



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



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie Animale

قسم : بيولوجيا