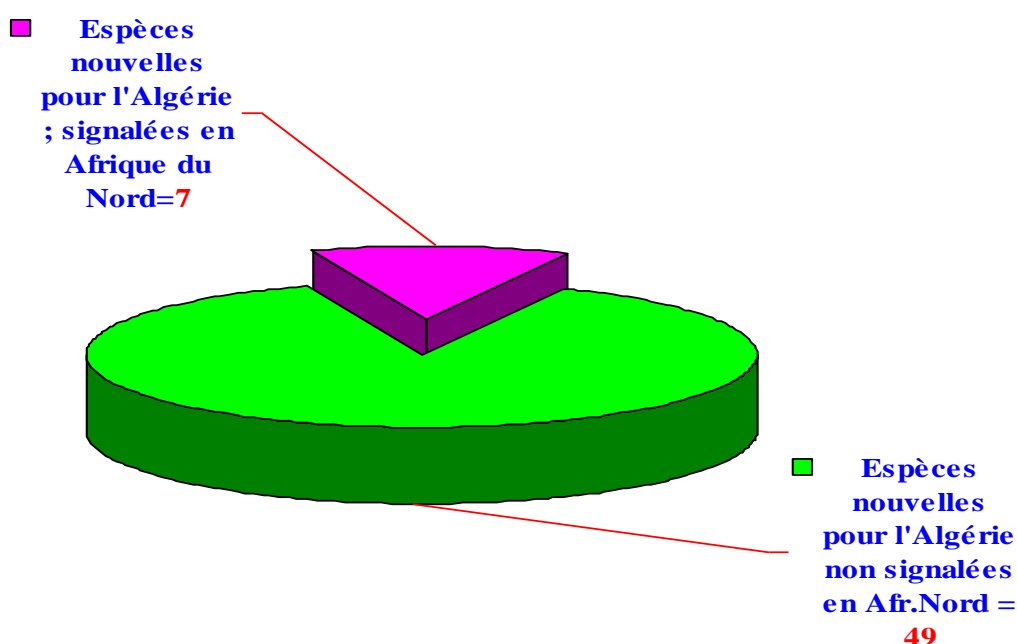


**Fig. 57 : Statut des espèces de Collemboles du Nord-Est algérien en %.**

**Légende :** Alg.+ Afr.N : nouvelle pour l'Algérie et l'Afrique du Nord, Alg. : nouvelle pour l'Algérie, n.sp. : nouvelle pour la science, Ind. : Indéterminée.

Il ressort des résultats du tableau 11, que les espèces déjà connues d'Algérie sont au nombre de 30, soit 26,55 %. Un total de 45 espèces sont nouvelles pour toute l'Afrique du Nord : Algérie, Maroc, Tunisie et Lybie, ce qui représente (38,94%) du total de Collemboles identifiés. Sept espèces sont nouvelles pour l'Algérie, mais signalées au Maroc,

soit 6,19 %. Les espèces nouvelles pour la science décrites dans ce travail sont au nombre de 4, soit 4,42 %, Enfin, les espèces dont l'identification n'est pas encore confirmée sont au nombre de 27 espèces, soit 19,30 %. Sept espèces nouvelles pour l'Algérie, mais déjà connues en Afrique du nord et 49 espèces nouvelles pour l'Algérie ne sont pas signalées en Afrique du Nord, (Fig. 58). La plupart des espèces nouvellement signalées en Algérie sont aussi nouvelles pour l'Afrique du Nord, ce qui montre que l'est algérien a une faune bien différente de celle des pays environnants, en particulier du Maroc qui a été le plus étudié



**Fig. 58 : Proportions d'espèces nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique du Nord**

## **2-Distribution biogéographique (Fig.59).**

**Espèces à large répartition :** Sont au nombre de 25 et représentent 22,12 % : *Ceratophysella denticulata*, *Hypogastrura vernalis*, *Willemia intermedia*, *Axenyllodes bayeri*, *Xenyllodes armatus*, *Superodontella lamellifera*, *Micranurida pygmaea*, *Mesaphorura pacifica*, *Doutnacia xerophila*, *Folsomides parvulus*, *Isotomiella minor*, *Isotomurus maculatus*, *Isotomurus gr. balteatus*, *Isotomurus cf. fucicola*, *Isotomurus cf. unifasciatus*, *Isotomurus palustris*, *Proisotoma minuta*, *Oncopodura crassicornis*, *Sminthurinus niger*, *Sminthurides aquaticus*, *Megalothorax minimus*, *Neelus murinus*.

**Européennes :** Sont au nombre de 17 et représentent 15,04%  
*Ceratophysella gibbosa*, *Mucrella acuminata*, *Friesea albida*, *Friesea mirabilis*, *Bilobella braunerae*, *Mesaphorura critica* *Mesaphorura italica*

*Mesaphorura macrochaeta*, *Cryptopygus bipunctatus*, *Folsomia trisetata*, *Lepidocyrtus rubor*, *Lepidocyrtus cf. flexicollis*, *Pseudosinella albida*, *Arrhopalites subbifidus*, *Dicyrtomina saundersi*, *Dicyrtomina ornaba*, *Caprainea bremondi*.

**Euro-méditerranéennes** : Sont au nombre 13 et représentent 11,50%

*Hypogastrura affinis*, *Odontella vallvidrerensis subalpina*, *Odontella vallvidrerensis vallvidrerensis*, *Brachystomella curvula*, *Friesea cf. truncata*, *Bilobella aurantiaca*, *Deutonura deficiens meridionalis*, *Pseudachorutella asigillata*, *Pratanurida boernerii*, *Pseudanurophorus isotoma*, *Tetracanthella pilosa*, *Entomobrya lanuginosa*

**Holarctiques** : 8 espèces , soit 9,73 % : *Friesea oligorhopala*, *Pseudachorutes parvulus*, *Desoria olivacea*, *Entomobrya albocincta*, *Heteromurus nitidus*, *Lepidocyrtus curvicollis*, *Lepidocyrtus fimetarius*, *Orchesella cincta*, *Sminthurinus aureus*, *Sminthurinus elegans*, *Sphaeridia pumilis*.

**Cosmopolites** : 8 espèces représentant 7,08 % :

*Brachystomella parvula*, *Cryptopygus thermophilus*, *Folsomia candida*, *Parisotoma notabilis*, *Heteromurus major*, *Pseudosinella alba*, *Pseudosinella octopunctata*, *Sminthurus viridis*.

**Endémiques d'Algérie** : 5 espèces , soit 4,42% :

*Friesea laouina*, *Friesea major*, *Friesea algerica*, *Deutonura zana* et *Proctostephanus sancti-augustini*.

Plusieurs taxons, soit 23 espèces représentant 20,35 % du total, n'ont pu être identifiées au rang spécifique car n'ayant été été récoltés qu'en un seul exemplaire.

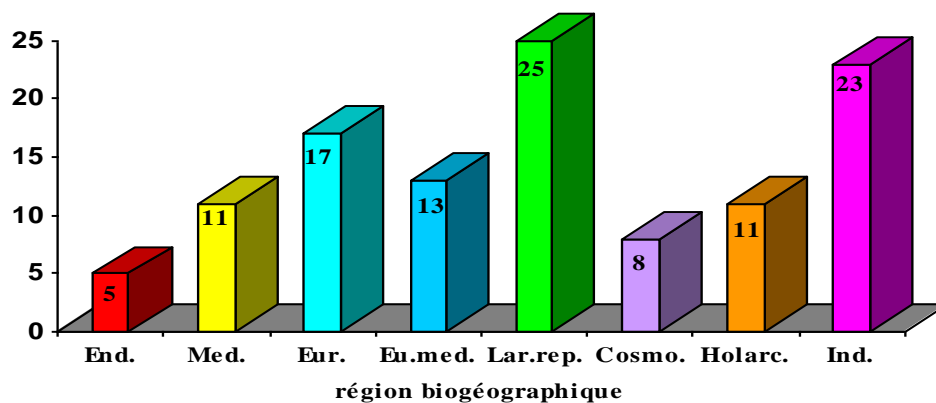


Fig. 59: Appartenance biogéographique des espèces de Collemboles .

### 3- Classification morpho-écologique

Les résultats de la classification des Collemboles en catégories morpho-écologiques sont consignés dans la colonne 3 du tableau 13 et représentés dans la figure 60. La

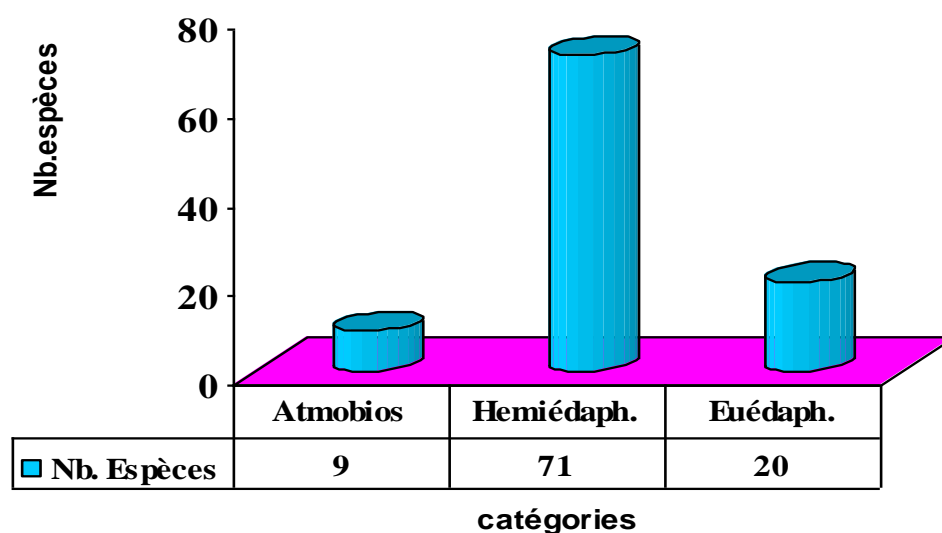
classification utilisée dans le présent travail est celle qui tient compte de l'adaptation morphologique de l'animal en association avec les divers milieux que nous résumons comme suit proposée par Cassagnau (1990) et Palascios-Vergas (2002).

**a-Atmobios (At):** Milieu offrant des conditions de vie de type atmosphérique, hébergeant le peuplement des macrophytes, se caractérisant par avec furca et des antennes longues, pigmentation développée, 8 yeux de chaque côté de la tête.

**b-Hémiédaphiques :** antennes moyennement longues et pigmentation bien développée. Ils se subdivisent en :

- hygrophiles (Hyg.) : avec mucron développé et vivant en milieux humides et
- mésophiles (Mes.) : avec mucron normal, beaucoup de soies à gros apex, sur les tibiotarses, vivant entre la surface du sol et l'humus.
- Xérophiles (Xer.) : avec mucron normal, pigments moins denses, vivant dans les mousses, lichens et écorces.

**c-Euédaphiques :** Peuplement occupant les couches profondes du sol, antennes courtes , furca et yeux réduits ou absents, pas de pigmentation; si elle existe, elle se limite à la sphère oculaire. Parmi les euédaphiques, on rattache , les **troglophiles**, vivant aussi dans le milieu souterrain (grottes).



**Fig.60 : Classification des espèces de Collemboles selon leurs catégories morpho écologique.**

Sur les 100 espèces concernées par la classification morpho écologique, 71 sont considérées comme hémiédaphiques, soit 71 %; 20 sont euédaphiques, soit, 20 % et 9

appartiennent à l'atmobios, soit, 9 %. Il en ressort que ce sont les éléments du biotope hémidaphique et ses annexes qui dominent. Les éléments euédaphiques, vivant dans les couches profondes du sol représentent 20 % et occupent le 2<sup>ème</sup> rang et seulement 9 appartiennent à l'atmobios, milieu offrant des conditions de vie de type atmosphérique.

### III- Dynamique saisonnière d'un peuplement de Collemboles endogés dans un sol de prairie.

Nous présentons dans le tableau 12 les résultats de l'identification des espèces de Collemboles extraits de 180 échantillons de sol, l'effectif total, l'abondance moyenne, son erreur standard et l'abondance relative (%), la variance et le type de distribution spatiale des individus de chaque espèce.

**Tableau 12 : Totaux , moyenne et abondance relative (%) des espèces de Collemboles récoltées dans un sol (ferme pilote d' El-Baaraouia).**

Espèces	Nb.écht.	Total	Moyenn		Variance	Ecart- tyne	Erreur	Distrib.
<i>Cryptopygus thermophilus</i>	180	827	4,59	28,62	11,214	3,349	0,250	Ag
<i>Cryotopygus bipunctatus</i>	180	130	0,72	4,50	1,587	1,260	0,094	Ag
<i>Isotomiella minor</i>	180	110	0,61	3,81	1,334	1,155	0,086	Ag
<i>Folsomides parvulus</i>	180	112	0,62	3,88	1,264	1,124	0,084	Ag
<i>Isotomurus spp,</i>	180	77	0,43	2,66	0,838	0,916	0,068	Ag
<i>Pseudanurophorus isotoma</i>	180	85	0,47	2,94	1,144	1,070	0,080	Ag
<i>Acherontiella bougisi</i>	180	543	3,03	18,79	13,235	3,638	0,272	Ag
<i>Ceratophysellagr denticulata</i>	180	77	0,43	2,66	1,676	1,295	0,097	Ag
<i>Friesea oligorhopala</i>	180	77	0,43	2,66	1,386	1,177	0,088	Ag
<i>Pseudachorutella assigillata</i>	180	52	0,29	1,80	0,620	0,787	0,059	Ag
<i>Brachystomella parvula</i>	180	83	0,46	2,87	1,468	1,212	0,090	Ag
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	180	74	0,41	2,56	2,176	1,475	0,110	Ag
<i>Protaphorura armata</i>	180	356	1,98	12,32	7,519	2,742	0,204	Ag
<i>Heteromurus major</i>	180	37	0,21	1,28	0,455	0,674	0,050	Ag
<i>Pseudosinella alba</i>	180	95	0,53	3,29	1,524	1,235	0,092	Ag
<i>Pseudosinella sp2</i>	180	85	0,47	2,94	1,994	1,412	0,105	Ag
<i>Oncopodura crassicornis</i>	180	69	0,38	2,39	1,277	1,130	0,084	Ag

Total Collemboles		2889	16,05		141,411	11,892	0,886	
Nombre d'espèces		17	5,22		9,802	3,131	0,233	

L'emploi d'une ANOVA à un facteur pour les échantillons prélevés pendant les 12 mois de l'étude (modèle de Winer, 1980) montre que la valeur de F calculée ( 24,74;  $p < .0001$ ) est significative, donc, qu'il existe une variation entre les mois pour les Collemboles extraits au cours de chacun des 12 mois (tableau 13 ).

**Tableau 13 : Analyse de la variance à un facteur pour les Collemboles récoltés pendant les 12 mois.**

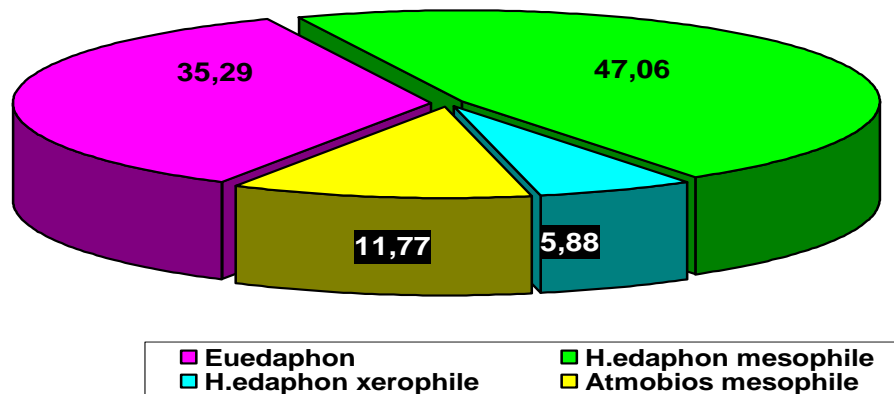
Source de variation	Somme des carrés	dl	F	p
Entre échantillons	<b>862,30</b>	<b>14</b>		
Dans échantillons	<b>24450,165</b>	<b>165</b>		
Mois	<b>1624,75</b>	<b>11</b>	<b>27,74</b>	<b>&lt;.0001</b>
Erreur	<b>8200</b>	<b>154</b>		
Total		<b>179</b>		

Les différences entre les moyennes pour les Collemboles présents au cours des 12 mois de l'étude ont été mesurées par le test non paramétriques de Friedman pour échantillons appariés. Les résultats obtenus montrent que la différence entre les 12 mois est significative ( $F = 40,96$  avec 11 et 154 ddl;  $p < .0001$ ).

### **1.- Composition faunistique et structure du peuplement**

L'étude taxonomique révèle la présence de 17 espèces appartenant à 14 genres. L'ensemble des espèces ici présentes sont nouvelles pour la région de Constantine. La distribution des espèces de Collemboles par catégorie morphoécologique, (Fig.61), révèle la prédominance des éléments hemiéduques avec 52.94 % dont huit espèces sont mésophiles et une seule xérophile (*Cryptopygus thermophilus*). L'élément euédaphique est représenté par six espèces et constitue 35,29 % du total. Le reste des espèces appartient à l'atmobios mésophile : *Heteromurus major* et *Isotomurus sp.*





**Fig. 61 : Classification des espèces de Collemboles (%) par catégories Morphoécologiques présentes dans le sol de la région d'étude**

## 2- Structure du peuplement de Collemboles endogés

Pour obtenir une meilleure approche sur la structure du peuplement de collemboles dans le sol étudié, les paramètres suivants sont calculés:

- a- L'indice de diversité de Shannon et Weaver (1948) :  $H' = - \sum 3P_i \ln P_i$ .
- b- La richesse spécifique selon Margalef :  $R = S - 1 / \ln N$ .
- c- L'uniformité selon Lloyd et Ghelardi, 1964 :  $J = H' / \ln S$ .
- d- La dominance de Simpson (1949) :  $D = 1 / \sum (P_i)^2$ .

[ $P_i$  est l'abondance de l'espèce  $i$ ,  $S$  est le nombre d'espèces, et  $N$  est le nombre d'individus.]

Les résultats de l'étude de la structure du peuplement de Collemboles endogés sont consignés dans le tableau 14 et représentés dans les figures (62, 63, 64, 65)

**Tableau 14 : Paramètres de la structure du peuplement des Collemboles endogés dans un sol agricole.**

mois	Diversité H'	Richesse R	Equitabilité J	Dominance D
J	2,47	16,84	0,87	0,11
F	2,47	16,83	0,87	0,12
M	2,52	16,83	0,31	0,11
A	2,39	16,82	0,84	0,14
M	2,10	16,82	0,74	0,18
J	1,64	10,79	0,68	0,27
J	1,38	6,71	0,71	0,37
A	0,78	4,21	0,43	0,64
S	1,23	7,78	0,59	0,4
O	1,65	9,79	0,72	0,3
N	2,33	16,82	0,82	0,14
D	2,22	16,83	0,78	0,16
Moyenne	<b>1,93</b>	<b>13,09</b>	<b>0,70</b>	<b>0,25</b>

## 2.1- Diversité du peuplement

L'indice de diversité de Shannon représente la quantité d'information, apportée par un échantillon, sur la structure du peuplement et sur la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces qui composent le peuplement et leurs abondances.

L'indice de diversité selon Shannon et Weaver (Fig. 62 ) a été calculé pour les 17 espèces identifiées dans les échantillons pour chacun des 12 mois. La courbe de l'évolution mensuelle (Fig. 62) fait apparaître une diversité qui varie de 0,78 à 2,47 bits. La diversité est plus élevée en période humide (2,33 à 2,52) qui s'étale de novembre à avril. En période de secheresse la diversité diminue sensiblement et descend à 0,78 au mois d'aout. La diversité moyenne du peuplement est faible, elle est de l'ordre de 1,93 bits.

L'évolution mensuelle de l'indice de diversité (en vert) présente la même allure que celle du nombre d'espèces (courbe en rouge).

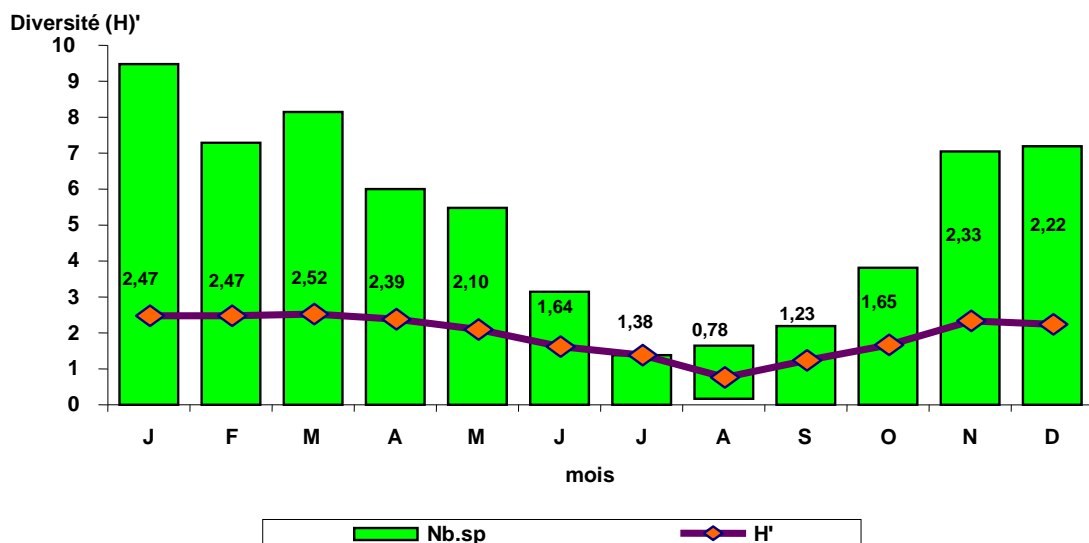


Fig. 62 : Evolution mensuelle de la diversité (H') et du nombre total d'espèces de Collemboles

## 2.2- La richesse spécifique du peuplement

La richesse spécifique (R) selon Margalef a été calculé pour les 12 mois de l'étude, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 63 .

Il ressort que la courbe d'évolution mensuelle de la richesse spécifique laisse apparaître deux périodes :

- L'une correspondant à la période humide de janvier à février et de novembre à décembre où l'on observe une forte richesse spécifique constante de l'ordre de 16,8 bits.
- L'autre correspondant à la période chaude et sèche où l'on observe une faible richesse spécifique; inférieure à 10,8 bits, elle s'étale de juin à octobre. La valeur la plus faible correspond au mois d'aout est égale à 4,2.

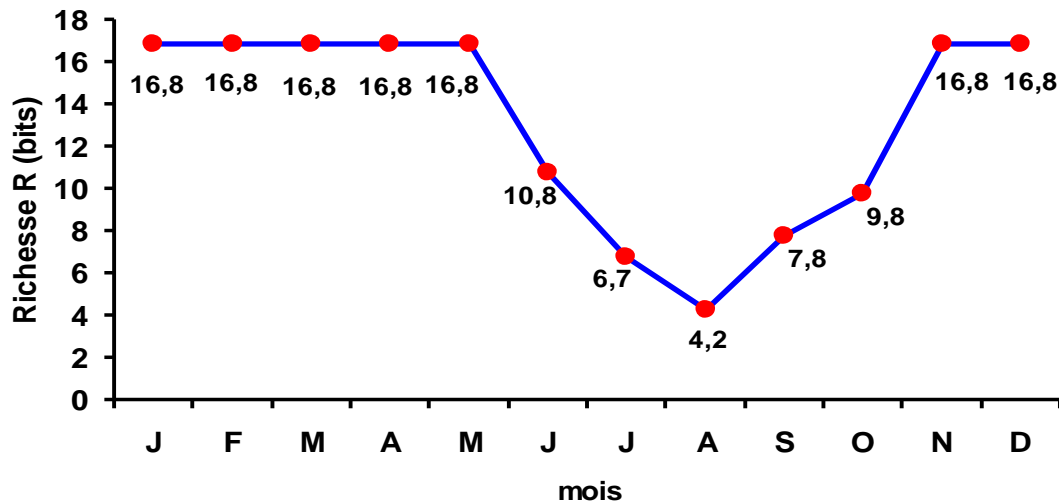


Fig. 63 : Evolution mensuelle de la richesse spécifique (R) des Collemboles endogés dans un sol.

### 2.3- L'Equitabilité (Uniformité) du peuplement

L'uniformité ou équitabilité est le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. Elle s'obtient en divisant l'indice de diversité de Shannon par Log2 de la richesse spécifique. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 64.

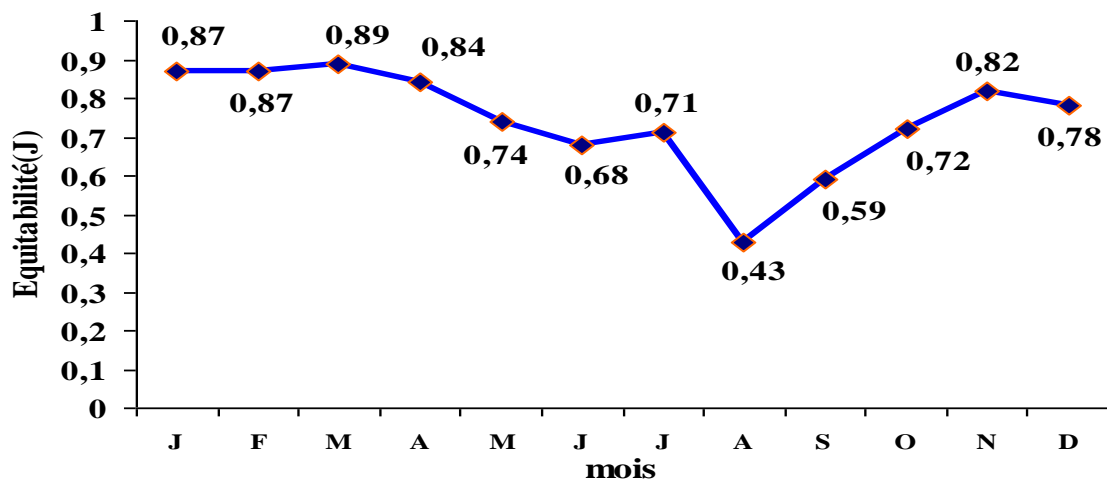


Fig. 64 : Evolution mensuelle de l'équitabilité pour les Collemboles endogés.

L'équitabilité minimale est de l'ordre de 0,43, s'observe au mois de aout. Une forte équitabilité supérieure à 0,80 est observée respectivement aux mois de mars, janvier, février, avril, et novembre. Le reste des mois se caractérisent par une équitabilité qui varie de 0,59 à 0,78.

## 2.4- La dominance du peuplement

Pour suivre l'évolution de la structure du peuplement des Collemboles on a calculé la dominance (D). Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 65.

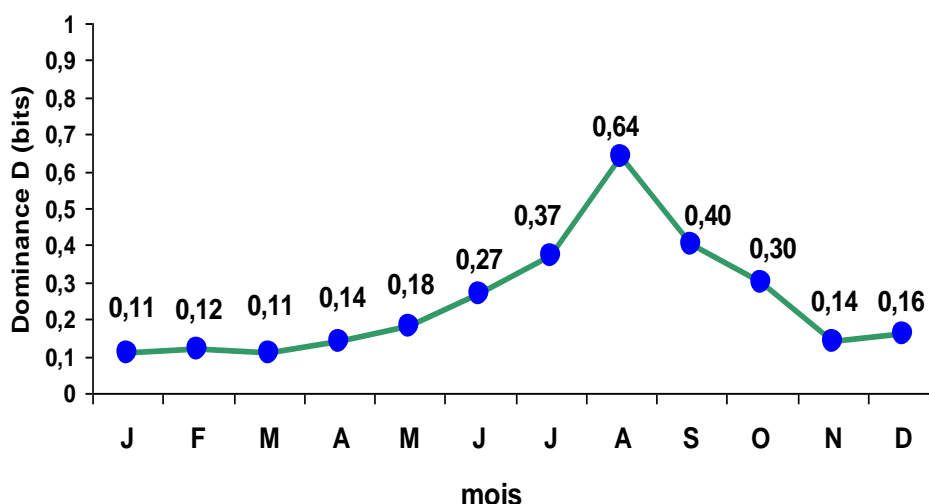


Fig. 65: Evolution mensuelle de la dominance des espèces de Collemboles endogés dans un sol .

On observe que la dominance est inférieure à 0,20 pour les mois de janvier à mai et de novembre à décembre. Elle varie de 0,27 à 0,40 pour les mois de juin, juillet, septembre et octobre. Au mois d'aout on observe une forte dominance de l'ordre de 0,64, ce qui correspond à la dominance d'une seule espèce (*Cryptopygus thermophilus*) sur les autres.

## 3.- Distribution spatiale des individus

La distribution spatiale des individus des espèces récoltées est déterminée par la comparaison entre les valeurs de la variance et la moyenne. Les données du tableau 12 montrent que la variance est supérieure à la moyenne, ce qui indique que les effectifs observés pour toutes les espèces ont tendance à se rassembler en agrégats ou par taches.

Plusieurs indices d'agrégation sont utilisés pour déterminer l'étendue des liens existants entre les individus des différentes espèces ainsi que leur comportement agrégatif. Dans la présente étude nous utilisons l'indice d'agrégation dit de Cancela Da Fonseca : rapport de l'erreur standard de la moyenne ( $S \bar{x}$ ) et la moyenne ( $\bar{x}$ ) conçu et appliqué par son auteur pour l'étude de la composition et la distribution spatio-temporelle des Microarthropodes édaphiques. (Cancela Da Fonseca, 1966).

$$* \text{ Indice de Cancela da Fonseca : } I = S \bar{x} / \bar{x} = s / \bar{x} \sqrt{n}$$

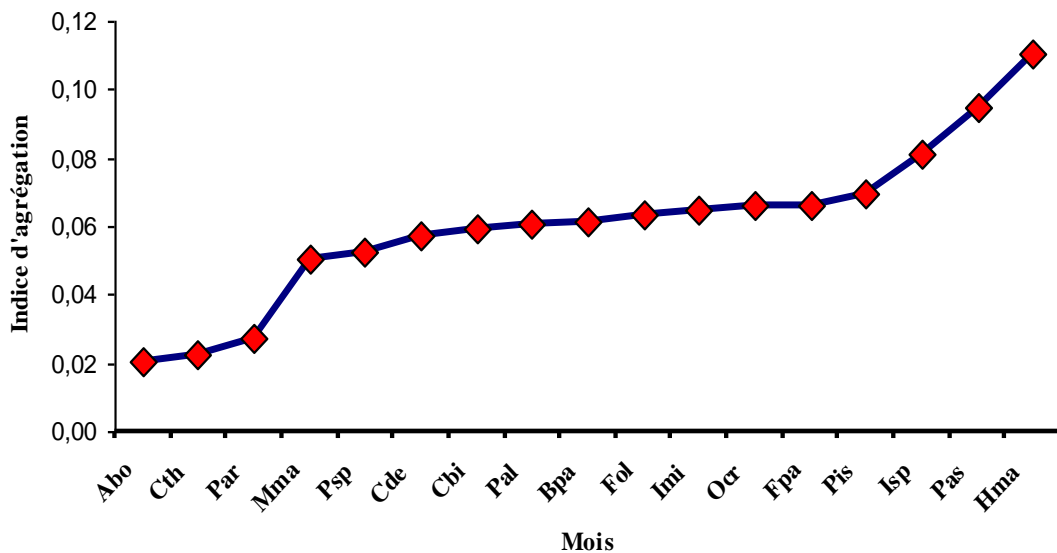
**S** représente l'erreur standard de la moyenne.

Il 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 15)

**Tableau 15 : Indices d'agrégation des espèces de Collemboles endogés dans un sol.**

<b>Espèces</b>	<b><math>I = S \bar{x} / \bar{x} = s / \bar{x} \sqrt{n}</math></b>
<i>Heteromurus major</i>	<b>0,11</b>
<i>Pseudachorutella assigillata</i>	<b>0,09</b>
<i>Isotomurus spp,</i>	<b>0,08</b>
<i>Folsomides parvulus</i>	<b>0,07</b>
<i>Pseudanurophorus isotoma</i>	<b>0,07</b>
<i>Oncopodura crassicornis</i>	<b>0,07</b>
<i>Cryptopygus bipunctatus</i>	<b>0,06</b>
<i>Isotomiella minor</i>	<b>0,06</b>
<i>Ceratophysella gr denticulata</i>	<b>0,06</b>
<i>Friesea oligorhopala</i>	<b>0,06</b>
<i>Brachystomella parvula</i>	<b>0,06</b>
<i>Pseudosinella alba</i>	<b>0,06</b>
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	<b>0,05</b>
<i>Pseudosinella sp2</i>	<b>0,05</b>
<i>Protaphorura armata</i>	<b>0,03</b>
<i>Cryptopygus thermophilus</i>	<b>0,02</b>
<i>Acherontiella bougisi</i>	<b>0,02</b>

L'indice d'agrégation de Cancela da Fonseca varie de 0,02 à 0,11. Les valeurs obtenues sont faibles. (Tableau 15) (Figure 66). Les valeurs plus basses de ces valeurs correspondent à une couverture plus totale du biotope par l'espèce, c'est le cas de *Cryptopygus thermophilus* (0.02) et *Acherontiella bougisi* (0.02). 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 : *Pseudachorutella assigillata* (0.09); *Heteromurus major* (0.11). *C.thermophilus*, *A.bougisi* avec *P.armata* ont tendance à être présentes dans tous les prélèvements; elles couvrent le biotope mieux que les autres espèces.



**Fig. 66 : Indice d'agrégation de Cancela da Fonseca pour les espèces De Collemboles endogés dans un sol.**

La valeur la plus élevée de cet indice est obtenue pour l'espèce *H.major*, celle-ci semble se concentrer dans quelques prélèvements. Le reste des espèces se caractérisent par des indices d'agrégation situés entre les extrêmes.

#### **4.- Evolution mensuelle de l'abondance**

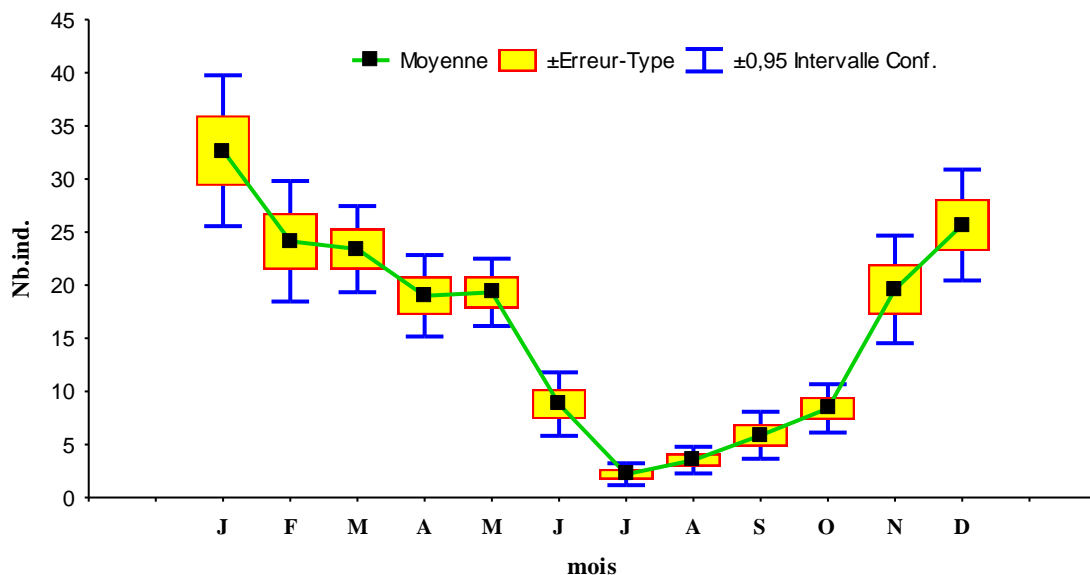
##### **4.1- Total collemboles**

De janvier à décembre 1997 nous avons récolté un total de 2889 Collemboles dans la parcelle d'étude. Le tableau 16, donne le nombre total d'individus extraits des 15 échantillons de sol pour chacun des 12 mois d'étude, l'abondance moyenne et relative (%), le nombre moyen par m<sup>2</sup> et l'erreur standard de l'abondance moyenne

**Tableau 16 : Total, abondance moyenne et relative (%) du total Collemboles.**

Mois	Nb.écha	Total	Moyenne	%	Moy./ m <sup>2</sup>	Err.std.
J	15	490	32,67	16,96	16335	3,312
F	15	362	24,13	12,53	12065	2,646
M	15	351	23,40	12,15	11700	1,892
A	15	285	19,00	9,87	9500	1,789
M	15	290	19,33	10,04	9665	1,479
J	15	132	8,80	4,57	4400	1,395
J	15	33	2,20	1,14	1100	0,480
A	15	53	3,53	1,83	1765	0,584
S	15	88	5,87	3,05	2935	1,032
O	15	126	8,40	4,36	4200	1,059
N	15	294	19,60	10,18	9800	2,362
D	15	385	25,67	13,33	12835	2,437
<b>Moyenne totale</b>		<b>2889</b>	<b>16,05</b>	100,00		

Nous représentons dans la figure 67, l'abondance moyenne mensuelle du total Collemboles et son erreur-type.



**Fig. 67 : Evolution annuelle de la moyenne du total collemboles.**

On peut observer dans la figure 67, que le pic de la plus forte abondance moyenne se situe au mois de janvier, d'une valeur de 32,67 individus/échantillon et représente 16,96 % du total dénombré, tandis que l'abondance la plus faible correspond au mois de juillet est égale à 2,20 individus/échantillon, soit une abondance relative de l'ordre de 1,14 % du total Collemboles récolté. Les abondances moyennes des 12 mois d'étude présentent une

distribution autour de la moyenne totale (16,05) où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs:

- des abondances moyennes se situant au-dessus de la moyenne totale, elles correspondent aux mois de janvier, février, mars, avril et mai.
- des abondances se situant au-dessous de la moyenne totale, elles correspondent aux mois juin, juillet, août, septembre et octobre.

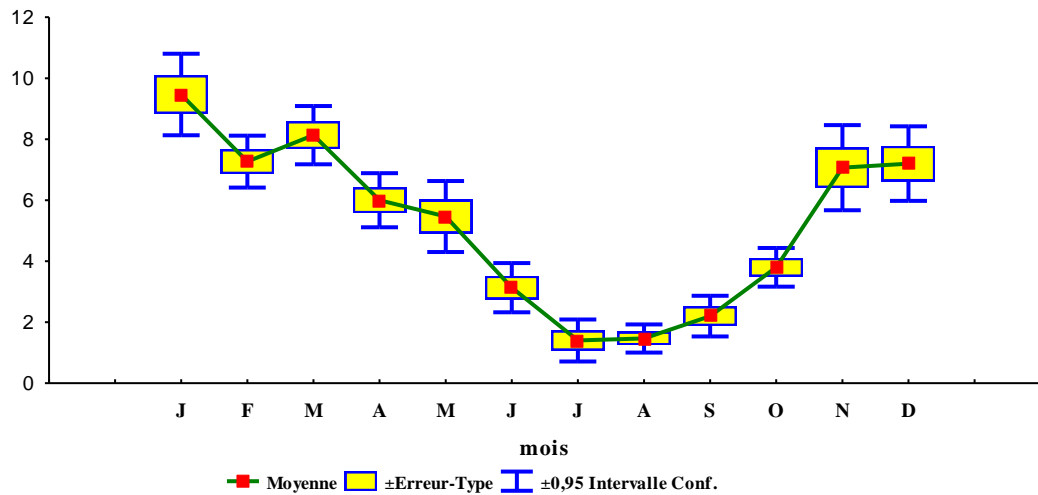
#### 4.2-Nombre d'espèces

Le tableau 17, donne le nombre moyen d'espèces de Collemboles et son erreur type pour les 12 mois de l'étude. Les données du tableau précédent sont représentées dans la figure 68.

**Tableau17 : Evolution mensuelle du nombre moyen d'espèces de Collemboles**

mois	Nb .échant.	Moyenne	Variance	Ecart -type	Erreur
<b>J</b>	15	9,47	5,838	2,416	0,624
<b>F</b>	15	7,27	2,352	1,534	0,396
<b>Mr</b>	15	8,13	2,981	1,727	0,446
<b>Av</b>	15	6,00	2,571	1,604	0,414
<b>M</b>	15	5,47	4,410	2,100	0,542
<b>J</b>	15	3,13	2,124	1,457	0,376
<b>J</b>	15	1,40	1,543	1,242	0,321
<b>A</b>	15	1,47	0,695	0,834	0,215
<b>S</b>	15	2,20	1,457	1,207	0,312
<b>O</b>	15	3,80	1,314	1,146	0,296
<b>N</b>	15	7,07	6,352	2,520	0,651
<b>D</b>	15	7,20	4,886	2,210	0,571
Moy. annuelle		<b>5,22</b>			





**Fig.68: Evolution annuelle du nombre moyen d'espèces de Collemboles Endogés.**

Si l'on analyse l'évolution du nombre moyen d'espèces présentes dans les échantillons (Fig.68), on constate que l'allure de cette courbe présente une similitude avec la courbe de variation du total collemboles (Fig.67). Les pics du nombre d'espèces présentes dans les échantillons correspondent aux mois de janvier (9,47 espèces) suivi du mois de mars avec (8,13 espèces). Les valeurs les plus faibles sont obtenues aux mois de juillet (1,40 espèces) et août (1,47 espèces). Les valeurs mensuelles du nombre d'espèces présentes dans les échantillons de sol présentent une distribution autour de la moyenne annuelle (5,22 espèces) où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs:

- Le premier groupe de valeurs correspond aux mois de janvier, février, mars, avril et mai qui se caractérisent par un nombre d'espèces au-dessus du nombre moyen annuel.
- Le deuxième groupe correspond aux mois de juin, juillet, août, septembre et octobre se caractérisant par un nombre moyen d'espèces au-dessous de la moyenne annuelle.

L'emploi du test de l'analyse de la variance (tableau 18) pour tous les échantillons et les deux variables total Colemboles et nombre moyen d'espèces montre que la valeur de F calculée (32,73 et 510,60) pour le risque  $p < 0,001$  est significative, donc il existe une variation entre les 12 mois par rapport aux nombres moyens du total Collemboles et du nombre moyen d'espèces.

**Tableau 18 : Analyse de la variance pour le total Collemboles et le nombre moyen d'espèces dénombrés au cours de la période d'étude.**

Source de variation	Somme des carrés	ddl	F	p
Entre échantillons	13129,35	179	32,733	< 0,001 ***
Mois	6125,93	11		<0,001 ***
Dans échantillons	10476,02	1		
Nb.sp et Total Coll	4361,11	11	510,60	< 0,001 ***
Totaux	23605,37	12		

\*\*\*  $p \leq 0,001$

F 0,001 ( 179 , 11) = 6,00 ; F 0,001 (1,11) = 19,69

Nous avons employé le test d'ANOVA de Friedman et le coefficient de concordance de Kendall pour étudier et comparer les différences entre les rangs occupés par les différents prélèvements pour le total Collemboles et le nombre moyen d'espèces récoltées par mois. ANOVA de Friedman (N = 15, ddl = 11) = 128,8;  $p < 0,00000$   
Coefficient de Concordance  $w = 0,78$ ; rang moyen  $r = 0,76$ .

Les résultats de l'application du test Anova de Friedman et du coefficient de concordance de Kendall sont consignés dans le tableau 19. Les résultats obtenus nous permettent de classer les mois de la manière suivante selon le rang occupés par les espèces dominantes. Le mois de janvier présente les plus hautes valeurs, il est donc le plus favorable à la présence de la majorité des espèces, 9 espèces dominant. Il est suivi du mois de mars, avec un nombre moyen de 8 espèces dominantes, ensuite viennent les mois de novembre et décembre avec chacun 7 espèces dominantes. Le reste des mois se caractérisent par une dominance réduite due à 1 et 5 espèces. Enfin, les mois de juillet et d'août les moins favorables à l'activité des espèces dans le sol; on y trouve en moyenne, 1 seule espèce dominante : *Cryptopygus thermophilus*

**Tableau 19 : ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le total Collemboles et le nombre d'espèces par mois.**

mois	Rang	Moyenne
J	10,67	9,47
F	9,13	7,27
M	10,07	8,13
A	7,47	6,00
M	7,17	5,47

J	4,20	3,13
J	2,00	1,40
A	1,97	1,47
S	2,93	2,20
O	4,97	3,80
N	8,63	7,07
D	8,80	7,20

## 5.- Facteurs édaphiques et abondance des Collemboles.

Pour étudier l'influence des paramètres édaphiques sur la fluctuation de l'abondance des Collemboles, trois facteurs fondamentaux : teneur en eau , température et porosité du sol ont été mesurés dans le sol d'où sont extraits les Collemboles.

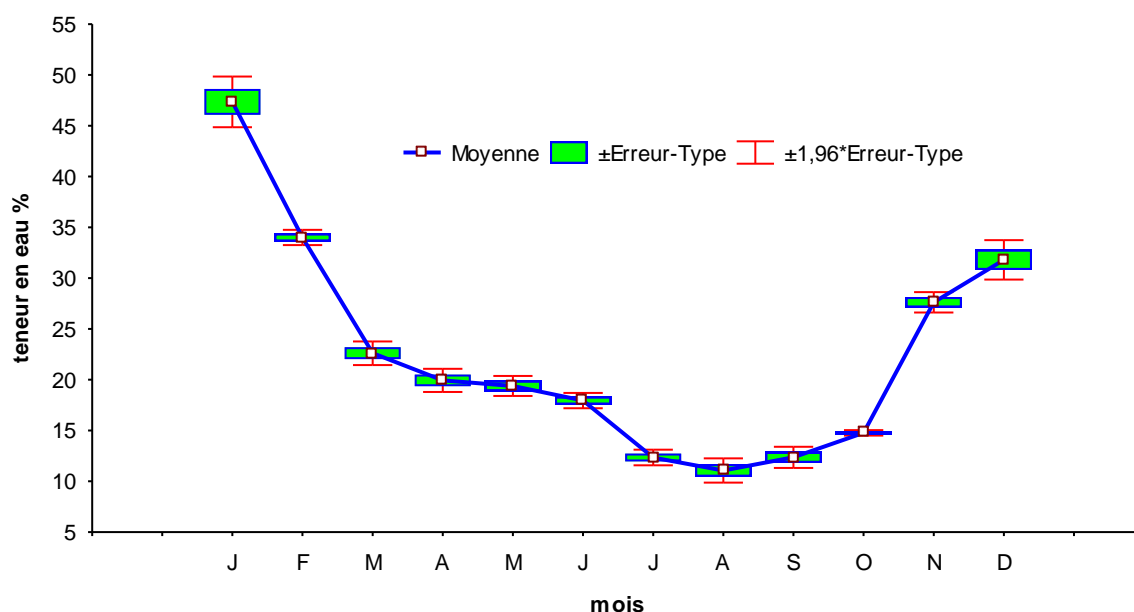
### 5.1- La teneur en eau du sol.

Le tableau 20, donne la variation mensuelle de la teneur en eau (%) moyenne, son écart-type et son erreur-type pour les 12 mois de l'étude.

**Tableau 20 : Evolution mensuelle de la teneur en eau du sol étudié.**

Mois	Nb.échant.	Moyenne %	Variance	Ecart-type	Erreur
J	15	47,36	24,31	4,931	1,273
F	15	34,02	2,186	1,478	0,381
M	15	22,61	5,251	2,291	0,591
A	15	19,94	5,089	2,255	0,582
M	15	19,39	3,776	1,943	0,501
J	15	17,95	2,226	1,492	0,385
J	15	12,35	2,282	1,510	0,390
A	15	11,07	5,577	2,361	0,609
S	15	12,37	4,263	2,064	0,533
O	15	14,77	0,280	0,529	0,136
N	15	27,63	3,934	1,983	0,512
D	15	31,81	14,72	3,837	0,990
Moy. annuelle		22,61			

Nous représentons dans la figure 69, la courbe de variation mensuelle de la teneur en eau du sol.



**Fig. 69 : Variation mensuelle de la teneur en eau du sol .**

La figure 69, montre que la teneur en eau la plus élevée correspond à celle du mois de janvier, soit **47,36 %**, tandis que la teneur la plus faible est celle du mois de aout (**11,07 %**). Les valeurs de teneur en eau du sol obtenues présentent une distribution autour de la moyenne annuelle (**22,61%**) où l'on constate 3 groupes:

- Les teneurs en eau des mois de janvier, février, novembre et décembre sont situées au-dessus de la moyenne totale.
- Les teneurs en eau du sol des mois d'avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre se situent au-dessus de la moyenne annuelle.
- La teneur en eau du sol enregistrée au mois de novembre coïncide exactement avec la valeur de la moyenne annuelle.

## 5.2- La porosité totale du sol

Nous donnons dans le tableau 21, les résultats des mesures de la variation mensuelle moyenne de la porosité totale du sol, sa variance, son écart-type et son erreur type.

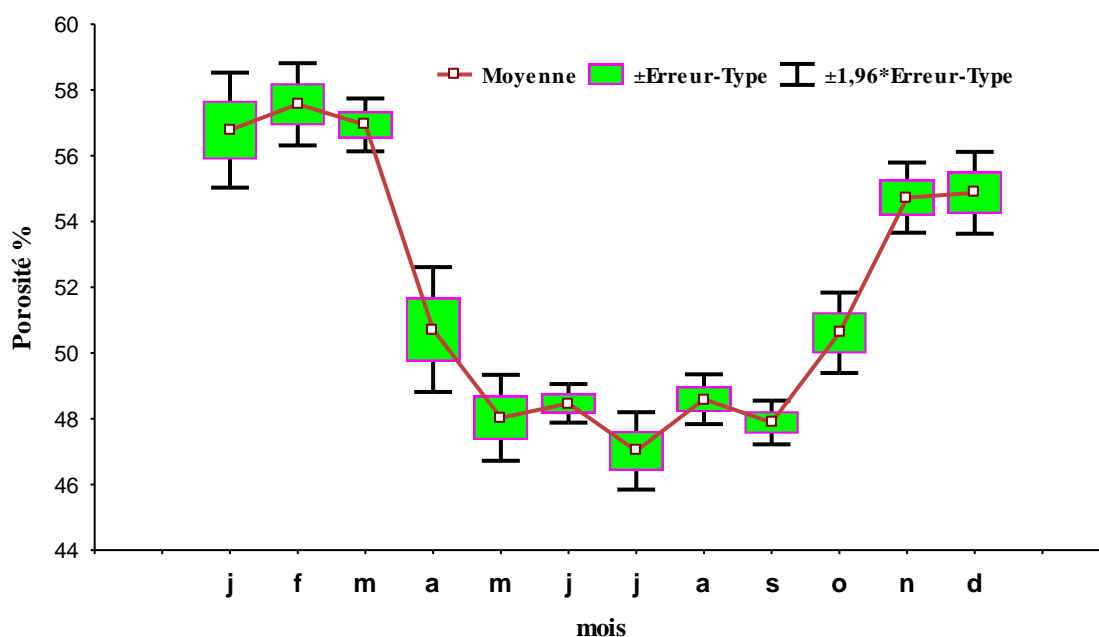
**Tableau 21 : Variation mensuelle de la porosité (%) moyenne du sol.**

mois	Nb.échant.	Moyenne	Variance	Ecart-type	Erreur
J	15	56,78	11,953	3,457	0,893
F	15	57,57	6,122	2,474	0,639
M	15	56,94	2,51829	1,587	0,410
A	15	50,71	14,057	3,749	0,968
M	15	48,03	6,671	2,582	0,667
J	15	48,47	1,338	1,157	0,299
J	15	47,02	5,413	2,317	0,601
A	15	48,59	2,232	1,494	0,386
S	15	47,89	1,733	1,316	0,340
O	15	50,61	5,841	2,417	0,624
N	15	54,73	4,443	2,108	0,544
D	15	54,87	6,061	2,462	0,636
<b>Moyenne annuelle</b>		<b>51,85</b>			

L'évolution mensuelle de la porosité totale moyenne et du total Collemboles sont représentés dans la figure 70.

La porosité totale mesurée dans une fraction de sol destiné à l'extraction des Collemboles montre de faibles fluctuations tout au long de la période étudiée. On peut observer dans la figure 70, que les plus fortes valeurs de la porosité se situent au mois de février (**57,57%**), tandis que la plus faible porosité est enregistrée au mois de juillet (**47,02%**). Les valeurs de la porosité présente une distribution autour de la moyenne annuelle (**51,85 %**) où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs:

- des valeurs se situant au-dessus de la moyenne, elles correspondent aux mois de janvier, février, mars, novembre et décembre.
- des valeurs qui se situent au-dessous de la moyenne annuelle, elles correspondent aux mois de avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre.



**Fig. 70: Evolution mensuelle de la porosité moyenne (%).**

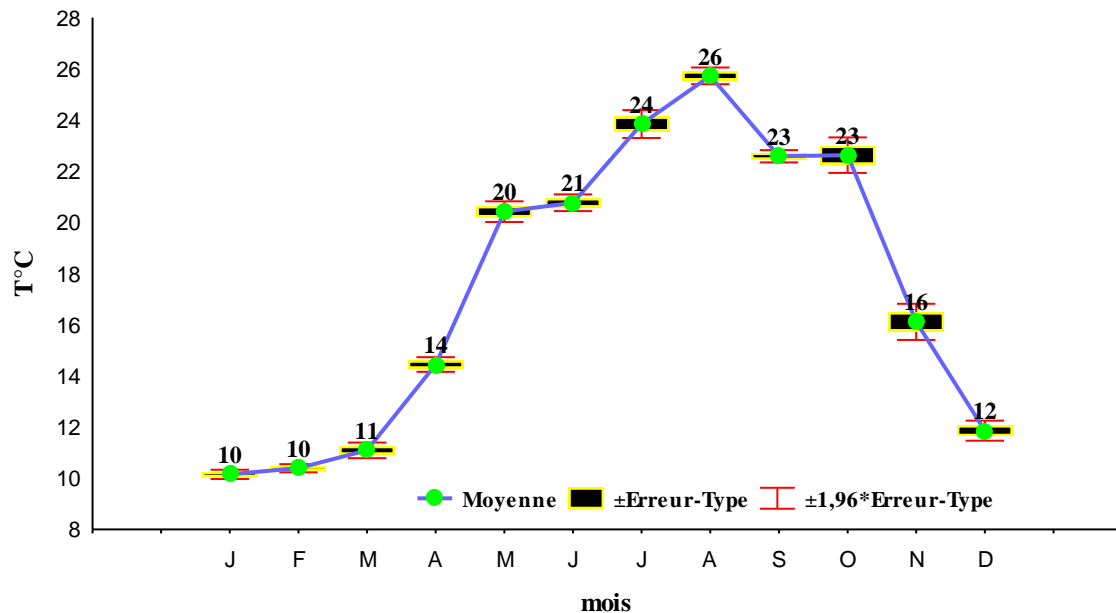
### 5.3- La température du sol

Les résultats obtenus tout au long de la période étudiée sont consignés dans le tableau 22. En plus de la moyenne mensuelle de la température en °C, sont représentées aussi la variance, l'écart-type et l'erreur-type de la moyenne. L'évolution mensuelle de la température moyenne du sol d'où sont extraits les Collemboles est représentée dans la figure 71.

**Tableau 22 : Evolution mensuelle de la température moyenne (°C) du sol.**

mois	Nb. éch.	Moyenne	Variance	Ecart-type	Erreur
J	15	10,15	0,124	0,352	0,090
F	15	10,39	0,099	0,315	0,081
M	15	11,09	0,363	0,602	0,155
A	15	14,45	0,322	0,568	0,146
M	15	20,42	0,637	0,798	0,206
J	15	20,77	0,415	0,644	0,166
J	15	23,85	1,161	1,077	0,278
A	15	25,73	0,412	0,641	0,165
S	15	22,59	0,222	0,471	0,121
O	15	22,63	1,867	1,366	0,352
N	15	16,11	1,948	1,395	0,360
D	15	11,86	0,594	0,770	0,198

Température moy.annuelle		17,50			
--------------------------	--	-------	--	--	--



**Fig. 71 : Variation mensuelle de la température du sol d'étude.**

Quand on observe l'allure de la courbe d'évolution de la température moyenne on constate que le pic des plus fortes températures se situe au mois de août (25,73 °C), tandis que la température moyenne la plus basse est mesurée au mois de janvier (10,15C°). Les températures moyennes mensuelles présentent une distribution autour de la moyenne annuelle (17,50 °C) où l'on peut distinguer deux périodes:

- période à température qui se situe au-dessus de la moyenne annuelle, elle correspond aux mois de mai, juin, juillet, août, septembre et octobre.
- période à température se situant au-dessous de la moyenne annuelle, elle correspond aux mois de janvier, février, mars, avril, novembre et décembre.

L'emploi du test d'Anova / Manova générale pour analyser les effets principaux des 12 mois et les trois facteurs édaphiques (teneur en eau, porosité et température du sol) (tableau 23), montre que la valeur de F calculée pour les trois variables au niveau de signification  $p = 0,0001$  est de l'ordre suivant: 39,26;  $p < 0,05$  pour la teneur en eau, 20,74;  $p < 0,05$  pour la porosité et 49,39;  $p < 0,05$  pour la température.

Les valeurs calculées de F sont significatives, donc il existe une variation entre les différents mois par rapport aux facteurs édaphiques fondamentaux mesurés dans le sol d'étude.

**Tableau 23 : Classification d'Anova/ Manova générale pour les facteurs édaphiques et les mois .**

Source de variation	Somme des carrés "Effets"	ddl	Moyenne des carrés	Somme des carrés "Erreur"	ddl	Moyenne des Carrés	F	p<0,05
<b>Teneur en eau %</b>	<b>11365,579</b>	<b>12</b>	<b>1894,263</b>	<b>9113,355</b>	<b>173</b>	<b>52,678</b>	<b>39,264</b>	<b>0,000***</b>
<b>Porosité</b>	<b>1477,816</b>	<b>12</b>	<b>246,303</b>	<b>2162,116</b>	<b>173</b>	<b>12,498</b>	<b>20,742</b>	<b>0,000***</b>
<b>T°C</b>	<b>3546,250</b>	<b>12</b>	<b>591,042</b>	<b>2086,479</b>	<b>173</b>	<b>12,061</b>	<b>49,395</b>	<b>0,000***</b>

\*\*\* p < 0,001 très significatif

F 0,001 (12, 173) = 2,74

## 6.- Analyse factorielle des correspondances

Pour étudier les effets probables des trois facteurs édaphiques (teneur en eau, température et porosité du sol) sur la variation saisonnière de l'abondance des Collemboles nous avons réalisé une analyse factorielle des correspondances (AFC) et des mesures de corrélation (corrélation de rang de Spearman). Le but de l'analyse est de mettre en évidence les gradients liés à l'alternance de saisons sèches et chaudes et de saisons froides et humides et leur influence sur les abondances des différentes espèces de Collemboles.

### a- Transformation des variables actives

Les variables actives ou principales sont les abondances des différentes espèces de Collemboles, les trois facteurs édaphiques, l'abondance totale et la richesse spécifique. Elles sont transformées de façon à rendre les coordonnées factorielles proportionnelles aux contributions. Chaque variable est transformée en soustrayant aux valeurs brutes leur moyenne, puis en divisant le résultat par l'écart-type, et en ajoutant 20 de façon à rendre tous les nombres positifs. Ainsi les données sont centrées, réduites puis ajoutées à 20. La moyenne est alors, pour toutes les variables, égale à 20 et leur écart-type à 1.

### b- Analyse proprement dite:

#### b.1- espèces x échantillons



Les variables centrées réduites servent à la construction d'un système d'axes factoriels, espaces dans lesquels échantillons et variables sont projetés simultanément (par souci de lisibilité on a pas projeté la totalité des 180 relevés). Deux axes, Axe 1 et Axe 2, chacun de ces axes extrait une partie de la variance totale, soit **19,4 %** pour le 1<sup>er</sup> axe et **9,3 %** pour le second (Fig.72). La projection a lieu dans le plan des deux premiers axes, ce qui représente en tout **28,7 %** de la variance totale des données, somme de toutes les variances.

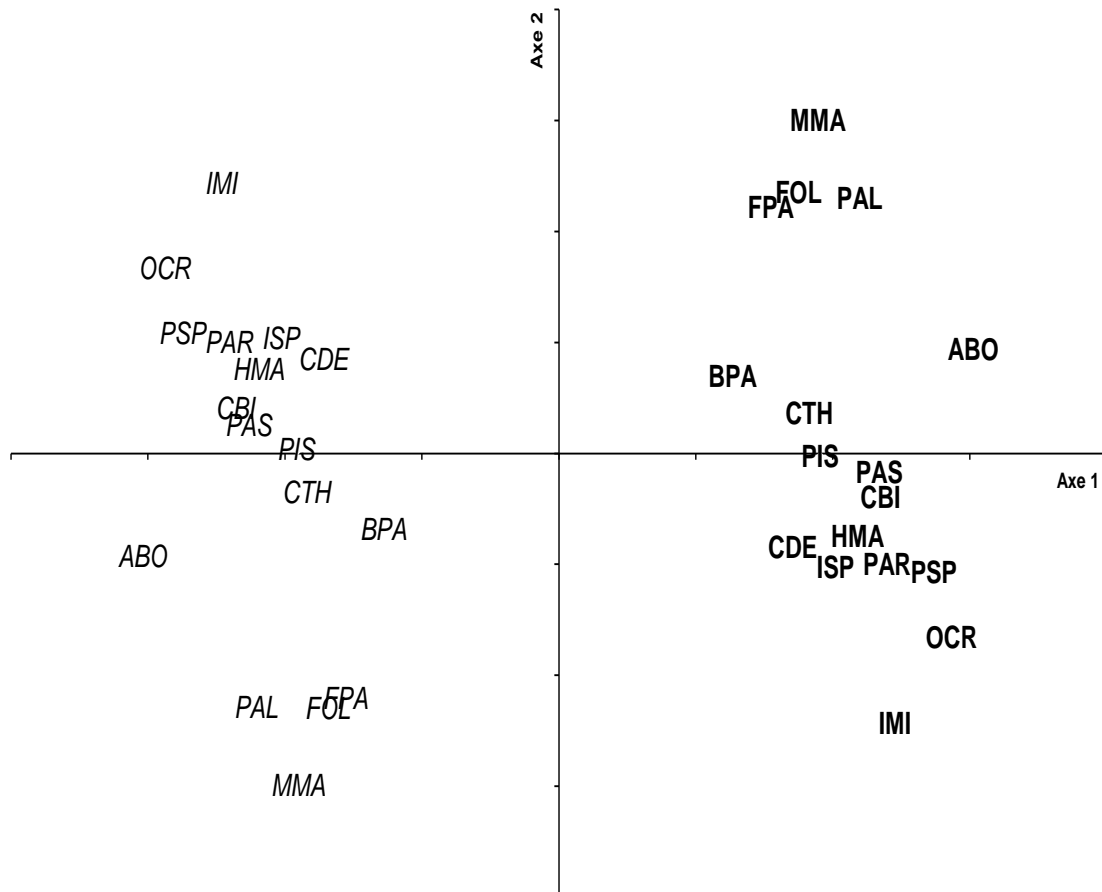
Pour faire apparaître un éventuel gradient dans l'abondance globale du peuplement de Collemboles, chaque espèce a été dédoublée, de façon à faire apparaître à la fois les valeurs fortes (marquées en gras sur les graphiques) et les valeurs faibles (marquées en italique). Le dédoublement s'opère en complétant les valeurs de base transformées (centées réduites) à 40. La moyenne des nouvelles variables est égale à 20 et leur écart-type à 1. Pour chaque espèce il y a donc deux variables, l'une qui traduit l'abondance de l'espèce (la projection du point correspondant indique les valeurs fortes de l'abondance), l'autre qui traduit l'inverse de l'abondance (la projection du point correspondant indique les valeurs faibles de l'abondance).

La projection des espèces dans le **graphique 1** (fig.72), on observe qu'il y a un gradient entre les valeurs fortes et les valeurs faibles:

- l'axe 1 sépare d'un côté toutes les valeurs fortes (à droite dans le plan ) du côté positif de l'axe et de l'autre côté toutes les valeurs faibles.
- l'axe 2 exprime des variations dans la composition spécifique, avec du côté positif de cet axe vers le haut, les points des espèces (représentés par des codes) **MMA, FOL, FPA, PAL** qui s'opposent à **IMI** et **OCR**, les autres espèces ayant des coordonnées intermédiaires.

#### **Code des espèces:**

CTH: *Cryptopygus thermophilus*, CBI: *Cryptopygus bipunctatus*, IMI: *Isotomiella minor*,  
 FPA: *Folsomides parvulus*, ISP: *Isotomurus spp.*, PIS: *Pseudanurophorus isotoma*,  
 ABO: *Acherontiella bougisi*, FOL: *Friesea oligorhopala*, PAS: *Pseudachorutella assigillata*  
 BPA: *Brachystomella parvula*, MMA: *Mesaphorura macrochaeta*, PAR: *Protaphorura armata*,  
 HMA: *Heteromurus major*, PAL: *Pseudosinella alba*, PSP: *Pseudosinella sp2*, OCR: *Oncopodura crassicornis*



**Fig.72:Représentation graphique de l'Analyse Factorielle des Correspondances espèces x prélèvements**

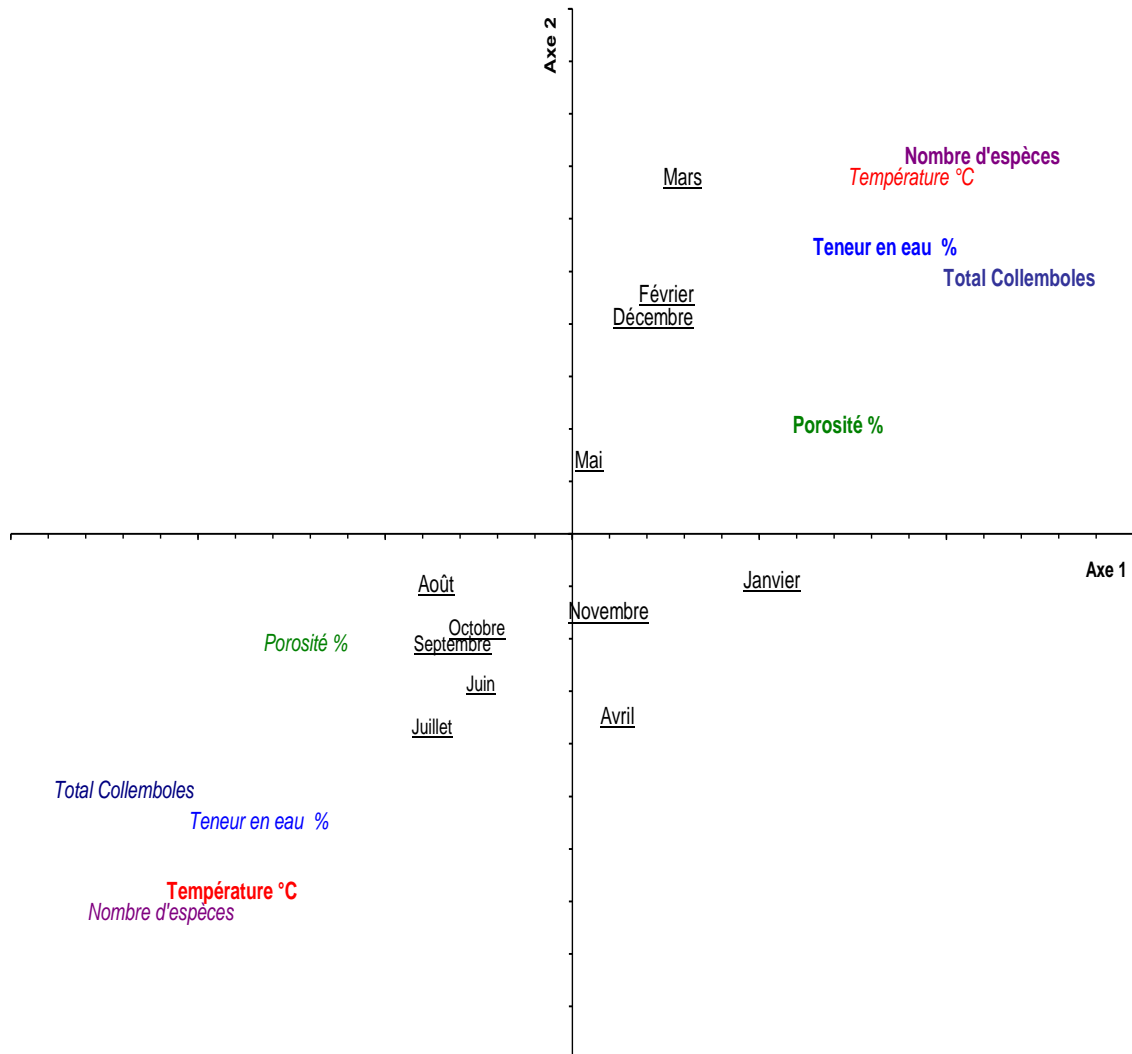
On en conclut que l'axe 1 représente donc un facteur qui agit globalement sur l'abondance du peuplement de Collemboles, toutes espèces confondues. Il en ressort qu'il y a un gradient d'abondance entre les espèces.

La représentation graphique sur les axes 1 et 2 des résultats de l'analyse factorielle des correspondances permet de rapporter les abondances des 17 espèces selon un gradient de variation: valeurs fortes en caractères gras et valeurs faibles en caractères normaux.

**b.2- Abondances x facteurs du milieu**

Après avoir établi la présence d'un gradient d'abondance: valeurs fortes et valeurs faibles, on cherche à relier ces variations à des facteurs du milieu en utilisant les variables qui ont été mesurées et les dates d'échantillonnage (les mois). Pour cela on applique les mêmes transformations d'une part pour les nouvelles variables actives: l'abondance totale des Collemboles, leur richesse spécifique, la teneur en eau, la température et la porosité et d'autre part les variables supplémentaires passives; les 12 mois qui n'influencent pas l'analyse, ils ont une contribution nulle mais permettent d'expliquer les axes factoriels.

La projection des mois, de l'abondance totale des Collemboles, la richesse spécifique, la teneur en eau, la température et la porosité du sol dans le plan des axes 1 et 2, **graphique 2**, (fig.73), montre que l'axe 1 sépare:



**Fig.73: Représentation graphique de l'Analyse Factorielle des Correspondances  
: Facteurs édaphiques x mois**

- du côté des valeurs négatives, les mois secs, chauds, et pauvres en collemboles: température élevée, teneur en eau faible, porosité faible, faible abondance et richesse spécifique réduite du peuplement. Toutes les valeurs faibles sont imprimées en caractères normaux sur la figure 73.

- du côté des valeurs positives, les mois humides, froids et riches en Collemboles: forte teneur en eau, température basse, porosité élevée, forte abondance et richesse spécifique élevée. L'axe 2 du même graphe ne correspond à aucun des paramètres mesurés, remarquons qu'il est étiré considérablement dans le graph 1 par rapport à graph 2, pour améliorer la lecture. Toutes les valeurs fortes sont imprimées en caractères normaux sur la figure 73.

Il en ressort que l'axe 1 exprime des variations saisonnières et l'axe 2 exprime des variations non saisonnières, liées soit à l'hétérogénéité du terrain, soit à des interactions entre espèces. Au total l'axe 2 est très secondaire par rapport à l'axe1, comme l'expriment les pourcentages de variance extraits (Axe1=19,4 % ; Axe = 9,3 %). Le test d'indépendance entre les lignes (échantillons) et les colonnes actives (variables : espèces et facteurs du milieu) du tableau de contingence est significative comme le montre la valeur observée du khi<sup>2</sup> (ddl = 5907) : 304.27. Le test étant unilatéral, la prévalue (1.000) est comparée au seuil de signification : alpha = 0.050. La valeur critique du khi<sup>2</sup> (ddl = 5907) : 6086.95. On en conclut qu'au seuil de signification alpha = 0.050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'indépendance entre les lignes et les colonnes.

L'application du calcul du coefficient de corrélation de Spearman aux résultats de l'AFC, les résultats du calcul (tableau 24), ci-dessous, montre que L'axe 1, qui représente un facteur synthétique traduisant les caractéristiques générales du peuplement de Collemboles, est fortement corrélé avec la teneur en eau, la température, la porosité, l'abondance totale et la richesse spécifique du peuplement.

**Tableau 24: Coefficients de corrélation de Sperman de l'AFC.**

SPEARMAN	AXE 1	AXE 2
Teneur en eau %	<b>0.786 (P &lt; 0.001)</b>	<b>0.156 (P &lt; 0.05)</b>
Porosité %	<b>0.598 (P &lt; 0.001)</b>	<b>0.034 (N.S.)</b>
Température	<b>-0.792 (P &lt; 0.001)</b>	<b>-0.151 (P &lt; 0.05)</b>
Total Collemboles	<b>0.974 (P &lt; 0.001)</b>	<b>0.194 (P &lt; 0.01)</b>
Nombre d'espèces	<b>0.946 (P &lt; 0.001)</b>	<b>0.166 (P &lt; 0.05)</b>

Les résultats obtenus par le calcul du coefficient de corrélation de rang de Spearman montrent qu'il y a une forte corrélation entre, d'une part l'abondance totale et la richesse spécifique des Collemboles, et d'autre part la température, l'humidité et la porosité comme le montre le tableau ci-dessous.

**Tableau 25 : Coefficients de corrélation de Sperman.**

Spearman	Total Collemboles	Nombre d'espèces
Teneur en eau %	<b>0.782 (P &lt; 0.001)</b>	<b>0.784 (P &lt; 0.001)</b>
Porosité %	<b>0.565 (P &lt; 0.001)</b>	<b>0.623 (P &lt; 0.001)</b>
Température °C	<b>-0.769 (P &lt; 0.001)</b>	<b>-0.782 (P &lt; 0.001)</b>

## 6.1- Courbes de regression

### 6.1.1- Total Collemboles x facteurs du milieu

Si l'on trace la droite de regression entre le total Collemboles et la teneur en eau du sol (figure 74), on observe une valeur du coefficient de détermination  $R^2 = 0,54$ , on en conclut qu'environ **50 %** des effectifs totaux des Collemboles sont liés à la teneur en eau du sol. L'emploi du test de significativité montre que F calculé 188,19 pour ddl (1, 178);  $p < 0.0000$ , est hautement significatif, autrement dit il existe une liaison entre les deux variables.

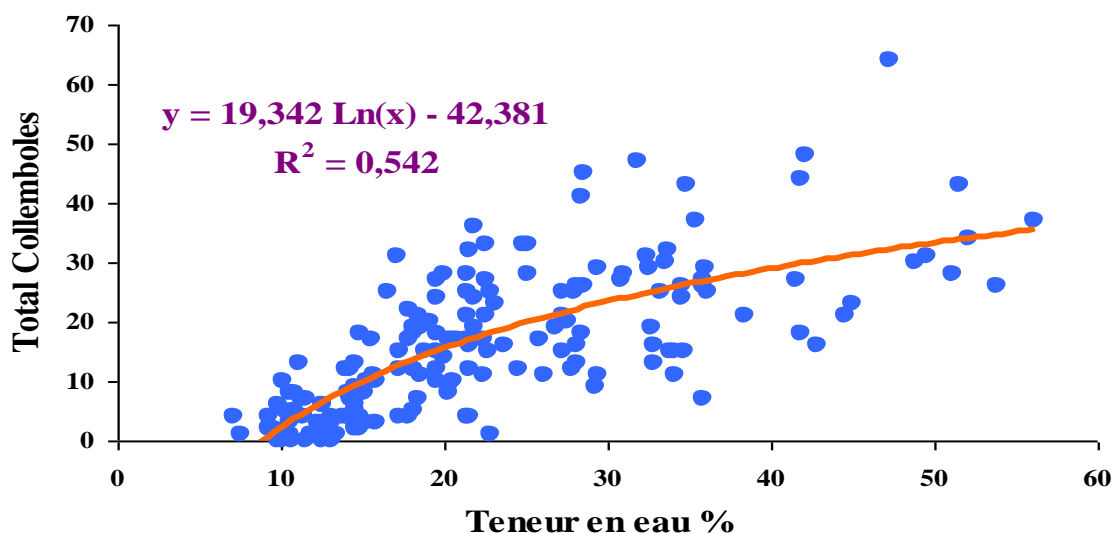


Fig. 74 : Droite de regression entre le total Collemboles et la teneur en eau du sol.

De la même manière, la droite de regression entre le total Collemboles et la température (fig.75), montre un coefficient de détermination  $R^2 = 0,56$ , donc **56 %** des effectifs de Collemboles sont liés à la température du sol. L'application du test de significativité de la liaison révèle que F calculé 125,45 pour ddl (1, 178);  $p < 0.0001$ , est très significatif, donc il existe une liaison entre les deux variables.

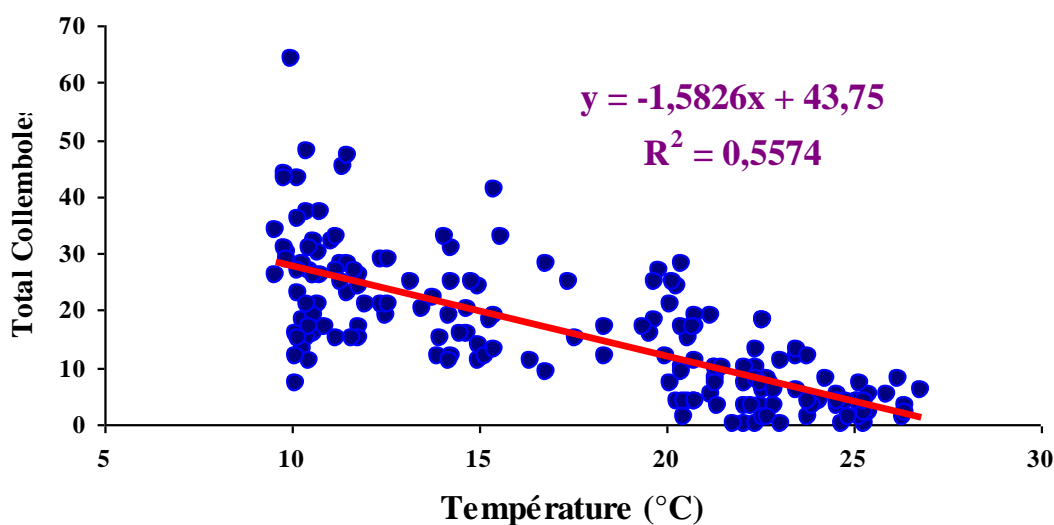


Fig. 75 : Courbe de regression entre le total Collemboles et la température du sol.

Enfin la courbe de regression entre le total Collemboles et la porosité du sol (figure 76), donne un coefficient de détermination  $R^2 = 0,32$ , soit donc 32 % des effectifs de Collemboles sont liés à la porosité du sol. Les résultats du test de significativité donne une valeur calculée de F de l'ordre de 82,37 pour une ddl (1, 178);  $p < .00000$ , significative, donc il ya une liaison entre les deux variables.

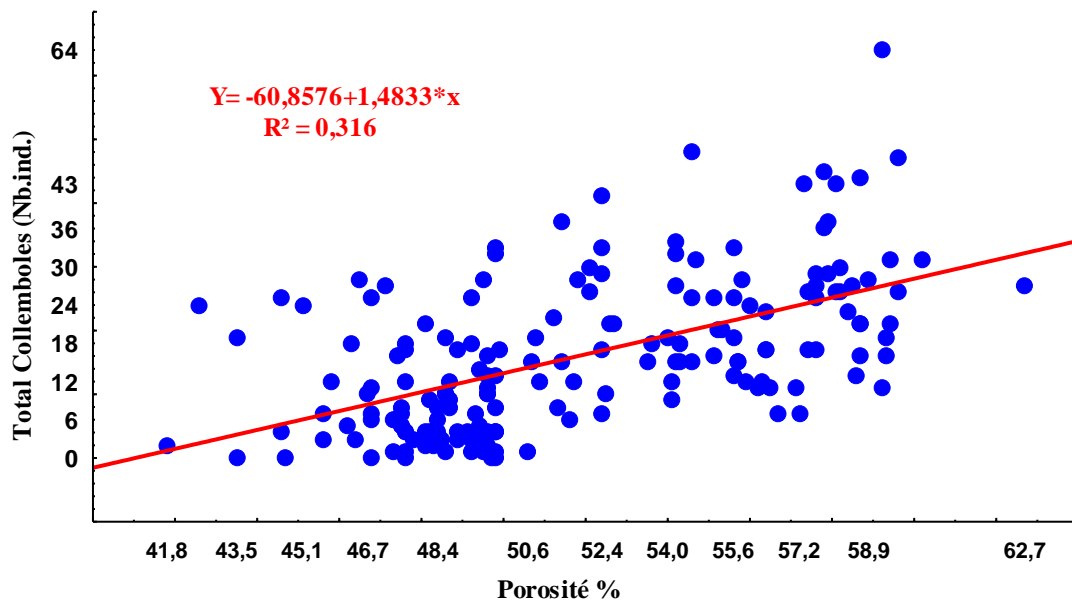


Fig. 76 : Courbe de regression entre le total Collemboles et la porosité du sol.

### 6.1.2- Richesse spécifique x facteurs du milieu

Nous représentons dans la figure 77, la droite de regression entre la richesse spécifique (nombre d'espèce) et la teneur en eau du sol. Le coefficient de détermination est de l'ordre de 0,513 ce qui nous permet de souligner que 51,30 % de la richesse spécifique est lié à la teneur en eau du sol. L'emploi du test d'Anova montre que la valeur de F calculée (187,76;  $p < 0,0000$  et ddl (1,178) est significative, donc, il existe une liaison entre les deux variables.

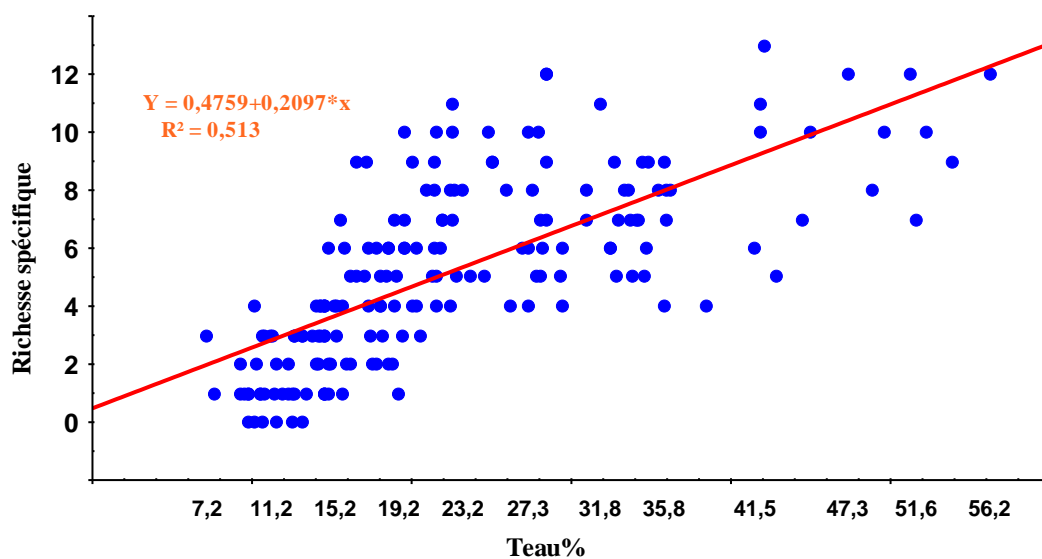


Fig. 77: Courbe de regression entre la richesse spécifique et la teneur en eau du sol

De même, la droite de regression entre la richesse spécifique et la porosité du sol (fig.78), révèle un coefficient de détermination d'une valeur de  $r^2 = 0,380$  et un coefficient de corrélation  $r = 0,623$ ,  $p = 00,0000$ . Ces résultats nous permettent de souligner que **38 %** de la richesse spécifique est liée à la porosité du sol. Les résultats de l'emploi du test d'Anova montrent que la valeur de F calculée (109,32; ddl (11, 178);  $p < 0,0000$ ) est significative, donc, il existe une liaison entre le nombre d'espèces et la porosité du sol.

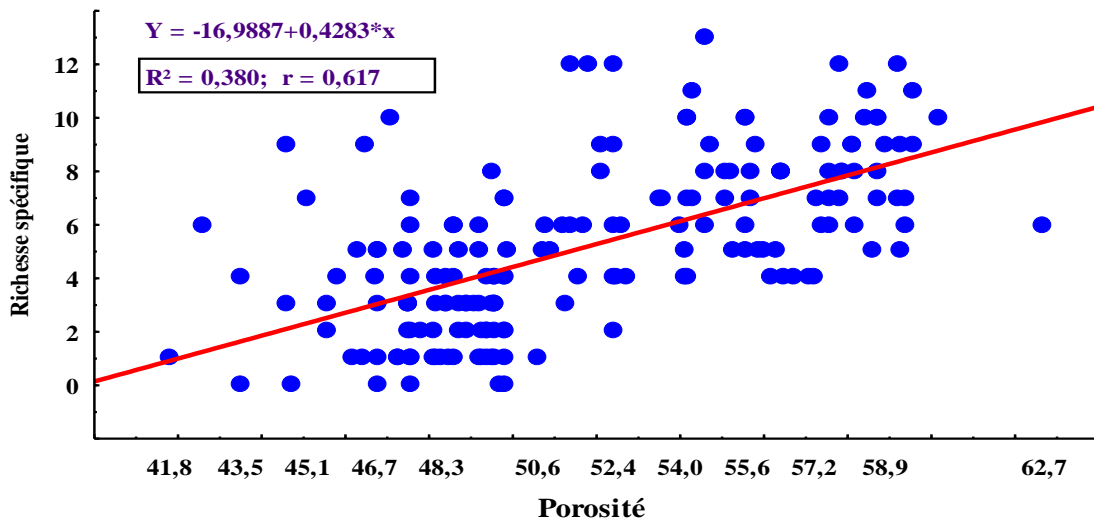


Fig. 78 : Courbe de regression entre la richesse spécifique et la porosité du sol.

En ce qui concerne la liaison entre la température du sol et la richesse spécifique (fig.79), la valeur du coefficient de détermination est de  $R^2 = 0,614$ , donc, **61,43%** de la richesse est liée à la température du sol et un coefficient de corrélation  $r = -0,782$ , (Fig.73). Les résultats de l'application du test d'Anova montre que la valeur de F calculée (23,67 ; ddl 1 178;  $p < 0,0000$ ) est significative, donc, il existe une liaison entre les deux variables.

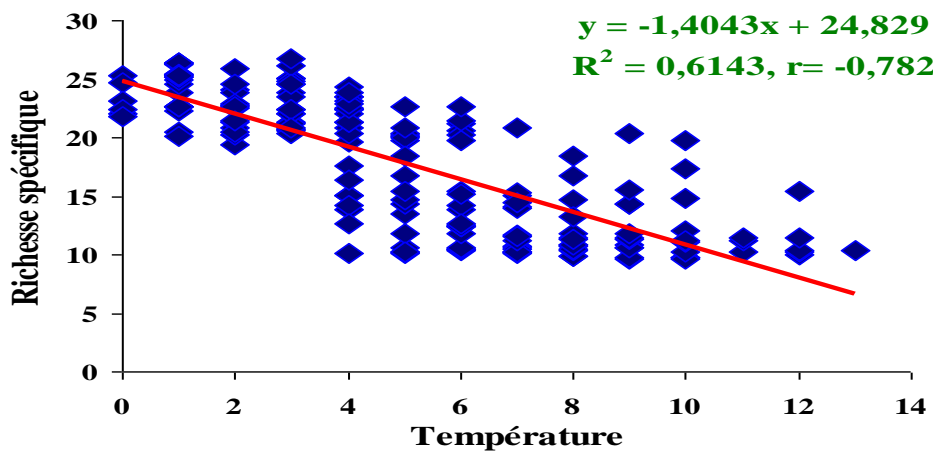


Fig. 79 : Courbe de regression entre la richesse spécifique et la température du sol



## 7 - Variation mensuelle des effectifs d'espèces

L'abondance moyenne des effectifs totaux de chacune des espèces de Collemboles endogés récoltées a été suivie de janvier à décembre. Nous donnons dans les tableaux qui suivent l'abondance moyenne et relative, l'écart-type, l'erreur-type, la variance pour chacune des espèces présentes dans les 15 prélèvements mensuels: de janvier à décembre.

L'abondance moyenne est obtenue en divisant le nombre total d'individus de chacune des espèces rencontrées par le nombre d'échantillons prélevés chaque mois, l'abondance relative est calculée par le rapport du nombre d'individus de chaque espèce au nombre total de collemboles extraits des 15 échantillons. La moyenne totale du mois est obtenue en divisant les moyennes de toutes les espèces par le nombre d'espèces présentes dans les prélèvements du mois. Dans les figures qui suivent, nous représentons la variation de l'abondance moyenne et son erreur-type pour les 12 mois de l'étude.

L'application de deux tests statistiques non paramétriques. L'Anova de Friedman qui étudie les différences entre les rangs qu'une espèce occupe dans différents échantillons et le coefficient de concordance de Kendall pour comparer les différents prélèvements d'un même biotope du point de vue dominance.

Pour le mois de janvier on dénombre un effectif total de 490 individus appartenant à 17 espèces, soit une abondance moyenne totale de l'ordre de 1,92 ind./espèce. (tableau 26). Le pic de la plus forte abondance moyenne du mois correspond à *C. thermophilus* avec 7,33 individus, soit 22,45 % du total collemboles extraits des 15 échantillons, elle est suivie par celle de *A. bougisi* avec 5,4 individus (16,53 %) et 4,2 individus pour *P. armata* (12,86 %). Le reste des espèces a une abondance moyenne inférieure à 2 individus, soit une fréquence relative à 6 %.

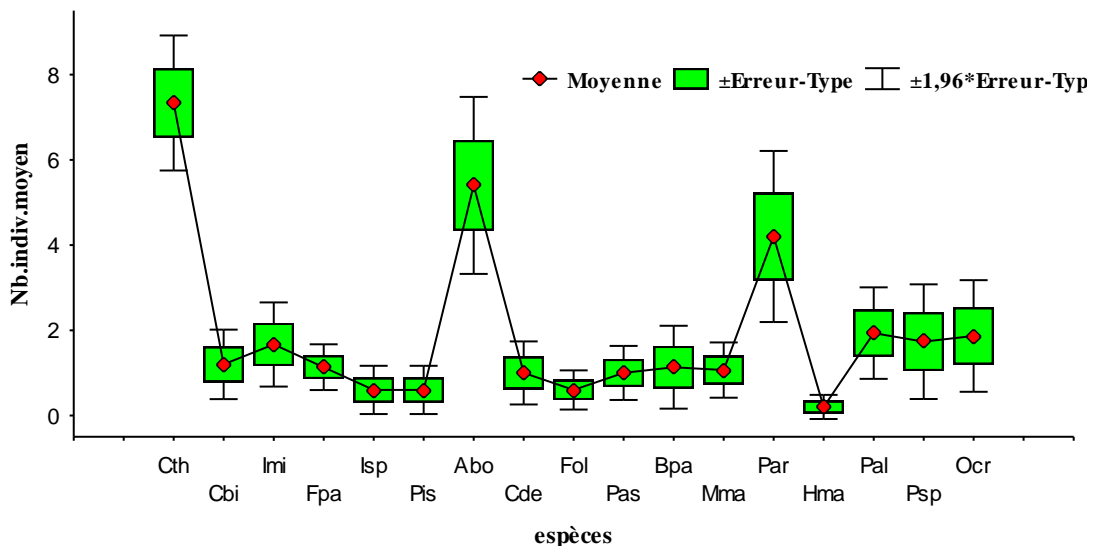
**Tableau 26: Total, moyenne et fréquence relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits d'échantillons de sol au mois de janvier.**

Espèces	Nb. éch.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-type	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	110	7,33	22,45	9,81	3,1	0,81
<i>C. bipunctatus</i>	15	18	1,20	12,68	2,60	1,6	0,42
<i>I.a minor</i>	15	25	1,67	5,10	3,81	2,0	0,50
<i>F. parvulus</i>	15	17	1,13	3,47	1,12	1,1	0,27
<i>Isotomurus spp,</i>	15	9	0,60	1,84	1,26	1,1	0,29
<i>P. isotoma</i>	15	9	0,60	1,84	1,26	1,1	0,29
<i>A. bougisi</i>	15	81	5,40	16,53	16,83	4,1	1,06

<i>C. gr. denticulata</i>	15	15	1,00	3,06	2,14	1,5	0,38
<i>F. oligorhopala</i>	15	9	0,60	1,84	0,83	0,9	0,24
<i>P. assigillata</i>	15	15	1,00	3,06	1,57	1,3	0,32
<i>B. parvula</i>	15	17	1,13	3,47	3,70	1,9	0,50
<i>M. macrochaeta</i>	15	16	1,07	3,27	1,64	1,3	0,33
<i>P. armata</i>	15	63	4,20	12,86	15,74	4,0	1,02
<i>H. major</i>	15	3	0,20	0,61	0,31	0,6	0,14
<i>P. alba</i>	15	29	1,93	5,92	4,50	2,1	0,55
<i>Pseudosinella sp2</i>	15	26	1,73	5,31	7,07	2,7	0,69
<i>O. crassicornis</i>	15	28	1,87	5,71	6,70	2,6	0,67
Totaux		490		100			
Moyenne totale			<b>1,92</b>				

On peut observer dans la figure 80, les valeurs d'abondance des 17 espèces présentent une distribution où l'on peut distinguer deux groupes d'abondances:

- des valeurs qui se situent au-dessus de la moyenne totale, elles correspondent aux espèces *C. thermophilus*, *A. bougisi* et *P. armata*.
- des valeurs qui se situent au-dessous de la moyenne totale, elles correspondent au reste des espèces.



**Fig.80 : Variation mensuelle (janvier) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol (El-Baaraouia : Khroub).**

Les résultats obtenus par l'application du test Anova de Friedman pour étudier les différences entre les rangs occupés par chacune des 17 espèces présentes dans les prélèvements sont consignés dans le tableau 27.

**Tableau 27 : ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de janvier.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C. thermophilus</i>	15,83	7,33
<i>A. bougisi</i>	14,20	5,40
<i>P.armata</i>	12,23	4,20
<i>P. alba</i>	10,13	1,93
<i>O. crassicornis</i>	9,37	1,87
<i>Pseudosinella sp2</i>	9,13	1,73
<i>F. parvulus</i>	9,03	1,13
<i>I.a minor</i>	8,93	1,67
<i>M. macrochaeta</i>	8,70	1,07
<i>C. bipunctatus</i>	8,20	1,20
<i>C. gr. denticulata</i>	7,70	1,00
<i>P.assigillata</i>	7,60	1,00
<i>B. parvula</i>	7,47	1,13
<i>F. oligorhopala</i>	7,10	0,60
<i>Isotomurus spp,</i>	6,33	0,60
<i>P. isotoma</i>	6,20	0,60
<i>H. major</i>	4,83	0,20

Les différentes espèces occupent des rangs selon l'ordre qui suit:

- Au 1<sup>er</sup> rang on trouve *C.thermophilus* avec une valeur de rang égale à 15,83.
- Au 2<sup>ème</sup> rang , *A.bougisi* avec une valeur de 14,20.
- le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> rang sont occupés respectivement par *P.armata* ( 12,23) et *P.alba* (10,13).

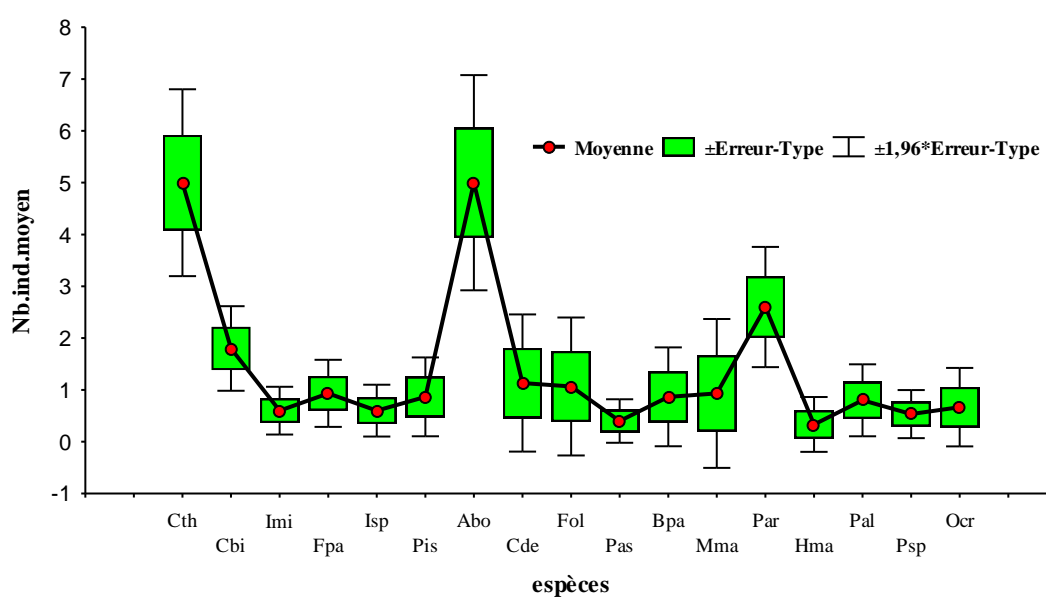
Les différences entre les rangs sont significatives comme le montre la valeur du test ANOVA du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 16) = 86,614 à p <0 ,00000

Le coefficient de Concordance de Kendall est utilisé pour comparer la dominance des espèces rencontrées dans es différents prélèvements, la valeur obtenue est faible w = 0,36, soit un rang moyen r =0,315.

Au mois de février nous avons dénombré 362 individus Collemboles répartis sur 17 espèces. La moyenne totale est de l'ordre de **1,42** individus. L'abondance moyenne, relative, l'erreur type de la moyenne, la variance et l'écart type est consigné dans le tableau 28.

**Tableau 28 : Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de février.**

Espèces	Nb.éch.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	75	5,00	20,72	12,71	3,566	0,921
<i>C. bipunctatus</i>	15	27	1,80	7,46	2,60	1,612	0,416
<i>I.a minor</i>	15	9	0,60	2,49	0,83	0,910	0,235
<i>F. parvulus</i>	15	14	0,93	3,87	1,64	1,280	0,330
<i>Isotomurus spp,</i>	15	9	0,60	2,49	0,97	0,986	0,254
<i>P. isotoma</i>	15	13	0,87	3,59	2,27	1,506	0,389
<i>A. bougisi</i>	15	75	5,00	20,72	16,86	4,106	1,060
<i>C. gr. denticulata</i>	15	17	1,13	4,70	6,84	2,615	0,675
<i>F. oligorhopala</i>	15	16	1,07	4,42	6,92	2,631	0,679
<i>P. assigillata</i>	15	6	0,40	1,66	0,69	0,828	0,214
<i>B. parvula</i>	15	13	0,87	3,59	3,55	1,885	0,487
<i>M. macrochaeta</i>	15	14	0,93	3,87	8,07	2,840	0,733
<i>P. armata</i>	15	39	2,60	10,77	5,26	2,293	0,592
<i>H. major</i>	15	5	0,33	1,38	1,10	1,047	0,270
<i>P. alba</i>	15	12	0,80	3,31	1,89	1,373	0,355
<i>Pseudosinella</i>	15	8	0,53	2,21	0,84	0,915	0,236
<i>O. crassicornis</i>	15	10	0,67	2,76	2,24	1,496	0,386
<b>Moyenne totale</b>		362	<b>1,42</b>	100			



**Fig 81 : Variation mensuelle (février) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

La courbe de variation de l'abondance moyenne et son erreur-type est représentée dans la figure 81. On peut observer que les pics de plus fortes abondances correspondent à *C.thermophilus* et *A.bougisi* avec un effectif moyen de 5 individus /échant., ce qui représente 20,72 % du total des collemboles extraits du sol pour le mois de février. Tandis que la plus faible abondance correspond à *H.major* (0,33 individus / échantillon) ce qui représente 1,38 % du total extrait des 15 prélèvements.

L'abondance moyenne des 17 espèces pour ce mois présentent une distribution autour de la moyenne totale où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs:

- les espèces *C.thermophilus*, *C.bipunctatus*, *A.bougisi* et *P.armata* présentent une abondance moyenne au-dessus de la moyenne totale, soit une fréquence relative supérieure à 7%.
- le reste des espèces présentent une abondance moyenne qui se situe au-dessous de la moyenne totale, soit une fréquence relative inférieure à 6%.

Les résultats obtenus par l'application du test Anova de Friedman pour étudier les différences entre les rangs occupés par chacune des 17 espèces présentes dans les prélèvements sont consignés dans le tableau 29.

Les rangs occupés par les différentes espèces sont établis de la manière suivante :

- *C.thermophilus* occupe le 1<sup>er</sup> rang d'une valeur de 14,73.
- *A.bougisi* occupe le 2<sup>ème</sup> rang (14,40).
- *P.armata* dont la valeur du rang est de 12,47, occupe le 3<sup>ème</sup> rang
- *C.bipunctatus* occupe le 4<sup>ème</sup> rang (11,77).

Le reste des espèces, soit au total 13, occupe des rangs dont la valeurs est inférieure à 10. Les différences entre les rangs sont significatives comme le montre la valeur du test ANOVA du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 16) = 82,054 à p < 0,00000.

Le Coefficient de Concordance de Kendall est utilisé pour comparer les différents prélèvements, la valeur obtenue est faible, w = 0,341 avec un rang moyen r = ,29489.

**Tableau 29: ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de février.**

<b>Espèces</b>	<b>Rang</b>	<b>Moyenne</b>
<i>C. thermophilus</i>	14,73	5,00
<i>A. bougisi</i>	14,40	5,00
<i>P. armata</i>	12,47	2,60
<i>C. bipunctatus</i>	11,77	1,80
<i>F. parvulus</i>	8,77	0,93
<i>P. isotoma</i>	8,37	0,87
<i>C. gr. denticulata</i>	8,13	1,133
<i>P. alba</i>	8,13	0,80
<i>I.a minor</i>	8,03	0,60
<i>Isotomurus spp,</i>	7,77	0,60
<i>Pseudosinella sp2</i>	7,73	0,53
<i>F. oligorhopala</i>	7,57	1,07
<i>B. parvula</i>	7,57	0,87
<i>M. macrochaeta</i>	7,17	0,93
<i>O. crassicornis</i>	7,17	0,67
<i>P. assigillata</i>	7,07	0,40
<i>H. major</i>	6,17	0,33

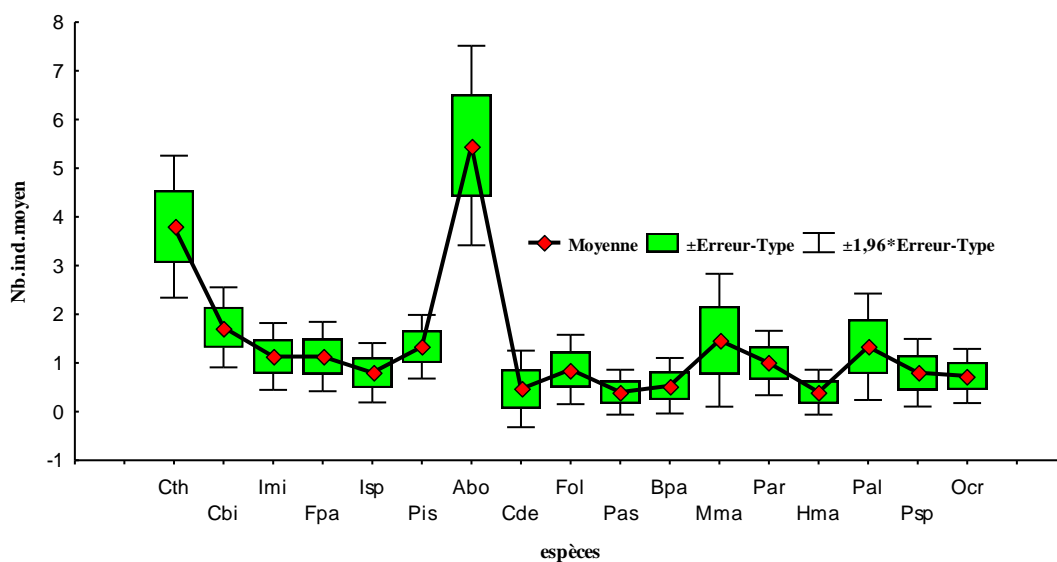
Au mois de mars nous avons récolté 351 individus appartenant à 17 espèces, l'abondance moyenne totale est de l'ordre de 1,38 individus /espèces extraits des 15 échantillons de sol. Nous donnons dans le tableau 30, le total Collemboles extraits des 15 échantillons, l'abondance moyenne, l'erreur-type et l'écart-type de la moyenne, l'abondance relative et la variance.

Nous représentons dans la figure 82, la variation de l'abondance moyenne et son erreur-type de toutes les espèces rencontrées dans les 15 échantillons. La moyenne totale obtenue pour ce mois est de l'ordre de 1,38 individus.

On peut observer dans la figure 82, que le pic de la plus forte abondance moyenne correspond à celle de *A. bougisi*, avec 5,47 individus ce qui correspond à une abondance relative de l'ordre de 23,26 % suivie de celle de *C. Thermophilus* avec 3,80 individus, soit 16,24 % du total collemboles extraits des 15 échantillons au mois de mars. L'abondance moyenne du reste d'espèces est comprise entre 0,40 et 1,73 individus, soit une abondance relative inférieure à 10 %.

**Tableau 30: Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de mars.**

espèces	Nb.éch.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-type	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	57	3,80	16,24	8,314	2,883	0,745
<i>C. bipunctatus</i>	15	26	1,73	7,41	2,638	1,624	0,419
<i>I.a minor</i>	15	17	1,13	4,84	1,838	1,356	0,350
<i>F. parvulus</i>	15	17	1,13	4,84	1,981	1,407	0,363
<i>Isotomurus spp,</i>	15	12	0,80	3,42	1,457	1,207	0,312
<i>P. isotoma</i>	15	20	1,33	5,70	1,667	1,291	0,333
<i>A. bougisi</i>	15	82	<b>5,47</b>	23,36	16,410	4,051	1,046
<i>C. gr. denticulata</i>	15	7	0,47	1,99	2,410	1,552	0,401
<i>F. oligorhopala</i>	15	13	0,87	3,70	1,981	1,407	0,363
<i>P. assigillata</i>	15	6	0,40	1,71	0,829	0,910	0,235
<i>B. parvula</i>	15	8	0,53	2,28	1,267	1,125	0,291
<i>M. macrochaeta</i>	15	22	1,47	6,27	7,267	2,696	0,696
<i>P. armata</i>	15	15	1,00	4,27	1,714	1,309	0,338
<i>H. major</i>	15	6	0,40	1,71	0,829	0,910	0,235
<i>P. alba</i>	15	20	1,33	5,70	4,667	2,160	0,558
<i>Pseudosinella sp2</i>	15	12	0,80	3,42	1,886	1,373	0,355
<i>O. crassicornis</i>	15	11	0,73	3,13	1,210	1,100	0,284
<b>Moyenne totale</b>		<b>351</b>	<b>1,38</b>	100,00			



**Fig 82: Variation mensuelle (mars) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol (El-Baaraouia : Khroub).**

On peut observer dans la figure 82, que la plus forte abondance moyenne est celle qui correspond à *A.bougisi* avec 5,47 individus, soit une 23,36 % du total.

La plus faible abondance correspond à *H.major* et *P.assigillata* avec 0,40 individus, soit 1,71 % du total dénombré. Les abondances moyennes présentent une distribution autour de la moyenne totale où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs :

- des abondances au-dessus de la mensuelle totale du mois, elles correspondent à quatre espèces : *A.bougisi*, *C.thermophilus*, *C.bipunctatus* et *M.macrochaeta*.
- des abondances se situant au-dessous de la moyenne totale correspondent à 13 espèces reste restantes.

Les résultats de la classification des espèces selon le rang qu'elles occupent dans les différents échantillons sont consignés dans le tableau 32. Cette classification s'établit de la manière suivante :

**Tableau 31 : ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de mars.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>A. bougisi</i>	15,70	5,47
<i>C. thermophilus</i>	14,20	3,80
<i>C. bipunctatus</i>	10,93	1,73
<i>P. isotoma</i>	9,93	1,33
<i>F. parvulus</i>	9,50	1,13
<i>I.a minor</i>	9,20	1,13
<i>P. alba</i>	8,97	1,33
<i>P.armata</i>	8,83	1,00
<i>M. macrochaeta</i>	8,57	1,47
<i>Isotomurus spp,</i>	8,07	0,80
<i>F. oligorhopala</i>	7,90	0,87
<i>Pseudosinella sp2</i>	7,90	0,80
<i>O. crassicornis</i>	7,63	0,73
<i>B. parvula</i>	6,77	0,53
<i>P.assigillata</i>	6,50	0,40
<i>H. major</i>	6,40	0,40
<i>C. gr. denticulata</i>	6,00	0,47

- Au 1<sup>er</sup> rang on trouve *A.bougisi* (15,70)
- Au 2<sup>ème</sup> rang on trouve *C.thermophilus* (14,20)
- *C.bipunctatus* occupe le 3<sup>ème</sup> rang (10,93).

Le reste des espèces suivent avec des valeurs de rangs inférieures à 10, c'est *H.major* qui occupe le dernier rang (6,40).



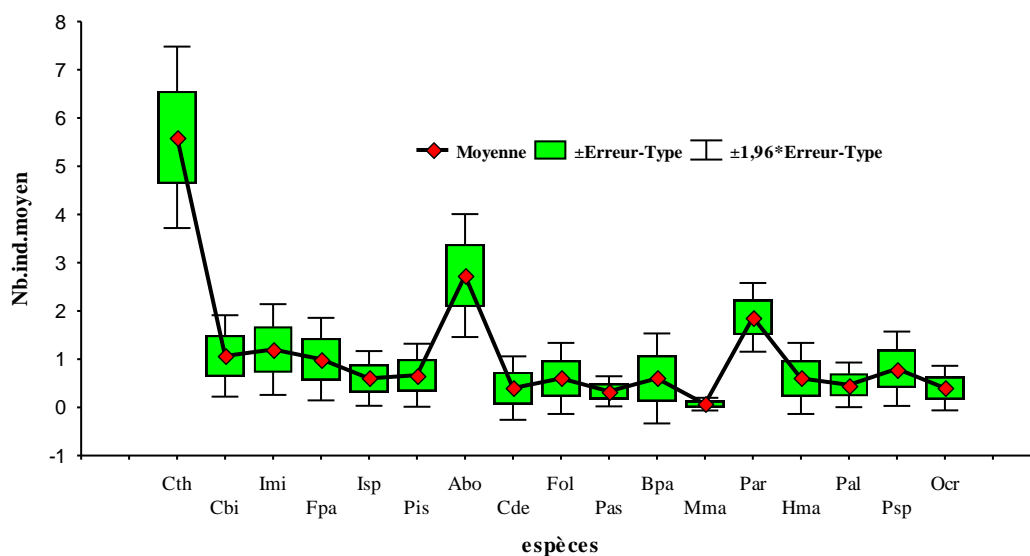
Les différences entre les rangs sont significatives comme le montre la valeur du test d'Anova du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 16) = 77,197 à p < 0 ,00000. Le coefficient de concordance de Kendall qui compare la dominance dans les 15 échantillons est de l'ordre de w =0,322, soit un rang moyen r=0,27.

Au mois d'avril nous avons extraits des 15 échantillons de sol un total de 285 individus appartenant à 17 espèces. La moyenne totale est de l'ordre de **1,12** individus. Les résultats du dénombrements sont consignés dans le tableau 32

**Tableau 32 : Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois d'avril.**

Espèces	Nb.éch.	Nb.total	Moyenne	%	Variance	Ecart-type	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	84	5,60	29,47	13,829	3,719	0,960
<i>C. bipunctatus</i>	15	16	1,07	5,61	2,781	1,668	0,431
<i>I. minor</i>	15	18	1,20	6,32	3,457	1,859	0,480
<i>F. parvulus</i>	15	15	1,00	5,26	2,857	1,690	0,436
<i>Isotomurus spp,</i>	15	9	0,60	3,16	1,257	1,121	0,289
<i>P. isotoma</i>	15	10	0,67	3,51	1,667	1,291	0,333
<i>A. bougisi</i>	15	41	2,73	14,39	6,352	2,520	0,651
<i>C. gr. denticulata</i>	15	6	0,40	2,11	1,686	1,298	0,335
<i>F. oligorhopala</i>	15	9	0,60	3,16	2,114	1,454	0,375
<i>P. assigillata</i>	15	5	0,33	1,75	0,381	0,617	0,159
<i>B. parvula</i>	15	9	0,60	3,16	3,400	1,844	0,476
<i>M. macrochaeta</i>	15	1	0,07	0,35	0,067	0,258	0,067
<i>P. armata</i>	15	28	1,87	9,82	1,981	1,407	0,363
<i>H. major</i>	15	9	0,60	3,16	2,114	1,454	0,375
<i>P. alba</i>	15	7	0,47	2,46	0,838	0,915	0,236
<i>Pseudosinella sp2</i>	15	12	0,80	4,21	2,314	1,521	0,393
<i>O. crassicornis</i>	15	6	0,40	2,11	0,829	0,910	0,235
<b>Moyenne totale</b>		<b>285</b>	<b>1,12</b>	<b>100</b>			

Nous donnons dans la figure 83, la courbe de variation de l'abondance moyenne et son erreur-type de l'ensemble des espèces rencontrées dans les 15 échantillons. La moyenne totale obtenue pour ce mois est de l'ordre de 1,38 individus. On peut observer dans la figure 82, que la plus forte abondance moyenne est celle qui correspond à *C.thermophilus* avec 5,60 individus, soit une 29,47 % du total. La plus faible abondance correspond à *P.assigillata* avec 0,30 individus, soit 1,75 % du total dénombré.



**Fig 83: Variation mensuelle (avril) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

Les abondances moyennes présentent une distribution autour de la moyenne totale où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs :

- des abondances au-dessus de la mensuelle totales du mois, elles correspondent à quatre espèces (*C.thermophilus*, *I.minor*, *A.bougisi* et *P.armata*).
- des abondances au-dessous de la moyenne totale, elles correspondent au reste d'espèces.

L'emploi du test d'Anova de Friedman a aboutit à la classification des espèces selon le rang qu'elles occupent dans les différents échantillons, (tableau 33).

**Tableau 33 : ANOVA de Friedman & Coef. de Concord. de Kendall pour le mois d'avril.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C. thermophilus</i>	15,27	5,60
<i>A. bougisi</i>	13,13	2,73
<i>P.armata</i>	12,77	1,87
<i>I. minor</i>	9,30	1,20
<i>C. bipunctatus</i>	9,13	1,07
<i>F. parvulus</i>	9,03	1,00
<i>P. isotoma</i>	8,30	0,67
<i>Pseudosinella sp2</i>	8,20	0,80
<i>Isotomurus spp,</i>	8,07	0,60
<i>P. alba</i>	8,00	0,47
<i>P. assigillata</i>	7,87	0,33
<i>H. major</i>	7,87	0,60
<i>F. oligorhopala</i>	7,83	0,60
<i>O. crassicornis</i>	7,50	0,40

<i>B. parvula</i>	7,13	0,60
<i>C. gr. denticulata</i>	7,10	0,40
<i>M. macrochaeta</i>	6,50	0,07

- *C. thermophilus* occupe le 1<sup>er</sup> rang dont la valeur est 15,27.

- *A. bouguisi* (13,13) et *P. armata* (12,77) occupent respectivement le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> rang.

Les autres espèces, soit 14 occupent des rangs dont la valeur est inférieure à 10. Le dernier rang est occupé par *M. macrochaeta* (6,50).

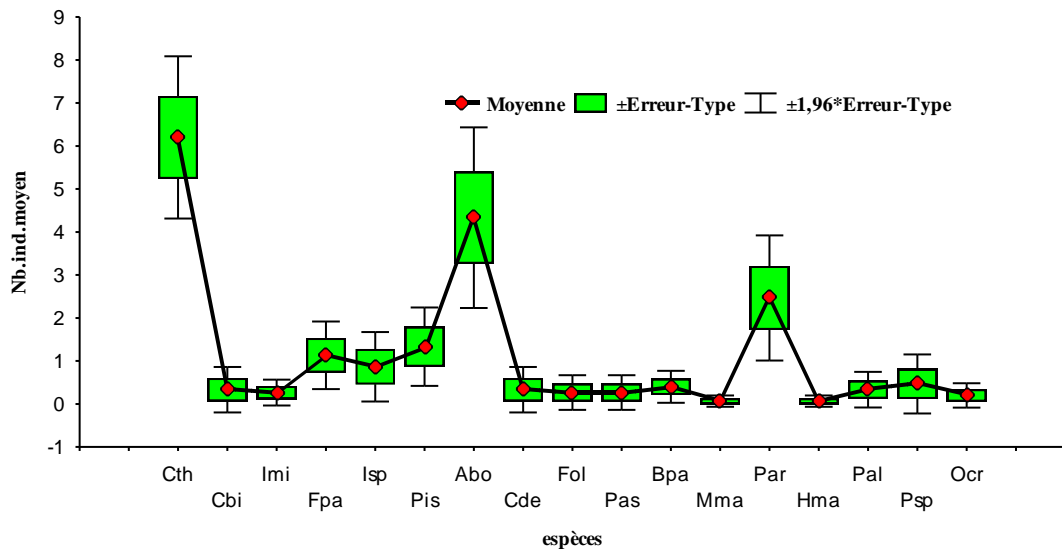
Les différences entre les rangs sont significatives comme le montre la valeur de l'Anova du Chi<sup>2</sup> ((N = 15, dl = 16) = 77,299 à p < 0 ,00000. La valeur du coefficient de concordance de Kendall (w = 0,32), soit un rang moyen r = 0,27.

Pour le mois de mai nous avons dénombré un total de 290 individus. Les résultats du dénombrement sont consignés dans le tableau 34, et nous représentons dans la figure 83, la variation de l'abondance moyenne et son erreur-type de chacune des espèces rencontrée dans les 15 échantillons. La moyenne totale est de l'ordre de **1,14** individus pour l'ensembles des espèces présentes.

**Tableau 34 : Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de mai.**

Espèces	Nb éch.	Nb.total	Moyenne	%	Variance	Ecart-type	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	93	6,20	32,07	13,886	3,726	0,962
<i>C. bipunctatus</i>	15	5	0,33	1,72	1,095	1,047	0,270
<i>I. minor</i>	15	4	0,27	1,38	0,352	0,594	0,153
<i>F. parvulus</i>	15	17	1,13	5,86	2,410	1,552	0,401
<i>Isotomurus spp,</i>	15	13	0,87	4,48	2,552	1,598	0,413
<i>P. isotoma</i>	15	20	1,33	6,90	3,238	1,799	0,465
<i>A. bouguisi</i>	15	65	4,33	22,41	17,238	4,152	1,072
<i>C. gr. denticulata</i>	15	5	0,33	1,72	1,095	1,047	0,270
<i>F. oligorhopala</i>	15	4	0,27	1,38	0,638	0,799	0,206
<i>P. assigillata</i>	15	4	0,27	1,38	0,638	0,799	0,206
<i>B. parvula</i>	15	6	0,40	2,07	0,543	0,737	0,190
<i>M. macrochaeta</i>	15	1	0,07	0,34	0,067	0,258	0,067
<i>P. armata</i>	15	37	2,47	12,76	8,267	2,875	0,742
<i>H. major</i>	15	1	0,07	0,34	0,067	0,258	0,067
<i>P. alba</i>	15	5	0,33	1,72	0,667	0,816	0,211
<i>Pseudosinella sp2</i>	15	7	0,47	2,41	1,838	1,356	0,350
<i>O. crassicornis</i>	15	3	0,20	1,03	0,314	0,561	0,145
<b>Moyenne totale</b>		<b>290</b>	<b>1,14</b>	100			

Nous représentons dans la figure 84 l'évolution de l'abondance moyenne et son erreur-type des espèces présentes dans les échantillons prélevés au mois de mai.



**Fig 84 : Variation mensuelle ( mai ) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

On peut observer dans la figure 84, que la plus forte abondance moyenne correspond à *C.thermophilus* avec 6,20 individus /échantillons, soit 32,07 % du nombre total dénombré pour ce mois. Les valeurs de l'abondance moyenne présentent une distribution autour de la moyenne totale où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs :

-des valeurs qui se situent au-dessus de la moyenne totale, elles correspondent aux abondances de cinq espèces : *C. thermophilus* avec 5,60 individus, soit (32,07 %) du total dénombré; *A. bougisi* avec 4,33 individus ( 22,41 %), *P.armata* avec 2,47 individus (12,76 %) et *P. isotoma* avec 1,33 individus, soit 6,90 % du total dénombré au mois de mai.

-des valeurs qui se situent au-dessous de la moyenne totale, elles correspondent aux abondances de treize espèces qui sont comprises entre 0,07 individus (0,34 %) pour *H.major* et 1,13 individus (5,96 %) pour *F. parvulus*.

Le tableau 35, donne les résultats d'application des deux tests statistiques non paramétriques : Anova de Friedman et coefficient de concordance de Kendall.

Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont établies de la manière suivante :

-*C.thermophilus* est présente dans tous les échantillons, elle occupe le 1<sup>er</sup> rang d'une valeur de 16,13.

- *A.bougisi* occupe le 2<sup>ème</sup> rang (14,20).

- *.armata* avec 11,70, *P.isotoma* avec 10,60 et *F.parvulus* avec 10,27 occupent

respectivement les 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> rangs et dominant dans plus de 10 échantillons.

Le reste des espèces dominant dans moins de 10 échantillons et occupent des rangs inférieurs à 10. *M.macrochaeta* et *H.major* avec 6,73 et 6,70 occupent le 16<sup>ème</sup> et 17<sup>ème</sup> rang.

**Tableau 35 : ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de mai.**

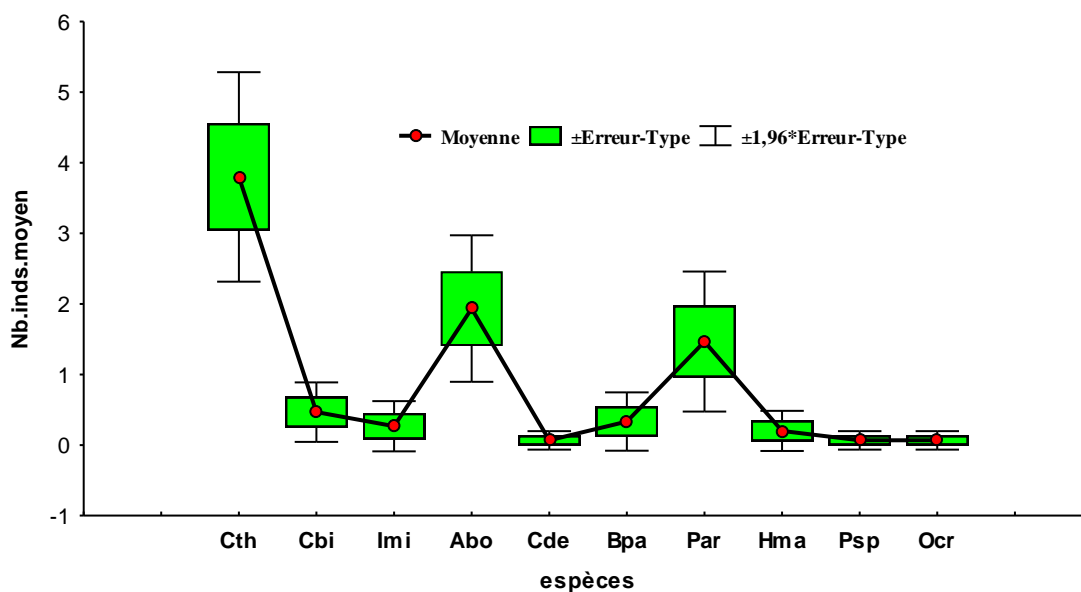
Espèce	Rang	Moyenne
<i>C. thermophilus</i>	16,13	6,20
<i>A. bougisi</i>	14,20	4,33
<i>P.armata</i>	11,70	2,47
<i>P. isotoma</i>	10,60	1,33
<i>F. parvulus</i>	10,27	1,13
<i>Isotomurus spp,</i>	9,17	0,87
<i>B. parvula</i>	8,23	0,40
<i>I. minor</i>	7,77	0,27
<i>P. alba</i>	7,60	0,33
<i>Pseudosinella sp2</i>	7,43	0,47
<i>C. bipunctatus</i>	7,37	0,33
<i>C. gr. denticulata</i>	7,37	0,33
<i>F. oligorhopala</i>	7,30	0,27
<i>P. assigillata</i>	7,23	0,27
<i>O. crassicornis</i>	7,20	0,20
<i>M. macrochaeta</i>	6,73	0,07
<i>H. major</i>	6,70	0,07

Les différence entre les rangs sont significative comme l'indique la valeur du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 16) = 108,44 à p < 0,00000. Le coefficient de concordance de Kendall appliqué à l'étude de la dominance relative des espèces présentes dans les différents échantillons présente une valeur moyenne de l'ordre de w = 0,45; soit un rang moyen r = 0,41, ce qui représente une dominance moyenne.

Au mois de juin 132 individus appartenant à 11 espèces de Collemboles ont été extraits des 15 échantillons. La moyenne totale est de l'ordre de 0,80 individus. (Tableau 36). Nous représentons dans la figure 85, l'évolution de l'abondance moyenne et son erreur-type pour les 11 espèces présentes dans les 15 échantillons prélevés au mois de juin.

**Tableau 36: Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de juin.**

Espèces	Nb.éch.	Total	Moyenn	%	Varian	Ecart-	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	57,00	3,80	43,18	8,600	2,933	0,757
<i>C. bipunctatus</i>	15	7,00	0,47	5,30	0,695	0,834	0,215
<i>I. minor</i>	15	4,00	0,27	3,03	0,495	0,704	0,182
<i>F. parvulus</i>	15	2,00	0,13	1,52	0,267	0,516	0,133
<i>A. bougisi</i>	15	29,00	1,93	21,97	4,210	2,052	0,530
<i>C. gr. denticulata</i>	15	1,00	0,07	0,76	0,067	0,258	0,067
<i>B. parvula</i>	15	5,00	0,33	3,79	0,667	0,816	0,211
<i>P. armata</i>	15	22,00	1,47	16,67	3,838	1,959	0,506
<i>H. major</i>	15	3,00	0,20	2,27	0,314	0,561	0,145
<i>Pseudosinella sp2</i>	15	1,00	0,07	0,76	0,067	0,258	0,067
<i>O. crassicornis</i>	15	1,00	0,07	0,76	0,067	0,258	0,067
<b>Moyenne totale</b>		<b>132</b>	<b>0,80</b>	<b>100</b>			



**Fig.85: Variation mensuelle (juin) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

On peut observer dans la figure 84, que le pic de la plus forte abondance moyenne correspond à *C. thermophilus* avec une abondance moyenne de l'ordre de 3,80 individus / échantillons, soit une abondance relative de l'ordre de 43,18 %. Tandis que la plus faible abondance moyenne est d'une valeur de 0,07 individus / échantillon correspond à trois

espèces: *O. crassicornis*, *C. gr. denticulata* et *F. oligorhopala* dont chacune d'elles représentent 0,76 % du total extraits des 15 échantillons. Le tableau 37, donne les résultats obtenus par les deux tests statistiques non paramétriques : Anova de Friedman et coefficient de concordance de Kendall.

**Tableau 37 : ANOVA de Friedman et Coefficient de concordance de Kendall pour le mois de juin.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C. thermophilus</i>	9,70	3,80
<i>A. bougisi</i>	8,20	1,93
<i>P. armata</i>	7,70	1,47
<i>C. bipunctatus</i>	6,00	0,47
<i>B. parvula</i>	5,33	0,33
<i>I. minor</i>	5,17	0,27
<i>H. major</i>	5,00	0,20
<i>F. parvulus</i>	4,83	0,13
<i>C. gr. denticulata</i>	4,70	0,07
<i>Pseudosinella sp2</i>	4,70	0,07
<i>O. crassicornis</i>	4,67	0,07

La classification des rangs occupés par les différentes espèces est établie de la manière suivante :

- *C. thermophilus* est présente dans tous les échantillons, elle occupe le 1<sup>er</sup> rang d'une valeur de 9,70.
- *A. bougisi* occupe le 2<sup>ème</sup> rang (8,20).
- *P. armata* avec 7,70, *C. bipunctatus* avec 6,00 et *H. major* avec 5,00 occupent respectivement les 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> rangs. Le reste des espèces occupant des rangs dont la valeur est inférieure à 5.

Les différences entre les rangs sont significatives, soit ANOVA du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 10) = 68,46 avec p < 0,00000. Le coefficient de concordance de Kendall appliqué à l'étude de la dominance relative des espèces présentes dans les différents échantillons présente une valeur moyenne de l'ordre de w = 0,46; soit un rang moyen r = 0,42, ce qui représente une dominance moyenne.

Pour le mois de juillet, seulement 32 individus appartenant à 6 espèces de Collemboles ont été extraits de 15 échantillons, soit une moyenne totale de 0,36. Les résultats obtenus

sont consignés dans le tableau 38. Nous représentons dans la figure 86, l'abondance moyenne de chaque espèce et son erreur standard.

**Tableau 38: Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de juillet.**

Espèces	Nb.éch.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-type	Erreur
<i>C.thermophilus</i>	15	19	1,27	59,375	1,495	1,223	0,316
<i>I. minor</i>	15	4	0,27	12,5	0,352	0,594	0,153
<i>Isotomiella.sp.</i>	15	1	0,07	3,125	0,067	0,258	0,067
<i>A.bouguisi</i>	15	2	0,13	6,25	0,267	0,516	0,133
<i>P.armata</i>	15	4	0,27	12,5	0,210	0,458	0,118
<i>H.major</i>	15	2	0,13	6,25	0,124	0,352	0,091
<b>Moyenne totale</b>		<b>32</b>	<b>0,36</b>	<b>100</b>			

On peut observer dans la figure 86, que *C.thermophilus* avec 1,27 individus/échantillon a la plus forte abondance qui se situe au-dessus de la moyenne totale et représente 59,37 % du total Collemboles extraits des 15 échantillons. Elle est suivie de *I.minor* et *P.armata* avec une abondance moyenne de l'ordre de 0,27 individus/échantillon, soit une abondance relative de l'ordre de 12,25 % du total. *H.major* et *A.bouguisi* ont une abondance de l'ordre de 0,13 individus/échantillons et représentent chacune 6,25 % du total. La plus faible abondance est celle de *Isotomiella sp.* avec 0,07 individus/échantillons, soit 3,12 % du total.



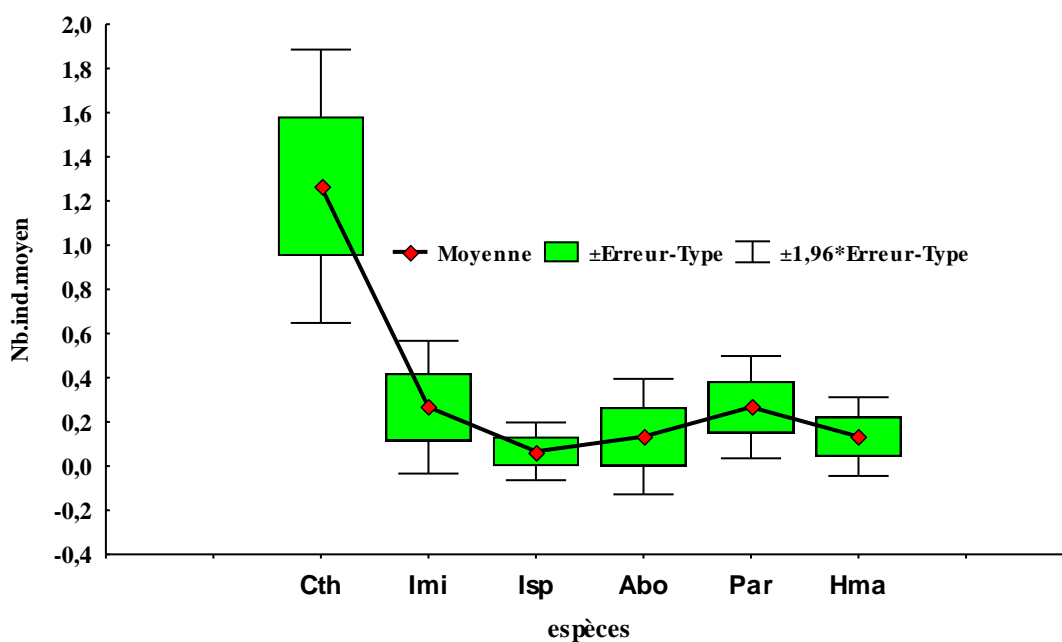


Fig 86: Variation mensuelle (juillet) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).

Le tableau 39, donne les résultats de l'application des deux tests statistiques non paramétriques : Anova de Friedman et coefficient de concordance de Kendall.

Tableau 39 : ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de juillet.

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C.thermophilus</i>	4,80	1,27
<i>P.armata</i>	3,47	0,27
<i>I. minor</i>	3,43	0,27
<i>H.major</i>	3,20	0,13
<i>A.bouguisi</i>	3,10	0,13
<i>Isotomiella.sp.</i>	3,00	0,07

Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont établies de la manière suivante :

- *C.thermophilus* est présente dans tous les échantillons, elle occupe le 1<sup>er</sup> rang d'une valeur de 4,80.
- *P.armata* avec 3,47 occupe le 2<sup>ème</sup> rang,.
- au 3<sup>ème</sup> rang on y trouve *I.minor* avec une valeur de rang de l'ordre de 3,43.
- *H.major* (3,20) se situe au 4<sup>ème</sup> rang,
- *A.bouguisi* (3,10) occupe le 5<sup>ème</sup> rang.

Le dernier rang est occupé par *Isotomiella sp.* (3,00).

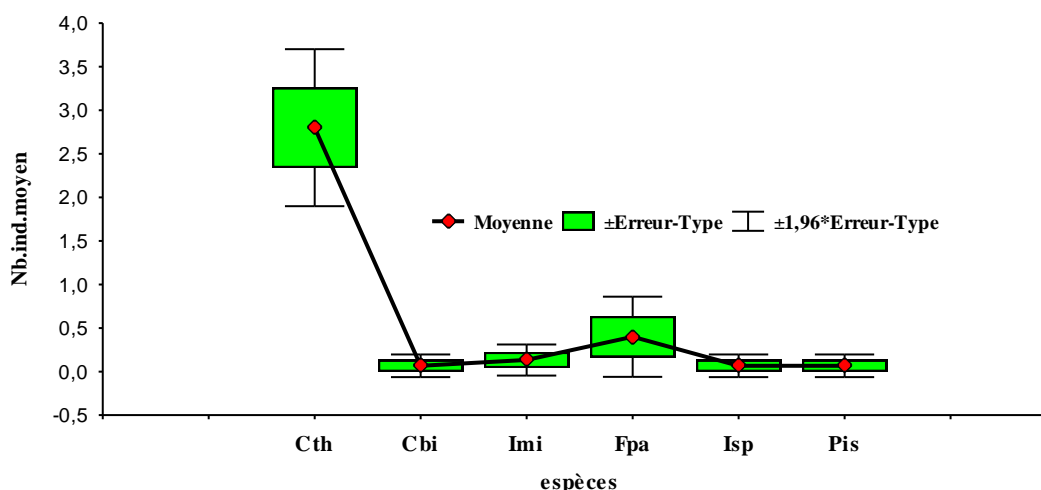
La différence entre les rangs est significative comme le montre la valeur du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 5) = 21,29 avec p < 0,00000. Le coefficient de concordance de Kendall appliqué à l'étude de la dominance relative des six espèces présentes dans les différents échantillons présente une valeur de l'ordre de w = 0,28, soit un rang moyen r = 0,232 ce qui représente une faible dominance.

Au mois d'août, 53 individus ont été extraits de 15 échantillons, ils appartiennent à 6 espèces. Le tableau 40, donne les résultats obtenus. Dans la figure 87, est représentée l'évolution de la moyenne.

**Tableau 40: Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de août.**

Espèces	Nb.échant.	Somme	Moyenne	%	Variance	Ecart-type	Erreur
<i>C.thermophilus</i>	15	42	2,80	79,25	3,171	1,781	0,460
<i>C.bipunctatus</i>	15	1	0,07	1,89	0,067	0,258	0,067
<i>I.minor</i>	15	2	0,13	3,77	0,124	0,352	0,091
<i>F.parvulus</i>	15	6	0,40	11,32	0,829	0,910	0,235
<i>Isotomiella sp.</i>	15	1	0,07	1,89	0,067	0,258	0,067
<i>P.isotoma</i>	15	1	0,07	1,89	0,067	0,258	0,067
<b>Moyenne totale</b>		<b>53</b>	<b>0,59</b>	<b>100,00</b>			

La moyenne totale du mois est de l'ordre de 0,59 individus. Nous représentons dans la figure 19 l'abondance moyenne et son erreur-type.



**Fig. 87 : Variation mensuelle (août) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

Le pic de la plus forte abondance correspond à *C.thermophilus* dont la valeur est de l'ordre de 2,80 individus/échantillons, ce qui représente 79,25 % du total récolté en ce mois, suivie par *F.parvulus* avec 0,40 indi. /échant, soit 11,32 %. Trois espèces: *C.bipunctatus*, *Isotomiella sp.* et *P.isotoma* ont une abondance de 0,07 ind./échant, et représentent chacune 1,89 % du nombre totale.

L'emploi du test statistique Anova de Friedman est utilisé pour étudier les différences entre les rangs occupés par les 6 espèces extraites des 15 prélèvements. L'application du coefficient de concordance de Kendall est utilisée pour comparer les différents échantillons prélevés au cours du mois de août. Les résultats de l'analyse statistique sont consignés dans le tableau 41.

D'après les valeurs obtenues la dominance des différentes espèces se présente de la manière suivante :

- *C.thermophilus* occupe le 1<sup>er</sup> rang dont la valeur est de 5,80.
- *F.parvulus* occupe le 2<sup>ème</sup> rang (3,33).
- *I.minor* suit et occupe le 3<sup>ème</sup> rang (3,13).
- *Isotomiella sp.* se situe au 4<sup>ème</sup> rang (2,93).
- *P.isotoma* et *C.bipunctatus* occupent le dernier et 5<sup>ème</sup> rang (2,90).

Les différences entre les rangs sont significatives d'après la valeur du Chi<sup>2</sup> (N=15, ddl =5) =51,81 à p<0 ,00000. La valeur du coefficient de concordance de Kendall pour le mois de août est plus élevée, soit, w= 0,69 avec un rang moyen r =0 ,67.

**Tableau 41: ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de août.**

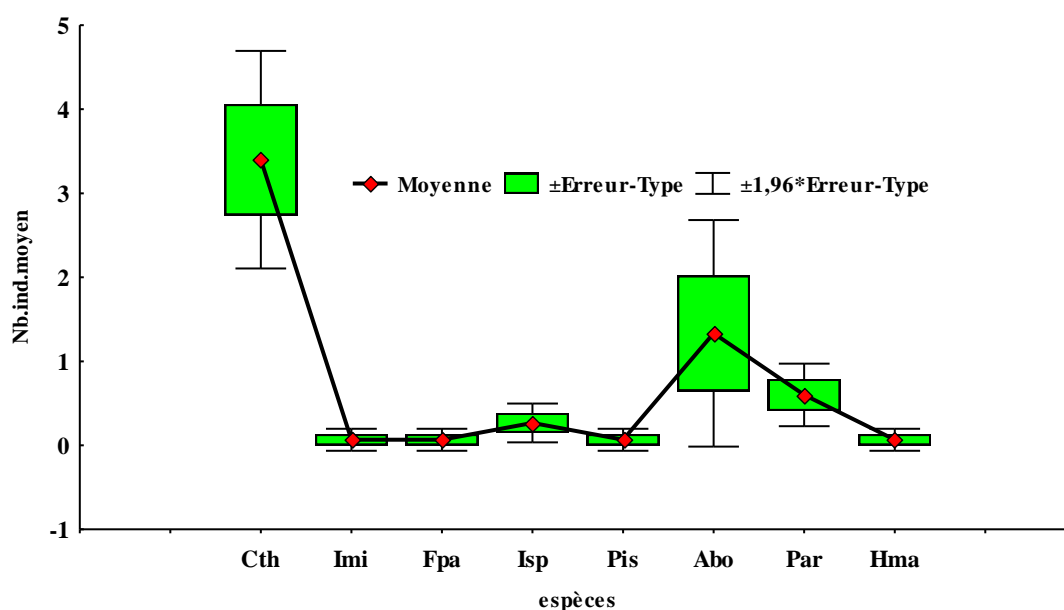
<b>Espèces</b>	<b>Rang</b>	<b>Moyenne</b>
<i>C.thermophilus</i>	5,80	2,80
<i>F.parvulus</i>	3,33	0,40
<i>I.minor</i>	3,13	0,13
<i>Isotomiella sp</i>	2,93	0,07
<i>C.bipunctatus</i>	2,90	0,07
<i>P.isotoma</i>	2,90	0,07

Pour le mois de septembre nous avons dénombré 88 individus appartenant à 8 espèces. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 42, ils concernent l'abondance moyenne, relative (%), l'écart et l'erreur-type de la moyenne.

**Tableau 42 : Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de septembre.**

Espèces	Nb.échant.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-type	Erreur
<i>C.thermophilus</i>	15	51	3,40	57,95	6,543	2,558	0,660
<i>I.minor</i>	15	1	0,07	1,14	0,067	0,258	0,067
<i>F.parvulus</i>	15	1	0,07	1,14	0,067	0,258	0,067
<i>I.sp</i>	15	4	0,27	4,55	0,210	0,458	0,118
<i>P.isotoma</i>	15	1	0,07	1,14	0,067	0,258	0,067
<i>A.bouguisi</i>	15	20	1,33	22,73	7,095	2,664	0,688
<i>P.armata</i>	15	9	0,60	10,23	0,543	0,737	0,190
<i>H.major</i>	15	1	0,07	1,14	0,067	0,258	0,067
<b>Moyenne totale</b>		<b>88</b>	<b>0,74</b>	<b>100,00</b>			

La moyenne totale est obtenue par le rapport des abondances moyennes sur le nombre d'espèces présentes dans les prélèvements du mois de septembre, sa valeur est de **0,74** individus /espèce. Nous représentons dans la figure 88, l'évolution de l'abondance moyenne et son erreur-type de l'ensemble des espèces rencontrées.



**Fig. 88: Variation mensuelle (septembre) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

Le pic de la plus forte abondance correspond à *C.thermophilus* dont la valeur est de l'ordre de 3,40 individus/échantillons, ce qui représente 57,95 % du total récolté en ce mois, suivie par *A.bouguisi* avec 1,33 ind. /échant, soit 22,73 %. Quatre espèces : *I.minor*, *F.parvulus*, *P.isotoma* et *H.major* ont la plus faible abondance, 0,07 ind. /échant. et représentent chacune 1,14 % du nombre totale.

L'application de deux tests statistiques: Anova de Friedman pour l'étude des différences entre les rangs occupés par les 8 espèces et coefficient de concordance de Kendall pour comparer les différents échantillons prélevés au cours du mois de septembre sont consignés dans le tableau 43.

**Tableau 43: ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de septembre.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C.thermophilus</i>	15,70	3,40
<i>P.armata</i>	11,63	0,60
<i>A.bouguisi</i>	10,93	1,33
<i>I.sp</i>	10,00	0,27
<i>F.parvulus</i>	8,43	0,07
<i>I.minor</i>	8,40	0,07
<i>P.isotoma</i>	8,40	0,07
<i>H.major</i>	8,40	0,07

Les résultats obtenus nous permettent de classer les espèces selon l'ordre suivant :

- *C.thermophilus* occupe le 1<sup>er</sup> rang dont la valeur est de 15,70.
- *P.armata* occupe le 2<sup>ème</sup> rang (11,63).
- *A.bouguisi* occupe le 3<sup>ème</sup> rang (10,93).
- *Isotomiella sp.* se situe au 4<sup>ème</sup> rang (10,00) et *F.parvulus* au 5<sup>ème</sup> rang (8,43).
- *I.minor*, *H.major* et occupent les trois derniers rangs avec une valeur de rang de 8,40.

Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont significative d'après la valeur du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 7) = 50,39 p < 0 ,00000. La valeur du coefficient de concordance de Kendall (w = 0,48) avec un rang moyen r = 0 ,44, montre que la dominance dans les échantillons est moyenne.

Au mois d'octobre, 126 individus collemboles ont été extraits des 15 prélèvements, ils appartiennent à 10 espèces. Nous donnons dans le tableau 44, l'abondance moyenne,

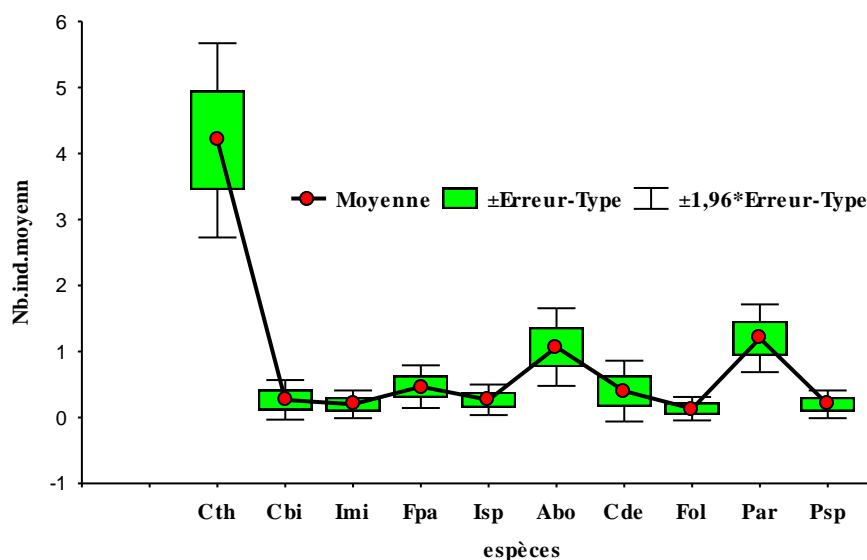
relative (%), la variance, l'écart et l'erreur type de la moyenne pour les espèces rencontrées au mois d'octobre.

**Tableau 44: Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois d'octobre.**

Espèces	Nb.échant.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-	Erreur
<i>C.thermophilus</i>	15	63	4,20	50	8,457	2,908	0,751
<i>C.bipunctatus</i>	15	4	0,27	3,17	0,352	0,594	0,153
<i>I.minor</i>	15	3	0,20	2,38	0,171	0,414	0,107
<i>F.parvulus</i>	15	7	0,47	5,56	0,410	0,640	0,165
<i>Isotomiella sp</i>	15	4	0,27	3,17	0,210	0,458	0,118
<i>A.bouguisi</i>	15	16	1,07	12,70	1,352	1,163	0,300
<i>C.gr denticulata</i>	15	6	0,40	4,76	0,829	0,910	0,235
<i>F.oligorhopala</i>	15	2	0,13	1,59	0,124	0,352	0,091
<i>P.armata</i>	15	18	1,20	14,29	1,029	1,014	0,262
<i>Pseudosinella .sp</i>	15	3	0,20	2,38	0,171	0,414	0,107
<b>Moyenne totale</b>		<b>126</b>	<b>0,84</b>	100			

Nous représentons dans la figure 89, la courbe de variation de l'abondance moyenne et son erreur pour les 10 espèces.

On peut observer dans la courbe que le pic de la plus forte abondance correspond à *C.thermophilus* égale à 4,20 individus/ échantillons



**Fig. 89 : Variation mensuelle (octobre) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

Tandis que la plus faible abondance correspond à *I.minor* et *Pseudosinella sp.* avec un valeur de l'ordre d 0,20 ind./échant.

Les abondances moyennes des 10 espèces présentent une distribution autour de la moyenne totale où l'on peut distinguer 2 groupes de valeurs:

- des valeurs qui se situent au-dessus de la moyenne, elles correspondent à *C.thermophilus*, *A.bouguisi* et *P.armata*.
- des valeurs qui se situent au-dessous de la moyenne totale, c'est le cas des 7 espèces restantes.

L'emploi de deux tests statistiques: Anova de Friedman pour l'étude des différences entre les rangs occupés par les 8 espèces et coefficient de concordance de Kendall pour comparer les différents échantillons prélevés au cours du mois de septembre sont consignés dans le tableau 45.

**Tableau 45: ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois d'octobre.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C.thermophilus</i>	9,47	4,20
<i>P.armata</i>	7,20	1,20
<i>A.bouguisi</i>	6,40	1,07
<i>F.parvulus</i>	5,17	0,47
<i>C.gr denticulata</i>	4,67	0,40
<i>Isotomiella sp</i>	4,60	0,27
<i>C.bipunctatus</i>	4,50	0,27
<i>I.minor</i>	4,47	0,20
<i>Pseudosinella .sp</i>	4,37	0,20
<i>F.oligorhopala</i>	4,17	0,13

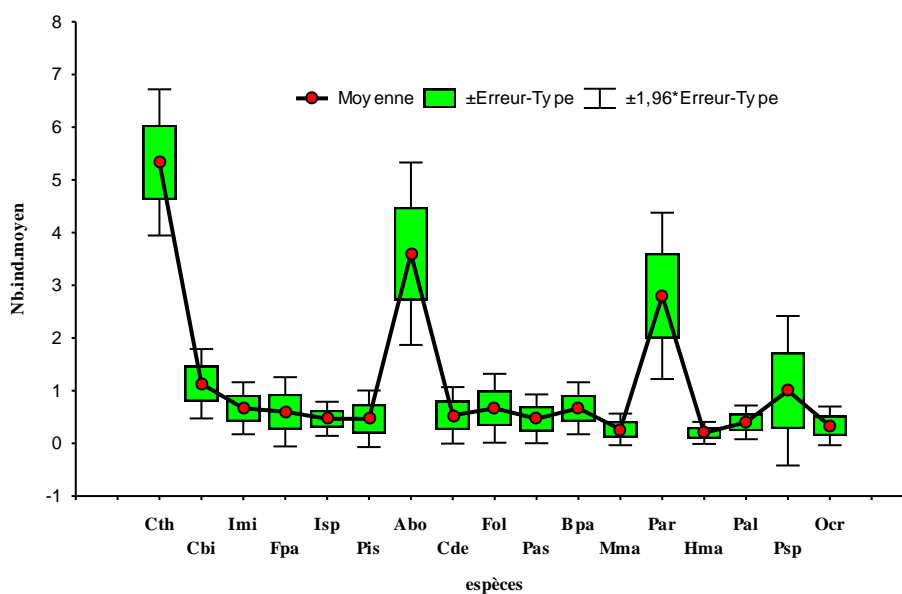
Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont significatives comme le montre la valeur du Chi ( $N = 15$ ,  $dl = 9$ ) = 58,39 à  $p < 0,00000$ . La valeur du coefficient de concordance de Kendall ( $w = 0,43$ ) avec un rang moyen ( $r = 0,39$ ) montre que la dominance dans les échantillons est faible.

Au mois de novembre, 294 individus Collemboles ont été extraits des 15 prélèvements, ils appartiennent à 17 espèces. Les résultats des dénombrements sont consignés dans le tableau 46, ils concernent l'abondance moyenne, relative, l'écart et l'erreur type de la moyenne et la variance.

La moyenne totale est de l'ordre de 1,15 ind. /échant. Nous représentons dans la figure 90, l'évolution de l'abondance moyenne et son erreur-type.

**Tableau 46: Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de novembre.**

espèces	Nb.éch.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	80	5,33	27,21	7,524	2,743	0,708
<i>C. bipunctatus</i>	15	17	1,13	5,78	1,695	1,302	0,336
<i>I. minor</i>	15	10	0,67	3,40	0,952	0,976	0,252
<i>F. parvulus</i>	15	9	0,60	3,06	1,686	1,298	0,335
<i>Isotomurus spp,</i>	15	7	0,47	2,38	0,410	0,640	0,165
<i>P. isotoma</i>	15	7	0,47	2,38	1,124	1,060	0,274
<i>A. bougisi</i>	15	54	3,60	18,37	11,686	3,418	0,883
<i>C. gr. denticulata</i>	15	8	0,53	2,72	1,124	1,060	0,274
<i>F. oligorhopala</i>	15	10	0,67	3,40	1,667	1,291	0,333
<i>P. assigillata</i>	15	7	0,47	2,38	0,838	0,915	0,236
<i>B. parvula</i>	15	10	0,67	3,40	0,952	0,976	0,252
<i>M. macrochaeta</i>	15	4	0,27	1,36	0,352	0,594	0,153
<i>P. armata</i>	15	42	2,80	14,29	9,743	3,121	0,806
<i>H. major</i>	15	3	0,20	1,02	0,171	0,414	0,107
<i>P. alba</i>	15	6	0,40	2,04	0,400	0,632	0,163
<i>Pseudosinella sp2</i>	15	15	1,00	5,10	7,857	2,803	0,724
<i>O. crassicornis</i>	15	5	0,33	1,70	0,524	0,724	0,187
<b>Moyenne totale</b>		<b>294</b>	<b>1,15</b>	<b>100,00</b>			



**Fig. 90 : Variation mensuelle (novembre) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**



On peut observer dans la courbe que le pic de la plus forte abondance correspond à *C.thermophilus* égale à 5,33 individus/échantillon. Tandis que la plus faible abondance correspond à *H.major* avec une abondance égale à 0,20 ind./échant.

Les valeurs de l'abondance moyenne des 17 espèces présentent une distribution autour de la moyenne totale où l'on peut distinguer 2 groupes de valeurs:

- des valeurs qui se situent au-dessus de la moyenne, elles correspondent à *C.thermophilus*, *A.bouguisi* et *P.armata*.
- des valeurs qui se situent au-dessous de la moyenne totale, c'est le cas des 14 espèces restantes.

L'analyse statistique par l'emploi de deux tests statistiques: Anova de Friedman et le coefficient de concordance de Kendall, dont les résultats sont consignés dans le tableau 47. nous a permis de classer les espèces selon le rang qu'elles occupent de la manière suivante:

- *C.thermophilus*, *a.bouguisi* et *P.armata*, occupent respectivement , le 1<sup>er</sup>, le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> rang avec des valeurs de rang de l'ordre respectif de 16,10, 13,60 et 12,77.
- *C.bipunctatus* occupe le 4<sup>ème</sup> rang d'une valeur de 10,07.
- Le reste des espèces dont l'abondance est inférieur à 1, occupent le reste des rangs.

**Tableau 47 : ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de novembre.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C. thermophilus</i>	16,10	5,33
<i>A. bougisi</i>	13,60	3,60
<i>P.armata</i>	12,77	2,80
<i>C. bipunctatus</i>	10,07	1,13
<i>I. minor</i>	8,57	0,67
<i>B. parvula</i>	8,57	0,67
<i>Isotomurus spp,</i>	8,33	0,47
<i>Pseudosinella sp2</i>	8,00	1,00
<i>F. oligorhopala</i>	7,97	0,67
<i>C. gr. denticulata</i>	7,93	0,53
<i>F. parvulus</i>	7,80	0,60
<i>P. alba</i>	7,70	0,40
<i>P. isotoma</i>	7,53	0,47
<i>P. assigillata</i>	7,47	0,47
<i>O. crassicornis</i>	7,03	0,33
<i>M. macrochaeta</i>	6,80	0,27
<i>H. major</i>	6,77	0,20

Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont significatives comme le montre la valeur du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 16) = 87,288 ; p < 0 ,00000. La valeur du coefficient de concordance de Kendall (w= 0,36) et un rang moyen (r =0 ,32) montre une dominance faible dans les 15 échantillons.

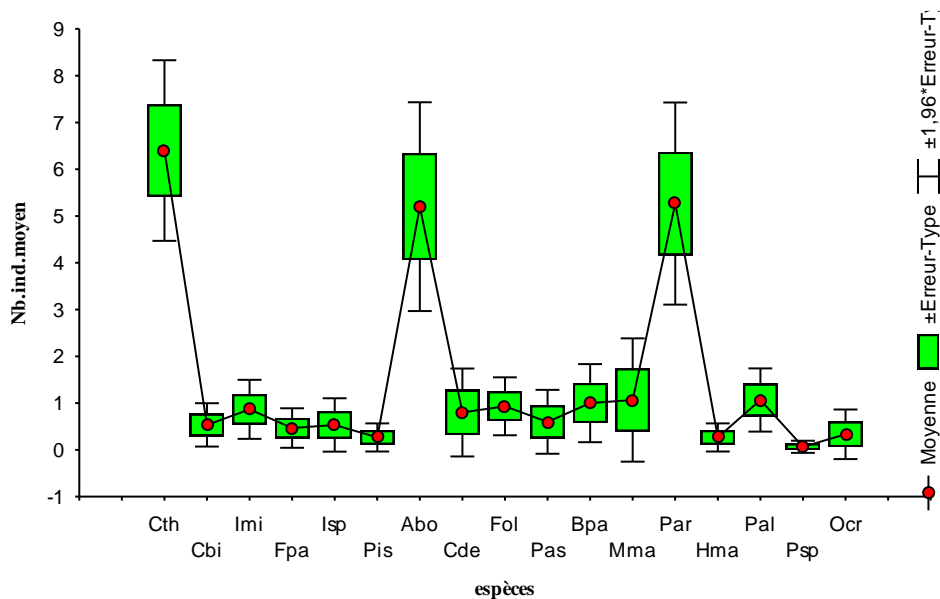
Au mois de décembre, 385 individus Collemboles ont été séparés du sol, ils appartiennent à 17 espèces. Les résultats du dénombrement sont consignés dans le tableau 48.

**Tableau 48: Totaux, moyenne absolue et relative (%) des effectifs d'espèces de Collemboles extraits des échantillons de sol au mois de décembre.**

Espèces	Nb.éch.	Total	Moyenne	%	Variance	Ecart-	Erreur
<i>C. thermophilus</i>	15	96	6,40	24,94	14,54	3,814	0,985
<i>C. bipunctatus</i>	15	8	0,53	2,08	0,838	0,915	0,236
<i>I. minor</i>	15	13	0,87	3,38	1,552	1,246	0,322
<i>F. parvulus</i>	15	7	0,47	1,82	0,695	0,834	0,215
<i>Isotomurus spp,</i>	15	8	0,53	2,08	1,267	1,125	0,291
<i>P. isotoma</i>	15	4	0,27	1,04	0,352	0,594	0,153
<i>A. bougisi</i>	15	78	5,20	20,26	19,457	4,411	1,139
<i>C. gr. denticulata</i>	15	12	0,80	3,12	3,457	1,859	0,480
<i>F. oligorhopala</i>	15	14	0,93	3,64	1,495	1,223	0,316
<i>P. assigillata</i>	15	9	0,60	2,34	1,829	1,352	0,349
<i>B. parvula</i>	15	15	1,00	3,90	2,714	1,648	0,425
<i>M. macrochaeta</i>	15	16	1,07	4,16	6,781	2,604	0,672
<i>P. armata</i>	15	79	5,27	20,52	18,210	4,267	1,102
<i>H. major</i>	15	4	0,27	1,04	0,352	0,594	0,153
<i>P. alba</i>	15	16	1,07	4,16	1,781	1,335	0,345
<i>Pseudosinella</i>	15	1	0,07	0,26	0,067	0,258	0,067
<i>O. crassicornis</i>	15	5	0,33	1,30	1,095	1,047	0,270
<b>Moyenne totale</b>		<b>385</b>	<b>1,51</b>	<b>100,00</b>			

Nous représentons dans la figure 91, l'évolution de l'abondance moyenne et son erreur type. La moyenne totale est de l'ordre de 1,51. On peut observer dans la figure que le pic de la plus forte abondance moyenne correspond à *C.thermophilus* d'une valeur de 6,40 ind./échant. et représente 24,94 % du total dénombré. La plus faible abondance est celle de *Pseudosinella* sp2 d'une valeur de 0,07 individus/échantillon, soit 0,26 % du total. L'abondance moyenne des différentes espèces présente une distribution autour de la moyenne totale où l'on peut distinguer deux groupes de valeurs :

- des valeurs qui se situent au-dessus de la moyenne totale, elles correspondent à trois espèces : *C.thermophilus*, *P.armata* et *A.bougisi*.
- des valeurs au-dessous de la moyenne totale, elles correspondent aux 14 espèces restantes.



**Fig. 91 : Variation mensuelle (décembre) de l'abondance moyenne d'espèces de Collemboles dans un sol agricole (El-Baaraouia : Khroub).**

Le tableau 49, donne les résultats de l'analyse statistique par l'emploi de deux tests: Anova de Friedman et le coefficient de concordance de Kendall.

**Tableau 49 : ANOVA de Friedman et Coefficient de Concordance de Kendall pour le mois de décembre.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C. thermophilus</i>	15,63	6,40
<i>P.armata</i>	15,23	5,27
<i>A. bougisi</i>	14,27	5,20
<i>P. alba</i>	9,43	1,07
<i>F. oligorhopala</i>	9,17	0,93
<i>I. minor</i>	9,03	0,87
<i>B. parvula</i>	8,33	1,00
<i>M. macrochaeta</i>	8,30	1,07
<i>C. bipunctatus</i>	7,80	0,53
<i>F. parvulus</i>	7,67	0,47
<i>C. gr. denticulata</i>	7,60	0,80
<i>Isotomurus spp,</i>	7,50	0,53
<i>P. assigillata</i>	7,30	0,60
<i>H. major</i>	6,73	0,27
<i>P. isotoma</i>	6,67	0,27
<i>O. crassicornis</i>	6,50	0,33
<i>Pseudosinella sp2</i>	5,83	0,07

La classification des espèces se présente de la manière suivante:

- *C.thermophilus*, *P.armata* et *A.bougisi* occupent dans l'ordre les 3 premiers rangs avec des valeurs respectives 15,63, 15,23 et 14,27.

- Les 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> rangs sont occupés par *P.alba* (9,43), *F.oligorhopala* (9,17) et *I.minor* (9,03).
- Le reste des espèces occupent les rangs restant dont la valeur est inférieure à 9.

Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont significatives comme le montre la valeur du Chi<sup>2</sup> (N = 15, dl = 16) = 112,7131 p < 0,00000. La valeur du coefficient de concordance de Kendall (w = 0,47) et un rang moyen (r = 0,43) montre une dominance proche de la moyenne.

L'application du test Anova de Friedman et du coefficient de concordance de Kendall pour classer les 17 espèces selon le rang qu'elles occupent dans les 180 échantillons prélevés tout le long de la période d'étude. La classification des 12 mois pour l'abondance totale et la richesse spécifique, les résultats obtenus se présentent de la manière suivante :

D'après les valeurs obtenues, l'ordre de dominance descendant est établi de la manière suivante (tableau 50) :

- *C.thermophilus* occupe le 1<sup>er</sup> rang d'une valeur de 15,43, suivie de *A.bouguisi* (12,72) au 2<sup>ème</sup> rang et de *P.armata* (11,82) au 3<sup>ème</sup> rang.
- Au 15<sup>ème</sup> rang on trouve *M.macrochaeta* (7,65), au 16<sup>ème</sup> *P.assigillata* (7,50) et *H.major* (6,25) au 17<sup>ème</sup> et dernier rang.

**Tableau 50 : ANOVA de Friedman et Coefficient de concordance de Kendall pour les 12 mois de l'étude.**

Espèces	Rang	Moyenne
<i>C. thermophilus</i>	<b>15,43</b>	4,59
<i>A.bouguisi</i>	12,72	3,02
<i>P.armata</i>	11,82	1,98
<i>C. bipunctatus</i>	9,12	0,72
<i>F. parvulus</i>	8,9	0,62
<i>I.a minor</i>	8,82	0,61
<i>Isotomurus sp.</i>	8,28	0,43
<i>P. alba</i>	8,25	0,53
<i>P. isotoma</i>	8,13	0,47
<i>Pseudosinella sp.2</i>	7,93	0,47
<i>F. oligorhopala</i>	7,91	0,43
<i>B. parvula</i>	7,88	0,46
<i>C. gr. Denticulata</i>	7,76	0,43
<i>O. crassicornis</i>	7,65	0,41
<i>M. macrochaeta</i>	7,65	0,38
<i>P.assigillata</i>	7,5	0,29
<i>H. major</i>	7,25	0,21
<b>Moyenne totale</b>		<b>0,94</b>

Les différences entre les rangs occupés par les différentes espèces sont significatives comme le montre la valeur du Chi<sup>2</sup> (N = 180, dl = 16) = **940,1120** p < 0,00000. La valeur du coefficient de concordance de Kendall (w = 0,33) et un rang moyen (r = 0,32), ce qui indique une dominance inférieure à la moyenne (0,50).

## IV- DISCUSSION ET CONCLUSION

### 1.- Composition faunistique par localité

Avant les années soixante, les travaux systématiques sur les Collemboles d'Algérie sont peu nombreux et très sporadiques. Les principaux travaux réalisés remontent aux années 1920-1930 (Cassagnau, 1963). C'est à ce dernier auteur que revient le mérite de réaliser un travail plus large sur la faune des Collemboles du Nord-Constantinois (Annaba) et de donner la première liste synthétique des espèces de Collemboles signalées aux pays du Maghreb. Depuis aucun autre travail n'a été réalisé mis à part l'étude des Collemboles cavernicoles des grottes du Djurdjura réalisée par Stomp (1974, 1980). A la même période Thibaud et Massoud, 1980 apportèrent leur contribution par une étude bibliographique sur les Collemboles du Maghreb, qui reste à nos jours la principale référence pour la connaissance des Collemboles d'Algérie et d'Afrique du Nord.

Avant la présente étude, l'inventaire des Collemboles d'Algérie se compose de **104** espèces appartiennent à seulement 13 familles et 58 genres (Thibaud et Massoud, 1980) et (Cassagnau, 1963). Dans le présent travail, nous avons identifié **113** espèces réparties sur 15 familles et 55 genres.

Signalons a priori que les 7 localités d'étude sont prospectées pour la première fois, aucune étude n'a été réalisée avant nous dans ces régions, donc toutes les espèces signalées dans notre liste sont nouvelles pour ces régions. Des 7 localités, c'est du massif de l'Edough que provient l'essentiel des 113 espèces récotées, soit 78 espèces. Cassagnau, (1963) avait déjà à son époque manifesté un intérêt particulier pour le Massif de l'Edough, l'auteur songeait en particulier aux formations boisées et au climat humide.

La région de Azzaba (Massif d'El-Alia) avec 32 espèces, c'est une diversité moyenne pour cette localité. Aucune des espèces endémiques d'Algérie n'a été rencontrée, ni dans ce travail, ni dans celui de (Hamra-Kroua & Allatou, 2003). La région reste insuffisamment prospectée, vu le climat humide à sub-humide qui y règne et que l'on considère comme favorable à la présence davantage d'espèces de Collemboles.

A El-Kalla, région la plus humide d'Algérie est ici peu représentée, seulement 22 espèces ont été récoltées et identifiées dans les quelques échantillons prélevés dans cette zone humide par excellence. C'est une diversité très réduite et ne reflète pas les potentialités bio-écologiques qui caractérise les zones humides.

A l'Edough, à Azzaba comme à El-Kalla nos prélèvements sont plus ou moins diversifiés, le sol, les mousses, la litière mais aussi sur les plantes aquatiques et annuelles et dans le bois mort. Ce n'est pas le cas dans la localité d'El-Khroub, où nous avons réalisé

notre étude écologique sur le sol de la ferme pilote El-Baaraouia. Dans cette localité, nous avons identifié 14 espèces reconnues extraites de 180 échantillons de sol pendant 12 mois, c'est une richesse modérée si on considère le nombre élevé de prélèvements de sol analysés et le rythme régulier. Généralement, le sol se présente comme le biotope le plus favorable aux microarthropodes, (Palacios-Vergas, 1985). Coinneau, (1978) note que le sol profond est d'origine pauvre en ressources nutritives ce qui réduit la richesse spécifique et l'abondance de la microfaune dont les Collemboles avec les Acariens dominent .

Les autres localités, Jijel avec 6 espèces, Djebel Ouahch (Constantine) avec 7 espèces et la Sebkhah (lac salé) de Ain Mlila , 6 espèces. Ces 3 localités nous les avons très peu prospecté, le nombre d'espèces identifiées ne reflète pas la diversité, c'est le cas de Jijel qui est proche de l'Edough et d' El-Kalla sur le plan bioclimatique et écologique.

## 2.- Etude taxonomique

Traditionnellement les Collemboles sont classés selon la structure des segments et sur la métamérisation plus ou moins apparente, on distingue selon ces critères les Arthropléones à segments abdominaux séparés et les Symphypléones à segments thoraciques et abdominaux I à coalescents.

Les travaux de taxonomie des Collemboles les plus récents, (Bretfeld 1994 et 1999), D'Haese (2002), et Deharveng, (2004) ne considèrent plus les Collemboles comme faisant partie de la classe des Insectes, ils sont séparés de ces derniers et élevés au rang de **classe** : *Collembola*, avec 5 ordres (*ARTHROPLEONA*, *METAXYPLEONA*, *NEELIPLEONA*, *ENTOMOBRYOMORPHA*, et *SYMPHYPLEONA*) divisés à leur tour en super-familles et sous-familles. La classe des *Collembola* , tout comme les *Protura* et les *Diplura*, font partie de la super-classe des *Hexapoda*.

La classification des Collemboles n'a cessé d'être révisée et modifiée, deux modèles essaient chacun de présenter une définition : l'école Linnéenne, conventionnelle, qui utilise un système statique, basé sur le rang des taxa et l'école cladistique qui utilise un système dynamique basé sur l'évolution des relations entre les taxa. La classification actuelle est une combinaison entre les deux systèmes, elle est basée sur la phylogénie proposée par Cassagnau (1971), Massoud (1976), Moen & Ellis (1984), Bretfeld (1986), Fjellberg (1994), Soto-Adames (1996), D'Haese (2002, 2003), et Deharveng (2004). Les deux derniers auteurs contrairement à Moen & Ellis (1984) et Stebaeva (1988) ne maintiennent pas les *Metaxypleona* parmi les Collemboles et proposent la classification suivante:

Les Collemboles sont traditionnellement divisés en 5 ordres.

- \* *PODUROMORPHA*: 6 superfamilles, 12 familles.
- \* *ENTOMOBRYOMORPHA*: 4 super-famille et 11 familles.
- \* *SYMPHYPLEONA* : 5 super-familles et 10 familles.
- \* *NEELIPLEONA* : une seule famille des *NEELIDAE*.

Les espèces de Collemboles mentionnées dans le tableau sont groupées par familles qui à leur tour sont classées selon l'ordre auxquelles elles appartiennent. Les quatre ordres de Collemboles sont représentés par différentes espèces. Les *Poduromorpha* sont les mieux représentés avec un total de 57 espèces réparties sur 26 genres appartenant à 5 familles, ce qui représente 50 % des espèces identifiées. La famille des *Neanuridae* domine parmi les *Poduromorpha* avec 27 espèces appartenant à 3 sous-familles:

-*Frieseinae* avec 11 espèces du même genre (*Friesea*); *Neanurinae* avec 9 espèces et 5 genres et enfin les *Pseudachorutinae* avec 7 espèces et 5 genres. Tous les nouveaux taxons appartiennent à cette famille.

Avant ce travail, on connaît seulement 10 espèces d'Algérie: *Anurida tullbergi*, *Anurida maritima*, *Pseudachorudina meridionalis*, *Pseudachorutes corticicolus*, *Pseudachorutes parvulus*, *Friesea oligorhopala*, *Bilobella aurantiaca*, *Endonura gladiolifer*, *Achorutes reticulata* et *Protanura pseudomuscorum*, dont 2 seulement ont été rencontrées à l'Edough : *Pseudachorutes parvulus* et *Bilobella aurantiaca*, quant à *Friesea oligorhopala*, elle a été signalée par Cassagnau, (1963) aux alentours de la ville de Annaba. Dans le présent travail nous ajoutons 18 autres espèces de la même famille, récoltées toutes à l'Edough: *Pseudachorudina meridionalis*, *Pseudachorutella asigillata*, *Pseudachorutes parvulus*, *Friesea albida*, *Friesea ladeiroi*, *Pseudachorutes subcrassus*, les autres différents dans leur diagnose d'espèces reconnues, sont considérées ici comme proches de celles-ci selon nos observations taxonomiques :

\**Pseudachorutes n.sp* se distinguant par la présence d'une vésicule simple sur l'article antennaire I, labium sans les soies **L** et **B** et griffe sans dents internes.

\**Pseudachorutes cf. subcrassus* se distingue de l'espèce reconnue par : l'absence de la soie **B** du labium, vésicule trilobée de l'article antennaire IV),

\* *Friesea cf. mirabilis* se distinguant de l'espèce reconnue par : 3 épines anales sans papilles, tibiotarses I, II, et III avec 17, 17, 16 soies et se rapproche d'elle par : 8+8 yeux, furca avec mucron et 3 soies et griffe sans dents.

\* *Friesea cf. steineri* se distinguant de l'espèce reconnue par la chétotaxie du segment abdominal IV avec les soies a1, a4, a5, m2, m4, m5, p2 et p3, les autres caractères

les rapproche de l'espèce reconnue, surtout la formule tibiotarsique : 17,17,16 sur les tibiotarse I, II et III et l'absence d'ergot capités.

\* *Friesea cf. truncata* se distinguant de l'espèce reconnue par : absence des soies ordinaires a2 sur abdomen V, 8+8 yeux, furca sans mucron et avec 3 soies, tenaculum avec 2 dents, 5 ergots capités, tibiotarses I, II, III avec 17, 17 16 soies.

\**Friesea laouina* est reconnue, sa description est publiée (Deharveng & Hamra-Kroua, 2004)

\**Friesea major n.sp.* est une espèce du groupe de *Friesea mirabilis* qui comprend de nombreuses espèces très difficiles à délimiter. La nouvelle espèce est surtout remarquable par la chétotaxie du segment abdominal V, présence de la soie a2, 8+8 yeux, furca sans mucron et avec 3 soies, tenaculum avec 1 ou 2 dents, 4 à 5 ergots capités sur les tibiotarses I, II, III avec 17, 17, 16 soies ; l'espèce est également remarquable par sa grande taille. Elle se distingue de *Friesea truncata* par : la présence de la soie a2 sur abd.IV, les grosses épines anales, sa grande taille et par la chétotaxie dorsale ordinaire et rugueuse.

\* *Friesea algerica n.sp* c'est une espèce voisine de *Friesea claviseta-spunaensis*, elle se distingue de *F.spunaensis* par son mucron qui est séparés en dents, l'extrémité des soies des segments abdominaux I à IV. Elle se distingue de *F.claviseta* par son mucron, la griffe avec dents, et 17, 17, 16 soies sur les tibiotarse I,II et III

\* *Bilobella braunerea* a été récoltée à l'Edough en 2001 en 1 seul exemplaire, cette espèce est endémique d'Autriche, (Deharveng, 1981).

\**Deutonura zana n.sp.*(la nouvelle espèce est proche de *Deutonura luberonensis* du sud de la France et de *Deutonura deficiens meridionalis* de France et d'Espagne.

\* *Neanurini n.g.*(bien défini par de nombreux caractères le rapprochant du genre russe *Ghirkanura* par la présence de soies **Di** (dorso-internes) fourchues sur les tergites, mais se distinguant de celui-ci par le dédoublement des soies **A** céphaliques.

On doit faire remarquer que les descriptions des nouveaux taxons : *F.algerica n.sp*, *F.majorn.sp.* et *D.zanan.sp.* ont été présentées et discutées lors de la tenue du XI International Colloquium of Apterygota, France (Rouen), septembre 2004 ( Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana, 2004), leur description est déposée auprès d'une revue spécialisée pour publication.

Le genre *Friesea* présente une diversité exceptionnelle, surtout à l'Edough où on rencontre 8 espèces nouvelles pour l'Algérie dont 3 sont nouvelles pour la sciences. Avant cette étude on connaît une seule espèce de ce genre: *F.oligorhopala* qui a été signalée par



Cassagnau (1963) dans la région de Annaba, cette dernière n'a été retrouvée que dans la localité d'El-Khroub.

La sous-famille des *Neanurinae* avec 9 espèces et 5 genres dont 7 sont rencontrées à l'Edough, dont une est reconnue comme nouvelle pour la sciences (*Deutonura zana n.sp.*) et les 3 autres sont jugées proches d'espèces connues: *Protanura cf. monticelli* et *Protanura cf. pseudomuscorum* et la 3<sup>ème</sup> appartient à la tribu des *Neanurini*, (*Neanurini n.g.*) que l'on considère proche du genre russe *Ghirkanura*. On doit remarquer le caractère exceptionnelle de la richesse en *Friesea* du massif de l'Edough, aucun autre massif méditerranéen n'héberge une richesse comparable, c'est un phénomène original du massif algérien (Deharveng et al, 2004).

La sous-famille des *Pseudachorutinae* est représentée par 7 espèces dont au moins une : *Pseudachorutes n.sp.* rencontrée à l'Edough, est nouvelle pour la sciences. La plupart des taxons, dont cette espèce, n'ont été récoltés qu'en un seul exemplaire. Il y a donc une forte proportion d'espèces rares, et on peut donc s'attendre à de nouvelles découvertes.

La famille des *Hypogastruridae* représentée par 13 espèces qui sont toutes nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique du Nord, une seule a été signalée par Cassagnau (1963) dans la région de Annaba. On doit signaler le cas de *Microgastrura minutissima* Mills, 1934 qui n'a été signalée qu'aux Etats-Unis et en Espagne (Jordana et al, 1997). La famille des *Odontellidae* est ici représentée par 5 espèces, quatre sont nouvelles pour l'Algérie et une a été signalée par Handschin (1928), deux autres *Odontella (Superodontella) vallvidrerensis subalpina* et *Odontella (Superodontella) vallvidrerensis vallvidrerensis* ne sont connues que d'Espagne (Jordana et al, 1997). La famille des *Brachystomellidae* avec 3 espèces seulement est très peu représentée dans nos prélèvements, les 3 espèces rencontrées sont nouvelles pour l'Algérie. La famille *Onychiuridae* est représentée par une seule sous-famille: *Onychiurinae* qui comprend 9 espèces. Cette famille est très peu représentée dans nos échantillons, elle représente une faible proportion égale à 7,89 % parmi les *Poduromorpha*. Huit espèce sont nouvelles pour l'Algérie et une seule est déjà connue d'Algérie: *Protaphorura armata* (Denis, 1937) et (Cassagnau, 1963).

L'ordre des *ENTOMOBRYOMORPHA* représenté par 4 familles, 41 espèces et 19 genres, occupe le 2<sup>ème</sup> rang d'importance numérique après les *Poduromorpha* et représente une proportion de l'ordre de 35,96 % du total des espèces identifiées. Les *Isotomidae* avec 22 réparties sur 10 genres sont les mieux diversifiés dans cet ordre, ils sont suivis par les *Entomobryidae* avec 17 espèces et 7 genres. parmi ces derniers on signale une faible proportion de nouveaux taxons : *Pseudosinella sp.*, *Entomobrya sp.* et probablement un

nouveau genre proche du genre *Entomobrya* mais se distingue par la taille du segment abdominal IV qui est moins de 2 fois plus long que le III. Les autres familles d'Entomobryomorphes : *Cyphoderidae* et *Oncopoduridae* sont représentées chacune par une seule espèce.

L'ordre des *SYMPHYPLEONA* avec 5 familles, 12 espèces et 7 genres représente 10,62 % du total d'espèces identifiées. Notons la présence de la famille des *Katianidae* qui est citée ici pour la première fois en Algérie et en Afrique du Nord, elle est représentée par 4 espèces, dont 3 sont reconnues : *Sminthurinus aureus*, *Sminthurinus elegans* et *Sminthurinus niger*.

Enfin, les *NEELIPLEONA* sont ici représentés par deux espèces : *Megalothorax minimus* et *Neelus murinus* appartenant à l'unique famille (*Neelidae*) connue de cet ordre.

*Proctostephanus sancti-augustine* et *Onychiurus obsiones* ont été les deux dernières espèces endémiques signalées d'Algérie et décrites par Cassagnau (1963), une seule des ces 2 espèces (*P.sancti-augustini*) a été rencontrée dans le massif de l'Edough.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus ont permis d'enrichir l'inventaire des Collemboles du pays par une liste de 113 espèces, dont 56 sont considérées comme nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique du Nord, et 5 nouvelles pour la science sont décrites dans ce travail. (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004).

Les espèces citées dans ce travail et qui ont été déjà signalées avant notre étude par les différents auteurs sont au nombre de 30 espèces, soit 26,55 %, (Cassagnau,1963) ; (Thibaud et Massoud, 1980). Les espèces dont le statut n'est pas encore établi sont au nombre de 27, soit, 23,89%. Nos résultats montrent à quel point la faune Collembologique de l'Algérie reste encore mal connue.

### **3.- Statut et classification morphoécologique des espèces**

Sur les 113 espèces rencontrées dans les différentes localités, seulement 30 parmi elles étaient signalées en Algérie par les auteurs (Thibaud et Massoud, 1980). Le reste, 44 sont, soit 38,94 % sont citées ici pour la première fois en Algérie et en Afrique du Nord, 7 sont connues du Maroc :

*Axenyllodes bayeri* ; espèce européenne rare (Jordana et al., 1997) ;

*Micranurida pygmaea* espèce holarctique, signalée au Maroc (Thibaud et Massoud, 1980) et en Espagne (Arbea et Jordana, 1990) ;

*Mesaphorura critica*, espèce euro méditerranéenne, décrite de Crête (Grece), signalée au Maroc et l'Afrique du Nord dans une grotte (Thibaud et Massoud) ;

*Folsomia candida*, déjà connue du Maroc (Thibaud et Massoud, 1980) ;

*Folsomides parvulus* signalée au Maroc (Thibaud et Massoud, 1980).

*Folsomides parvulus*, citée au Maroc dans le Haut Atlas (Thibaud et Massoud, 1980) ;

*Neelus murinus*, signalée au Maroc (Thibaud et Massoud, 1980).

Les espèces nouvelles pour la science décrites dans ce travail sont au nombre de 4, soit 4,42 %.

Enfin, les espèces dont l'identification n'est pas encore confirmée sont au nombre de 27 espèces, soit 23,89 %. C'est une proportion très élevée, elle est due probablement au caractère rare de ces espèces, dont plusieurs sont récoltées en un seul exemplaire, ce qui nous permet de s'attendre à d'autres découvertes.

La faune des Collemboles d'Algérie étant encore mal connue, c'est ce qui explique la forte proportion d'espèces nouvelles pour le pays (49,56 %) et la région du Maghreb (43,36%). La présence de nouveaux taxons parmi les espèces rencontrées dans le massif de l'Edough, nous renseigne sur le caractère original du massif. Benyacoub (1993) note que le caractère original du massif réside dans la présence de populations rélictuelles d'espèces végétales et animales dont l'aire de distribution actuelle est soit franchement tropicale soit franchement européenne. Ces populations seraient maintenues depuis au moins le Tertiaire grâce à la présence de 25 000 hectares de zones humides combinée à une température moyenne élevée. Joleau (1936) insiste sur le caractère biogéographique particulier de cette région, où des traces de l'ancien climat tropical Nord africain côtoient une faune et une flore aux affinités autant tropicale qu'europpéenne.

Notre contribution à l'étude de la classification morphoécologique des espèces de Collemboles trouvées dans les différentes localités se limite à à apporter des éléments d'informations pouvant être utiles à la réalisation ultérieure d'un travail précis et approfondi. Un tel aspect necessite davantage de connaissances sur la morphologie des Collemboles et les caractéristiques écologiques du milieu naturel. Les résultats obtenus montrent que les biotopes edaphiques (Epiédaphique, hémiédaphiques et euédaphiques) hébergent 91% des espèces rencontrées dans les différentes localités. A l'intérieur de cette catégorie ce sont les éléments epiédaphiques qui dominent avec 47 espèces, on cite à titre d'exemple tous les *Neanuridae*, dont le genre *Friesea* avec ses 11 espèces. Palascios-Vergas, (2001) a classé les genres *Friesea* parmi les hémiédaphiques xérophiles (Xeromorfa de l'auteur) et le genre *Ceratophysella* (*Hypogastruridae*) parmi les hémiédaphiques normaux. Arba, (2003) cite *Friesea oligorhopala* et *Pseudachorutes parvulus* parmi les hémiédaphiques mésophiles alors que Jordana

(comm.pers.) les rattache au biotope épigé. Cassagnau, (1990) considère le milieu édaphique comme un véritable vivier où s'enracinent les évolutions spécialisatrices, il présente une plus grande diversité, c'est un milieu de base qui regroupe les humus et les litières, les strates muscinales superficielles et toutes les annexes. Le même auteur note que l'Hémiédaphon se caractérise par un pigment bien développé, des antennes moyennes et le divise en trois catégories :

-hydrophiles :peuplement de la surface de l'eau, mucron à lamelles élargies, ex.*Sphairidia pumilis* et *Desoria olivacea*, *Friesea mirabilis*, *Axeenylloides armatus*, *Odontella (Superodontella) vallvidrerensis subalpina*, *Xenyllogastrura afurcata*

-mésophiles :peuplement des couches superficielles du sol, se caractérisant par des ergots aigus ou capités.

-xérophiles :peuplement des écorces, des mousses, des milieux les plus secs, espèces se caractérisants par plusieurs ergots capités, on cite à titre indicatif : *Billobela aurantiaca* et *Protanura pseudomuscorum*, *Ceratophysella gibbosa*.

De ce qui précède on remarque que l'appartenance des différentes espèces à ce biotope diffère d'un auteur à l'autre, ce qui nous conduit à être un peu plus prudent. On partage la remarque émise par Cassagnau, (1961) selon lequel qu'on ne peut pas superposer exactement la classification morphologique à une classification des milieux, car selon l'auteur, il n'existe pas dans le milieu naturel de limites spatiales aussi nettes et des espèces hémiédaphiques pénètrent de façon permanente dans le milieu euédaphiques et les espèces de ce biotopes peuvent pulluler dans les couches superficielles. La forte proportion (71 %) des espèces hémiédaphiques, quelles soient hygrophiles, mésophiles ou xérophiles, peut être expliquée en partie par le nombre d'échantillons, dont la plupart sont prélevés dans la litière, l'humus, les mousses et le bois mort, surtout à l'Edough où a été réalisé l'essentiel de notre travail.

L'élément euédaphique est représenté par 20 espèces, dont 7 appartiennent à la sous-famille des *Onychiurinae*(genres: *Protaphorura* et *Mesaphorura* (sans yeux,sans pigment, ni furca), quatre espèces considérées comme proglophiles, vivant dans les couches profondes du sol : *Oncopodura crassicornis*, dans les cavités souterraines et les grottes : *Cyphoderus* sp., *Megalothorax minimus* et *Neelus murinus*.

L'atmobios héberge 9 espèces, 7 appartenant à la famille des *Entomobryidae* dont 3 au genre (*Entomobrya albocincta* et *Entomobrya lanuginosa* et *Entomobrya n.sp.*), les 6 autres : *Heteromurus major*, *Seira* sp. et *Seira* sp. Et 2 à la famille des *Dicyrtomidae* (. *Dicyrtomina saundersi* et *Dicyrtomina ornata*. Ce qui caractérise ces espèces, c'est la

persistance d'une furca, pattes allongées, développement du revêtement dense de soies, d'écaillés et des tailles pouvant atteindre 1 cm. La faible proportion de cette catégorie peut être expliquée par le nombre très réduit de prélèvements de milieux superficiels et épigés, feuillage d'arbres et de plantes annuelles et autres substrats.

#### 4.- Biogéographie

Aux 17 espèces endémiques d'Algérie citées par Thibaud et Massoud, (1980), on ajoute 5 autres qui ont été rencontrées à l'Edough. Le nombre de 22 espèces considérées comme endémiques du pays, représente une très faible proportion par rapport au nombre total d'espèces connues. Vingt deux espèces à large répartition ou se répartissant sur les deux hémisphères, sont présentes dans les différentes localités du nord-est d'Algérie, elles représentent 22,12% du total d'espèces rencontrées. Signalons que le rapport de l'endémisme mentionné dans ce travail représente le tiers signalé par les différents auteurs, ce qui représente une part non négligeable si l'on considère, l'effort d'échantillonnage, l'homogénéité des sites échantillonnés et le nombre élevé d'espèces dont la description est en cours de finalisation.

Les espèces à large répartition européenne représentent 15,04%, soit 17 espèces.. *Mesaphorura macrochaeta*, *Bilobella braunerae*, *Mesaphorura critica*, *Friesea albida*, *Cryptopygus bipunctatus*, *Folsomia trisetata*, *Pseudosinella albida*, *Arrhopalites subbifidus*, sont citées pour la première fois dans ce travail.

Les espèces euro-méditerranéennes, se trouvant sur le pourtour méditerranéen sont au nombre de 13 et représentent 11,50 %. *Bilobella aurantiaca* présente en abondance à l'Edough, Azzaba, El-Kalla et Djebel Ouahch, étend son aire de distribution en Afrique du Nord. La plupart de ces espèces sont considérées comme nouvelles pour les pays du Maghreb: *Odontella (Superodontella) vallvidrerensis subalpina*, *Odontella (Superodontella) vallvidrerensis vallvidrerensis*, *Pratanurida boernerii*, *Tetracanthella pillosa*.

Les espèces holarctiques et cosmopolites représentent ensemble 16 espèces, soit 11,50%, sont réparties entre les Neanuridae, Isotomidae, Entomobryida et les Symphypléones.

Donc, une faune essentiellement marquée par la présence d'éléments européens et méditerranéens à large répartition plus quelques espèces endémiques beaucoup plus originales mais aussi plus rares.

Si on se réfère aux listes de Cassagnau (1963) pour l'Algérie, celle de Gers & Deharveng, (1985) pour le Maroc, Thibaud & Massoud, (1980) pour le Maroc et l'ensemble des pays du Maghreb et aux résultats du présent travail, on peut considérer que

nos connaissances sur la distribution biogéographique de la faune collembogique rencontrée dans le Constantinois sont améliorées mais restent encore fragmentaires et incomplètes en raison même de la proportion des espèces nouvelles pour le pays, la région Nord-Africaine et pour la science. Si l'on tient compte du nombre réduit d'échantillons analysés et de la courte période de récolte (saison humide de 4 mois), plus les difficultés liées à la situation du pays, la faune du Constantinois peut être considérée comme diversifiée d'où l'intérêt de poursuivre la prospection et de l'étendre à d'autres milieux et régions.

## **5- Etude écologique**

### **Structure du peuplement**

En se référant aux valeurs des différents paramètres de la structure du peuplement de notre étude on peut tirer les observations suivantes :

La diversité varie entre des limites plus larges, de 0,78 à 2,52, soit une moyenne de l'ordre de 1,93 ce qui nous permet de considérer le peuplement peu homogène.

La richesse annuelle est de l'ordre de 13,09 , elle est plutôt faible.

L'équitabilité annuelle moyenne est d'une valeur égale à 0,70 ce qui est généralement considéré comme l'indice d'un peuplement peu équilibré.

La dominance annuelle qui a une valeur de l'ordre de 0,25, indique que très peu d'espèces dominent le peuplement,

Di Castri et Astidillo (1966) notent que les sols nus présentent une densité et une diversité faibles dues au déficit en ressources trophiques, aux troubles de l'activité agricole, nous ajoutons de notre part l'influence des conditions du milieu très sévères du climat semi aride ainsi que la perturbation causée par le piétinement de la parcelle par les animaux (bovins et ovins). A ce sujet, Massoud et al, (1984), notent que le piétinement entraîne une forte diminution des effectifs de Collembolés et aggrave la baisse de la diversité et la richesse dans la litière et le sol. De leur côté Cancela da Fonseca et Sarkar, (1996) rapportent que la diversité taxonomique et leur richesse des microarthropes du sol (Acaréens et Collembolés) diminuent considérablement sous l'intensité des perturbations introduites par l'homme dans les peuplements et les écosystèmes. Selon Bachelier, (1980) le sol profond est le biotope le moins favorable aux microarthropodes ; car dépourvu de couverture végétale ce qui exposera la faune aux aléas de températures extrêmes et au déficit hydrique qui caractérisent la région d'étude en saison sèche. Les Collembolés sont ainsi soumis à des stress c'est ce qui explique leur très faible diversité et densité à partir du mois de juin ou seules quelques groupes pourront résister à la

dessiccation comme c'est le cas de *Cryptopygus thermopilus*, présente dans le biotope tout le long de l'année.

Il est intéressant de souligner l'effet saisonnier sur la structure du peuplement : des effectifs et un nombre d'espèces élevés en période humide, de novembre à mai, où les 17 espèces sont présentes, au contraire en période de fortes températures et de faible teneur en eau du sol, qui s'étale de juin à octobre, on enregistre une diminution de l'abondance et la diversité, cette dernière se présente comme suit : juin (11 espèces), juillet (6 espèces), août (6 espèces), septembre (8 espèces) et octobre (10 espèces).

### **b.- Facteurs édaphiques**

La teneur en eau, la température et la porosité du sol ont été mesurées directement dans l'échantillon de sol destiné à l'extraction des Collemboles. Tout d'abord on doit rappeler que le sol d'étude appartient à l'étage semi-aride qui se caractérise par une saison humide et l'autre sèche avec des températures pouvant atteindre 40°C. L'année au cours de laquelle le présent travail a été réalisé, est moins pluvieuse, avec seulement 340 mm de précipitation. Le sol est plus humide en hiver : janvier (47.36%), février (34.01%) et décembre (31.08%). Le printemps est davantage moins humide avec des teneurs en eau de l'ordre de 22.61% en mars, aux mois d'avril et mai le sol est déjà plus sec, soit respectivement 19.94% et 19.39%. La saison estivale qui s'étale de juin à septembre est caractérisée par une dessiccation maximale du sol, le sol contient très peu d'eau, on enregistre une teneur de l'ordre de 11.01% en août. L'humidité estivale mesurée est due aux pluies orageuses qui caractérisent souvent la région de Constantine en cette période (exceptionnelles au mois de juin avec 33,2 mm et 17,2 mm au mois d'août), mais aussi au fait que les échantillons sont prélevés en cette période à une profondeur allant jusqu'à 30cm, car les 10 à 20cm sont complètement à sec.

La température du sol présente les mêmes variations, les valeurs minimales sont enregistrées en hiver, de décembre à février et sont de l'ordre respectif : 11,9 °C, 10,2°C, 10,4 °C et 11,1°C. Le maximum thermique est enregistré au mois d'août:25,7 °C.

En ce qui concerne la porosité du sol, elle évolue avec l'humidité de ce dernier, la moyenne annuelle est de l'ordre de 51,85 %, ce qui représente une porosité moyenne, mais suffisante pour aérer le sol (Bachelier, 1978).

Les résultats obtenus par l'analyse de la variance montrent que les valeurs de F calculées (ddl 12,173 et  $p < .005$  ; 39,26 pour la teneur en eau, 20,74 pour la porosité et 49,39 pour la température) sont significatives, donc, qu'il existe une variation mensuelle des trois facteurs édaphiques. Le sol d'étude est riche en calcaire (Rached, 1978), il est par

conséquent d'une faible conductivité, s'échauffe et se refroidit vite en surface mais ne transmet pas profondément les variations de température (Bonneau et Souchier, 1979), c'est ce qui explique la faible amplitude thermique (2 à 3 °C) observée en hiver et en été entre la surface et la profondeur.

#### **b.- Facteurs édaphiques et abondance des Collimboles**

Trois facteurs édaphiques ont été mesurés dans la même fraction du sol destiné à l'extraction des Collembolles: teneur en eau, porosité et température du sol. Le test d'analyse de la variance révèle l'existence de différences mensuelles des trois facteurs par rapport aux 12 mois. Les résultats de l'application du test de Student pour la comparaison entre les valeurs moyennes des trois facteurs enregistrées en période humide (décembre, janvier et février ) d'une part et en période sèche (juillet, août et septembre) d'autre part, sont significatifs, ce qui conduit à l'existence d'une variation saisonnière.

La plus forte teneur en eau du sol est enregistrée au mois de janvier ( 47,36 %), la plus faible est obtenue au mois d'août (11,07 %) et la moyenne annuelle est de l'ordre de 22,61 %.

Le test de Student, révèle une différence significative (  $t=22,12$ , ddl 44 à  $p<.0000$ ).

Boubekeur, (1997) trouve dans la même parcelle une teneur égale à 33,45 % en automne, 61,49 % en hiver, 40,20 % au printemps et 27,67 en été. Quand on compare nos résultats et ceux présentés par l'auteur précédent, on peut retenir que le sol est plus sec pendant la durée de notre travail, ceci peut être expliqué par la très faible pluviosité enregistrée, 340 mm, l'inégalité de la répartition des pluies sur les 12 mois et leur caractère orageux : 33,2 mm au mois de juin et 17,2 au mois d'août.

En ce qui concerne la porosité du sol, la moyenne annuelle est de l'ordre de 51,85 %, la porosité maximale d'une valeur de 57,57 % est enregistrée en hiver (février) et la valeur minimale correspond au mois de juillet. Le test de Student ( $t= 15,25$ , ddl 44 à  $p<.000$ ) montre une différence significative entre la saison humide et sèche. Boubekeur, (1997) mentionne une porosité constante de l'ordre de 62 % dans le sol de la même parcelle, ce qui semble contradictoire avec ce que rapporte Pesson, (1971) qui précise qu'une porosité constante ne peut être observée que dans un sol dont les constituants sont tous inertes comme le sable, et que la présence de constituants actifs tels que l'argile ou le calcaire conduit à une variation de la porosité lors de l'humectation. Rappelant que le sol de la parcelle d'étude est riches en argiles ( 0,45 % de K<sub>2</sub>O) et une teneur en calcaire de l'ordre de 23,67 %, (Boubekeur, 1997) et (Rached, 1977).



La température du sol présente les mêmes variations, les valeurs minimales sont enregistrées en hiver de décembre à février et sont de l'ordre respectif : 11,9 °C, 10,2°C, 10,4 °C et 11,1°C. Le maximum thermique est enregistré au mois d'aout:25,7 °C. Le test de Student d'une valeur de (-44,46, ddl 44 à  $p < 0.000$ ) montre qu'il y a une différence entre les deux saisons. Selon Bachelier, (1978) la température varie très peu en profondeur, mais elle reste un facteur limitant pour la majorité de la faune du sol à des valeurs extrêmes.

Les valeurs de la moyenne annuelle des trois facteurs édaphiques : teneur en eau (22,61 %), température (17,50 °C) et porosité (51,85 %), sont considérées comme moyenne en-dessous des valeurs qui devraient être celles d'un sol de prairie, non cultivé présentant une couverture végétale herbacée permanente. Si l'on considère les caractéristiques. De par sa nature calcaire avec un taux de calcaire de 23,67 %, (Rached, 1977), il est par conséquent d'une faible conductivité, s'échauffe et se refroidit vite en surface mais ne transmet pas profondément les variations de température (Bonneau et Souchier, 1979).

### **c- Abondance des Collembolles et facteurs du sol**

Un total de 2889 Collembolles a été récolté en 12 mois dans la parcelle d'étude, ce qui correspond à 8025 ind./m<sup>2</sup>. Il est difficile de comparer nos résultats à ceux obtenus par d'autres dans des régions et des biotopes, cela étant dû au climat local, à la nature du sol, la durée et le rythme des prélèvements ainsi qu'aux méthodes de récolte.

La fluctuation d'abondance des Collembolles suit un mode saisonnier, ses variations étant statistiquement significatives aussi bien au niveau mensuel qu'annuel. Les trois facteurs édaphiques mesurés agissent sur l'abondance comme sur la présence ou l'absence des différentes espèces de Collembolles. Nous citerons à titre d'exemple l'abondance des Collembolles signalée par Kevan, (1962), dans un sol de prairie en Angleterre de l'ordre de 43.100 ind./m<sup>2</sup> à une profondeur de 0,6 à 15 cm et 18.200 ind./m<sup>2</sup> entre 15 et 30 cm de profondeur ;. Dans les régions tropicales, Lavelle et al, (1981) trouvent dans un terrain de prairie au Mexique, une abondance en Microarthropodes de l'ordre de 20.612 à 63.655 ind./m<sup>2</sup>, dont les Collembolles représentent 12,3 à 17,1 %. De leur côté Jagers et al, (1988) trouvent dans un sol agricole argileux lourd d'origine marine, une abondance de 1974 ind./m<sup>2</sup> à une profondeur de 0-2,5 cm, 2403 ind./m<sup>2</sup> entre 2,5 et 5 cm, 9882 ind./m<sup>2</sup> entre 7,5 et 10 cm, 2451 ind./m<sup>2</sup> entre 15 et 17 cm et 1641 ind./m<sup>2</sup> entre 25 et 27,5 cm de profondeur. Nous citons le travail réalisé sur la même parcelle par Boubekeur, (1997), l'auteur trouve une abondance moyenne en Microarthropodes de l'ordre de 40.750 ind./m<sup>2</sup> dont 29.266 ind./m<sup>2</sup> Collembolles.

La variation d'abondance des espèces de Collemboles est étudiée par l'analyse factorielle des correspondances et le coefficient de corrélation de rang de Spearman. L'analyse des correspondances a fourni deux axes factoriels, l'axe 1 extrait une partie de la variance totale, soit 19,4 % pour l'axe1 et 9,3 % pour l'axe2, ce qui représente 28,7 % de la somme de toutes les variances des espèces prises isolément. L'axe1 fait apparaître un gradient dans l'abondance globale du peuplement : les valeurs de forte abondance du côté positif de l'axe et les valeur de faible abondance de l'autre coté. L'axe1 représente un facteur qui agit sur l'ensemble des espèces, alors que l'axe2 exprime des variations dans la composition spécifique du peuplement de Collemboles où les espèces (représentées par leur code) MMA, FOL, FPA,PAL, CTH, BPA, ABO qui s'opposent à IMI, OCR, PSP, ISP, PAR, HMA et CDE.

L'application de l'analyse factorielle des correspondances sur l'influence des trois facteurs édaohiques : teneur en eau, porosité et température sur l'abondance des espèces de Collemboles et les mois d'échantillonnage. La projection des variables passives dans les mêmes plans factoriels a fourni deux axes, dont un seul (axe 1) est interprétable. Il exprime les variations saisonnières avec des mois secs, chauds et pauvres en Collemboles du côté positif de l'axe et des mois humides, froids et riches en Collemboles du côté négatif de l'axe.

L'application du test de corrélation de rang de Spearman met en évidence la forte corrélation entre, d'une part, l'axe 1 et d'autre part, l'abondance ( $r= 0,974$ ), la richesse spécifique ( $r=0,946$ ), la teneur en eau ( $r=0,786$ ), la température ( $r=0,792$ ) et la porosité ( $r=0,598$ ). Le même test révèle une très faible corrélation entre les mêmes paramètres et l'axe 2 de l'AFC, toutes les valeurs du coefficient sont inférieures à 0,2. L'axe 2 ne semble lié à aucun des paramètres mesurés, nous pensons qu'il exprime des variations non saisonnières, liées soit à l'hétérogénéité du terrain tel que la végétation, la pente, la micrographie ou à des interactions entre espèces. Soulignons, à ce propos que la contribution de l'axe 2 est secondaire par rapport à l'axe 1, comme l'expriment les pourcentages de variance extraits. Une étude approfondie qui intégrerait d'autres paramètres serait souhaitable, nous pensons particulièrement à l'étude de la structure du sol, sa nature, mais aussi à l'influence d'autres facteurs édaphiques tels que la teneur des différents constituants actifs et inertes, comme la matière organique, l'azote total, le pH, la salinité, etc. L'axe 2 est secondaire par rapport à l'axe 1, comme l'exprime les faibles pourcentages (9,3) de variance extraits.

Le même test révèle d'une part 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 ( $r=0,565$ ) et d'autre part entre la richesse spécifique (nombre d'espèces) et les mêmes facteurs: teneur en eau ( $r= -0,784$ ), la température ( $r= -0,782$ ) et une corrélation moyenne avec la porosité du sol ( $r= 0,623$ ).

Cette analyse montre donc qu'il s'agit bien d'un effet des variations saisonnières directement liées non seulement aux variations des facteurs édaphiques mais aussi au climat général qui a caractérisé la région pendant l'année de l'étude qui a été marquée par une faible pluviométrie, 340 mm, soit la moitié du total, 600 mm habituellement enregistré à Constantine.

Les facteurs édaphiques 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. La faible porosité observée en période estivale, 47,02 % en juillet est liée d'une part à la faible teneur en eau, 11,07 % enregistrée au même mois, mais peut être aussi au tassement du sol au moment de son prélèvement. C'est ce qui semble expliquer la réduction des effectifs et de la richesse spécifique, 6 espèces seulement sont présentes dans les échantillons au lieu des 17 en période humide. A ce sujet Athias-Henriot et Cancela da Fonseca, (1976) expliquent la réduction estivale des effectifs de Collemboles par le déficit hygrothermique combiné à un manque de litière. Cobat et al, (1998) notent que le régime hydrique du sol dépend de sa porosité. Un sol tassé, donc de faible porosité peut être la conséquence d'un piétinement tels le passage d'engins agricoles, le pacage fréquent des animaux, c'est le cas dans la parcelle d'étude où les riverains mènent quotidiennement leurs troupeaux de bovins, ovins et caprins, surtout en printemps, en été et en automne. A ce sujet Massoud et al, (1984) dans une étude expérimentale sur l'influence du piétinement, observent une aggravation de la baisse estivale des effectifs, de la richesse et la diversité des Collemboles dans la litière et le sol.

La faible teneur en eau observée en saison sèche, de juin à octobre, n'entraîne pas la disparition totale de toutes les espèces du biotope, on en rencontre quelques unes : *C.thermophilus*, *H.major*, *I. minor*, *A.bouguisi*, *P.armata*, *Isotomiella.sp.* qui sont récoltées à cette période à une profondeur qui oscille entre 20 et 30 cm où il persiste une ambiance humide permettant à ces espèces de résister. Comme l'a signalé Pesson, (1971), la teneur en eau exprimée en pourcentage, ne constitue pas un facteur écologique important pouvant influencer sur les Microarthropodes, mais plutôt la quantité d'eau disponible que ces derniers

peuvent soustraire du substrat surtout en période de déficit hydrique. L'auteur énonce le concept de disponibilité en eau exprimé par la relation :  $pF = \log_{10} [F \text{ bars}]$ , ou  $F$  représente la force de rétention de l'eau exercée par la matière solide, exprimée en bars/cm<sup>2</sup>, et pour laquelle les animaux et les plantes doivent fournir une force de succion pour l'extraire. Pesson, (1971) et Gobat et al, (1998) donnent quelques valeurs de teneur en eau (%) et des valeurs correspondantes pour pF :

\* pour une teneur de 36 % correspond un pF 2,5

\* pour une teneur 24 % correspond un pF 4,2 (appelé aussi point de flétrissement permanent, à ce stade les *Isotomidae* (*Isotomiella minor* et *Isotoma notabilis*) et l'ensemble des Collemboles Poduromorphes et Entomobryens qui doivent exercer une force de succion supérieure à 15,8 kg/cm<sup>2</sup>.

\* pour une teneur en eau de l'ordre de 16% correspond un pF 5.

\* pour un sol totalement à sec, correspond un pF 6.

Pesson,(1971) a vérifié son concept sur les Collemboles *Isotomidae* et précise qu' à pF 5, ces derniers sont incapables de soustraire l'eau et quittent l'échantillon en s'enfoncent en profondeur. De leur côté, Gobat et al, (1998) donnent quelques valeurs de la force de rétention correspondantes exprimée en g/cm<sup>2</sup> que les animaux doivent exercer pour extraire l'eau du substrat :

\* pour pF 1 correspond une force  $F = - 10 \text{ g/cm}^2$

\* pour pF 2,7 correspond une force  $F = - 500 \text{ g/cm}^2$

\* pour un pF 6 correspond une force  $F = -100.000 \text{ g/cm}^2$ .

En ce qui concerne les effets du déficit thermique qui marque le sol d'étude en période estivale, Bachelier, (1978) note que les les Collemboles de surface s'ils ne peuvent échapper à un froid de quelques degrés en dessous de 0 °C, subissent une véritable hécatombe. Ce n'est pas le cas dans la parcelle d'étude, puisque le minimum thermique enregistré est supérieur à 8 °C, par contre on observe des températures supérieures à la moyenne annuelle en été, bien qu'elles ne sont pas considérées comme extrêmes, elles peuvent influencer sur la présence de certaines espèces. A ce sujet le même auteur 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

Les résultats de l'analyse statistique : Anova de Friedman et coefficient de concordance de Kendall utilisés pour classer les espèces selon leur présence-dominance

dans les échantillons prélevés montrent des différences significatives. Trois espèces peuvent être considérées comme dominantes tout au long des 12 mois, il s'agit de *C.thermophilus*, *A.bouguisi* et *P.armata*. *C.thermophilus* occupe le premier rang, l'espèce est présente de janvier à décembre, alors que l'on note l'absence des deux autres au mois d'août. *C.thermophilus* est une espèce édaphique tolérante, nitrophile, xérothermique, capable de résister aux conditions les plus extrêmes, ce qui peut expliquer son abondance et sa dominance numérique sur toutes les autres espèces. Quant à *A.bouguisi* et *P.armata*, espèces euédaphiques strictes, leur présence aux mois chauds peut s'expliquer par leur comportement de fuite en profondeur, en effet, en cette période tous les échantillons sont prélevés dans la partie du sol humide. L'absence des autres espèces, comme *Brachystomella parvula* et d'autres aux mois chauds et secs peut être interpréter, soit par la fuite en profondeur ou par des adaptations à la sécheresse par des comportements particuliers leurs permettant d'éviter des stress hygrothermiques mortels. A ce sujet Poinsoot,(1968) cité par Cassagnau, (1990) et Masoud, (1971), citent le cas de deux : *Brachystomelle parvula* et *Folsomides variabilis* qui montrent un comportement constructeur ou anhydrobiose. Dès la fin de la période sèche, qui coïncide avec l'élévation de la teneur en eau ( 14,77 %) et de la porosité 50,61 %) on observe à la fois une augmentation de l'abondance totale et du nombre d'espèces récoltées, on passe ainsi d'un total de de 88 individus à 126 individus et de 8 espèces à 10 espèce de septembre à octobre. Cette reprise d'activité se poursuit et on atteint 294 et 385 individus et 17 espèces aux mois de novembre et décembre. Pour Athias-Henriot et Cancela da Fonseca, (1976), le renouvellement du peuplement est dû aux déplacements verticaux et horizontaux sous l'effet de la sécheresse estivale. Il convient de déterminer les migrations verticales et horizontales par l'étude du comportement saisonnier d'espèces suivies une à une en appliquant des test statistiques.

A l'issue de cette étude on peut retenir que nos observations ont permis d'affirmer que l'impact saisonnier des facteurs écologiques fondamentaux évident en surface, se ressent même dans le sol en profondeur et détermine et régule la dynamique saisonnière des Collembolles endogés.

## **6- Conclusion générale**

Aux 104 espèces de Collembolles signalées en Algérie, nous ajoutons 56 autres espèces. Avec 160 espèces, la faune des Collembolles d'Algérie, grâce à ce travail, est aujourd'hui mieux connue qu'il y a un demi siècle.

Sur les 113 espèces rencontrées dans les différentes localités du Nord-Est d'Algérie, 56, soit, 49,56 % sont nouvelles pour le pays, 49, soit, 43,36 % n'ont pas été signalées en Afrique du Nord.

Presque la moitié (41 espèces, soit 36,28 %) de la faune des Collemboles est constituée d'espèces répandues en Europe, au nord et au sud de la méditerranée.

La présence de 5 espèces nouvelles pour la sciences viennent s'ajouter aux 17 déjà connues d'Algérie

La prédominance des espèces appartenant à l'ordre des *Poduromorpha* (57 espèces) constitue un autre caractère remarquable de la faune des Collemboles.

Le caractère le plus innatendu de cette faune est la diversité du genre *Friesea*.

Du nombre total d'espèces rencontrées dans les localités prospectées, 78, soit 68,42 % sont trouvées au massif de l'Edough.

Le massif de l'Edough se distingue plus que d'autres massifs montagneux méditerranéens par :

- une richesse exceptionnelle en Collemboles *Neanuridae* :10 espèces seulement sont connues d'Algérie et 19 à l'Edough.
- une richesse aussi particulière qu'inexplicable du genre *Friesea* avec 8 espèces.

La proportion d'espèces rares (représentées par un seul exemplaire), à statut indéterminé (27, soit, 23,89 %) nous permet de s'attendre à de nouvelles découvertes et augmentera la part de l'endémisme.

De l'étude écologique initiée par ce travail, on peut retenir que l'impact saisonnier, évident en surface, se ressent même dans le sol en profondeur.

Compte tenu du nombre limité des habitats prospectés notre étude bien qu'elle a apportée une contribution non négligeable sur la taxonomie, la biogéographie et l'écologie de la faune Collembologique du pays, demeure toute fois localisée et fragmentaire. Pour une meilleure connaissance de cette faune, il serait très souhaitable d'étendre la prospection à d'autres massifs forestiers, nous songeons au massif de Collo, à celui des Babors, mais aussi à d'autres milieux et habitats secs et humides.

## IV- DISCUSSION ET CONCLUSION

### 1- Composition faunistique par localité

Avant les années soixante, les travaux systématiques sur les Collemboles d'Algérie étaient peu nombreux et très sporadiques. Les principaux travaux réalisés remontent aux années 1920-1930 (Cassagnau, 1963). C'est à ce dernier auteur que revient le mérite de réaliser un travail plus large sur la faune des Collemboles du Nord-Constantinois (Annaba) et de donner la première liste synthétique des espèces de Collemboles signalées aux pays du Maghreb. Depuis, aucun autre travail n'a été réalisé mis à part l'étude des Collemboles cavernicoles des grottes du Djurdjura réalisée par Stomp (1974, 1980). A la même période Thibaud et Massoud (1980) apportèrent leur contribution par une étude bibliographique sur les Collemboles du Maghreb, qui reste à nos jours la principale référence pour la connaissance des Collemboles d'Algérie et d'Afrique du Nord.

Avant la présente étude, l'inventaire des Collemboles d'Algérie se composait de **103** espèces appartenant à 13 familles et 58 genres (Thibaud et Massoud, 1980). Cassagnau (1963) donne une liste de 30 espèces rencontrées dans région de Annaba, appartenant à 9 familles et 23 genres. Dans le présent travail, nous avons identifié **113** espèces réparties sur 15 familles et 57 genres.

On signale l'absence d'espèces appartenant à certaines familles, pourtant signalées par Thibaud et Massoud (1980); cas des *Tomoceridae*. Cinq nouvelles familles sont représentées dans ce travail par plusieurs espèces pour certaines : *Odontellidae*, *Brachytomellidae*, *Oncopoduridae*, *Arrhopalitidae* et *Katiannidae*. Au niveau sous-famille, il y a lieu de signaler la présence des trois sous-familles de *Neanuridae* : *Frieseinae*, *Neanurinae* et *Pseudachorutinae* ainsi que la sous famille *Sminthurinae* pour les *Sminthuridae*.

Signalons a priori que les 7 localités d'étude ont été prospectées pour la première fois, aucune étude n'a été réalisée avant nous dans ces régions, donc toutes les espèces signalées dans notre liste sont nouvelles pour ces régions.

Des 7 localités, c'est du massif de l'Edough que provient l'essentiel des 113 espèces récoltées, soit 78 espèces. Cassagnau (1963) avait déjà à son époque manifesté un intérêt particulier pour le Massif de l'Edough, l'auteur songeait en particulier à ses formations boisées et à son climat humide.

La région de Azzaba (Massif d'El-Alia) avec 32 espèces, c'est une diversité moyenne pour cette localité. Aucune des espèces endémiques d'Algérie n'a été rencontrée, ni dans ce travail, ni dans celui de (Hamra-Kroua & Allatou, 2003). La région reste insuffisamment

prospectée, vu le climat humide à sub-humide qui y règne et que l'on considère comme favorable à la présence davantage d'espèces de Collemboles.

A El-Kalla, région la plus humide d'Algérie est ici très peu représentée, seulement 22 espèces ont été récoltées et identifiées dans les quelques échantillons prélevés dans cette zone humide par excellence. C'est une diversité très réduite, elle ne reflète pas les potentialités bio-écologiques qui caractérise les zones humides.

A l'Edough, à Azzaba comme à El-Kalla nos prélèvements sont plus ou moins diversifiés, le sol, les mousses, la litière mais aussi sur les plantes aquatiques et annuelles et dans le bois mort. Ce n'est pas le cas dans la localité d'El-Khroub, où nous avons réalisé notre étude écologique sur le sol de la ferme pilote El-Baaraouia. Dans cette localité, nous avons identifié 14 espèces reconnues extraites de 180 échantillons de sol pendant 12 mois, c'est une richesse modérée si on considère le nombre élevé de prélèvements de sol analysés et le rythme régulier. Généralement, le sol se présente comme le biotope le moins favorable aux Microarthropodes, (Palasscios-Vergas, 1985). Bachelier (1978) note que le sol profond est d'origine pauvre en ressources nutritives ce qui réduit la richesse spécifique et l'abondance de la microfaune dont les Collemboles avec les Acariens dominent .

Les autres localités, Jijel avec 6 espèces, Djebel Ouahch (Constantine) avec 7 espèces et la Sebkha (lac salé) de Ain Mlila, 6 espèces. Pour ces 3 localités, le nombre de prélèvements a été très réduit et le nombre d'espèces identifiées ne reflète pas la diversité, c'est le cas de Jijel qui est proche de l'Edough et d' El-Kalla sur le plan bioclimatique et écologique.

## 2- Etude taxonomique

Traditionnellement les Collemboles sont classés selon la structure des segments et sur la métamérisation plus ou moins apparente, on distingue selon ces critères les Arthropléones à segments abdominaux séparés et les Symphypléones à segments thoraciques et abdominaux coalescents.

Les nouvelles approches et les nouveaux outils d'analyse en systématique des Collemboles rapportés par Deharveng (2004), ne considèrent plus les Collemboles comme faisant partie de la classe des Insectes, ils sont séparés de ces derniers et élevés au rang de **classe:Collembola** avec quatre ordres: **ARTHROPLEONA**, **METAXYPLEONA**, **NEELIPLEONA**, **ENTOMOBRYOMORPHA**, et **SYMPHYPLEONA**, divisés à leurs tour en super-familles et sous-familles. La classe des *Collembola*, tout comme celles des *Protura* et des *Diplura*, font partie de la super-classe des *Hexapoda*. (Bretfeld 1994 et 1999).



La classification actuelle est une combinaison entre les deux systèmes (Linéen et cladistique) elle est basée sur la phylogénie ou les systèmes de proposés par Cassagnau (1971), Massoud (1976), Moen & Ellis (1984), Bretfeld (1986), Fjellberg (1994), Soto-Adames (1996), D'Haese (2002, 2003), et Deharveng (2004). Les deux derniers auteurs contrairement à Moen & Ellis (1984) et Stebaeva (1988) ne maintiennent pas les *Metaxypleona* parmi les ordres des Collemboles.

Les espèces de Collemboles mentionnées dans le tableau 10 sont groupées par ordre et familles. Les quatre ordres de Collemboles sont représentés par différentes espèces. Les *Poduromorpha* sont les mieux représentés avec un total de 57 espèces réparties sur 26 genres appartenant à 5 familles, ce qui représente 50 % des espèces identifiées. La famille des *Neanuridae* domine parmi les *Poduromorpha* avec 27 espèces appartenant à 3 sous-familles: -*Frieseinae* avec 11 espèces du même genre (*Friesea*); *Neanurinae* avec 9 espèces et 5 genres et enfin les *Pseudachorutinae* avec 7 espèces et 5 genres. Tous les nouveaux taxons appartiennent à cette famille.

Avant ce travail, on connaît seulement 10 espèces de *Neanuridae* en Algérie: ***Anurida tullbergi*, *Anurida maritima*, *Pseudachorudina meridionalis*, *Pseudachorutes corticicolus*, *Pseudachorutes parvulus*, *Friesea oligorhopala*, *Bilobella aurantiaca*, *Endonura gladiolifer*, *Achorutes reticulata* et *Protanura pseudomuscorum*.**

Dans le présent travail nous citons 19 espèces de *Neanuridae*: *Pseudachorutella asigillata*, *Pseudachorutes* n.sp., *Pseudachorutes subcrassus*, *Friesea* cf. *albida*, *Friesea ladeiroi*, *Friesea laouina*, *Friesea* n.sp. *major.*, *Friesea* cf. *mirabilis*, *Friesea* cf. *steineri*, *Friesea* cf. *truncata*, *Friesea* n.sp *algerica*, *Bilobella aurantiaca*, *Deutonura* n.sp *zana*, *Neanurini* n.g, *Protanura* cf. *monticelli*, *Protanura* cf. *pseudomuscorum*, *Pseudachorutella asigillata*, *Pseudachorutes parvulus*, *Friesea albida*, *Friesea ladeiroi*, *Pseudachorutes subcrassus*.

Quatre parmi les espèces déjà connues d'Algérie, sont retrouvées ici : *Pseudachorudina meridionalis*, *Pseudachorudina meridionalis*, *Pseudachorutes parvulus* et *Friesea oligorhopala*. Cinq espèces signalées déjà d'Algérie sont absentes dans nos échantillons: ***Anurida tullbergi*, *Anurida maritima*, *Endonura gladiolifer*, *Achorutes reticulata* et *Pseudachorutes corticicolus*.**

Nous enrichissons l'inventaire des *Neanuridae* par un apport de 16 nouvelles espèces. Sur un total de 19 espèces appartenant à la famille des *Neanuridae*, 11 sont des nouveaux taxons pour le pays, dont 4 sont décrits dans ce travail:

***Friesea* n.sp. *major*, *Friesea* n.sp *algerica*, *Deutonura* n.sp *zana*, et *Friesea laouina*.**

Les autres diffèrent dans leur diagnose d'espèces reconnues et sont considérées ici comme proches de celles-ci selon nos observations taxonomiques: *Friesea cf. albida*, *Friesea cf. mirabilis*, *Friesea cf. steineri*, *Friesea cf. truncata*, *Neanurini n.g.*, *Protanura cf. monticelli*, *Protanura cf. pseudomuscorum*.

-*Pseudachorutes n.sp.*: se distinguant par la présence d'une vésicule simple sur l'article antennaire IV, labium sans les soies **L** et **B** et griffe sans dents internes.

-*Pseudachorutes cf. subcrassus* se distingue de l'espèce reconnue par : l'absence de la soie **B** du labium, vésicule trilobée de l'article antennaire IV.

-*Friesea cf. mirabilis* se distinguant de l'espèce reconnue par : 3 épines anales sans papilles, tibiotarses I, II, et III avec 17,17, 16 soies et se rapproche d'elle par : 8+8 yeux, furca avec mucron et 3 soies et griffe sans dents.

-*Friesea cf. steineri*: se distinguant de l'espèce reconnue par la chaetotaxie du segment abdominal V avec les soies a1, a4, a5, m2, m4, m5, p2 et p3, les autres caractères les rapproche de l'espèce reconnue, surtout la formule tibiotarsique :17,17,16 sur les tibiotarse I, II et III et l'absence d'ergot capités.

-*Friesea cf. truncata*: se distinguant de l'espèce reconnue par : absence des soies ordinaires a2 sur abdomen V, 8+8 yeux, furca sans mucron et avec 3 soies, tenaculum avec 2 dents, 5 ergots capités, tibiotarses I, II, III avec 17, 17 16 soies.

-*Friesea laouina* est reconnue, sa description est publiée (Deharveng & Hamra-Kroua, 2004).

-*Friesea major n.sp.*: est une espèce du groupe de *Friesea mirabilis* qui comprend de nombreuses espèces très difficiles à délimiter.

-*Deutonura zana n.sp.*: la nouvelle espèce est proche de *Deutonura luberonensis* du sud de la France et de *Deutonura deficiens meridionalis* de France et d'Espagne.

-*Neanurini n.g.*: bien défini par de nombreux caractères le rapprochant du genre russe *Ghirkanura* (Kuznetsova et Potapov, 1988).

On doit faire remarquer que les descriptions des nouveaux taxons ont été présentées et discutées lors de la tenue du XI International Colloquium of Apterygota, France (Rouen), septembre 2004 ( Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana, 2004).

Avant cette étude on connaît une seule espèce de ce genre: *F. oligorhopala* qui a été signalée par Cassagnau (1963) dans la région de Annaba, cette dernière n'a été retrouvée que dans la localité d'El-Khroub.

Dans ce travail, le genre *Friesea* est représenté par 8 espèces, provenant de l'Edough, dont 3 sont nouvelles pour la sciences. C'est une richesse exceptionnelle et inattendue

compte tenu de l'effort d'échantillonnage limité, de l'homogénéité des sites échantillonnés et de la taille du massif de l'Edough. Cette richesse est inexplicable. Elle est supérieure, par exemple à celle du massif de Nouéville dans les Pyrénées françaises, plus grand, beaucoup plus diversifié écologiquement, et beaucoup plus intensément étudié. (Deharveng et al, 2004).

La sous-famille des *Neanurinae* avec 9 espèces et 5 genres dont 7 sont rencontrées à l'Edough. Une est reconnue comme nouvelle pour la sciences (*Deutonura zana n.sp.*) et les 2 autres: *Protanura cf. monticelli* et *Protanura cf. pseudomuscorum*, sont jugées proches d'espèces connues, et semblent fréquentes surtout à l'Edough. Selon Deharveng (comm. pers.), plusieurs espèces de *Protanura*, présentent un problème taxonomique pour leur identité, car les types de plusieurs espèces de ce genre sont très insuffisamment décrites pour deux raisons :

- Les espèces de l'Edough, comme toutes celles rencontrées jusqu'ici, possèdent 2+2 et 3+3 yeux par côté. Il est de plus en plus probable que les espèces du genre *Protanura* décrites avec 3+3 cornéules résultent d'erreur d'observation.
- Les synonymies proposées par certains auteurs ne sont pas acceptées ici

Une 3<sup>ème</sup> espèce appartient à un nouveau genre de la tribu des *Neanurini*, (*Neanurini n.g.*), d'une forme extraordinaire : dédoublement des soies **A** céphaliques, soies ordinaires longues et subégales et certaines soies **Di** fourchues comme chez *Ghirkanura* de Russie, plaide pour la création d'un nouveau genre.

Richesse modérée si l'on compare, une région de même étendue dans les Pyrénées françaises qui en compte entre 5 et 7 espèces. (Deharveng et al, 2004). *Bilobella aurantiaca* est connue comme le *Neanuridae* le plus fréquent de la méditerranée occidentale. Sa présence en abondance dans l'Edough, Azzaba, El-Kalla, Constantine et Jijel étend notablement son aire de distribution vers l'est. *Bilobelle braunerea*, espèce européenne typique, endémique d'Autriche (Deharveng, 1981). Sa présence à l'Edough nous paraît exceptionnelle et doit faire l'objet d'un effort de prospection supplémentaire, puisqu'elle a été récoltée à l'Edough en 2001 en 1 seul exemplaire.

La sous-famille des *Pseudachorutinae* est représentée par 7 espèces dont au moins une : *Pseudachorutes n.sp.* rencontrée à l'Edough, est nouvelle pour la sciences. La plupart des taxons, dont cette espèce, n'ont été récoltés qu'en un seul exemplaire. Il y a donc une forte proportion d'espèces rares, et on peut donc s'attendre à de nouvelles découvertes.

La famille des *Hypogastruridae* représentée par 13 espèces qui sont toutes nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique du Nord, une seule (*Acherontiella bougisi*) a été signalée par

Cassagnau (1963) dans la région de Annaba, 4 espèces du même genre *Ceratophysella* : *C.gibbosa*, *C.tergilobata*, *C.denticulata* et *C.cf.denticulata*, celle-ci pourrait être une nouvelle espèce. Les quatre espèces du genre *Ceratophysella* sont rencontrées à l'Edough, c'est une diversité particulière. On doit signaler la présence de *Microgastrura minutissima* Mills, 1934 qui n'a été signalée qu'aux Etats-Unis, au Mexique et en Espagne (Jordana et al, 1997) est trouvée à El-Kalla.

La famille des *Odontellidae* est ici représentée par 5 espèces, 4 sont nouvelles pour l'Algérie et une a été signalée par Handschin (1928), deux autres *Superodontella vallviderensis subalpina* et *Superodontella vallviderensis vallviderensis* ne sont connues que d'Espagne (Jordana et al, 1997).

La famille des *Brachystomellidae* avec 3 espèces seulement est très peu représentée dans nos prélèvements, les 3 espèces rencontrées sont nouvelles pour l'Algérie.

La famille *Onychiuridae* est représentée par une seule sous-famille: *Onychiurinae* qui comprend 9 espèces. Cette famille est très peu représentée dans nos échantillons, elle représente une faible proportion égale à 7,89 % parmi les *Poduromorpha*. Huit espèce sont nouvelles pour l'Algérie et une seule est déjà connue d'Algérie: *Protaphorura armata* (Denis, 1937) et (Cassagnau, 1963).

Plusieurs indices donnent à penser que nous n'avons récolté qu'une petite proportion de la faune de Poduromorpha des localités d'étude. Tout d'abord, la prospection est restée limitée à quelques stations. Ensuite, les habitats forestiers échantillonnés ne représentent qu'une partie des habitats existants ; enfin, plusieurs des taxons cités n'ont été récoltés qu'en une seule station, et plusieurs d'entre eux n'ont été récoltés qu'en un seul exemplaire. Il y a donc une forte proportion d'espèces rares, et on peut s'attendre à de nouvelles découvertes.

L'ordre des **ENTOMOBRYOMORPHA** représenté par 4 familles, 41 espèces et 19 genres, occupe le 2<sup>ème</sup> rang d'importance numérique après les *Poduromorpha* et représente une proportion de 35,96 % du total des espèces identifiées. Les *Isotomidae* avec 22 réparties sur 10 genres sont les mieux diversifiés dans cet ordre, ils sont suivis par les *Entomobryidae* avec 17 espèces et 7 genres. Parmi ces derniers on signale une faible proportion de nouveaux taxons : *Pseudosinella sp.*, *Entomobrya sp.* et probablement un nouveau genre proche du genre *Entomobrya* mais qui se distingue par la taille du segment abdominal IV qui est moins de 2 fois plus long que le III. Les autres familles d'Entomobryomorphes : *Cyphoderidae* et *Oncopoduridae* sont représentées chacune par une seule espèce.

L'ordre des *SYMPHYPLEONA* avec 5 familles, 12 espèces et 7 genres représente 10,62 % du total d'espèces identifiées. Notons la présence de la famille des *Katianidae* qui est citée ici pour la première fois en Algérie et en Afrique du Nord, elle est représentée par 4 espèces, dont 3 sont reconnues : *Sminthurinus aureus*, *Sminthurinus elegans* et *Sminthurinus niger*.

Enfin, les *NEELIPLEONA* sont ici représentés par deux espèces : *Megalothorax minimus* et *Neelus murinus* appartenant à l'unique famille (*Neelidae*) connue de cet ordre.

*Proctostephanus sancti-augustine* et *Onychiurus obsiones* ont été les deux dernières espèces endémiques signalées d'Algérie et décrites par Cassagnau (1963), une seule des ces deux espèces (*P.sancti-augustini*) a été rencontrée dans le massif de l'Edough.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus ont permis d'enrichir l'inventaire des Collemboles du pays par une liste de 113 espèces, dont 56 sont considérées comme nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique du Nord, et 4 nouvelles pour la science.

Les espèces citées dans ce travail et qui ont été déjà signalées avant notre étude par les différents auteurs sont au nombre de 30 espèces, soit 26,55 %, (Cassagnau,1963) ; (Thibaud et Massoud, 1980). Les espèces dont le statut n'est pas encore établi sont au nombre de 27, soit, 23,89%. Nos résultats montrent donc à quel point la faune Collembologique de l'Algérie reste encore mal connue.

### **3- Statut et classification morphoécologique des espèces**

Sur les 113 espèces rencontrées dans les différentes localités, seulement 30 parmi elles étaient signalées en Algérie par les auteurs (Thibaud et Massoud, 1980). Le reste, 44 soit 38,94 % sont citées ici pour la première fois en Algérie, dont 7 sont connues du Maroc :

*Axenylloides bayeri* ; espèce européenne rare (Jordana et al., 1997) ;

*Micranurida pygmaea* espèce holarctique, signalée au Maroc (Thibaud et Massoud, 1980) et en Espagne (Arbea et Jordana, 1990) ;

*Mesaphorura critica*, espèce euro méditerranéenne, décrite de Crête (Grece), signalée au Maroc et l'Afrique du Nord dans une grotte (Thibaud et Massoud) ;

*Folsomia candida*, déjà connue du Maroc (Thibaud et Massoud, 1980) ;

*Folsomides parvulus* signalée au Maroc (Thibaud et Massoud, 1980).

*Folsomides parvulus*, citée au Maroc dans le Haut Atlas (Thibaud et Massoud, 1980) ;

*Neelus murinus*, signalée au Maroc (Thibaud et Massoud, 1980).

La plupart des espèces nouvellement signalées en Algérie sont aussi nouvelles pour l'Afrique du nord, ce qui montre que l'est Algérien a une faune bien différente de celle des pays environnants, en particulier du Maroc qui a été le plus étudié.

Les espèces nouvelles pour la science décrites dans ce travail sont au nombre de 4, soit 4,42 %.

Enfin, les espèces dont l'identification n'est pas encore confirmée sont au nombre de 27 espèces, soit 23,89 %. C'est une proportion très élevée, elle est due probablement au caractère rare de ces espèces, dont plusieurs sont récoltées en un seul exemplaire, ce qui nous permet de s'attendre à d'autres découvertes.

La faune des Collemboles d'Algérie étant encore mal connue, c'est ce qui explique la forte proportion d'espèces nouvelles pour le pays (49,56 %) et la région du Maghreb (43,36%).

La présence de nouveaux taxons parmi les espèces rencontrées dans le massif de l'Edough, nous renseigne sur le caractère original du massif. Le caractère original du massif réside dans la présence de populations rélictuelles d'espèces végétales et animales dont l'aire de distribution actuelle est soit tropicale, soit, européenne. Ces populations seraient maintenues depuis au moins le Tertiaire grâce à la présence de 25 000 hectares de zones humides combinée à une température moyenne élevée. Joleau (1936) insiste sur le caractère biogéographique particulier de cette région, où des traces de l'ancien climat tropical Nord Africain côtoient une faune et une flore aux affinités autant tropicale qu'europpéenne.

Notre contribution à l'étude de la classification morphoécologique des espèces de Collemboles trouvées dans les différentes localités se limite à apporter des éléments d'informations pouvant être utiles à la réalisation ultérieure d'un travail précis et approfondi. Un tel aspect nécessite davantage de connaissances sur la morphologie des Collemboles et les caractéristiques écologiques du milieu naturel. Les résultats obtenus montrent que les biotopes édaphiques (Epiédaphique, hémiedaphiques et euédaphiques) hébergent 91% des espèces rencontrées dans les différentes localités. A l'intérieur de cette catégorie ce sont les éléments epiédaphiques qui dominent avec 47 espèces, on cite à titre d'exemple tous les *Neanuridae*, dont le genre *Friesea* avec ses 11 espèces. Palascios-Vergas (2001) a classé les genres *Friesea* parmi les hémiedaphiques xérophiles (Xeromorfia de l'auteur) et le genre *Ceratophysella* (*Hypogastruridae*) parmi les hémiedaphiques normaux. (Arbea, 2003) cité par Bellinger et al (2004), cite *Friesea oligorhopala* et *Pseudachorutes parvulus* parmi les hémiedaphiques mésophiles alors que Jordana (comm.pers.) les rattache au biotope épigé.

-hydrophiles : peuplement de la surface de l'eau, mucron à lamelles élargies, ex.*Sphearidia pumilis* et *Desoria olivacea*, *Friesea mirabilis*, *Axeenylloides armatus*, *Superodontella vallvidrerensis subalpina*, *Xenylogastrura afurcata*

-mésophiles :peuplement des couches superficielles du sol, se caractérisant par des ergots aigus ou capités.

-xérophiles : peuplement des écorces, des mousses, des milieux les plus secs, espèces se caractérisants par plusieurs ergots capités, on cite à titre indicatif : *Billobela aurantiaca* et *Protanura pseudomuscorum*, *Ceratophysella gibbosa*.

De ce qui précède on remarque que l'appartenance des différentes espèces à ce biotope diffère d'un auteur à l'autre, ce qui nous conduit à être un peu plus prudent. On partage la remarque émise par Cassagnau (1961) selon lequel qu'on ne peut pas superposer exactement la classification morphologique à une classification des milieux, car l'auteur, il n'existe pas dans le milieu naturel de limites spatiales aussi nettes et des espèces hémiédaphiques pénètrent de façon permanente dans le milieu euédaphiques et les espèces de ce biotopes peuvent pulluler dans les couches superficielles. La forte proportion (71 %) des espèces hémiédaphiques, quelles soient hygrophiles, mésophiles ou xérophiles, peut être expliquée en partie par le nombre d'échantillons, dont la plupart sont prélevés dans la litière, l'humus, les mousses et le bois mort, surtout à l'Edough où a été réalisé l'essentiel de notre travail.

L'élément euédaphique est représenté par 20 espèces, dont 7 appartiennent à la sous-famille des *Onychiurinae*(genres : *Protaphorura* et *Mesaphorura* ( sans yeux,sans pigment, ni furca), quatre espèces considérées comme proglophiles, vivant dans les couches profondes du sol : *Oncopodura crassicornis*, dans les cavites souterraines et les grottes : *Cyphoderus* sp., *Megalothorax minimus* et *Neelus murinus*.

L'atmobios héberge 9 espèces, 7 appartenant à la famille des *Entomobryidae* dont 3 au genre (*Entomobrya albocincta* et *Entomobrya lanuginosa* et *Entomobrya n.sp.*), les 6 autres : *Heteromurus major*, *Seira* sp. et *Seira* sp. Et 2 à la famille des *Dicyrtomidae* (. *Dicyrtomina saundersi* et *Dicyrtomina ornata*. Ce qui caractérise ces espèces, c'est la persistance d'une furca, pattes allongées, développement du revêtement dense de soies, d'écailles et des tailles pouvant atteindre 1cm. La faible proportion de cette catégorie peu être expliquée par le nombre très réduit de prélèvements de milieux superficiels et épigés, feuillage d'arbres et de plantes annuelles et autres substrats.

#### 4- Biogéographie

Aux 17 espèces endémiques d'Algérie citées par Thibaud et Massoud (1980), on ajoute 5 autres qui ont été rencontrées à l'Edough. Le nombre de 22 espèces considérées comme endémiques du pays, représente une très faible proportion par rapport au nombre total d'espèces connues. Vingt deux espèces à large répartition ou se répartissant sur les deux hémisphères, sont présentes dans les différentes localités du nord-est d'Algérie, elles représentent 22,12% du total d'espèces rencontrées. Signalons que le rapport de l'endémisme mentionné dans ce travail représente le tiers signalé par les différents auteurs, ce qui représente une part non négligeable si l'on considère, l'effort d'échantillonnage, l'homogénéité des sites échantillonnés et le nombre élevé d'espèces dont le statut est indéterminé

Les espèces à large répartition européenne représentent 15,04%, soit 17 espèces.. *Mesaphorura macrochaeta*, *Bilobella braunerae*, *Mesaphorura critica*, *Friesea albida*, *Cryptopygus bipunctatus*, *Folsomia trisetata*, *Pseudosinella albida*, *Arrhopalites subbifidus*, sont citées pour la première fois dans ce travail.

Les espèces euro-méditerranéennes, se trouvant sur le pourtour méditerranéen sont au nombre de 13 et représentent 11,50 %. *Bilobella aurantiaca* présente en abondance à l'Edough, Azzaba, El-Kalla et Djebel Ouahch, étend son aire de distribution en Afrique du Nord. La plupart de ces espèces sont considérées comme nouvelles pour les pays du Maghreb : *Superodontella vallvidrerensis subalpina*, (*Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis*, *Pratanurida boernerii*, *Tetracanthella pillosa*.

Les espèces holarctiques et cosmopolites représentent ensemble 16 espèces, soit 11,50 %, sont réparties entre les Neanuridae, Isotomidae, Entomobryida et les Symphypléones.

Donc, une faune essentiellement marquée par la présence d'éléments européens et méditerranéens à large répartition plus quelques espèces endémiques beaucoup plus originales mais aussi plus rares.

Si on se réfère aux listes de Cassagnau (1963) pour l'Algérie, celle de Gers & Deharveng (1985) pour le Maroc, Thibaud & Massoud (1980) pour le Maroc et l'ensemble des pays du Maghreb et aux résultats du présent travail, on peut considérer que nos connaissances sur la distribution biogéographique de la faune Collembogique rencontrée dans le Constantinois sont améliorées mais restent encore fragmentaires et incomplètes en raison même de la proportion des espèces nouvelles pour le pays, la région Nord-Africaine et pour la science. Si l'on tient compte du nombre réduit d'échantillons analysés et de la courte période de récolte (saison humide de 4 mois), plus les difficultés liées à la situation



du pays, la faune du Constantinois peut être considérée comme diversifiée d'où l'intérêt de poursuivre la prospection et de l'étendre à d'autres milieux et régions.

## 5- Etude écologique

En se référant aux valeurs des différents paramètres de la structure du peuplement de notre étude on peut tirer les observations suivantes :

La diversité varie entre des limites plus larges, de 0,78 à 2,52, soit une moyenne de l'ordre de 1,93 ce qui nous permet de considérer le peuplement peu homogène.

La richesse annuelle est de l'ordre de 13,09 , elle est plutôt faible.

L'équitabilité annuelle moyenne est d'une valeur égale à 0,70 ce qui est généralement considéré comme l'indice d'un peuplement peu équilibré.

La dominance annuelle qui a une valeur de l'ordre de 0,25, indique que très peu d'espèces dominent le peuplement,

Di Castri et Astidillo (1966) notent que les sols nus présentent une densité et une diversité faibles dues au déficit en ressources trophiques, aux troubles de l'activité agricole, A ce sujet, Massoud et al (1984), notent que le piétinement entraîne une forte diminution des effectifs de Collemboles et aggrave la baisse de la diversité et de la richesse dans la litière et le sol. De leur côté Cancela da Fonseca et Sarkar (1996) rapportent que la diversité taxonomique et la richesse des Microarthropes du sol (Acariens et Collemboles) diminuent considérablement sous l'intensité des perturbations introduites par l'homme dans les peuplements et les écosystèmes. Selon Bachelier (1980) le sol profond est le biotope le moins favorable aux microarthropodes; car dépourvu de couverture végétale ce qui exposera la faune aux aléas de températures extrêmes et au déficit hydrique qui caractérisent la région d'étude en saison sèche. Les Collemboles sont ainsi soumis à des stress c'est ce qui explique leur très faibles diversité et densité à partir du mois de juin ou seules quelques groupes pourront résister à la dessiccation comme c'est le cas de *Cryptopygus thermopilus*, présente dans le sol tout le long de l'année.

Il est intéressant de souligner l'effet saisonnier sur la structure du peuplement : des effectifs et un nombre d'espèces élevés en période humide, de novembre à mai, où les 17 espèces sont présentes, au contraire en période de fortes températures et de faible teneur en eau du sol, qui s'étale de juin à octobre, on enregistre une diminution de l'abondance et la de diversité, cette dernière se présente comme suit : juin (11 espèces), juillet (6 espèces), aout (6 espèces), septembre (8 espèces) et octobre ( 10 espèces).

Trois facteurs édaphiques ont été mesurés dans la même fraction du sol destiné à l'extraction des Collemboles: teneur en eau, porosité et température du sol. Le test d'analyse de la variance révèle l'existence de différences mensuelles des trois facteurs par rapport aux 12 mois. Les résultats de l'application du test de Student pour la comparaison entre les valeurs moyennes des trois facteurs enregistrées en période humide (décembre, janvier et février) d'une part et en période sèche (juillet, août et septembre) d'autre part, sont significatifs, ce qui conduit à l'existence d'une probable variation saisonnière.

La plus forte teneur en eau du sol est enregistrée au mois de janvier ( 47,36 %), la plus faible est obtenue au mois d'août (11,07 %) et la moyenne annuelle est de l'ordre de 22,61 %. Le test de Student, révèle une différence significative (  $t = 22,12$ , ddl 44 à  $p < 0,0000$ ). Boubekour (1997) trouve dans la même parcelle une teneur égale à 33,45 % en automne, 61,49 % en hiver, 40,20 % au printemps et 27,67 en été. Quand on compare nos résultats et ceux présentés par l'auteur précédent, on peut retenir que le sol est plus sec pendant la durée de notre travail, ceci peut être expliqué par la très faible pluviosité enregistrée, 340 mm, l'inégalité de la répartition des pluies sur les 12 mois et leur caractère orageux : 33,2 mm au mois de juin et 17,2 au mois d'août.

En ce qui concerne la porosité du sol, la moyenne annuelle est de l'ordre de 51,85 %, la porosité maximale d'une valeur de 57,57 % est enregistrée en hiver (février) et la valeur minimale correspond au mois de juillet. Le test de Student ( $t = 15,25$ , ddl 44 à  $p < 0,000$ ) révèle une différence significative entre les saisons humide et sèche. Boubekour (1997) mentionne une porosité constante de l'ordre de 62 % dans le sol de la même parcelle, ce qui semble contradictoire avec ce que rapporte Pesson (1971) qui précise qu'une porosité constante ne peut être observée que dans un sol dont les constituants sont tous inertes comme le sable, et que la présence de constituants actifs tels que l'argile ou le calcaire conduit à une variation de la porosité lors de l'humectation. Rappelant que le sol de la parcelle d'étude est riche en argiles ( 0,45 % de K<sub>2</sub>O) et une teneur en calcaire de l'ordre de 23,67 %, (Boubekour, 1997).

La température du sol présente les mêmes variations, les valeurs minimales sont enregistrées en hiver de décembre à février et sont de l'ordre respectif : 11,9 °C, 10,2°C, 10,4 °C et 11,1°C. Le maximum thermique est enregistré au mois d'août: 25,7 °C. Le test de Student d'une valeur de ( $- 44,46$ , ddl 44 à  $p < 0,000$ ) montre qu'il y a une différence entre les deux saisons. Selon Bachelier (1978) la température varie très peu en profondeur, mais elle reste un facteur limitant pour la majorité de la faune du sol à des valeurs extrêmes.

Les valeurs de la moyenne annuelle des trois facteurs édaphiques : teneur en eau (22,61 %), température (17,50 °C) et porosité (51,85%), sont considérées comme moyenne et en-dessous des valeurs si l'on considère sa vocation comme sol de prairie, non cultivé présentant une couverture végétale herbacée permanente et sa nature calcaire (taux de 23,67 %). Un tel sol, selon (Bonneau et Souchier, 1979) est d'une faible conductivité, s'échauffe et se refroidit vite en surface mais ne transmet pas profondément les variations de température

Un total de 2889 Collemboles a été récolté en 12 mois dans la parcelle d'étude, ce qui correspond à 8025 ind./m<sup>2</sup>. Il est difficile de comparer nos résultats à ceux obtenus par d'autres dans des régions et des biotopes différents, cela étant dû au climat local, à la nature du sol, la durée et le rythme des prélèvements ainsi qu'aux méthodes de récolte.

La fluctuation d'abondance des Collemboles suit un mode saisonnier, ses variations étant statistiquement significatives aussi bien au niveau mensuel qu'annuel. Les trois facteurs édaphiques mesurés agissent sur l'abondance comme sur la présence ou l'absence des différentes espèces de Collemboles. Nous citerons à titre d'exemple l'abondance des Collemboles signalée par Kevan (1962), dans un sol de prairie en Angleterre de l'ordre de 43.100 ind./m<sup>2</sup> à une profondeur de 0,6 à 15 cm et 18.200 ind./m<sup>2</sup> entre 15 et 30 cm de profondeur. De leur côté Jagers et al (1988) trouvent dans un sol agricole argileux lourd d'origine marine, une abondance de 1974 ind./m<sup>2</sup> à une profondeur de 0- 2,5 cm, 2403 ind./m<sup>2</sup> entre 2,5 et 5 cm, 9882 ind./m<sup>2</sup> entre 7,5 et 10cm, 2451 ind./m<sup>2</sup> entre 15 et 17cm et 1641 ind./m<sup>2</sup> entre 25 et 27,5cm de profondeur.

La variation d'abondance des espèces de Collemboles est étudiée par l'analyse factorielle des correspondances et le coefficient de corrélation de rang de Spearman.

L'application de l'analyse factorielle des correspondances sur l'influence des trois facteurs édaphiques : teneur en eau, porosité et température sur l'abondance des espèces de Collemboles et les mois d'échantillonnage. La projection des variables passives dans les mêmes plans factoriels a fourni deux axes, dont un seul (axe 1) est interprétable. Il exprime les variations saisonnières avec des mois secs, chauds et pauvres en Collemboles du côté positif de l'axe et des mois humides, froids et riches en Collemboles du côté négatif de l'axe.

L'application du test de corrélation de rang de Spearman met en évidence la forte corrélation entre, d'une part, l'axe 1 et d'autre part, l'abondance ( $r = 0,974$ ), la richesse spécifique ( $r = 0,946$ ), la teneur en eau ( $r = 0,786$ ), la température ( $r = 0,792$ ) et la porosité ( $r = 0,598$ ). Le même test révèle une très faible corrélation entre les mêmes paramètres et

l'axe 2 de l'AFC, toutes les valeurs du coefficient sont inférieures à 0,2. L'axe 2 ne semble lié à aucun des paramètres mesurés, nous pensons qu'il exprime des variations non saisonnières, liées soit à l'hétérogénéité du terrain tel que la végétation, la pente, la micrographie ou à des interactions entre espèces. Une étude approfondie qui intégrerait d'autres paramètres serait souhaitable, nous pensons particulièrement à l'étude de la structure du sol, sa nature, mais aussi à l'influence d'autres facteurs édaphiques tels que la teneur des différents constituants actifs et inertes, comme la matière organique, l'azote total, le pH, la salinité.

Le même test révèle d'une part 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 ( $r = 0,565$ ) et d'autre part entre la richesse spécifique (nombre d'espèces) et les mêmes facteurs: teneur en eau ( $r = -0,784$ ), la température ( $r = -0,782$ ) et une corrélation moyenne avec la porosité du sol ( $r = 0,623$ ).

Cette analyse montre donc qu'il s'agit bien d'un effet des variations saisonnières directement liées non seulement aux variations des facteurs édaphiques mais aussi au climat général qui a caractérisé la région pendant l'année de l'étude qui a été marquée par une faible pluviométrie, 340 mm, soit la moitié du total, 600 mm habituellement enregistré à Constantine.

Les facteurs édaphiques 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. C'est ce qui semble expliquer la réduction des effectifs et de la richesse spécifique, 6 espèces seulement sont présentes dans les échantillons au lieu des 17 en période humide.

La faible porosité observée en période estivale, 47,02 % en juillet est liée d'une part à la faible teneur en eau, 11,07 % enregistrée au même mois, mais peut être aussi au tassement du sol au moment de son prélèvement. Un sol tassé, donc de faible porosité peut être la conséquence d'un piétinement tels le passage d'engins agricoles, le pacage fréquent des animaux, c'est le cas dans la parcelle d'étude où les riverains mènent quotidiennement leurs troupeaux de bovins, ovins et caprins, surtout en printemps, en été et en automne. A ce sujet Massoud et al (1984) dans une étude expérimentale sur l'influence du piétinement, observent une aggravation de la baisse estivale des effectifs, de la richesse et la diversité des Collemboles dans la litière et le sol.

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 : *C.thermophilus*, *H.major*, *I. minor*, *A.bouguisi*, *P.armata*, *Isotomiella.sp.* qui sont récoltées à cette période à une profondeur qui oscille entre 20 cm et plus , où il persiste une ambiance humide permettant à ces espèces de résister. Le renouvellement du peuplement reprend à partir du mois de novembre, où l'on observe la présence des 17 espèces, ce repeuplement est dû selon Athias-Henriot et Cancela da Fonseca (1976) aux déplacements verticaux et horizontaux sous l'effet de la sécheresse estivale.

En ce qui concerne les effets du déficit thermique qui marque le sol d'étude en période estivale, 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.

Les résultats de l'analyse statistique : Anova de Friedman et coefficient de concordance de Kendall utilisés pour classer les espèces selon leur présence-dominance dans les échantillons prélevés montrent des différences significatives. Trois espèces peuvent être considérées comme dominantes tout au long des 12 mois, il s'agit de *C.thermophilus*, *A.bouguisi* et *P.armata*. *C.thermophilus* occupe le premier rang, l'espèce est présente de janvier à décembre, alors que l'on note l'absence des deux autres au mois d'aout. *C.thermophilus* est une espèce édaphique tolérante, nitrophile, xérothermique, et eurytope, à large valence écologique ,capable de résister aux conditions les plus extrêmes, ce qui peut expliquer son abondance et sa dominance numérique sur toutes les autres espèces. Quant à *A.bouguisi* et *P.armata*, espèces euédaphiques strictes, leur présence aux mois chauds peut s'expliquer par leur comportement de fuite en profondeur, en effet, en cette période tous les échantillons sont prélevés dans la partie du sol humide. L'absence des autres espèces, comme *Brachystomella parvula* et d'autres aux mois chauds et secs peut être interpréter, soit par la fuite en profondeur ou par des adaptations à la sécheresse par des comportements particuliers leurs permettant d'éviter des stress hygrothermiques mortels. A ce sujet Poinso (1968) cité par Cassagnau (1990) et Masoud (1971), citent le cas de deux espèces : *Brachystomelle parvula* et *Folsomides variabilis* qui montrent un comportement constructeur ou anhydrobiose. Dès la fin de la période sèche, qui coïncide avec l'élévation de la teneur en eau ( 14,77%) et de la porosité 50,61%) on observe à la fois une augmentation de l'abondance totale et du nombre d'espèces récoltées, on passe ainsi d'un total de de 88 individus à 126 individus et de 8 espèces à 10 espèce de

septembre à octobre. Cette reprise d'activité se poursuit et on atteint 294 et 385 individus et 17 espèces aux mois de novembre et décembre. Pour Athias-Henriot et Cancela da Fonseca (1976), le renouvellement du peuplement est dû aux déplacements verticaux et horizontaux sous l'effet de la sécheresse estivale. Il convient de déterminer les migrations verticales et horizontales par l'étude du comportement saisonnier d'espèces suivies une à une en appliquant des tests statistiques.

A l'issue de cette étude on peut retenir que nos observations ont permis d'affirmer que l'impact saisonnier des facteurs écologiques fondamentaux évident en surface, se ressent même dans le sol en profondeur et détermine et régule la dynamique saisonnière des Collembolés endogés.

## 6- CONCLUSION GENERALE

Aux 103 espèces de Collembolés signalées en Algérie, nous ajoutons 56 autres espèces. Avec 1159 espèces, la faune des Collembolés d'Algérie, grâce à ce travail, est aujourd'hui mieux connue qu'il y a un demi siècle.

Sur les 113 espèces rencontrées dans les différentes localités du Nord-Est d'Algérie, 56, soit, 49,56 % sont nouvelles pour le pays, 49, soit, 43,36 % n'ont pas été signalées en Afrique du Nord.

Presque la moitié (41 espèces, soit 36,28 %) de la faune des Collembolés est constituée d'espèces répandues en Europe, au nord et au sud de la Méditerranée.

La présence de 4 espèces nouvelles pour la science viennent s'ajouter aux 17 déjà connues d'Algérie

La prédominance d'espèces appartenant à l'ordre des *Poduromorpha* (57 espèces) constitue un autre caractère remarquable de la faune des Collembolés.

Du nombre total d'espèces rencontrées dans les localités prospectées, 78, soit 68,42 % sont trouvées au massif de l'Edough. Le massif de l'Edough se distingue plus que d'autres massifs montagneux méditerranéens par :

- une richesse exceptionnelle en Collembolés *Neanuridae* : 10 espèces seulement sont connues d'Algérie et 19 à l'Edough.
- une richesse aussi particulière qu'inexplicable du genre *Friesea* avec 8 espèces, contre 6 seulement aux Pyrénées françaises, plus vastes et intensément étudiées.
- Une richesse modérée mais inattendue du genre *Ceratophysella* avec 4 espèces, C'est le principal caractère original de la faune des Collembolés du Nord-Est algérien.

La proportion élevée d'espèces à statut indéterminé (27, soit, 23,89 %) nous permet de s'attendre à de nouvelles découvertes ce qui augmentera la part de l'endémisme.

De l'étude écologique initiée par ce travail, on peut retenir que l'impact saisonnier, évident en surface, se ressent même dans le sol en profondeur.

Compte tenu du nombre limité des habitats prospectés, la présente étude bien qu'elle a apportée une contribution non négligeable sur la taxonomie, la biogéographie et l'écologie de la faune Collembologique du pays.

Pour une meilleure connaissance de cette faune, il serait très souhaitable d'étendre la prospection à d'autres massifs forestiers, nous songeons au massif de Collo, à celui des Babors, mais aussi à d'autres milieux et habitats.

## B I B L I O G R A P H I E

- Athias-Henriot C. & Cancela da Fonseca P.G., 1976- Microarthropodes édaphiques de la Tillaie (Forêt de Fontainebleau): Composition et distribution spatio- temporelle d'un peuplement en placette à litière de hêtre pure (Acariens et Collemboles). *Rev.Ecol. Biol. Sol*, 13(2): 315-329.
- Bachelier G., 1971– La vie animale dans les sols. I. Déterminisme de la faune des sol. In *La vie dans les sols, aspects nouveaux, études expérimentales*, Gauthier-Villars Ed. 472p., 111 fig.
- Bachelier G., 1978- La faune du sol, son écologie et son action. Initiation-Documentation-Techniques, 38 O.R.S.T.O.M, Paris,391 p,4 pl.
- Barra J.A., 1975– Le développement post-embryonnaire de *Pseudosinella decipiens* et *P.impediens*. 1. Etudes morphologique et chaetotaxique (Collemboles). *Annl. Spéleo.*, 30, 173-186.
- Barra J.A., 1977– La mue chez les Collemboles entomobryens (Apterygota) : ultrastructure et particularités. *Int. J. Insect. Morphol. Embryol.*, 6, 201-219.
- Bedos A. et Cassagnau P., 1986– Facteurs génétiques et épigénétiques de l'ecomorphose rémanente chez *Hypogastrura boldorii* (Collembole). Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Semin. Aptery. Siena, 187- 191.
- Belegnaoui S. & Barra J-A., 1998- Water loss and survival in the anhydrobiotic collembolan *Folsomides angularis* (Insecta). *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 26 (1) : 123-132.
- Bellinger P.F., Christiansen K.A., & Janssens F. 2002-Checklist of the Collembola of the world. <http://www.collembola.org>.
- Bellinger P.F., Christiansen K.A., & Janssens F. 2004- Checklist of the Collembola of the world. <http://www.collembola.org>.
- Betsch J.-M., Thibaud J.-M. et Najt J., 1990– Progrès récents apportés dans la taxinomie des insectes Collemboles en particulier par l'analyse des homologues morphologiques. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 115 (2), 156-180.
- Betsch. J.-M., 1980– Eléments pour une monographie des Collemboles Symphypléones (Héxapodes, Aptérygotes). *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat.*, A, 116, 3-227.
- Betsch J.-M. & Waller A., 1989– L'armement en trichobothries des Collemboles Symphypléones. Recherches de schémas chétotaxiques. *Proc. 3rd. Intern. Sem. Apterygota, Siena*, R.Dallai Ed., 15-31.
- Betsch-Pinot M. C., 1977– Les parades sexuelles primitives chez les Collemboles Symphypléones. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 14 (1) : 15 -19.
- Bonneau M. & Souchier B., 1979- Pedologie: 2 Constituants et propriétés du sol. Masson Edit.Paris Cedex 06.,459 p.



- Bonnet L., 1966 – Le peuplement thécamoebien des sols du Gabon. *Biol.gabonica*, 2-3, 183-214.
- Bonnet L., Cassagnau P. et Deharveng L., 1979– Recherche d'une méthodologie dans l'analyse de la rupture des équilibres biocénotiques: applications aux Collemboles édaphiques des Pyrénées. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 16, 373- 401.
- Bourgeois A. & Cassagnau P., 1973– Les perturbations morphologiques de type épitoque chez les Collemboles Hypogastruridae. *C.R. Acad. Sc.* 277, 1197-1200.
- Bertfield G., 1976– *Heterosminthurus chaetocephalus* (Collembola)- Balz und spermaübertragung. *Enc. Cynemat. E 2252. Wissenschaftlichen Film. Gottingen.* 1-10.
- Bretfeld G., 1977– Der zyklus von Häutung, Paarung und Eiablage bei den Weibchen von *Heterosminthurus insignis* (Reuter, 1876) (Collembola, Symphypleona). *Rev.Ecol. Biol. Sol*, 6, 291-298.
- Bretfeld G., 1986 – Phylogenetic systematics of the higher taxa of Symphypleona Börner, 1901 (Insecta, Entognatha, Collembola). *Proc. 2<sup>nd</sup> Intern. Sem. Apterygota, Siena, R. Dallai Ed.*, 307-311.
- Cancela da Fonseca J.P., 1966- L'outil statistique en biologie du sol.III.Indices d'intérêt écologique. *Rev.Ecol.Biol.Sol*, 3:381-407.
- Cancela da Fonseca J.P. & Stamou G.P., 1982- L'outil statistique en biologie du sol: VII.- L'indice d'agrégation de Strauss et son application aux populations édaphiques: le cas d'*Achiptera coleoprata* (Lin.) (Acarina, Oribatida). *Rev.Ecol.Biol. Sol*, 19(4): 465-484.
- Cancela da Fonseca J.P. & Sarkar S., 1996*Eur.J. Soil Biol.*, 32(3): 131-140.
- Carapelli, A.,Frati, F.,Fanciulli, P. P. & Dallai, R. 2001-Taxonomic revision of fourteen 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):115-143.
- Cassagnau P., 1963 -Les Collemboles d'Afrique du Nord avec une étude de quelques espèces du Nord-Constantinois. *Bul. Soc. Hist Nat. Toulouse.* 95 (1-2), 197-206.
- Cassagnau P., 1971 (b)- La phylogénie des Collemboles à la lumière des structures endocrines rétrocérébrales. 1<sup>er</sup> Symposium International de Zoofilogenia, Salamanca: 339-349.
- Cassagnau P., 1974. – Chétotaxie et phylogénèse chez les Collemboles Poduromorphes. I<sup>ère</sup> Symp. Intern. Apt., Jevany. *Pedobiologia* 14 : 300-312.
- Cassagnau P. et Juberthie C., 1971- L'évolution du système neurosécréteur chez les insectes; l'importance des Collemboles et des autres Aptérygotes. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, , 8, 59-80.

Cassagnau P., 1980. - Nouveaux critères pour un redécoupage phylogénétique des Collemboles Neanuridae. Proc. 1st Intern. Semin. Aptery. Siena, 115-132.

Cassagnau P., 1983- Un nouveau modèle phylogénétique chez les Collemboles Neanurinae. *Nouv. Rev. Ent.*, 13, 3-27.

Cassagnau P., 1984– Introduction à l'étude des phylliomériens (Collemboles Neanurinae): diagnoses des espèces. *Trav.Lab. Ecol. Arth. Edaph. Toulouse*, 4, 1-30.

Cassagnau P., 1985- Le polymorphisme des femelles d'*Hypogastrura schaefferi* (Krausb): un nouveau cas d'épitoque chez les Collemboles. *Annls. Soc. Ent. Fr., N.S.*, 21, 287-296.

Cassagnau P., 1986- Les ecomorphoses des Collemboles: I Déviation de la morphogénèse et perturbations histophysiologiques. *Annales de la Société Entomologique de France (N.S)*, 22(1): 7-33.

Cassagnau P., 1990- Des Héxapodes vieux de 400 millions d'années: Les Collemboles: Biologie et Evolution ; 2. Biogéographie et Ecologie. *Rev. Année Biologique* 29 (1) : 1-69.

Carapelli, A., Frati, F., Fanciulli, P. P. & Dallai, R. 2001-Taxonomic revision of fourteen 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): 115-143.

Christiansen D. K., 1964. – Bionomics of Collembola. *Ann. Rev. Ent.*, 9, 147-178.

Crossley et al. D.A., Barbara Jr., Mueller R. & Perdue J.C., 1992- Biodiversity of microarthropods in agricultural soils : relations to processes. *Agric.Ecosystems Environ.*, 40 : 37-46.

Dallai R., Sbordoni V., Cobolli-Sbordoni M. & De Matthaëis E., 1983- Chromosome and enzyme diversity in some species of Neanuridae (Collembola). *Pedobiologia*, 25: 301-311.

Deharveng L., 1976– Présence d'un caractère sexuel secondaire chez *Anurophorus serratus* n.sp. (Collembola : Isotomidae). *Nouv. Rev. Ent.*, VI, 2 p. 109 à 111.

Deharveng L., 1979- Contribution à la connaissance des Collemboles Neanurinae de France et de la Péninsule Ibérique. *Travaux du Laboratoire d'Ecologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse*, 1(4): 1-61.

Deharveng L., 1981- Nouvelles espèces de Neanurinae européens appartenant aux genres *Bilobella* et *Monobella*. *Extrait du bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*. T117, Fasc.1-2-3-4: 95-101.

Deharveng L., 1981(b)– La chétotaxie dorsale de l'antenne et son intérêt phylogénétique chez les Collemboles Neanurinae. *Nouv. Rev. Ent.*, 11 (1) : 3-13.

- Deharveng L., 1981 (b)– La famille des Odontellidae: Phylogénèse et taxonomie. *Trav. Lab. Ecobiol. Arthr. Edaph., Toulouse*, 3 (1) : 1-21.
- Deharveng L., 1982. – Polymorphism of Polytene Chromosomes in *Bilobella aurantiaca*. Study of a population from Sierra de Gredos (Central Spain). *Chromosoma*, 85, 201-214.
- Deharveng L., 1982(a)– Polymorphisme of polytène chromosomes in *Bilobella aurantiaca* (Insecta:Collembola), study of a population from Sierra de Gredos (Central Spain). *Chromosoma*, 85: 201-214.
- Deharveng L., 1982 (b)- Contribution à l'étude des Deutonura du groupe phlegraea (Collembola: Neanuridae). *Travaux du Laboratoire d'Ecologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse*, 3(2): 1-20.
- Deharveng L., 1983 (b)– Morphologie évolutive des Collemboles Neanurinae, en particulier de la lignée Néanurienne. *Trav. Lab. Ecobiol. Arthr. Edaph. Toulouse* 4 (2).
- Deharveng L. et Lee B.H., 1984– Polytene chromosomal variability of *Bilobella aurantiaca* (Collembola) from Sainte Baume population (France). *Caryologia*, 37, 51-67.
- Deharveng L., 1987– Révision taxonomique du genre *Tetracanthella* Schött, 1891. *Trav. Lab. Ecobiol. Arthr. Edaph., Toulouse*, 5 (3), 1-151.
- Deharveng L. et Lek S., 1993– Remarques sur la morphologie et la taxonomie du genre *Isotomurus* Börner, 1903 et description de deux espèces nouvelles de France (Collembola: Isotomidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* (N.S), 29 (3) : 245-259.
- Deharveng L. & 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.
- 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.
- Deharveng L., Oliveira E., 1990. *Isotomiella* (Collembola: Isotomidae) d'Amazonie: les espèces du groupe delamarei. *Ann. Soc. Entomol. France* 26, 185–201.
- Deharveng L., 2004 - Récent advances in Collembola systematics 6th International Seminar on Apterygota, Siena, Italy, 2002. *Pedobiologia*, 43: 215-233.
- Denis J.-R., 1922- Sur deux Collemboles de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. ent. Fr.* :284-285.
- Denis J.-R., 1925- Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (3°note) *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, 16: 254-256.
- Denis J.-R., 1935- Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (2°note). *Bull. Soc. ent. Fr.* 16: 230-233.

Denis J.-R., 1937- Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (4<sup>o</sup>note),  
*Bull.Soc.Hist. nat. Afr.N.*28: 85-87.

Di Castri F. & Astidillo V., 1966- Análisis de algunas causas abioticas de variacion en la densidad de la fauna del suelo.  
In Progrssos en Biologia del Suelo. *Actas del I Coloquio Latinamericano de Biologia del Suelo.Monogr.I.Unesco Montevideo*, 371-377.

Djouadi H et Khorief Nasreddine S, 2000- Diagnostic et reconstitution de la resrve biologique (Djebel-Ouahch) dans la région de Constantine. *Memoire d'Ingénieur d'Etat en Ecologie :Option Gestion des ressources forestières (systèmes forestiers)*, Univ Mentouri Constantine, 114 pp.

Edwards C. A., 1969- Soil Polluants and Soil Animals. *Scientific Americain*, 220, 4, : 88-99.

Fanciulli P.P , Dallai R. & Petrucci R., 1986– Chromosomal and isozymic analysis in three populations of *Latriopyga longiseta*. *Proc. 2<sup>nd</sup> Intern. Sem. Apterygota*, Siena, R.Dallai Ed., 203-210.

Fiellberg M.C, 1976- Cyclomorphosis in *Isotomahiemalis* Schott, 1893 (*Mucronata* Axelson, 1900) syn. Nov.(Collembola Isotomidae).  
*Rev Ecol. Biolo. Sol*, 13 (2): 381-384.

Gisin H., 1960- Collembolenfauna Europeas. *Genève* : 1-312.

Grassé P.P. ,1965- *Traité de Zoologie: Anatomie, Systématique, Biologie*.T.10, Masson et Cie Edit. Paris (Viè) ,1117 p.

Gama M. M. da, 1964– Collemboles de Portugal Continental. *Mem. Est. Mus. Zool. Univ. Coimbra*, 292 : 1-251.

Gama M. M. DA, 1969– Notes taxonomiques et lignées généalogiques de quarante deux espèces du genre *Xenylla*. *Memes. Estud. Mus. Zool. Univ. Coimbra*, 308, 1-61

Gama M. M. DA, 1980– Aperçu évolutif d'une septaine d'espèces et sou-espèces de *Xynella* provenant de tous les continents. *Proc. 1srt Intern. Semin. Apteryg.*. Siena, 53-58.

Gama M. M. DA , 1984. – Collemboles des Açores. II. *Bolm. Port. Ent.*, 58 : 337-346.

Gama M. M. DA, 1988– Systématique évolutive des *Pseudosinella*.XIV. Deux espèces nouvelles provenant des Açores (Insecta: Collembola).*Revue Suisse Zool*.95 (2) : 607-611.

Gers C., 1982– Influence de la simplification du travail du sol sur la microfaune édaphique hivernale : données préliminaires. *Rev. Ecol. Biol., Sol*, 19 (14) : 593-604.

Gers C, et Izarra D.C. DE ., 1983– Rupture de l'équilibre biocénétique des populations de Collemboles à la station de ski de Calmazeille-Formiguières (Pyrénées Orientales). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 119, 63-69.

- Gers C. et Deharveng L., 1985- Collemboles de l'Oukaimeden (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc).  
*Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 121: 51-61.
- Gobat J.-M., Aragno M., Matthey W., 1998– Le sol vivant: Bases de pédologie. Biologie des sols. Ed. Presses polytechniques et universitaires Lausanne. 14, 518 p, 8 pl.
- Greenslade P. et Whalley P.E.S, 1986- The systematic position of *Rhyniella praecursor* Hirst and Maulik (Collembola), the earliest known hexapod. *Proc. 2<sup>nd</sup> Intern. Semin. Aptery. Siena*, 319-324.
- Gregoire-Wibo C., 1983– Incidences écologiques des traitements phytosanitaires en culture de betterave sucrière, essais expérimentaux en champs. I. Les Collemboles épigés. *Pedobiologia*, 25, 37-48.
- Hamra-Kroua S. & Allatou D., 2003- Les Collemboles du Nord-Est Constantinois. *Sciences & Technologie C*, Univ. Mentouri Constantine : n° 20, pp 21-24.
- Hermosilla W., Keuck G. et Rubio I., 1984– Essai d'application de la taxinomie numérique à 23 espèces de Collemboles néarctiques du genre *Folsomia* Willem, 1902 (Insecte Collembola Isotomidae). *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 21: 87-100.
- Hermosilla W, Reca A.R., Pujalte J.C. & Rubio I., 1977– Efectos de la compactación del suelo sobre la fauna edáfica en campos pastoreados (Prov. Buenos-Aires, Argentina), *Physis, C*, 36: 227-236.
- Hermosilla W. Rubio I., Pujalte J.C. & Reca A.R., 1978– Die Wirkung der Bodenverdichtung auf die hypogäische Zoozönosen. *Landwirtsch Forsch*, 31: 208-217.
- Holmstrup M., Sjørnsen H., Ravn H., & Bayley M., 2001- Dehydration tolerance and water vapour absorption in two species of soil-dwelling Collembola by accumulation of sugars and polyols. *Functional - Ecology*, 15 (5): 647-653.
- Jagers Op Akkerhuis G.A.J.M., De Ley F., Zwetsloot H.J.C., Ponge J.-F. & Brussaard I., 1988– Soil microarthropods (Acari and Collembola) in two crop rotations on a heavy marine clay soil.  
*Rev. Ecol. Biol. Sol*, 25: 175-202.
- Josse E. N. G., 1983– New developments in the ecology of Apterygota.  
*Pedobiologia*, 25, 217-234.
- 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
- Jordana R., Arbea J.I., Simón C. & Luciáñez M.J., 1997-Fauna Iberica, Collembola *Poduromorpha* Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. Vol.8, 807 p.

- Kuznetsova N.A. & Potapov M.B., 1988- New data on the taxonomy of springtails of the family Neanuridae and Odontellidar (Collembola).  
Moscow state V.I. Lenin Pedagogical Institute. T LXVII,12: 1833-1844.
- Lauga-Reyrel F., 1977- Contribution à l'étude du cycle biologique saisonnier de *Neanura monticola* (Collembole): aspects histologiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 113, 83 - 124.
- Lauga-Reyrel F., 1977- Modifications ultrastructurales des corps allates au cours du développement et de l'écomorphose chez *Hypogastruratus tullbergi* (Collembole Hypogastruridae). *Int. J. Ins. Morph. Embryo.*, 13, 411-424.
- Lek – Ang S., Deharveng L., Lek S., 1999– Predictive model of collembolan diversity and abundance in a riparian habitat. *Ecological Modelling* 120, 247-260.
- Loranger G., Ponge J.-F., Blanchart E., Lavelle-P., 1998- Influence of agricultural practices on Arthropod communities in a vertisol (Martinique). *Europ. Jour. Soil. Biol.*, 34 (4): 157-165.
- Lopes C.-M. & Gama-M-M DA, 1994-The effect of fire on collembolan populations of Mata da Margaraca (Portugal). *European Journal of Soil Biology* 30 (3): 133-141.
- Massoud Z., et Pinot M.-C., 1973– Comportement de ponte chez les Collemboles Arrhopalites Börner. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 10 (2): 197-210.
- Massoud Z., 1967- Monographie des Neanuridae, Collemboles Poduromorphes à pièces buccales modifiées. in *Biol Amer. Austr. CNRS édit.* 111 : 1.399
- Massoud Z., 1976- Essai de synthèse sur la phylogénie des Collemboles. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 13 (1): 241-252.
- 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.
- Massoud Z., 1971. Un élément caractéristique de la pédofaune: Les Collemboles  
In : *La vie dans les sols. Aspects nouveaux. Etudes expérimentales.*  
Gauthiers Villars Ed., 472 p., 111 fig.
- Massoud Z., Betsch J.-M. et Thibaud J.-M., 1984- Expérience de piétinement contrôlé du sol d'une forêt périurbaine : effets sur le peuplement de Collemboles. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 21 (4) : 507-518.
- Moen P. & Ellis W.N., 1984- Morphology and taxonomy position of *Podura aquatica* (Collembola). *Entomologia Generalis*, 9 (4) : 193-204.

- Palacios-Vergas J.G., 2002– Los "insectos" (Hexapoda : Collembola) sin alas en las cuevas del mundo. *Mundo Subterraneos*, 13, 83-91.
- Palacios–Vargas J.G. & Wilson J. M., 1990- *Troglobius coprophagus* a new genus and species of cave Collembola from Madagascar, with notes on its ecology. *Int. J. Speleo.*, 19 : 67-73.
- Palevody G. & Grimal A., 1976– Variations cytologiques des corps allates au cours du cycle reproducteur du Collembole *Folsomia candida*. *Journ. Insect. Phys.*, 22: 63-72.
- Petersen H. et Luxton M., 1982- A comparative analysis of soil fauna population and their role in decomposition processus. *Oikos*, 39, 287-388.
- Pfotzer G.H., Schuler C., 1997- Effects of different compost amendments on soil biotic and faunal feeding activity in an organic farming system. *Rev. Biol. Agricul. Horti.* 15 (1-4) : 177-183, 8 ref.
- Ponge J.-F., 1980- Les biocénoses des Collemboles de la forêt de Sénart. In: *Actualités d'écologie forestière*, Gauthier –Villars, P.Pesson, Paris, 151-176.
- Ponge J.F., 1993- Biocenoses of Collembola in Atlantic temperate grass-land ecosystems. *Pedobiologia* 37: 1123-244
- Ponge J.-F., Arpîn P. & Vannier G., 1993- Collembolan response to experimental perturbations of litter supply in a temperate forest ecosystem. *Eur. J. Soil Biol.*, 29 (3-4), 141-153.
- Potapov M., 1989. The use of sensorial chaetotaxy in taxonomy of some Isotomidae (Collembola). In: Dallai, R. (Ed.), *3rd International Seminar on Apterygota, Siena, and pp.* 35–42.
- Potapov M., 1997a. Anurophorus species of East Asia and North America (Collembola Isotomidae). *Acta Zool. Cracoviensia* 40, 1–35.
- Potapov M., 1997b. Towards a new systematics of Isotomidae (Collembola). Examples from Pseudanurophorus Stach, 1922 with description of a new furcate species from NE Asia. *Pedobiologia* 41, 29–34.
- Potapov M., Babenko A.B., 2000. Species of the genus *Folsomia* (Collembola: Isotomidae) of northern Asia. *Eur. J. Entomol.* 97, 51–74.
- Potapov M., 2002. Isotomidae. In: *Dunger, W. (Ed.), Synopses on Palaearctic Collembola, Vol. 3. Gôrlitz, Germany, pp.* 1–603.
- Raynal G., 1976– Les populations de *Bourletiella radula* (Collembole Sminthuridae) du plateau d'Aumar (Pyrénées Centrales). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 112, 23-35.
- Richards WR., 1968– Generic classification, evolution and biogeography of the Sminthuridae of the world (Collembola). *Mem. Entomol. Soc. Canada*, 53, 1-54.

- Sautter K.D., dos Santos H.R., 1999- Comparison of the communities of *Entomobryidae* and *Isotomidae* (Collembola) among no-tillage in three levels of fertility, conventional tillage and a natural ecosystem (native grassland) in Ponta Grossa, Parana, Brazil. *Rev.Brasil.Zool.*, 16 (1): 117-124.
- Stebaeva S.K., 1988- Posición sistemática y phylogenia. En Manual de Identificación de los Colémbolla de la URSS: Parte general, claves de familias y generos.] Tzernova N.M. y Striganova, B.R. (Eds.) Nauka. Moscú: 5-9.
- Stomp N., 1974– Collemboles cavernicoles d'afrique du Nord. I. (Insecta). *Annls.Spéléol.* 29 (1) : 109-120.
- Szeptycki A.,1979– Chaetotaxy of the Entomobryidae and its phylogenetical significance. Morpho-systematic studies on Collembola. IV. *Panstwowe Wydawnictwo Naukowem* 1-219.
- Thibaud J. M., 1970– Biologie et Ecologie des Collemboles Hypogastruridae édaphiques et cavernicoles. *Mem. Mus. Hist. Nat., Paris, A Zool.*, 61, 83-201.
- Thibaud J. M., 1967– Contribution à l'étude du développement post-embryonnaire chez les Collemboles Hypogastruridae épigés et cavernicoles. *Annls. Spéleo.*, 22, 167-198.
- Thibaud J. M., 1977 (b)– Intermue et température léthales chez les insectes Collemboles Arthropléones. II. Isotomidae, Entomobryidae et Tomoceridae. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 14, 267-278.
- Thibaud J.M. et Massoud Z., 1973– Etude de la regression des cornéules chez les insectes Collemboles. *Ann. Spéleo.*, 28 (2), 159-166.
- Thibaud J.-M. et Massoud Z., 1980– Etude des Collemboles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. *Revue suisse Zool.* , 87, 2, 513-548
- Thibaud J.-M & Deharveng L., 1989– Collembola *Encyclopédie Biospéléologique*. Tome I. CNRS-Fabbro, Saint-Girons, France.
- Thibaud J.-M. & et Vannier G., 1987- Caractérisations biologiques et écophysiologiques des insectes Collemboles cavernicoles. *Proc. 2<sup>nd</sup> Intern. Semin. Apteryg. Siena*, 129-137.
- Thibaud J.-M., 1986– Essai sur une classification biologique et écophysiologique des Collemboles cavernicoles. *C. R. Acad. Sc. Paris, A*, 303, ser. III, 3, p. 65-67.
- Tuxen S.L., 1968- The systematic position of Entognathous Apterygotes. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Mexico*. 17: 65-79.
- Pesson P., 1971. – La vie dans les sols, aspects nouveaux, études expérimentales. Ed. Gauthier-Villars, 472p, 111 figs.
- Vannier G.,1978–Etude expérimentale de l'effet du feu de litière sur les Microarthropodes d'un sol forestier. *Bull. Mus. Hist. Nat., Paris, 3<sup>e</sup> sér.*, 519, *Ecol. gén.*, 42, 51-63.



Vannier G. et Kilbertus G., 1981– Participation des Collemboles et des microorganismes telluriques aux processus de migration des substances organo-minérales. *Coll. Int.*, n° 303, CNRS éd., Paris, 133-144.

Yosii R., 1956– Monography zur Höllen Collembolen Japans. *Contr. Biol. Lab. Kyoto Univ.*, 3, 1-109.

Zettel J., 2000- Alpine Collembola: Adaptations and strategies for survival in harsh environments. *Zoology-Jena.*, 102 (2-3): 73-89.

Zinkler D. & Rüssbeck R., 1986– Ecophysiological adaptations of Collembola to low oxygen concentration. *Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Semin. Apteryg. Siena*, 123-128

**A N N E X E**

**Figures d'espèces de Collemboles**

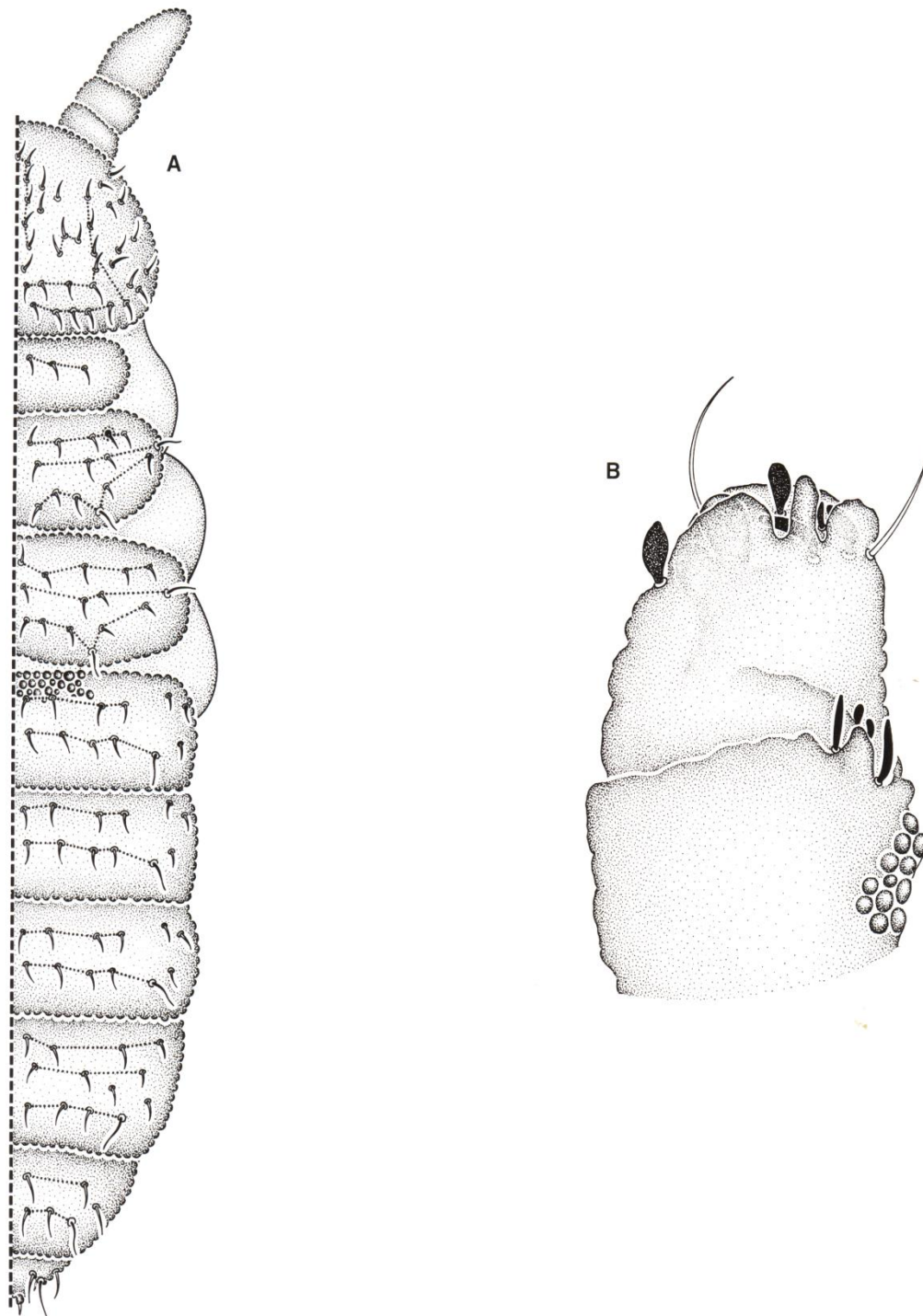


Fig. 19 : *Acherontiella bouguisi* Caassagnau & Delamarre –Deboutville, 1955.  
A : Chétotaxie dorsale, B : Détails de la sensille des articles antennaires III et IV

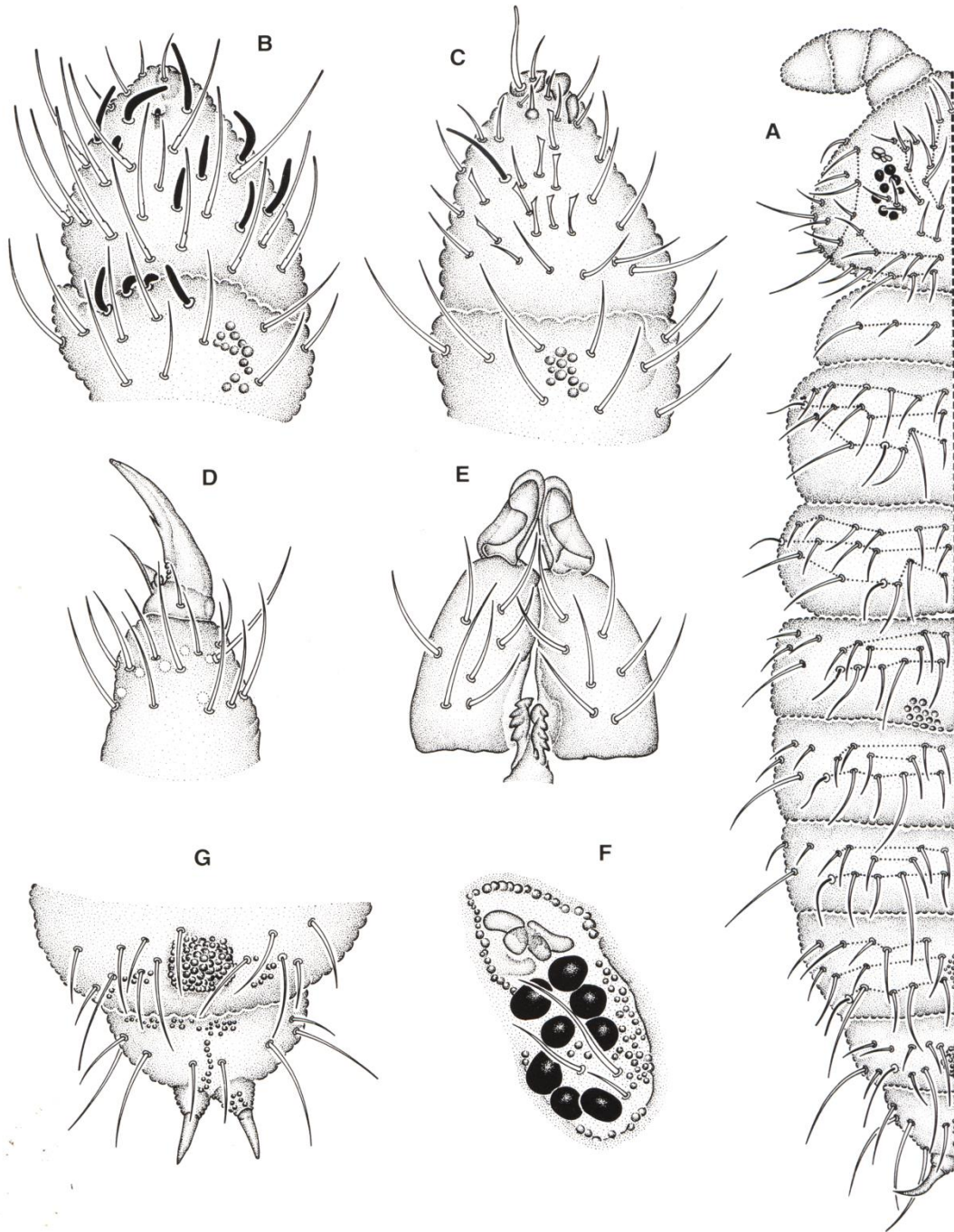


Fig.20 : *Ceratophysella denticulata* Bagnall, 1941.

A : Chaetotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV en vue dorsale,  
 C : vue ventrale des mêmes articles, D : Patte III, E : Furca, F : Organe  
 Post-antennaire et yeux, G : Segments abdominaux V et VI.

(Jordana et al, 1997).

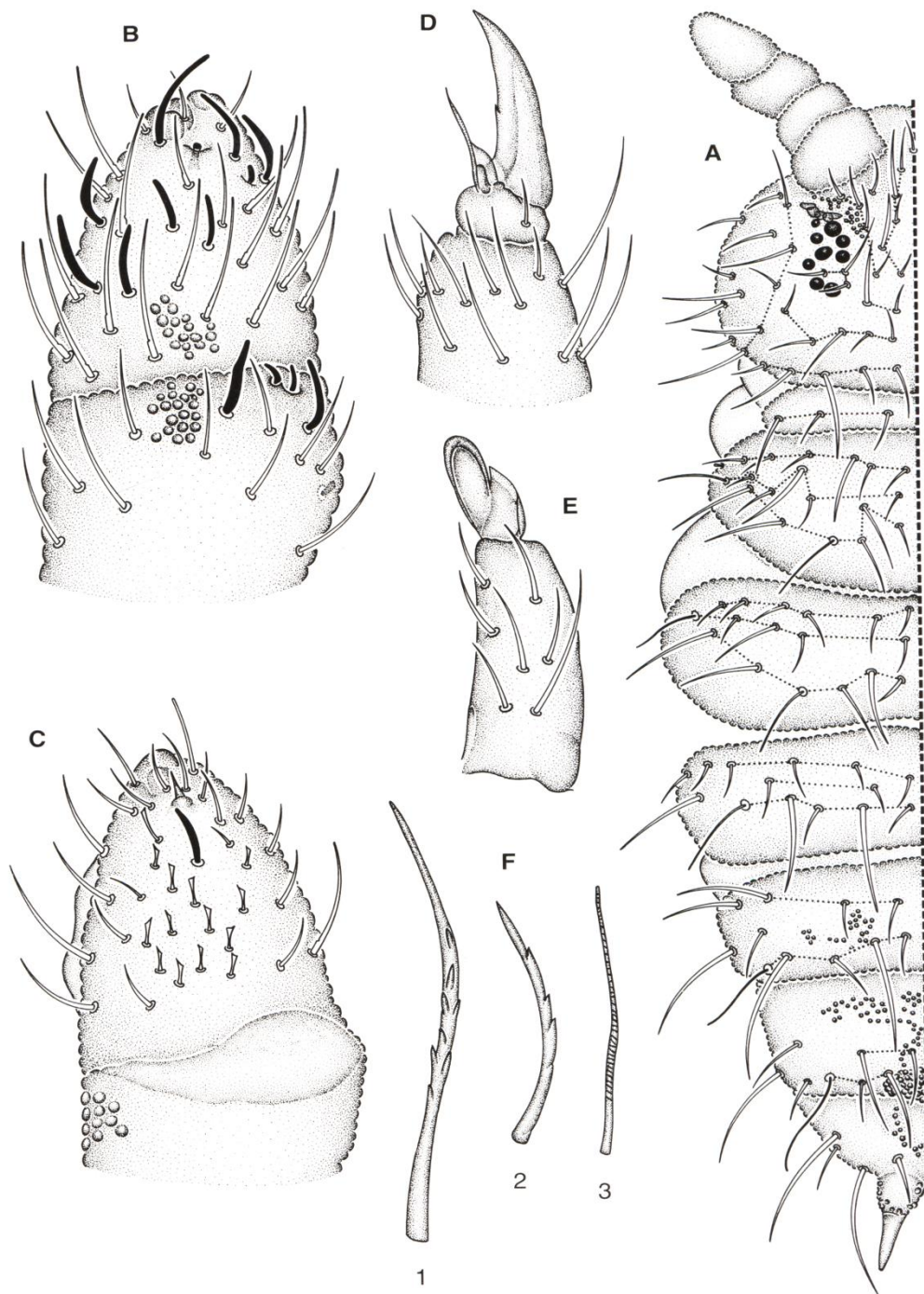


Fig. 21 : *Ceratophysella gibbosa* Bagnall, 1940.  
 A : Chétotaxie dorsale, B : Vue dorsale des articles antennaires III et IV  
 C : Vue ventrale de l'article antennaire IV, D : Patte III, E : Furca,  
 F : Détail de soies du corps. (Jordana et al, 1997)



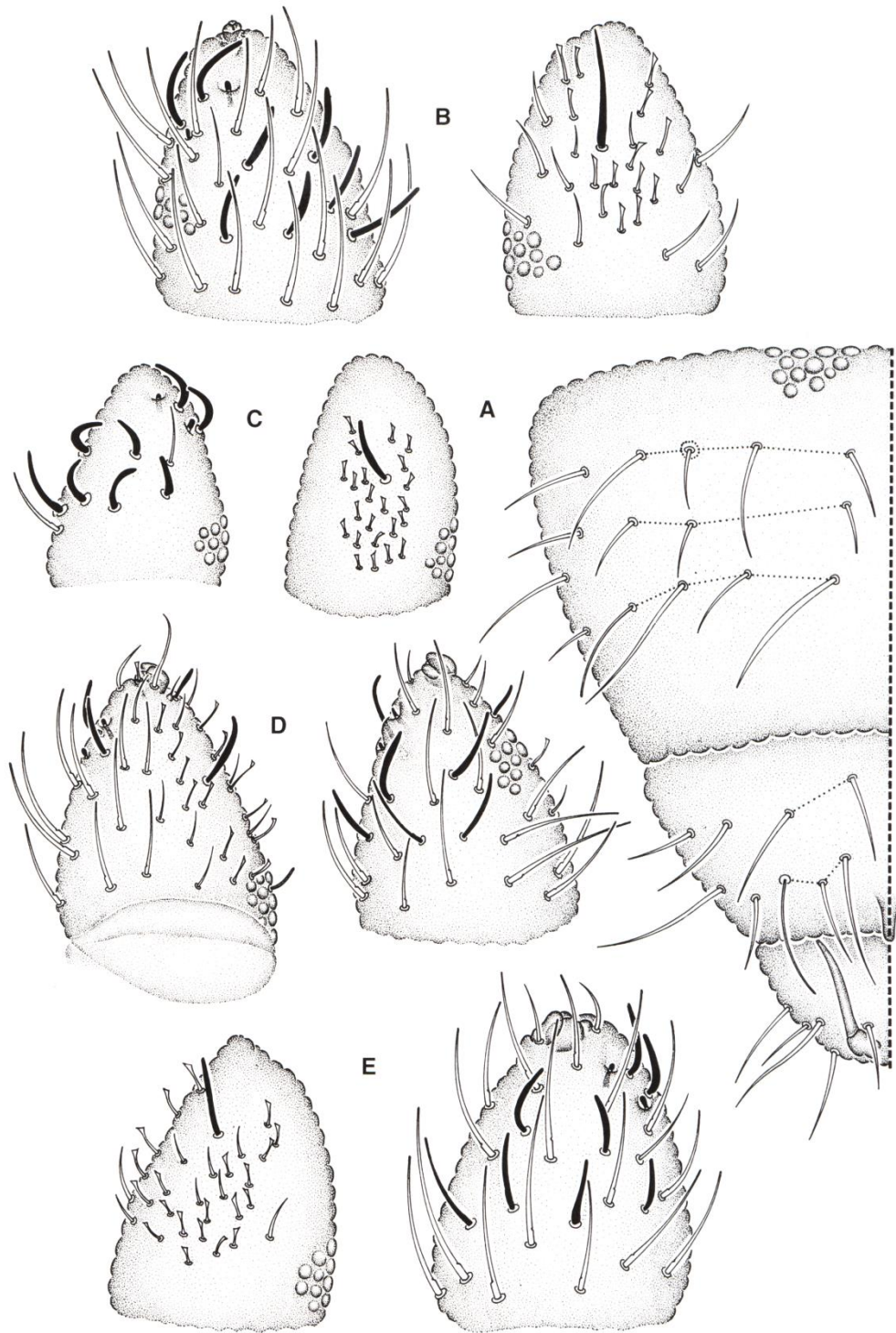


Fig.22: *Ceratophysella tergilobata* Cassagnau, 1954.

A : Chétotaxie dorsale des segments abdominaux IV, V, et VI,  
 B, C, D et E : Chétotaxie de l'article antennaire chez différentes formes  
 de la même espèce. (Jordana et al, 1997)

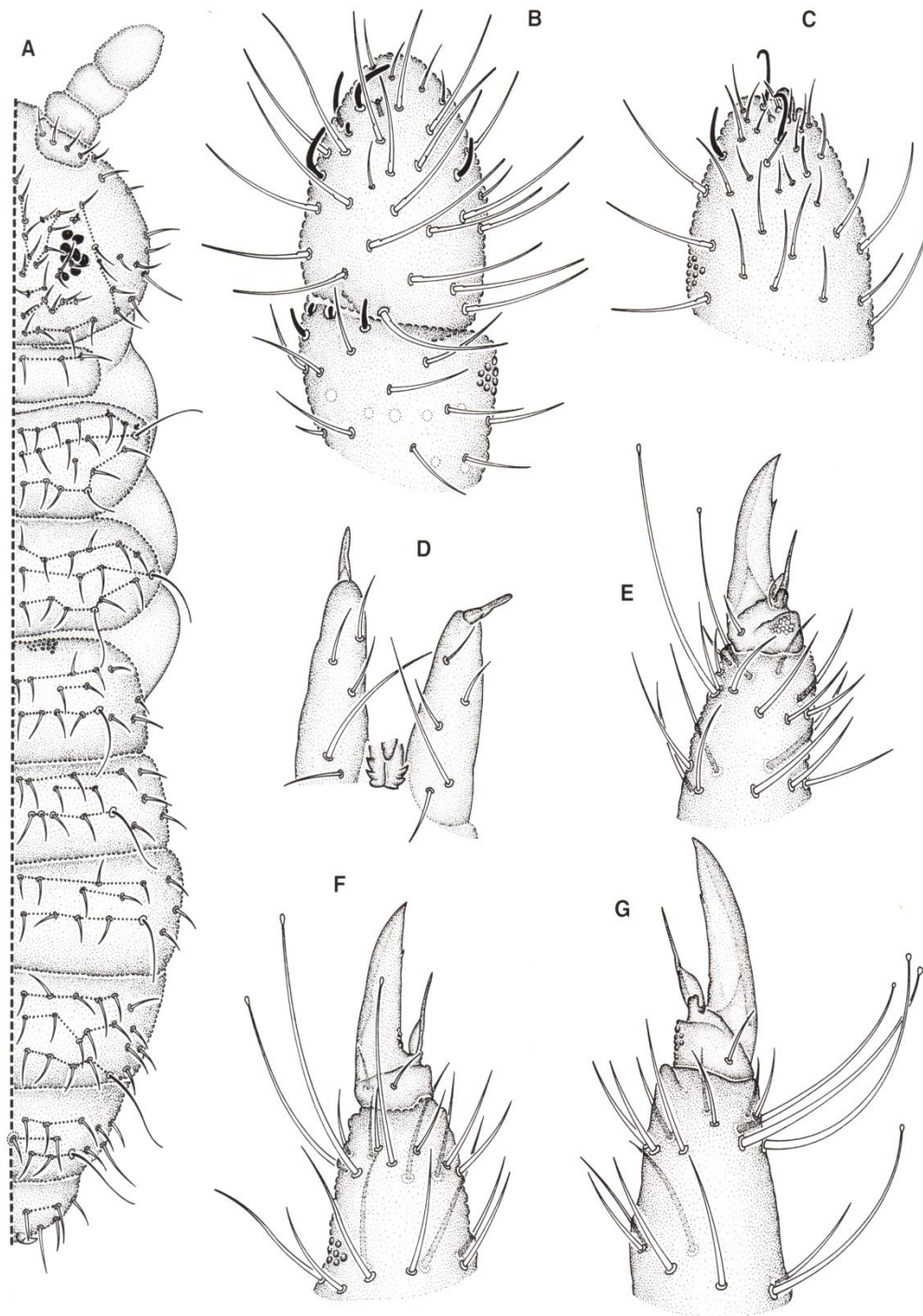


Fig. 23 : *Hypogastrura affinis* Lucas, 1846.

A : Chétotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV en vue dorsale,  
 C : vue ventrale, D : Furca, E, F, G : Tibiotarses et griffe de la patte I, II et III.  
 (Jordana et al, 1997).



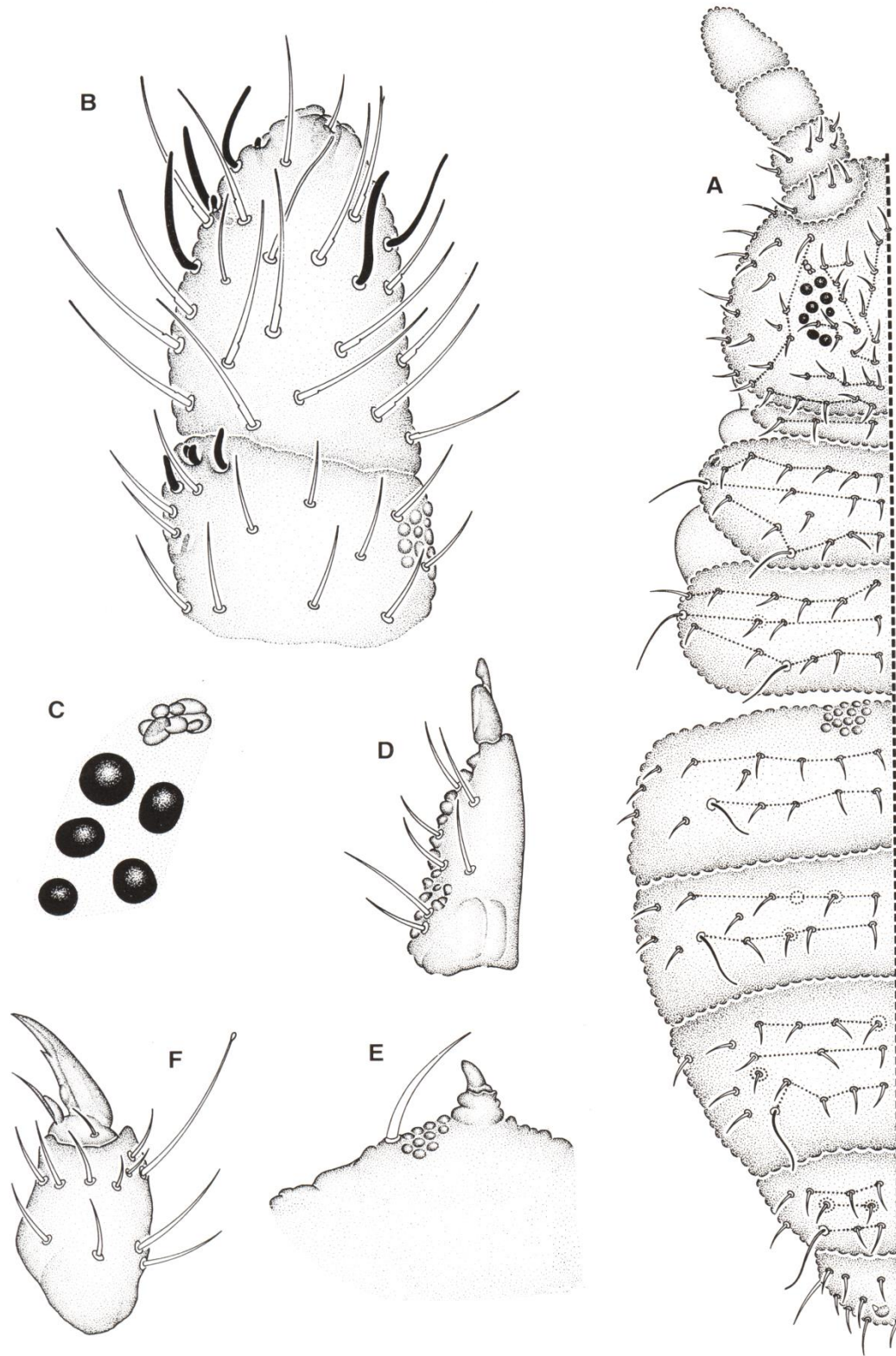


Fig. 24 : *Hypogastrura vernalis* Carl, 1901.

A : Chétotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV,

C : Organe post antennaire, D : Furca, E : Epine anale,

F : Tibiotarses et griffe de la patte III.

(Jordana et al, 1997)



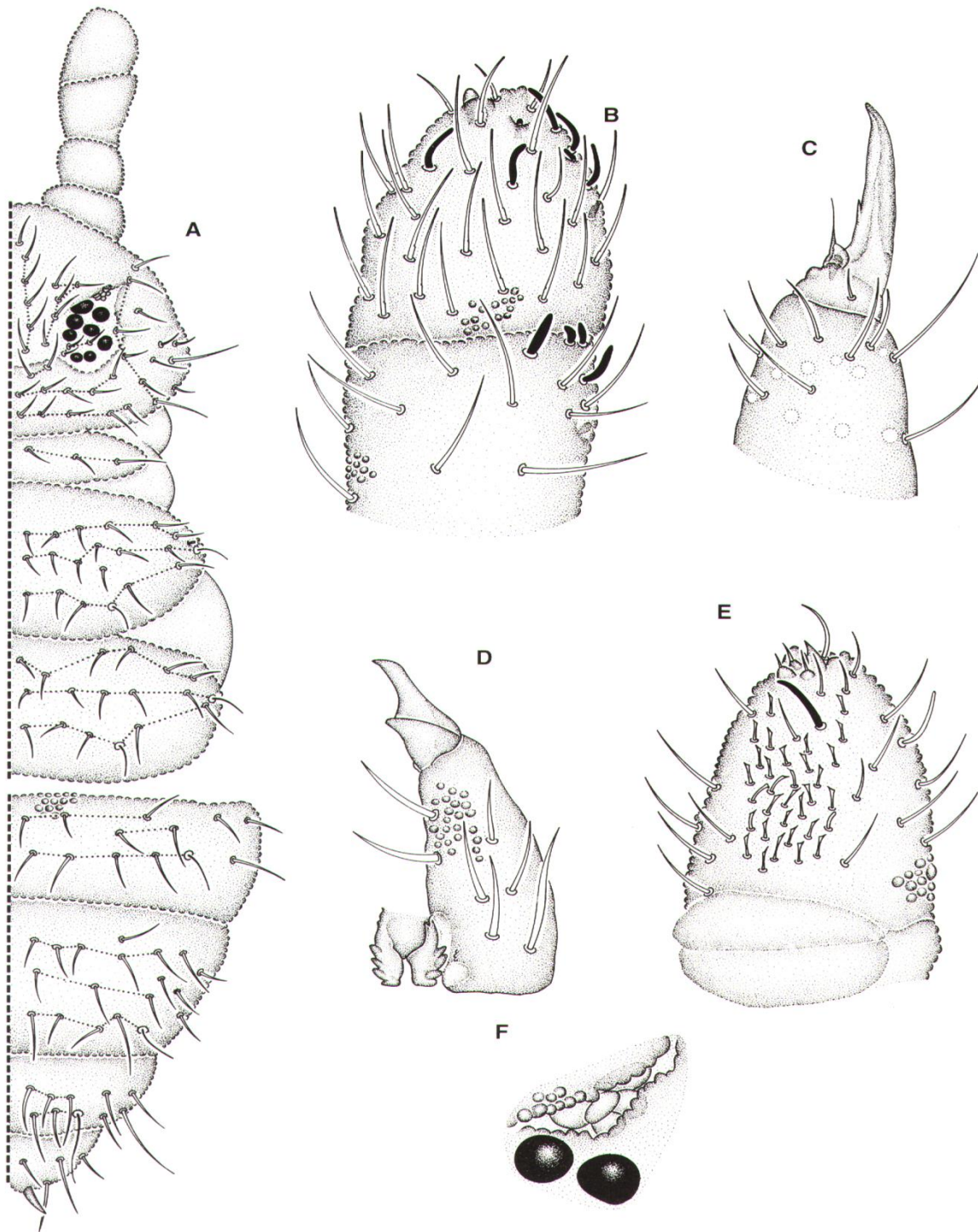


Fig. 25 : *Mucrella acuminata* Cassagnau, 1952.

A : Chétotaxie corporelle, B : Articles antennaires III et IV, C : Patte III,  
 D : Furca, E : Vue ventrale de l'article antennaire IV, F : Organe post antennaire.  
 (Jordana et al, 1997)

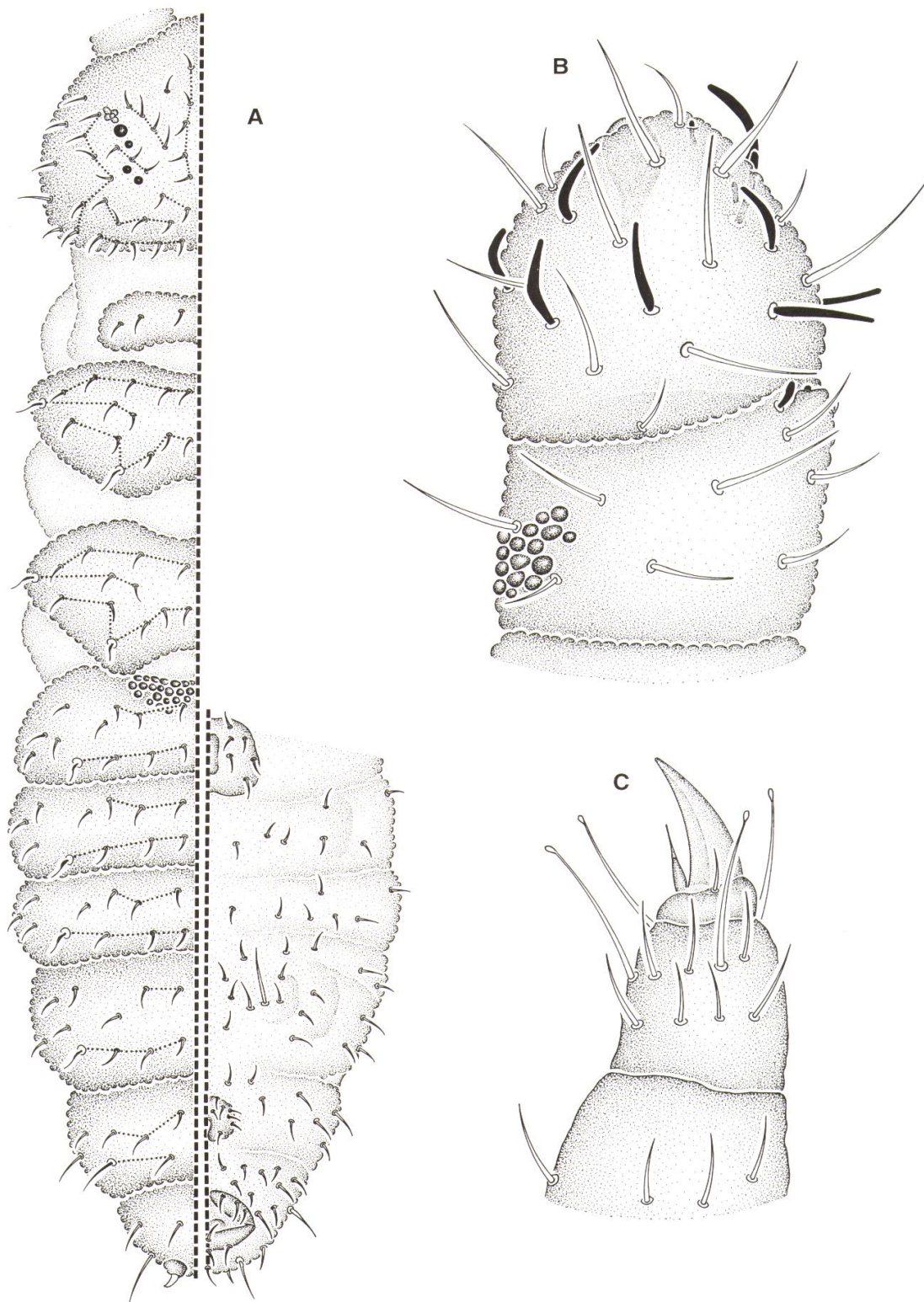


Fig.26: *Xenyllogastrura afurcata* Deharveng & Gers, 1979.  
A : Chétotaxie du corps, B : Antenne, C : Patte III. (Jordana et al, 1997).



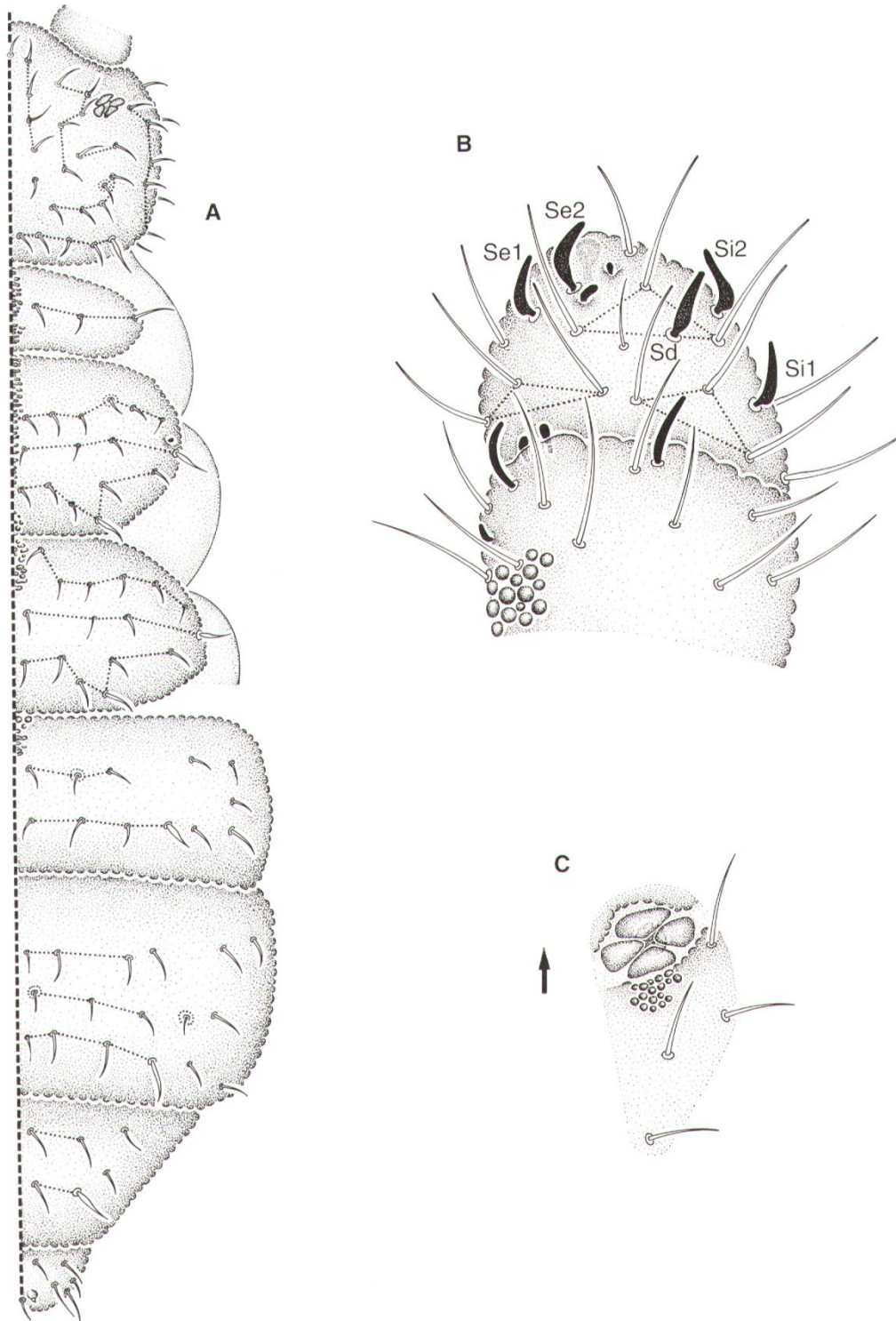


Fig.27 : *Willemia intermedia* Mills, 1934.  
 A : Chétotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV,  
 C : Organe post antennaire. (Jordana et al, 1997)

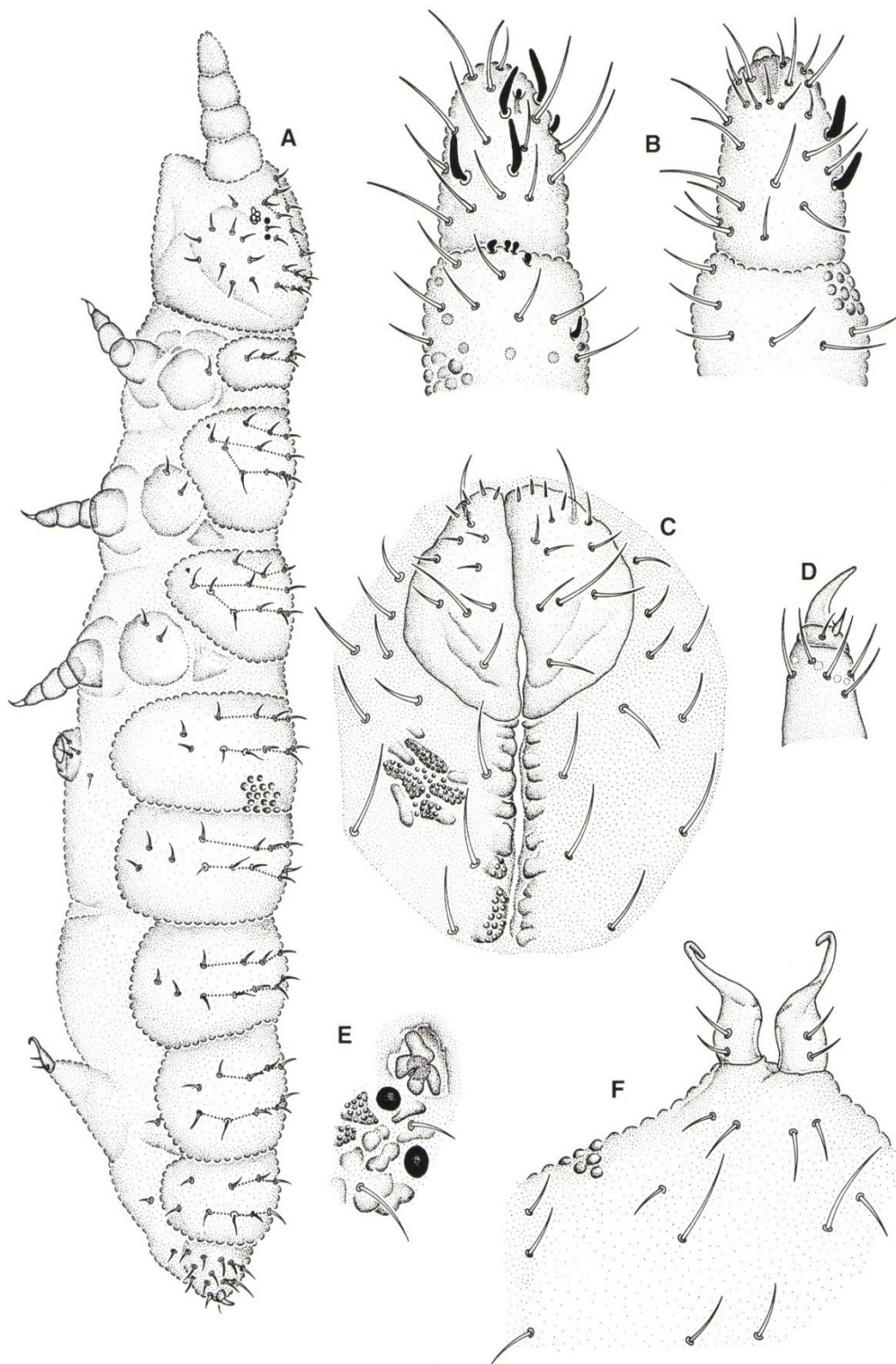


Fig.28 : *Axenyllodes bayeri* (Kseneman, 1935)

A : Chaetotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV en vue dorsale et ventrale,  
 C : Labium, D : Tibiotarses et griffe de la patte III, E : Yeux et organe Post-antennaire,  
 F : Furca. (Jordana et al, 1997)



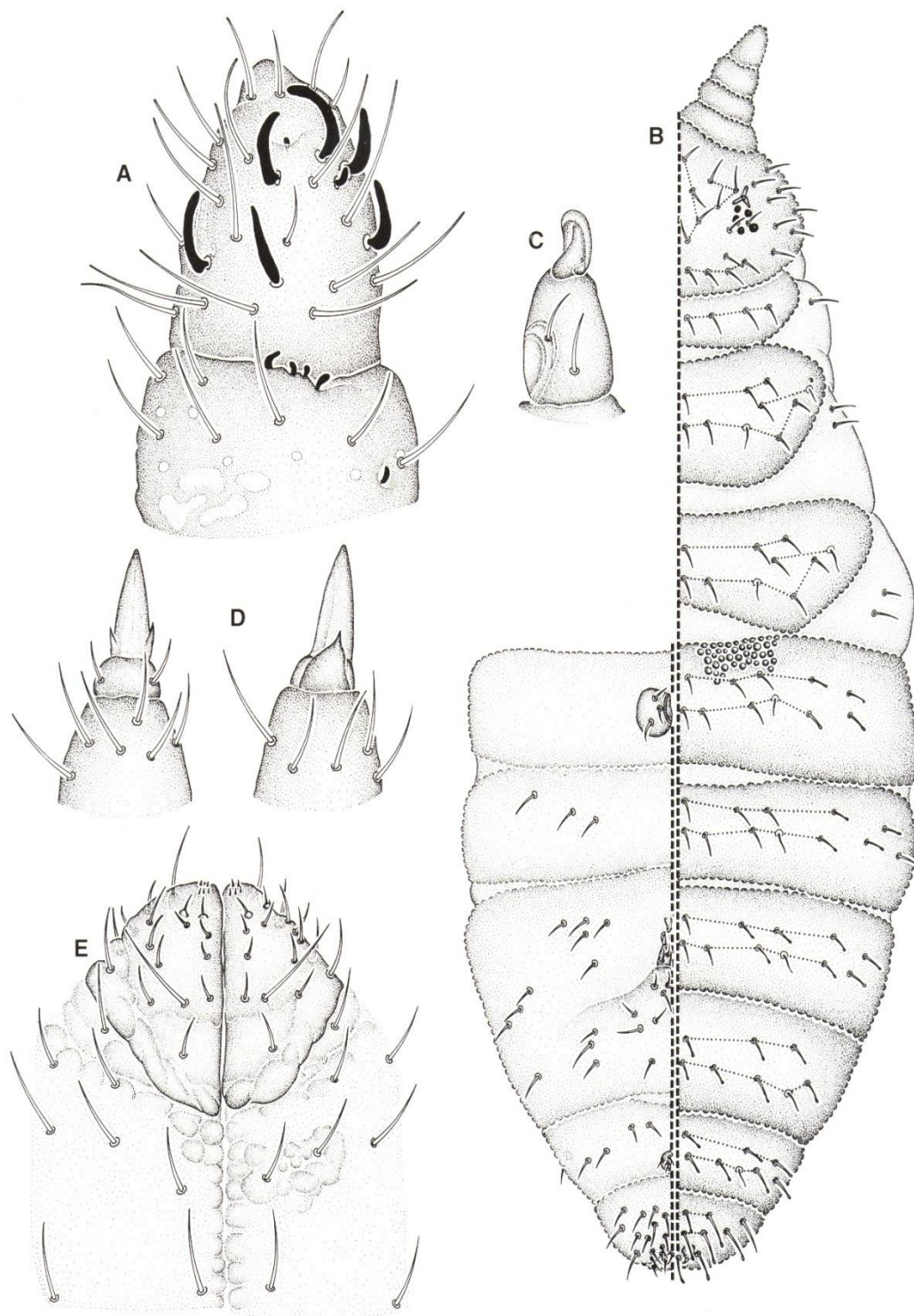


Fig.29 : *Xenyllodes armatus* Axelson, 1903.

A : Articles antennaires III et IV, B : Chétotaxie dorsale et ventrale,  
 C : Dens et mucron, D : Tibiotarse et griffe de la patte I, E : Labium  
 (Jordana et al, 1997).

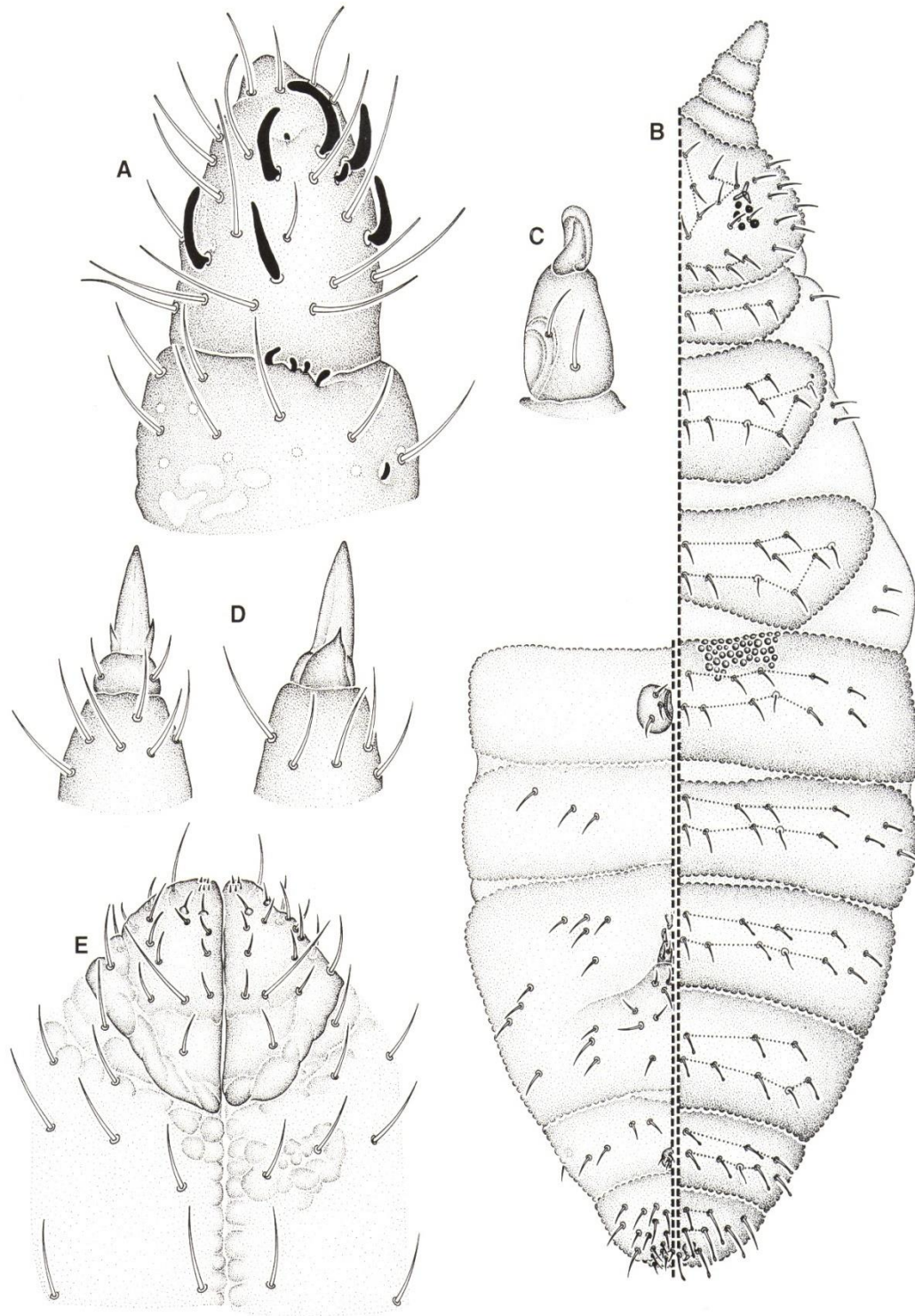


Fig.30 : *Xenyllodes armatus* Axelson, 1903.

A : Articles antennaires III et IV, B : Chétotaxie dorsale et ventrale,  
 C : Dens et mucron, D : Tibiotarse et griffe de la patte I, E : Labium  
 (Jordana et al, 1997).



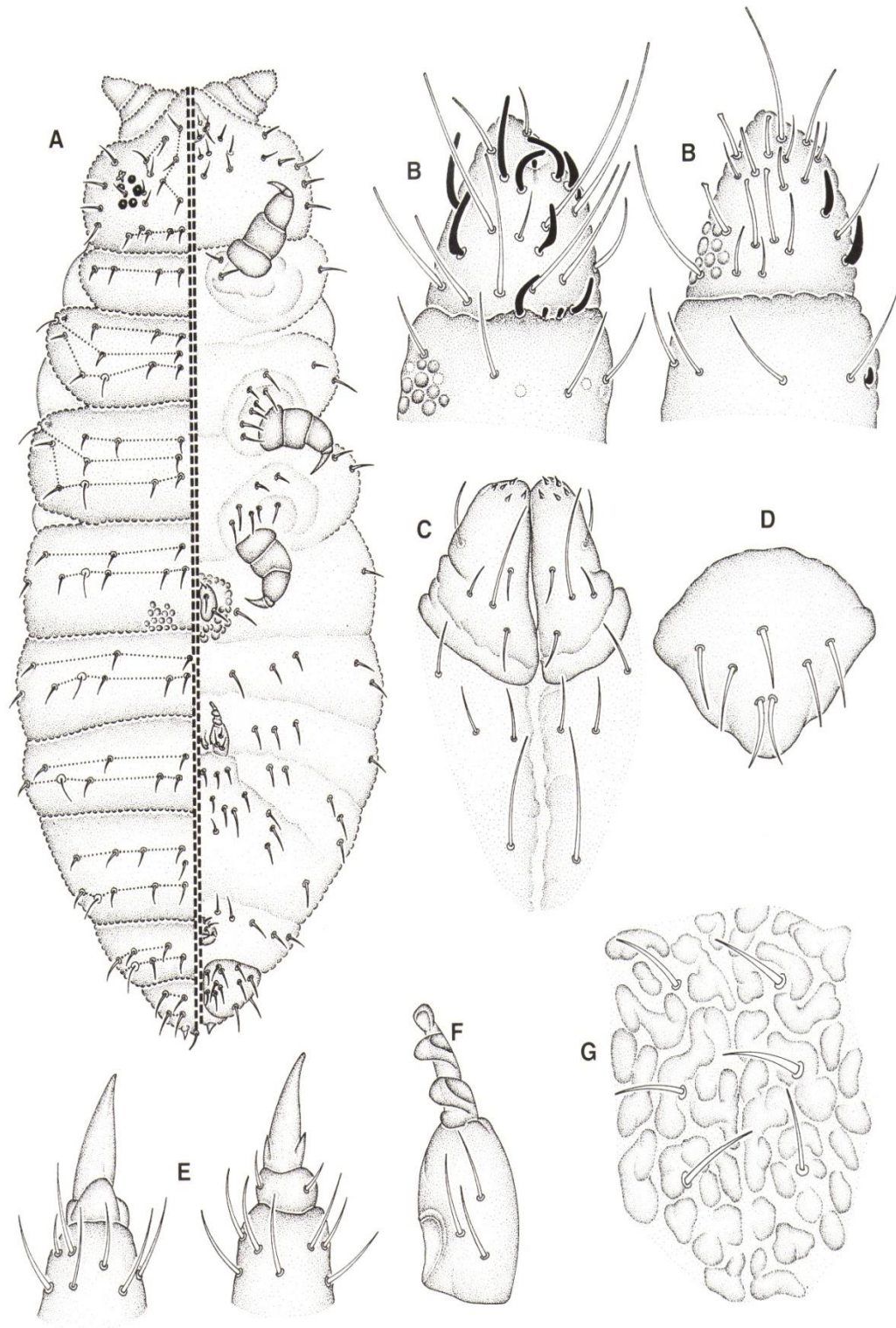


Fig.31: *Superodontella vallviderensis vallviderensis* Arbea 1990

*Superodontella vallviderensis subalpina* Selga, 1966.

- A : Chétotaxie dorsale, B: Articles antennaires III et IV en vue ventrale  
 C : Labium, D : Labre, E : Tibiotarse et griffe de la patte III, G : Granulation  
 centrale du mésothorax de *S. vallviderensis*, F : Dens et mucron de *S.v subalpina*.  
 (Jordana et al, 1997).

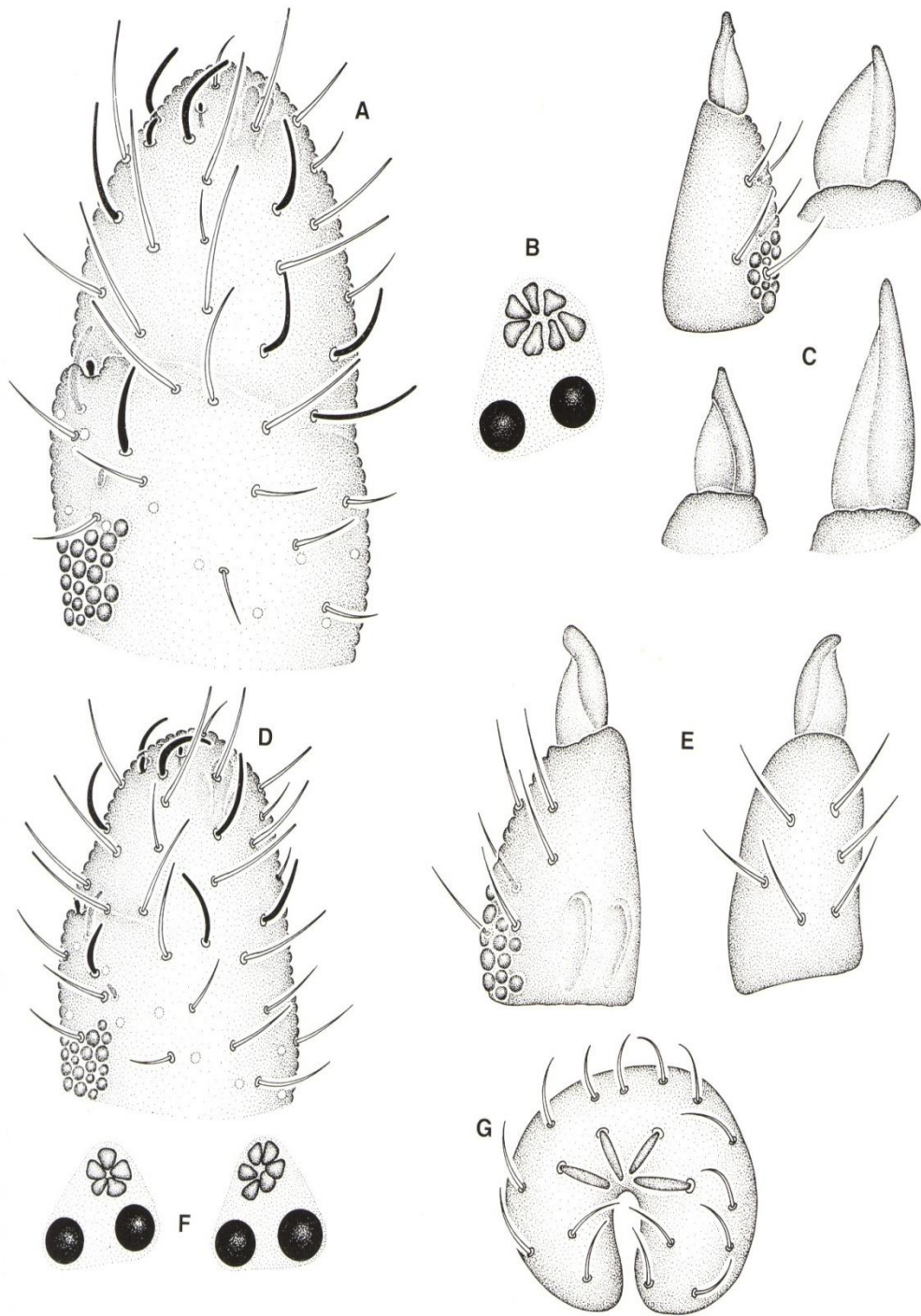


Fig.32 : *Brachystomella curvula* Gisin, 1948.

A : Articles antennaires III et IV, B : Organe postantennaire,

C : Dens et mucron de *B. parvula*, D : Articles antennaires III et IV,

E : Dens et mucron, F : Organe postantennaire, G : Plaque génitale du mâle  
de *B. curvula*. (Jordana et al, 1997).



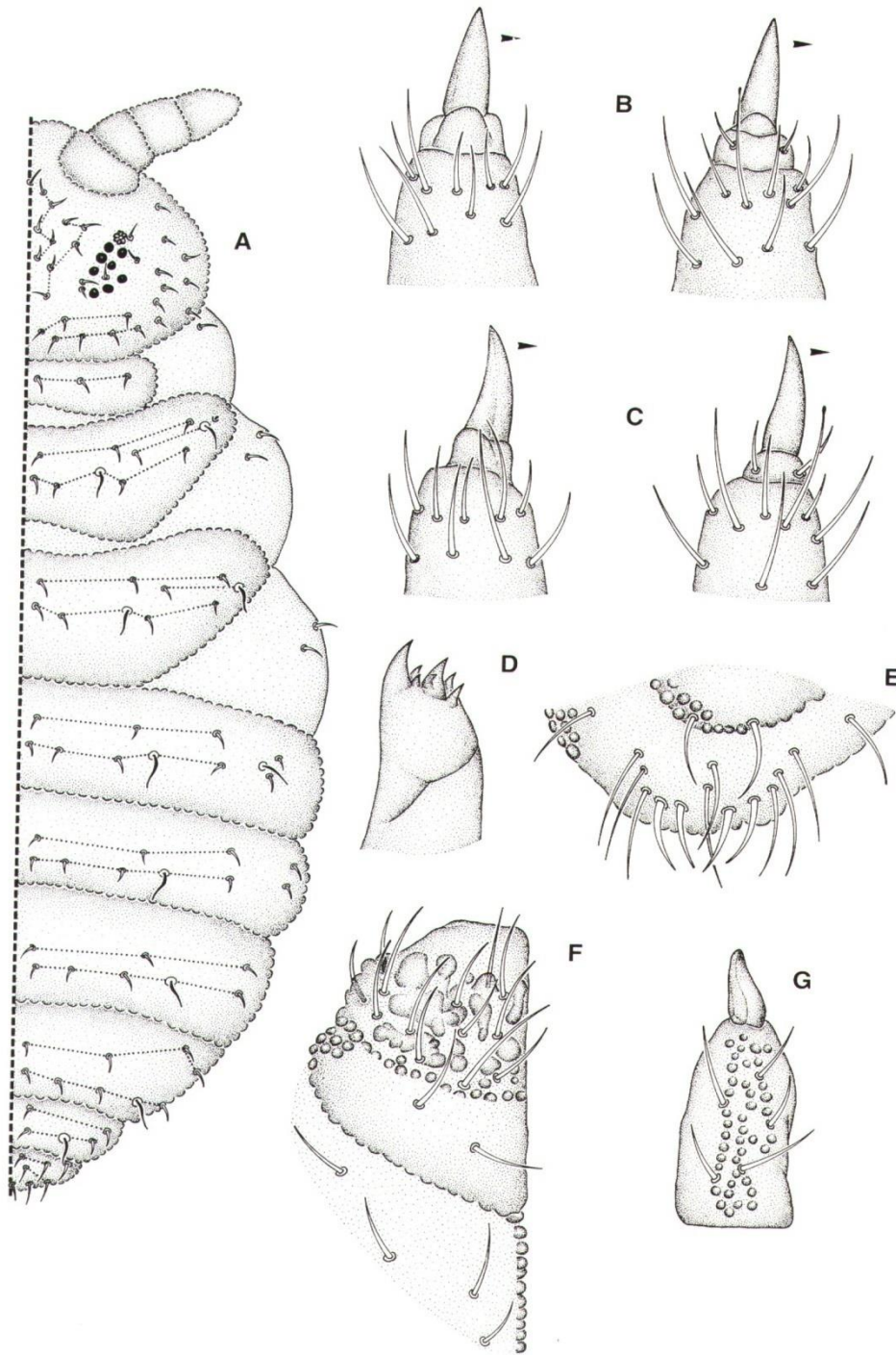


Fig.33 : *Brachystomella parvula* Schäffer, 1896.

A : Chétotaxie dorsale, B, C : Tibiotarses et griffe des pattes I et III,  
 D : Maxilles, E : Labre, F : Labium, G : Dens et mucron,

(Jordana et al, 1997).

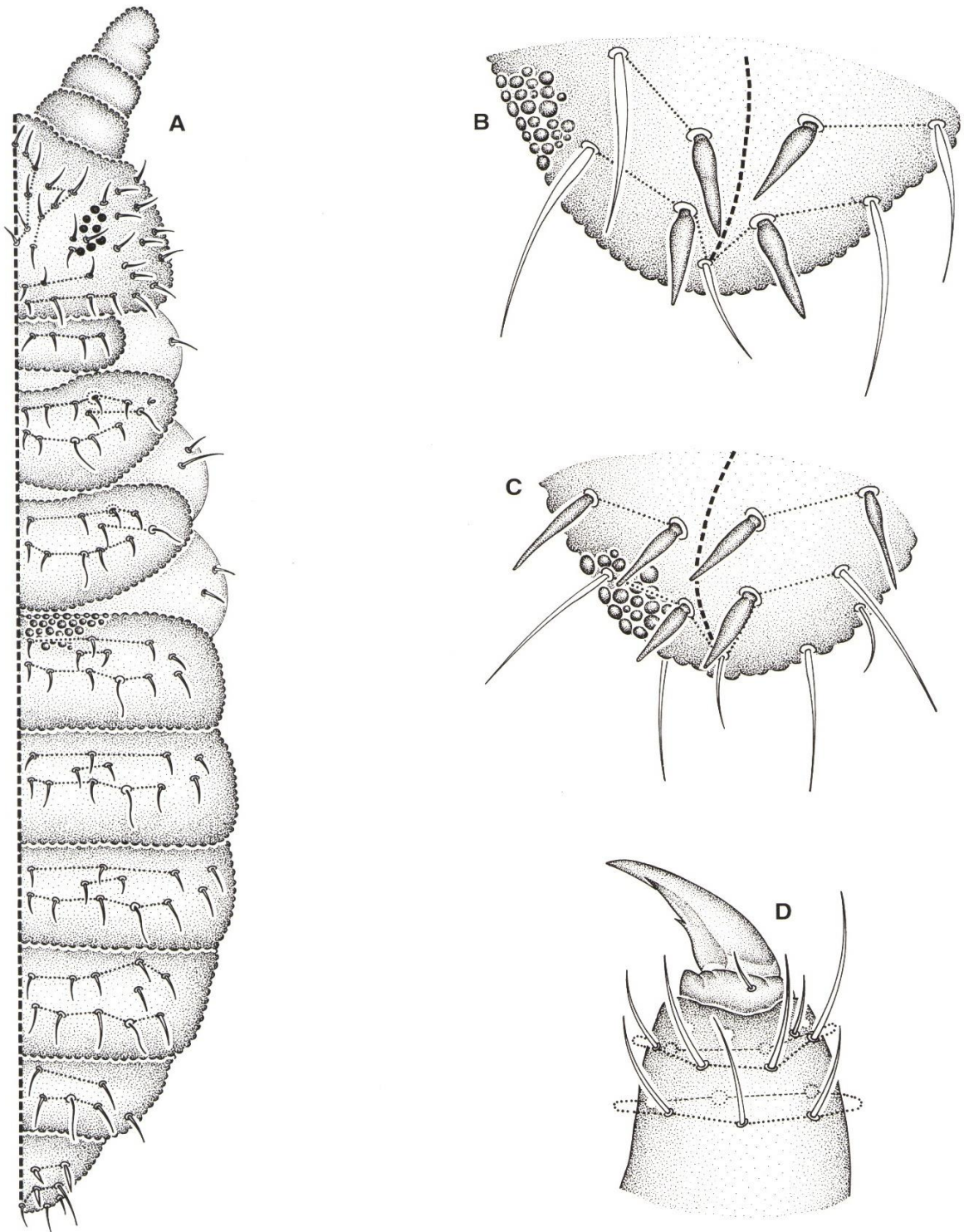


Fig. 34 : *Friesea ladeiroi* Gama, 1959.  
 A : Chétotaxie dorsale, B et C : Tergite abdominal VI,  
 D : Tibiotarse et griffe de la patte III. (Jordana et al, 1997).

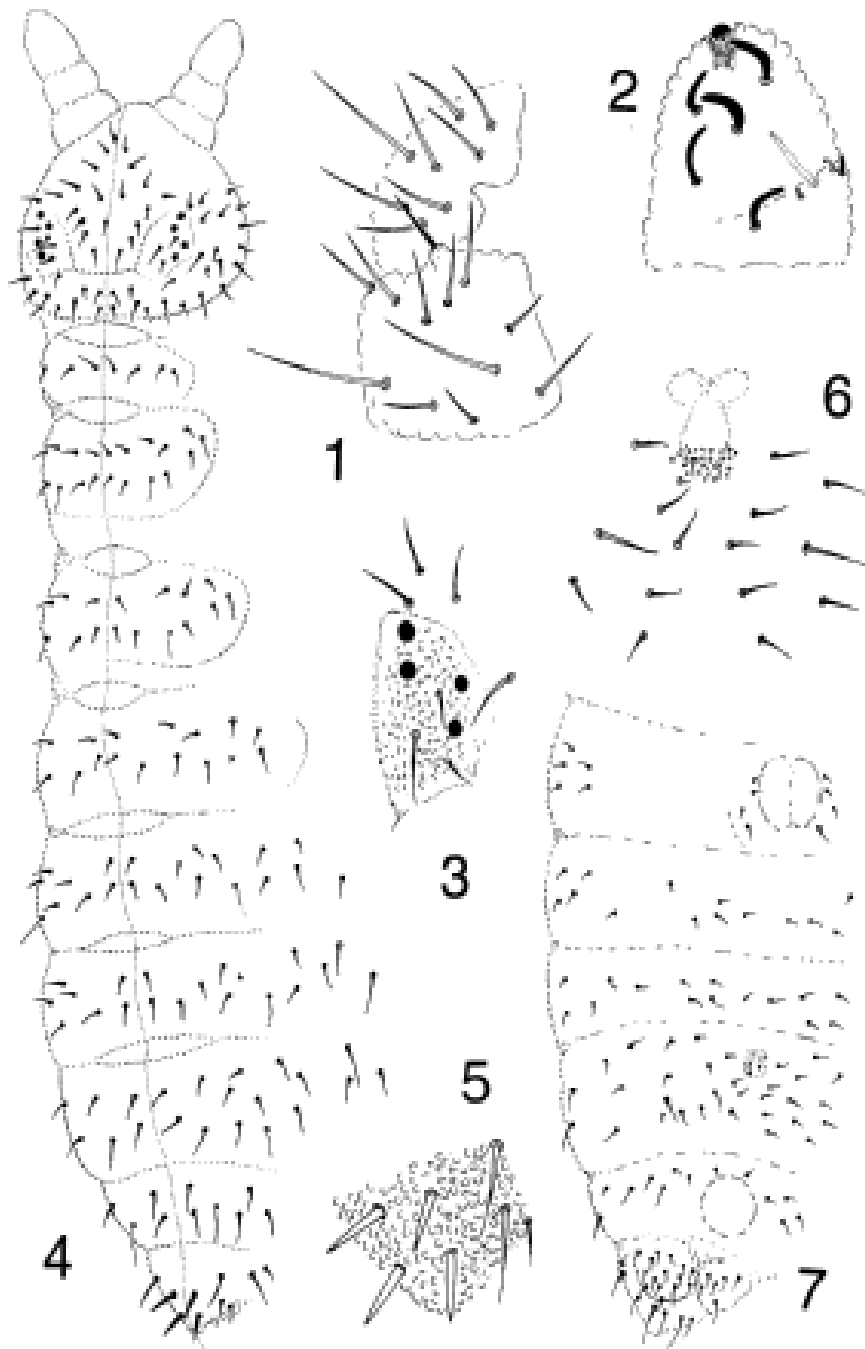


Fig. 35 : *Friesea laouina* Deharveng & Hamra-Kroua, 2004.

1-Labre et labium, 2-Soies S et bulbe apical des articles antennaires III-IV

3- Plaque oculaire (4+4 yeux), 4-Chétotaxie dorsale, 5- 4 Épines anales

6- Région furcale (furca absente), 7- Chétotaxie ventrale.

(Deharveng & Hamra-Kroua, 2004)



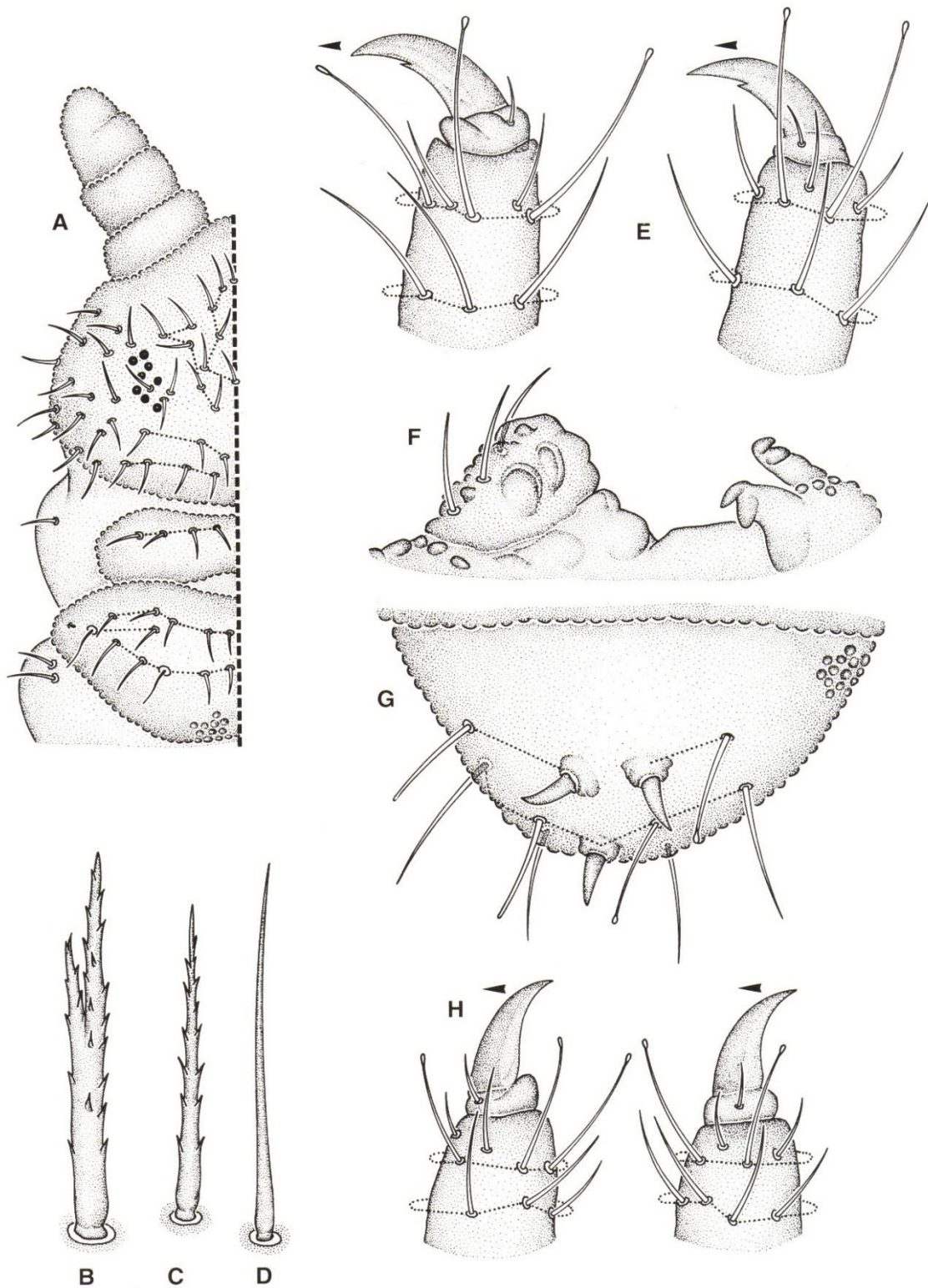


Fig.36 : *Friesea oligorhopala* Caroli, 1914.

A : Chétotaxie dorsale, B, C : Soies ordinaires, D : Soies sensorielles des tergites, E : Tibiotarse et griffe de la patte III, F : Furca.

(Jordana et al, 1997).

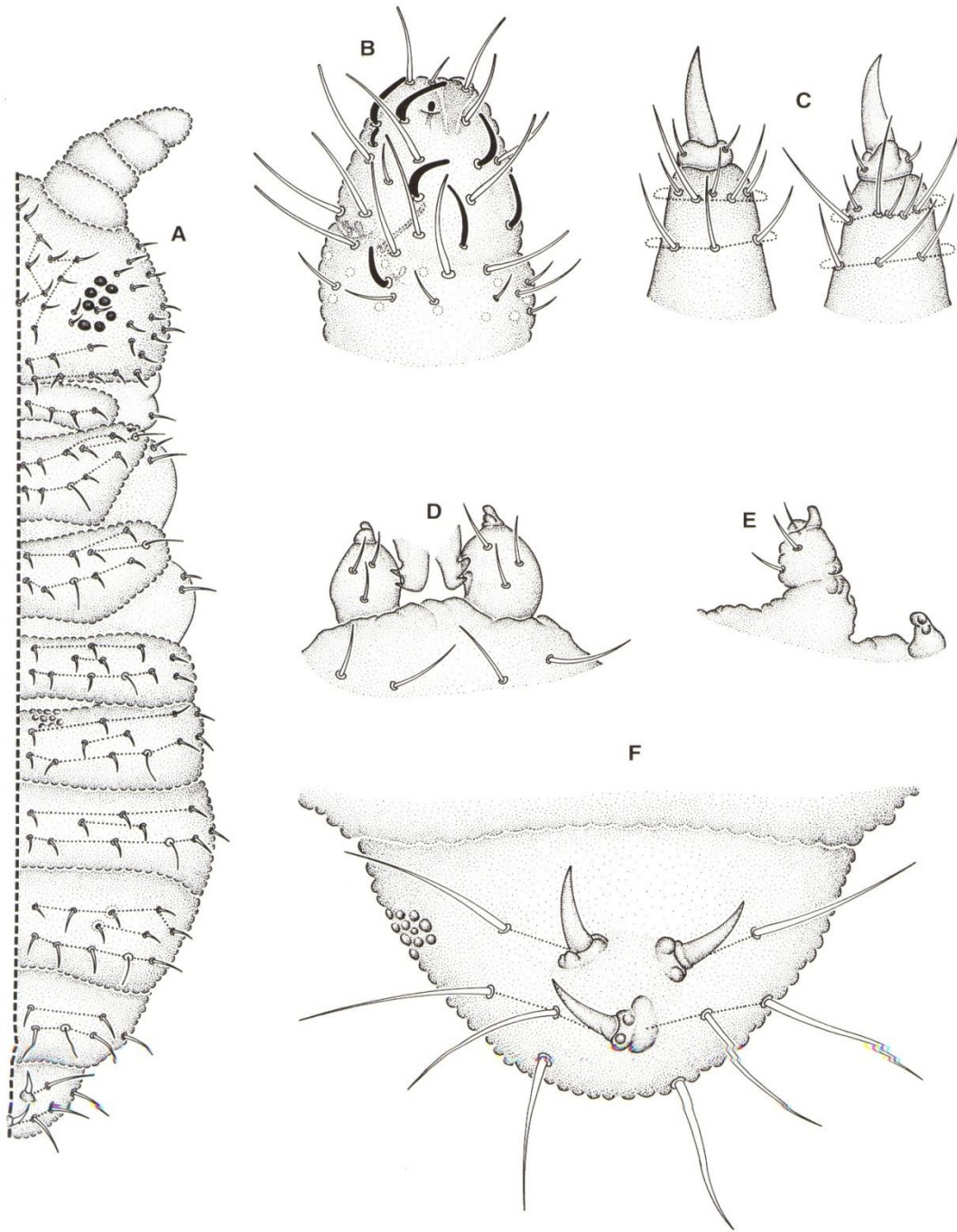


Fig. 37 : *Friesea mirabilis* Tullberg, 1871.

A : Chétotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV,

C : Tibiotarse et griffe de la patte III, D, E : Mucrodesms et rétinacle,

F: Tergite abdominal VI.

(Jordana et al, 1997).

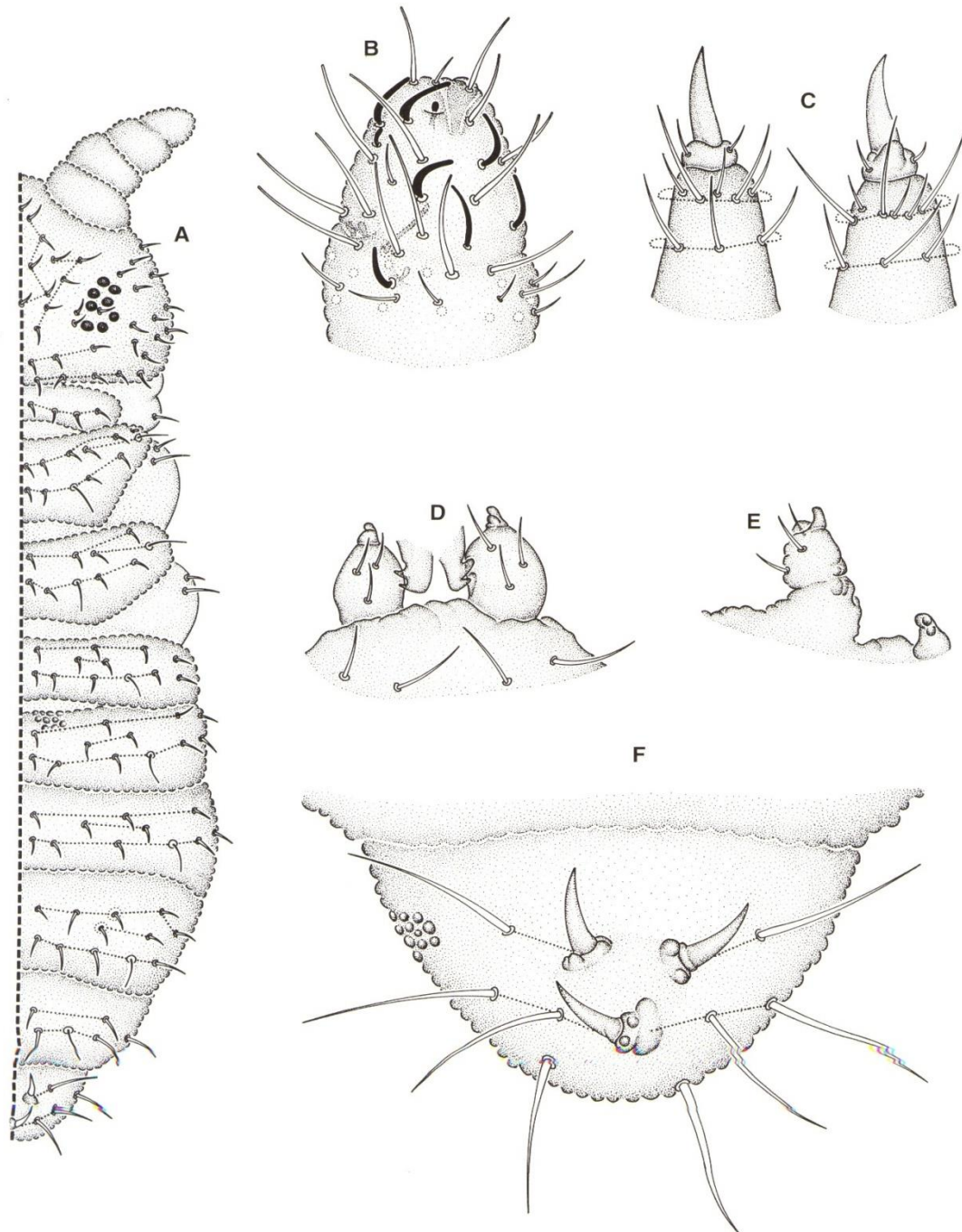


Fig. 38 : *Friesea mirabilis* Tullberg, 1871.

A : Chétotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV,

C : Tibiotarse et griffe de la patte III, D, E : Mucrodesms et rétinacle,

F: Tergite abdominal VI.

(Jordana et al, 1997).



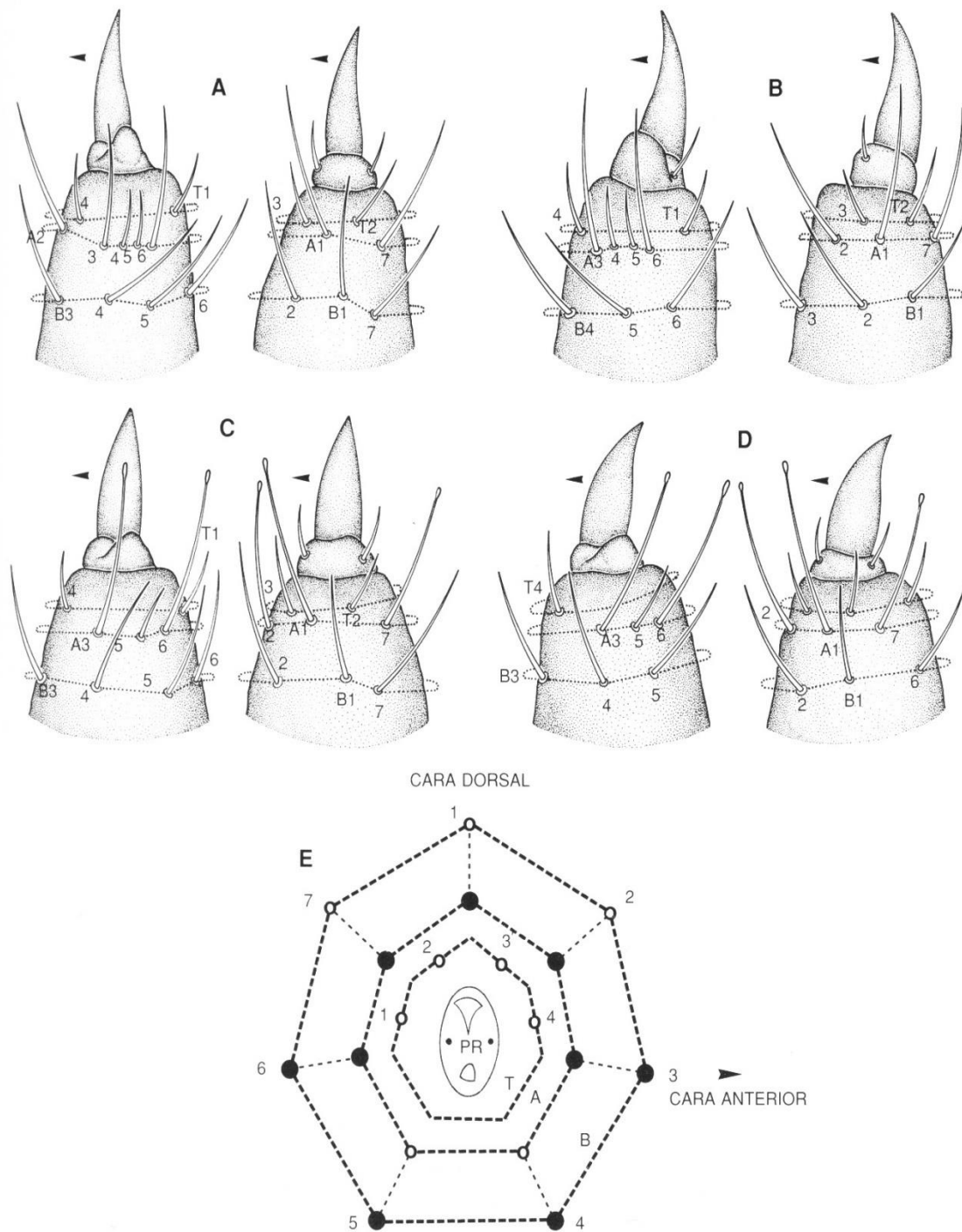


Fig.39 : Chaetotaxie tibiotarsale du genre *Friesea*

A, B : Tibiotarses I et III de *Friesea truncata* Cassagnau, 1958.

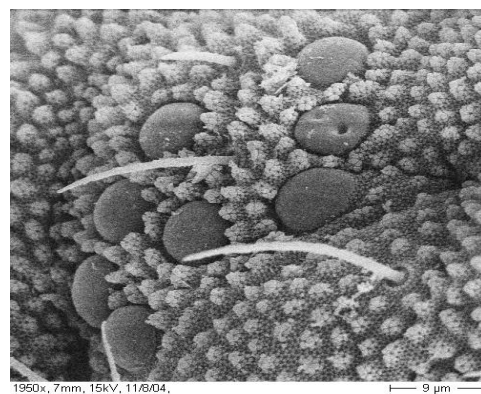
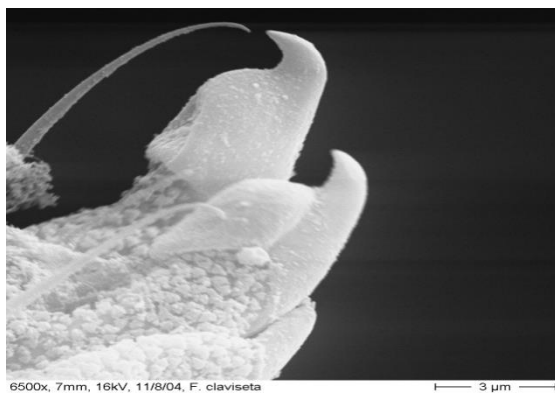
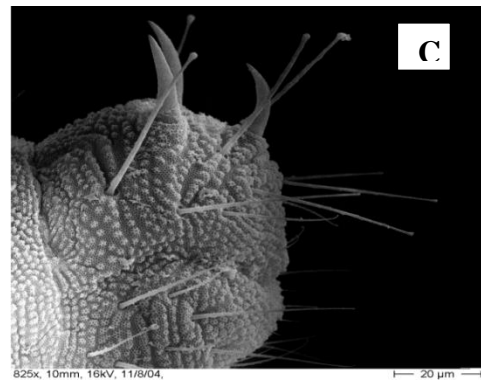
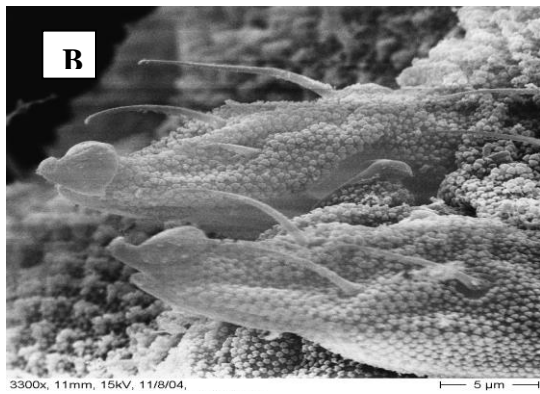
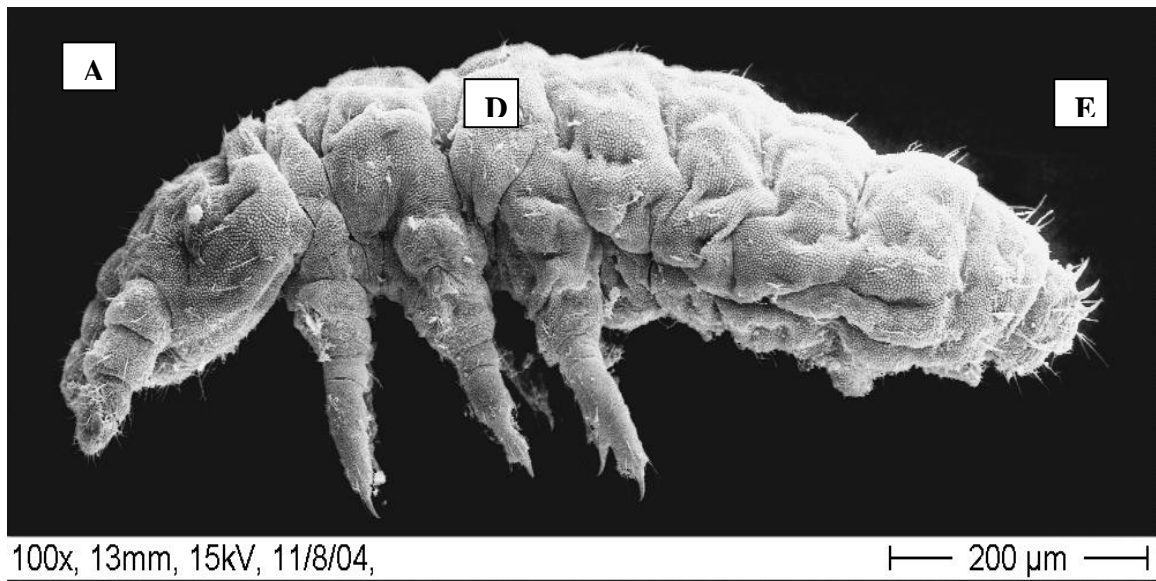
E : Schémas de la chaetotaxie tibiotarsale modifié par Deharveng, 1983.

T, A, B : rangées, cercle blancs : soies ordinaires aiguës, cercles pleins : soies grosses à l'apex, PR : Prétarse.



Fig. 40: *Friesea n.sp. algerica* Deharveng, Hamra\_Kroua & Jordana, 2004.  
 A : Chétotaxie dorsale, B : Articles antennaires I, II et III, C : Chaetotaxie Tibiotarsale I, II et III.





**Planche 1: *Friesea n.sp. algirica*** Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana, 2004  
 A : Vue générale du corps (100x, 200μm), B : Furca (3000x, 5μm),  
 C: Epines anales (825x, 20μm), D: Mucron (6500x, 3μm),  
 E: Yeux (1950x, 9μm). (Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana, 2004)

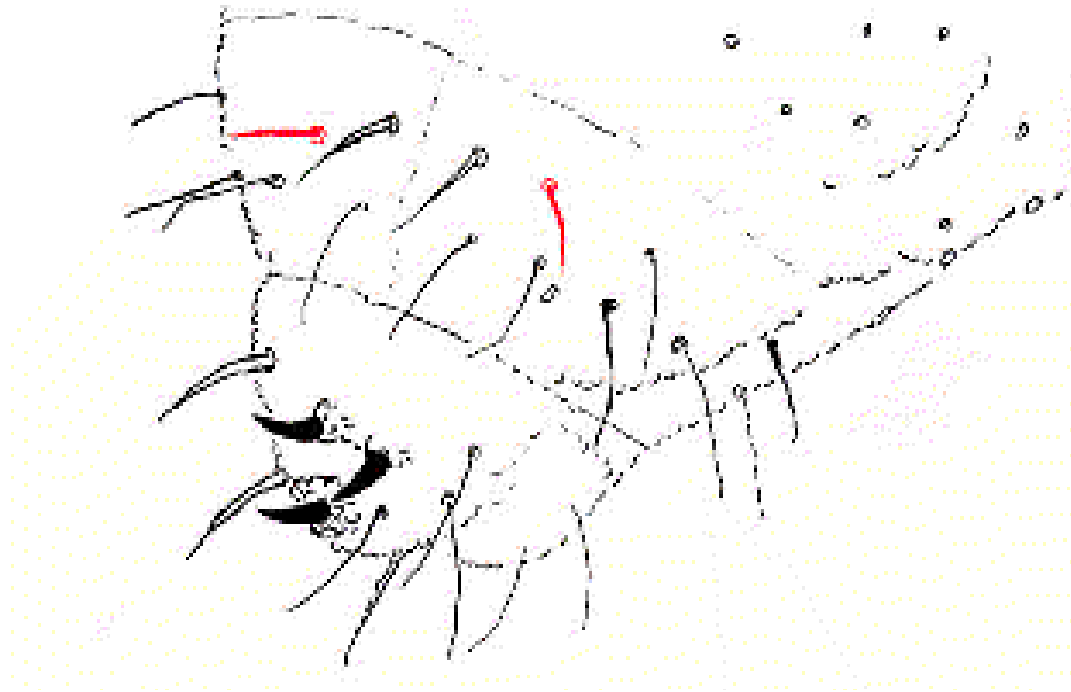


Fig. 41: *Friesea n. sp. major* Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana, 2004  
Espèce du groupe de *F. mirabilis*,  
Chaetotaxie d'Abd.V (soies **a2** présentes en rouge).

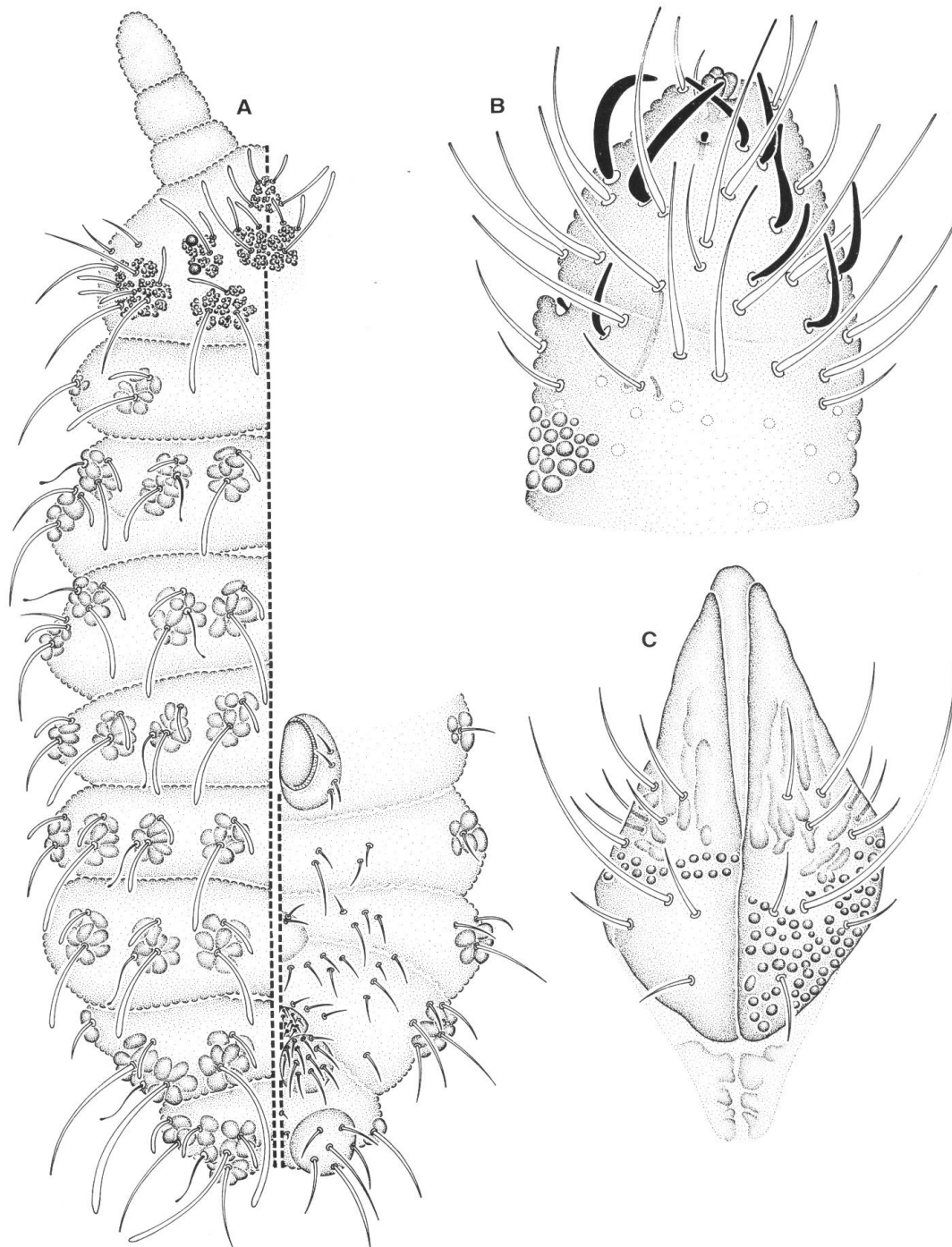
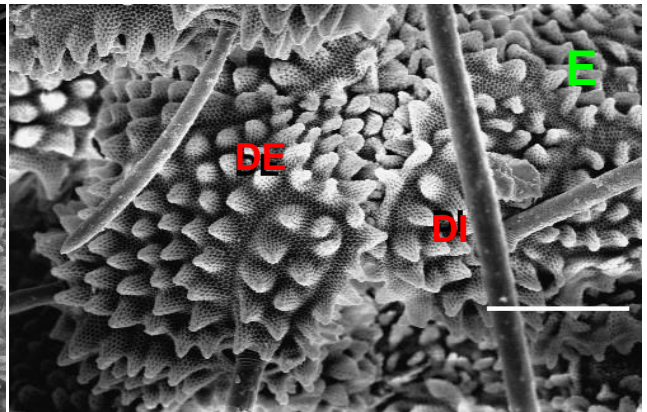
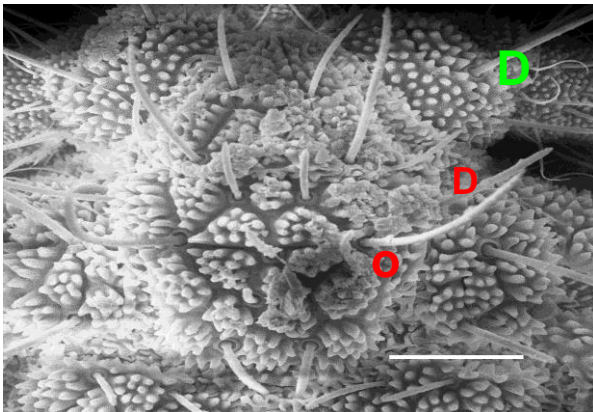
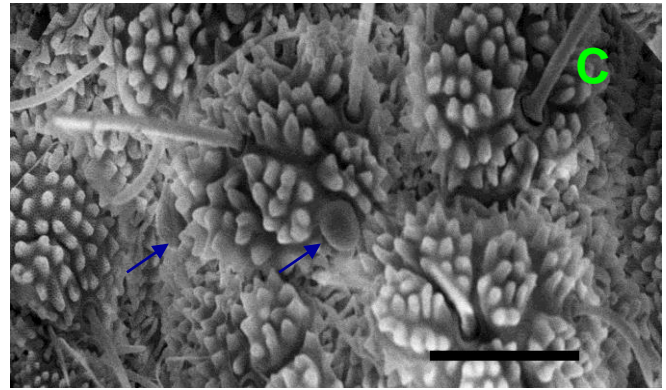
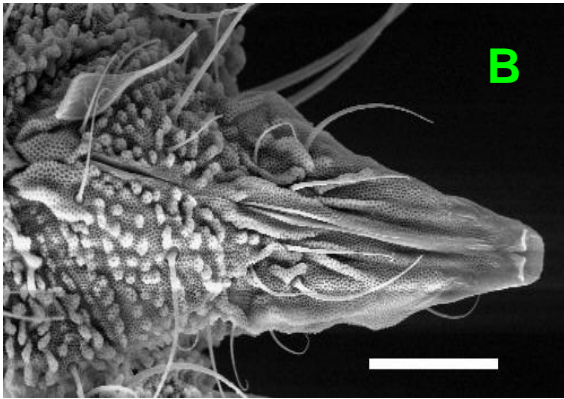
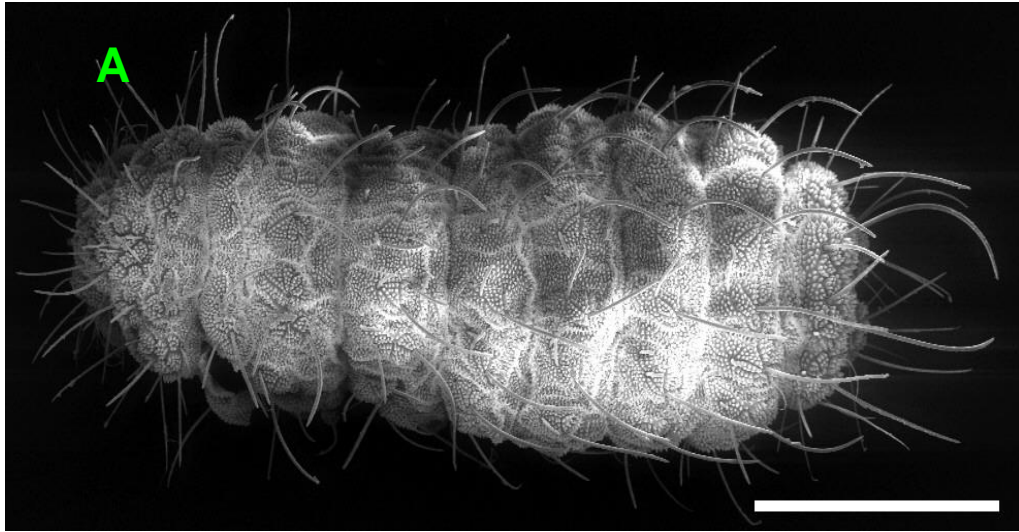


Fig.42 : *Bilobella aurantiaca* Caroli, 1910.

A : Chaetotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV, C: Labium.  
 (Jordana et al, 1997).



**Planche II : *Deutonura zana n. sp.*** Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana, 2004  
 A: habitus dorsal, B: labium. C : tubercule oculaire, D : tubercules clypéal et frontal. E :  
 Tubercules DE et DI du segment thoracique I. Bar A = 300 $\mu$ m, B et E = 20 $\mu$ m, C et D =  
 40 $\mu$ m

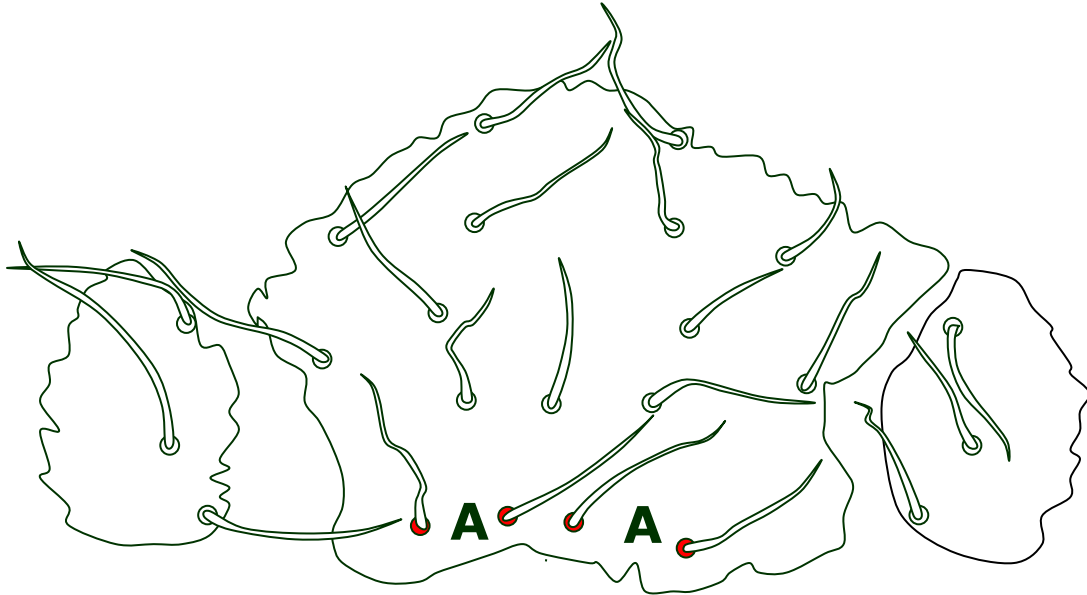


Fig.44 : *Neanurini n. g.cf. Ghirkanura*  
Dédoublment des soies **A** céphaliques  
Présence de soies Di fourchues sur les tergites comme chez *Ghirkanura* de Russie  
Deharveng, 2004



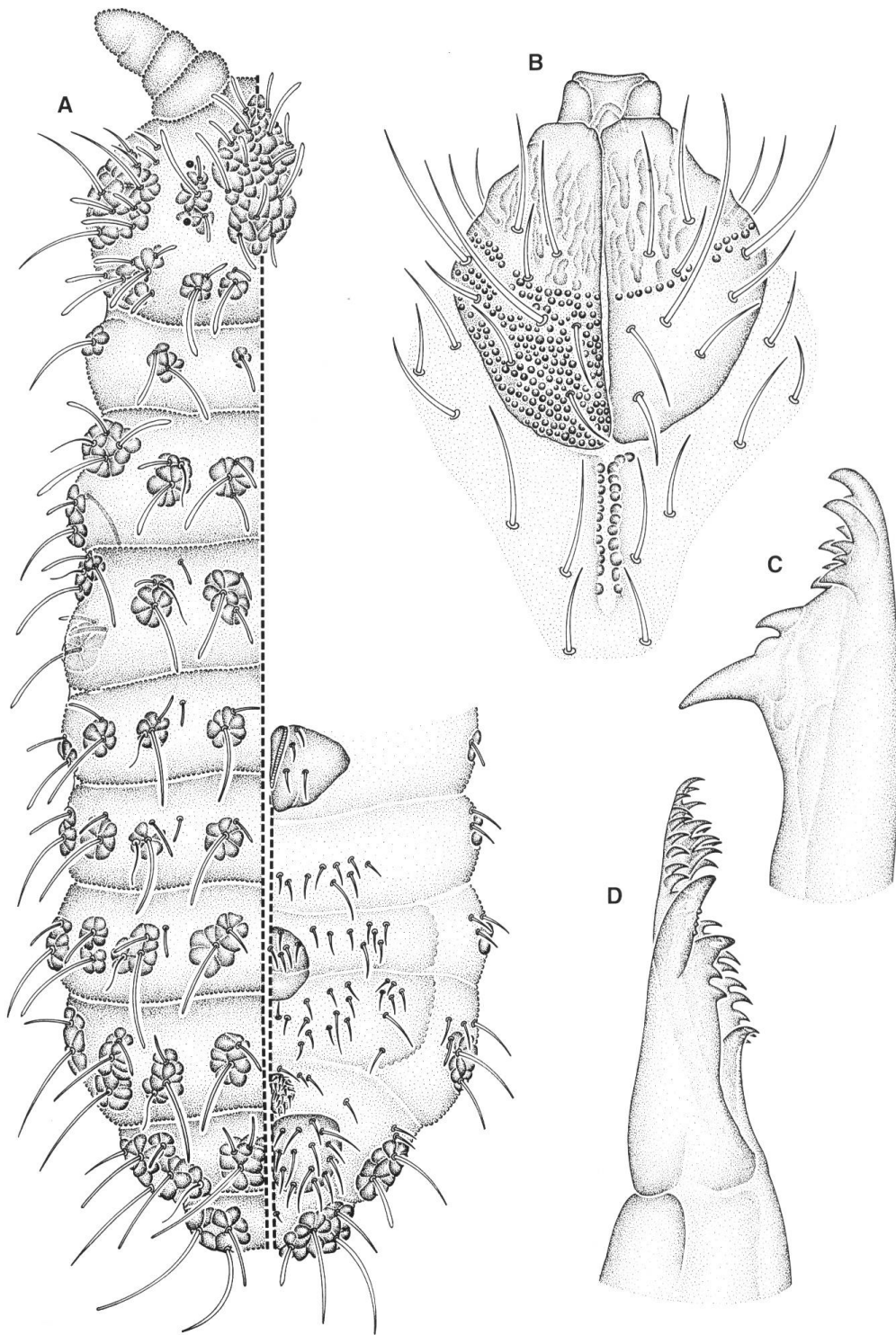


Fig. 45 : *Protanura pseudomuscorum* Börner, 1903.  
 A : Chétotaxie dorsale, B : Labium, C : Mandibule,  
 C : Maxille. (Jordana et al, 1997).

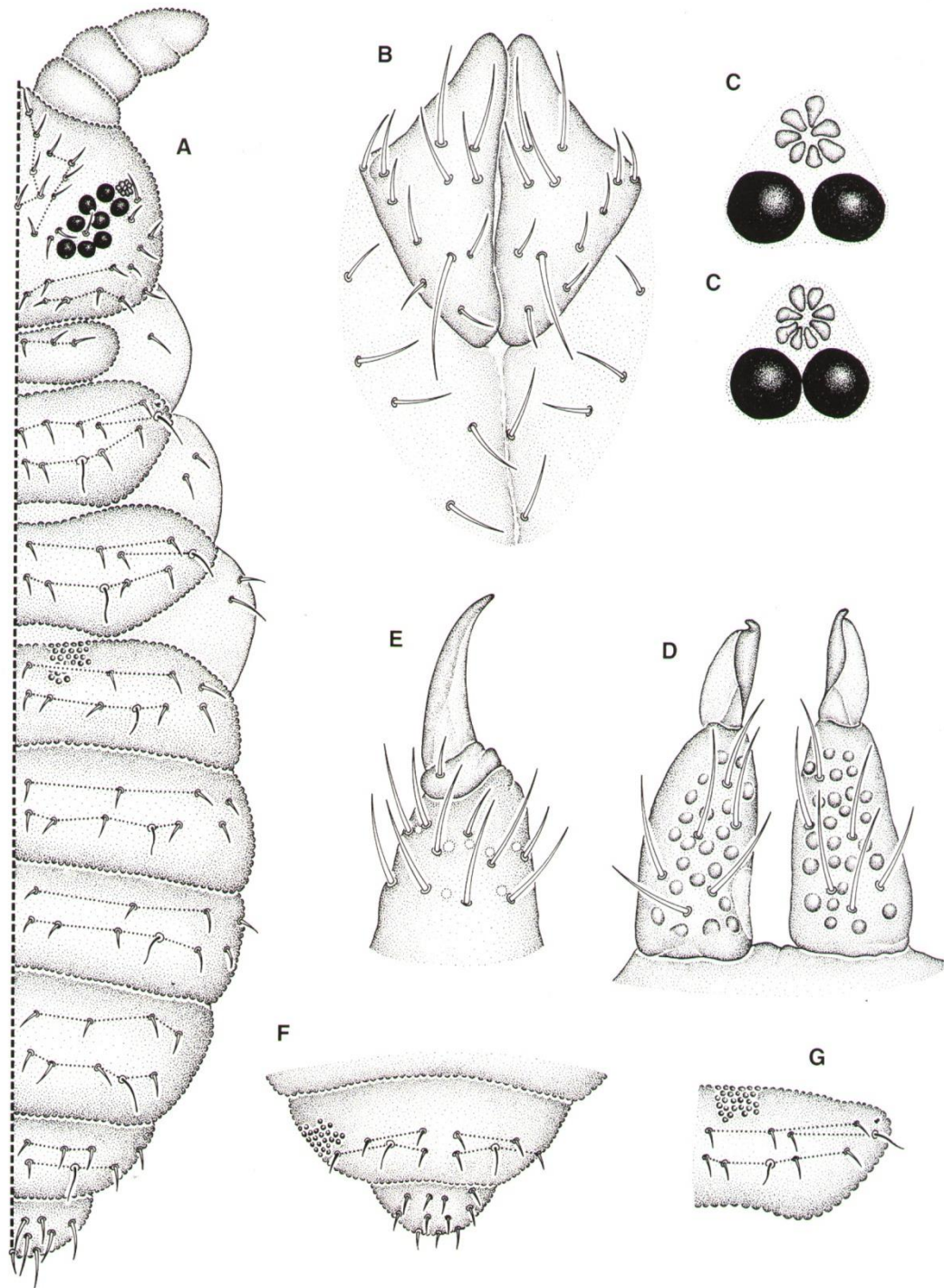


Fig.46 : *Pseudachorutes parvulus* Börner, 1901.

A : Chaetotaxie dorsale, B : Labium, C : Organe postantennaire  
 D : Dents et mucron. (Jordana et al, 1997).

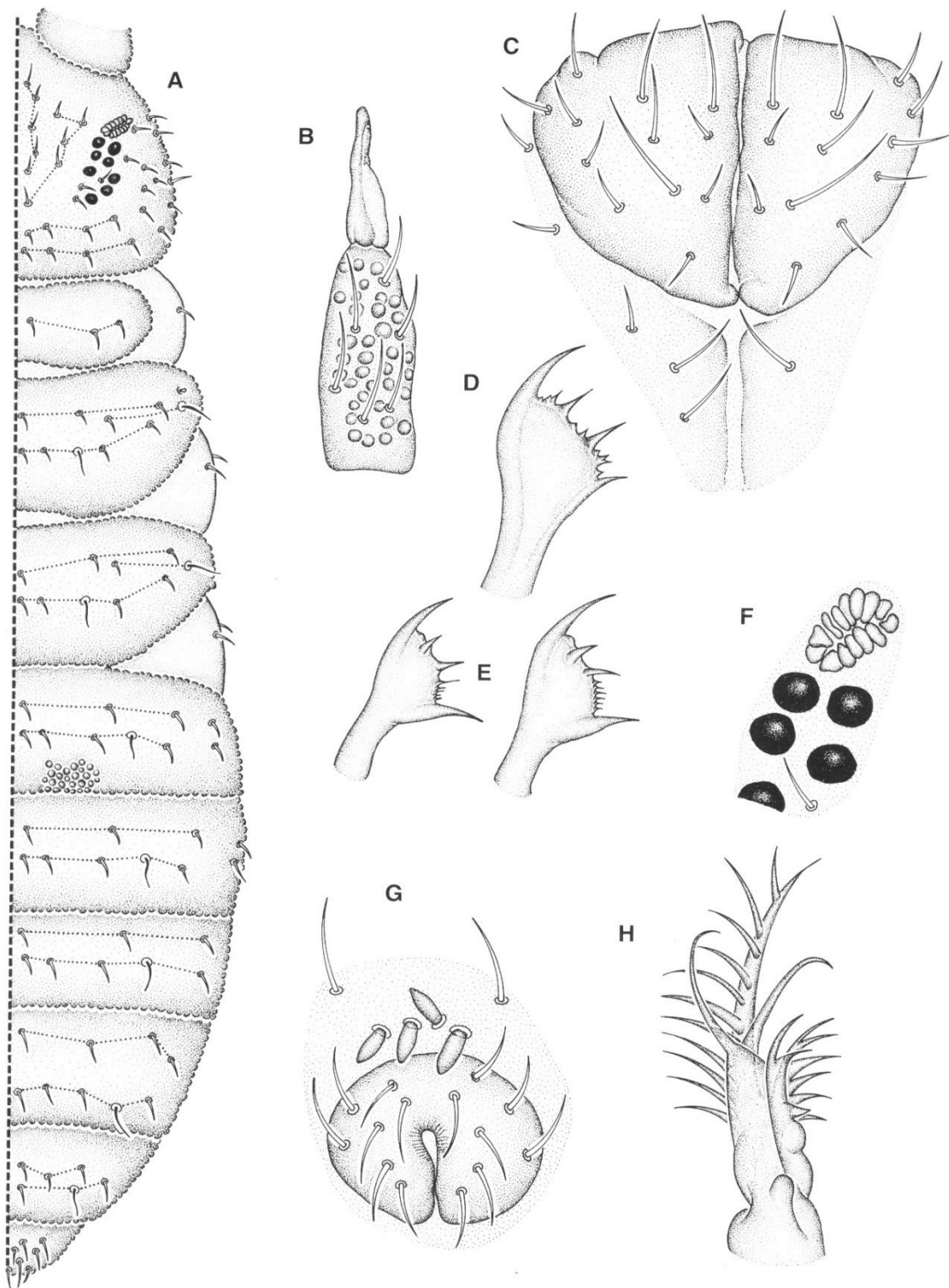


Fig.47 : *Pseudachorutidina meridionalis* (Bonet, 1929)

A : Chaetotaxie dorsale, B: dens et mucron, C: labium, E:mandibule typique,  
 F : organe postantennaire, G : aire génitale d'un mâle, H : maxille.

(Jordana et al, 1997)



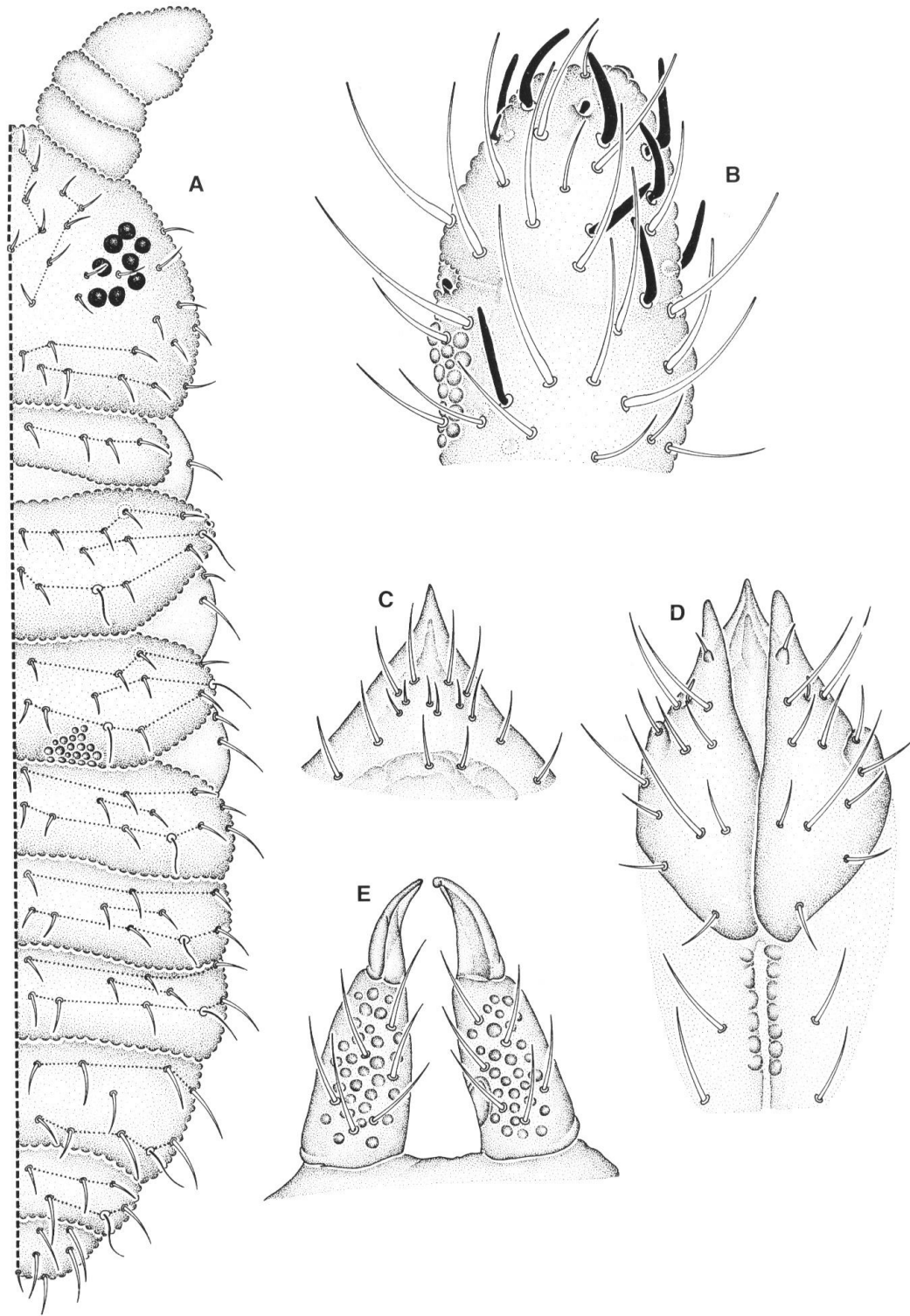


Fig. 48 : *Pseudachorutella assigillata* Börner, 1901.  
 A : Chétotaxie dorsale, B : Articles antennaires III et IV,  
 C : Labre, D : Labium, E : Dens et mucron. (Jordana et al, 1997)

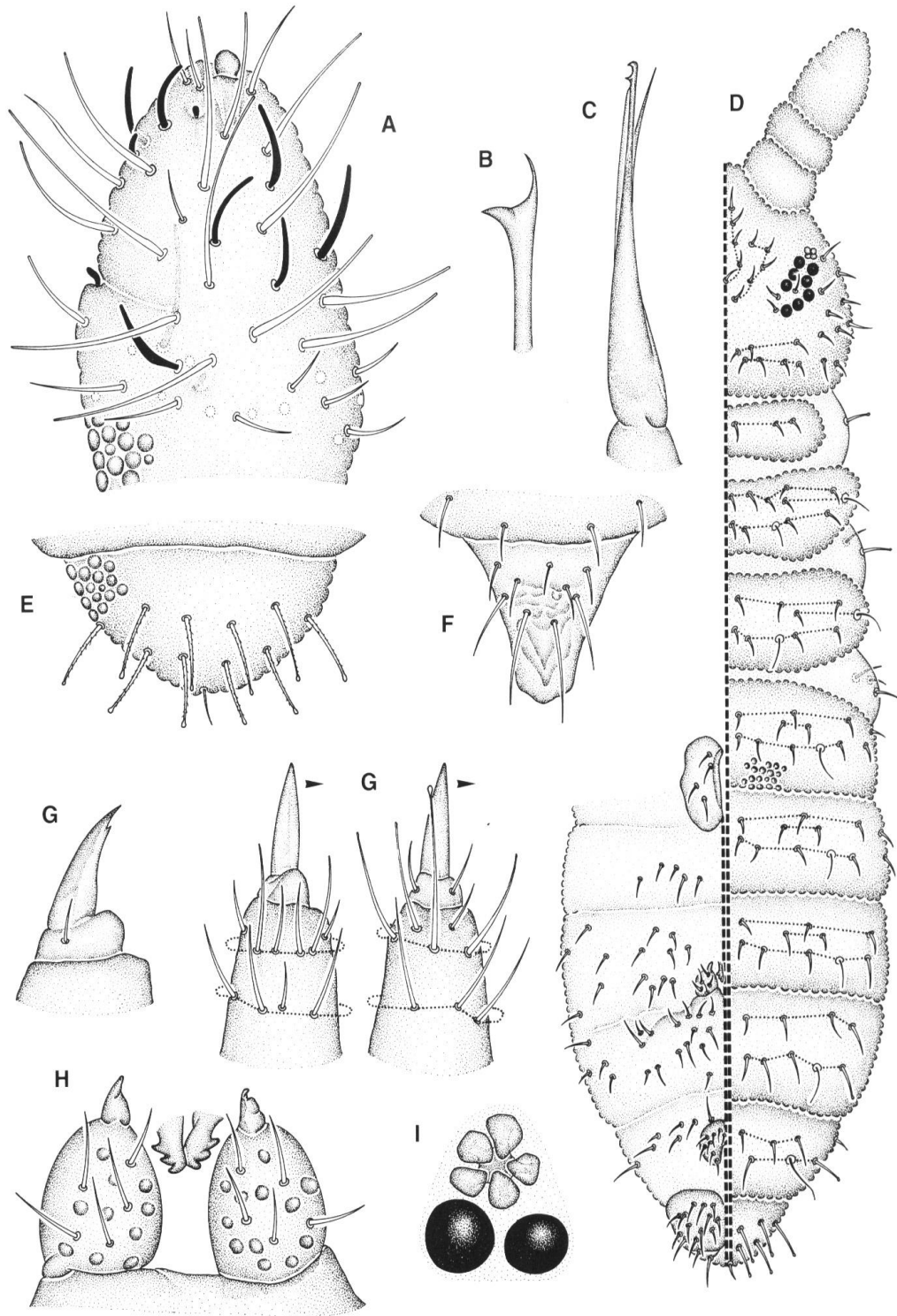


Fig.49 : *Pratanurida boernerii* Schött, 1902.

A : Articles antennaires III et IV, B : Mandibules, C : Maxilles,  
 D : Chétotaxie dorsale et ventrale, E : Segment abdominal VI,  
 F : Labre, G : Tibiotarse et griffe de la patte III, H : Organe postantennaire.  
 (Jordana et al, 1997).

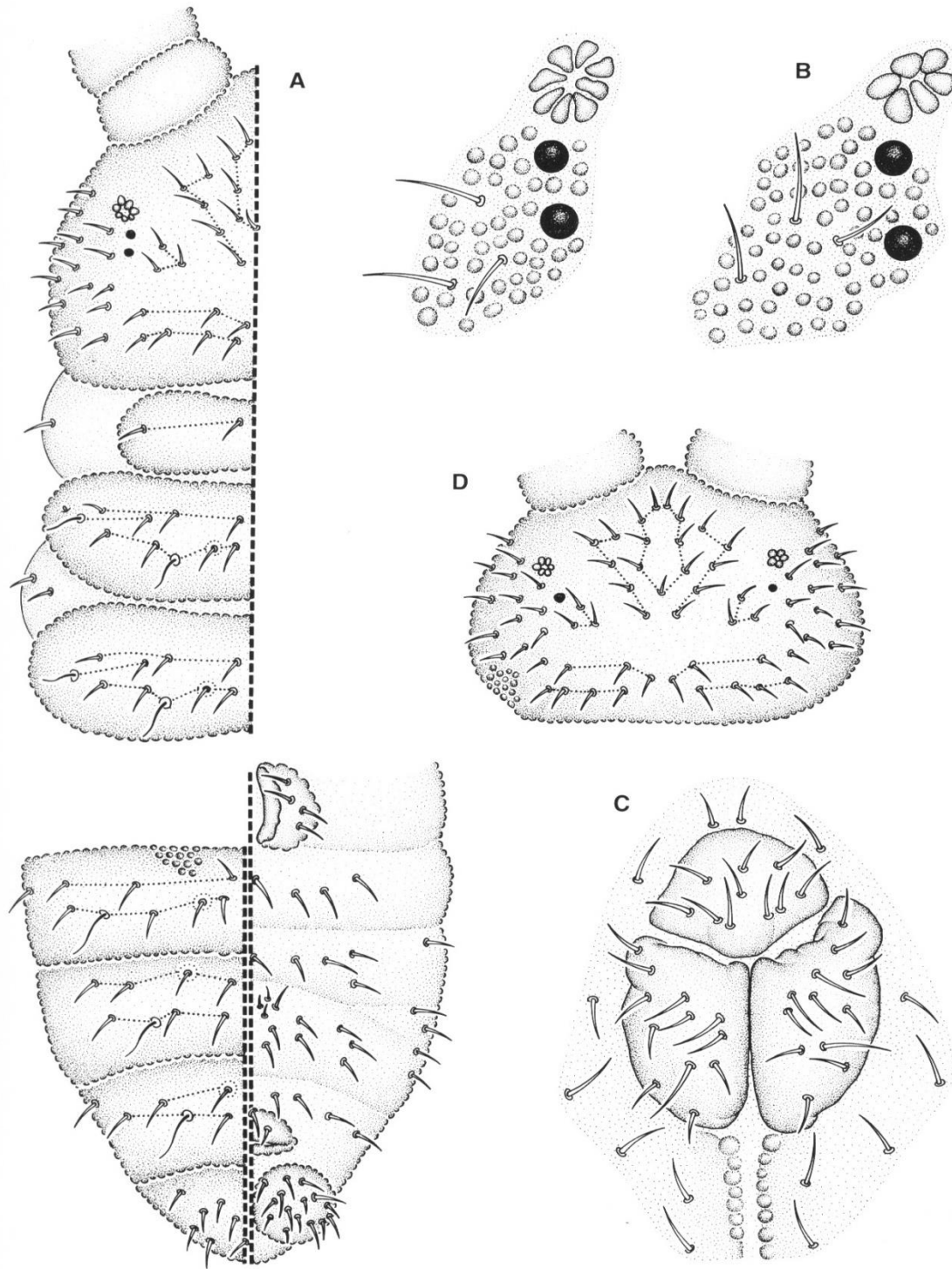


Fig.50 : *Micranurida pygmaea* Börner, 1901.

A : Chétotaxie dorsale et ventrale, B : Organe post antennaire et aire oculaire, C : Labre et labium. (Jordana et al, 1997).

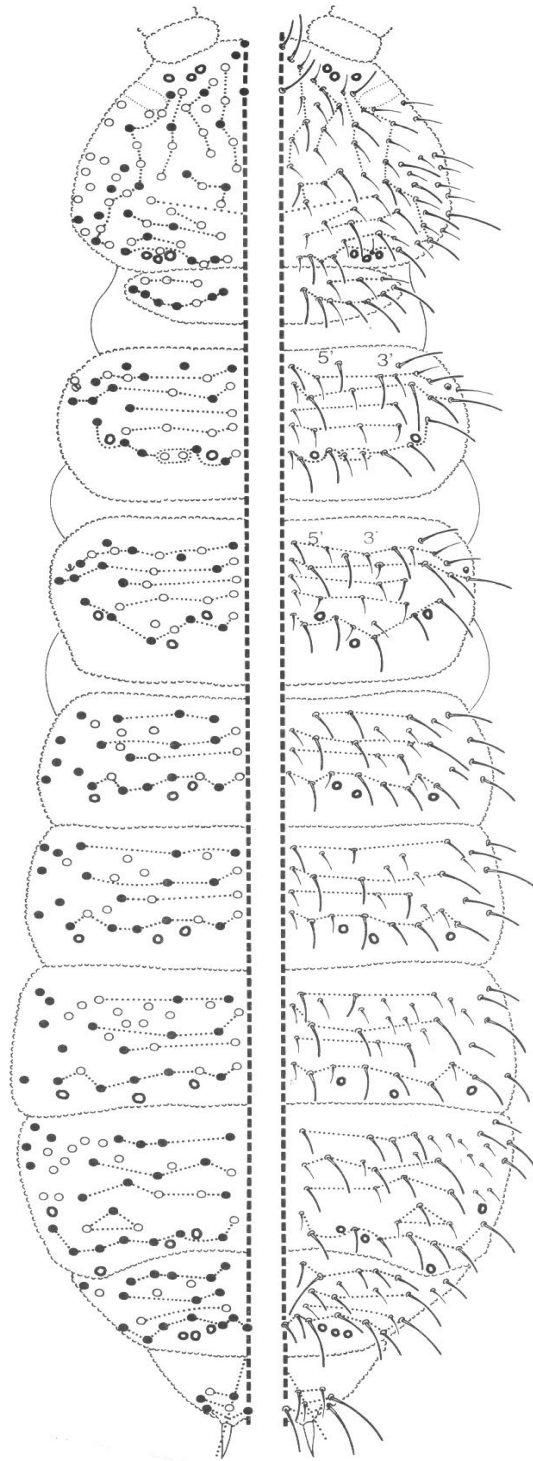


Fig. 51 : *Protaphorura armata* Tullberg, 1869.  
Chétotaxie dorsale, (Jordana et al, 1997)

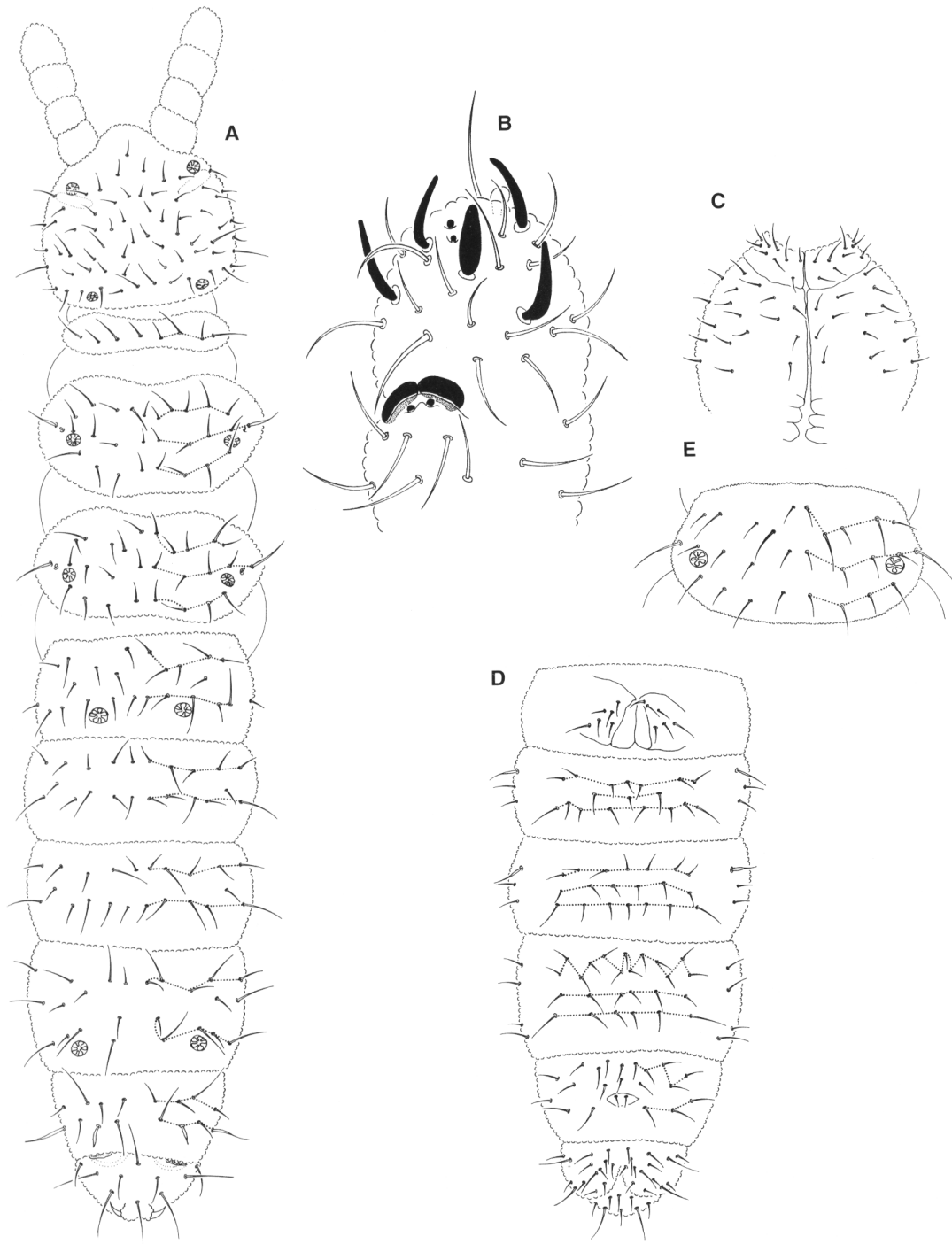


Fig. 52 : *Mesaphorura critica* Ellis, 1976.

A : Chétotaxie dorsale, B : Antenne, C : Chétotaxie ventrale de la tête,  
 D : Chétotaxie ventrale de l'abdomen, E : Chétotaxie du segment abd. II  
 (Jordana et al, 1997).



Fig.53 : *Mesaphorura italica* Ruzek, 1971.

A : Chétotaxie dorsale, B : Antenne,

C : Chétotaxie ventrale de la tête,

D : Chétotaxie ventrale de l'abdomen. (Jordana et al, 1997)

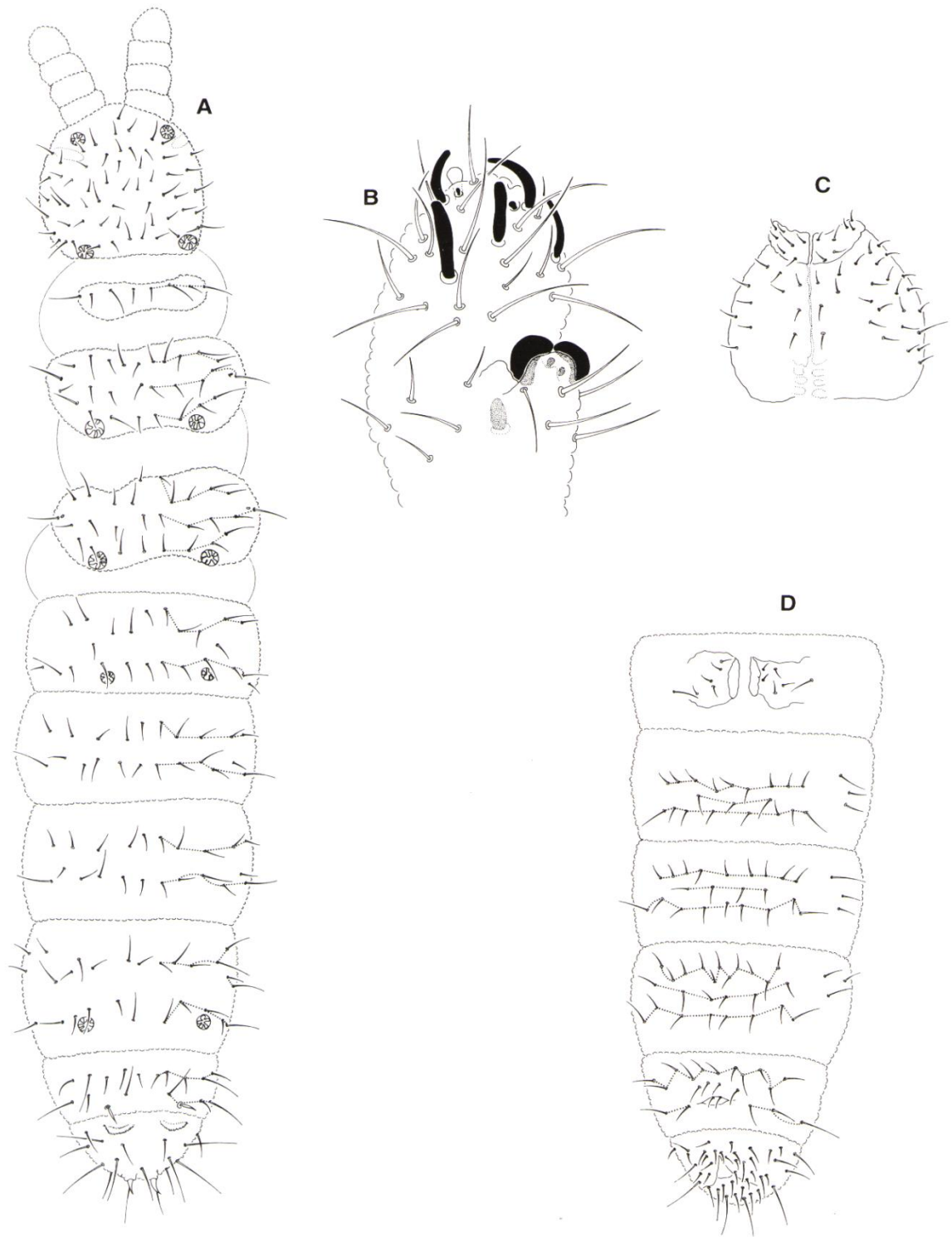


Fig. 54 : *Mesaphorura macrochaeta* Ruzek, 1976.

A : Chétotaxie dorsale, B : antenne, C : Chétotaxie ventrale de la tête, D :  
 Chétotaxie ventrale de l'abdomen. (Jordana et al, 1997)



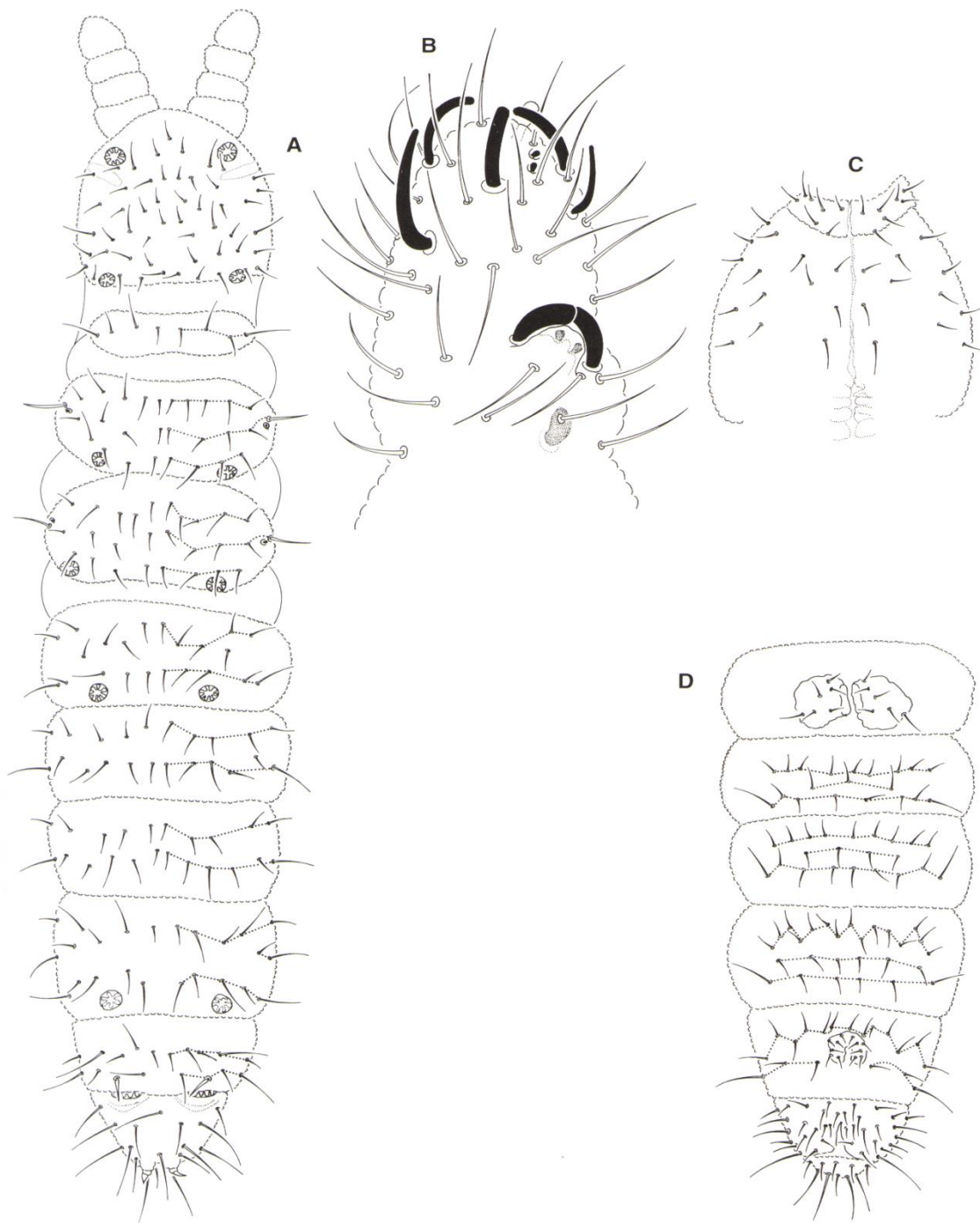


Fig. 55 : *Mesaphorura pacifica* Ruzek, 1976.

A : Chétotaxie dorsale, B : Antenne,

C : Chétotaxie ventrale de la tête,

D : Chétotaxie ventrale de l'abdomen. (Jordana et al, 1997)



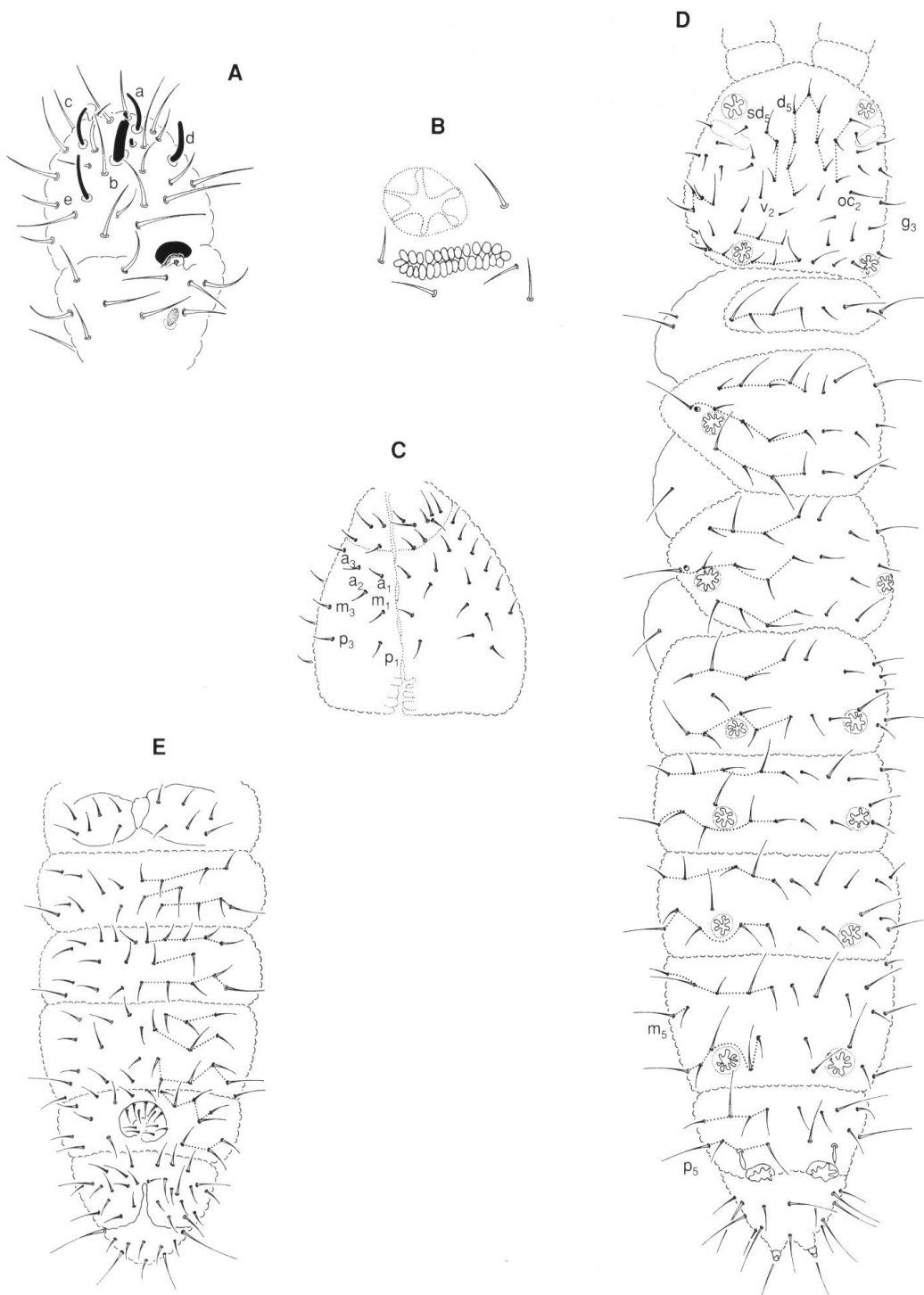


Fig. 56 : *Douthnacia xerophila* Ruzek, 1974.

A : Vue dorsale de l'antenne, B : Organe post antennaire,  
 C : Chétotaxie ventrale de la tête, D : Chétotaxie dorsale,  
 E : Chétotaxie ventrale de l'abdomen. (Jordana et al, 1997)

## Collembola (Arthropoda, Hexapoda,) of the Algerian North-East: Taxonomy, Biogeography and Ecology

### Summary:

Several hundreds of samples taken in seven localities of the Algerian North-East are analyzed. The taxonomic study on the level of the species reveals the presence of a total of 113 species of Collembola. The inventory of the country in Collembola is enriched by a contribution by 56 new species, of which 49 are announced here for the first time in North Africa. The majority of the species lately announced in Algeria are also new for North Africa, which shows that a East Algerian fauna quite different from that of the surrounding countries, in particular of Morocco which was studied the most.

Fauna met is composed of species belonging to the four orders of known Collembola, 15 families and 55 genera. The prevalence of the *Poduromorpha* order with 57 species and 26 genera constitutes a remarkable character of the fauna of Collembola.

Inside this group, the family emerges from *Neanuridae* which is represented by 27 species belonging to 3 subfamilies. One of them, *Frieseinae* with 11 species of the same genera (*Friesea*) constitutes the other original character of the collembolan fauna.

Among the seven prospected localities, it is mountainous massif of Edough that the essence of the total collected and identified species comes, that is to say 78 species.

The most unexpected character of this fauna is the diversity of the *Friesea* genera (8 species) and Hypogastrura genera of the astonishing richness specific of *Neanuridae* met in the massif of Edough: 19 species against only 10 in the remainder of the country. What makes it distinguish from all the Mediterranean forested mountains vaster and more intensely studied.

Four new species are described: *Deutonura n.sp.zana*, *Friesea n.sp.major*, *Friesea n.sp.algerica* and *Friesea laouina*, of which is published, (Deharveng & Hamra-Kroua, 2004).

Twenty two species are rare, are listed with comments on their taxonomic position, and makes it possible to expect new discoveries.

Affinities of the settlement of Collembola are primarily with Mediterranean fauna. The fauna of Edough consists of some European elements and circumméditerranéen.

The dynamics of the settlement of Collembola endogens is determined by the seasonal variation of the fundamental edaphic factors: temperature and moisture. Their seasonal, obvious impact surfaces some, feels even in the in-depth ground.

**Key words.** - Collemboles, Inventory, Taxonomy, *Friesea n.sp*, Algeria, Edough, Biogéographie, Ecology

## Les Collemboles (Arthropoda, Hexapoda) du Nord-Est algérien : Taxonomie, Biogéographie et Ecologie.

### Résumé:

Plusieurs centaines d'échantillons prélevés dans sept localités du Nord-Est algérien sont analysés. L'étude taxonomique au niveau de l'espèce révèle la présence d'un total de 113 espèces de Collemboles. L'inventaire du pays en Collemboles est enrichi par un apport de 56 espèces nouvelles, dont 49 sont ici signalées pour la première fois en Afrique du Nord.

La plupart des espèces nouvellement signalées en Algérie sont aussi nouvelles pour l'Afrique du nord, ce qui montre que l'est Algérien a une faune bien différente de celle des pays environnants, en particulier du Maroc qui a été le plus étudié.

La faune rencontrée se compose d'espèces appartenant aux quatre ordres de Collemboles connus, à 15 familles et 55 genres. La prédominance de l'ordre *Poduromorpha* avec 57 espèces et 26 genres constitue un caractère remarquable de la faune des Collemboles.

A l'intérieur de ce groupe, se dégage la famille des *Neanuridae* qui est représentée par 27 espèces appartenant à 3 sous-familles. L'une d'elles, *Frieseinae* avec 11 espèces du même genre (*Friesea*) constitue l'autre caractère original de la faune.

Parmi les sept localités prospectées, c'est du massif montagneux de l'Edough que provient l'essentiel du total espèces récoltées et identifiées, soit 78 espèces.

Le caractère le plus inattendu de cette faune est la diversité du genre *Friesea* (8 espèces) et de l'étonnante richesse spécifique des *Neanuridae* rencontrée au massif de l'Edough: 19 espèces contre seulement 10 dans le reste du pays. Ce qui le fait distinguer des massifs montagneux méditerranéens plus vastes et plus intensément étudiés.

Quatre espèces nouvelles sont décrites: *Deutonura n.sp.zana*, *Friesea n.sp.major*, *Friesea n.sp.algirica* et *Friesea laouina*, dont une est publiée, (Deharveng & Hamra-Kroua, 2004).

Vingt deux espèces sont rares, sont listées avec des commentaires sur leur position taxonomique, permet de s'attendre à de nouvelles découvertes.

Les affinités du peuplement de Collemboles sont essentiellement avec la faune méditerranéenne. La faune de l'Edough est constituée de quelques éléments européens et du pourtour méditerranéen.

La dynamique du peuplement de Collemboles endogés est déterminée par la variation saisonnière des facteurs édaphiques fondamentaux: température et humidité.. Leur impact saisonnier, évident en surface, se ressent même dans le sol en profondeur.

Mots clés.- Collemboles, Inventaire, Taxonomie, *Friesea n.sp.*, Algérie, Edough, Biogéographie, Ecologie.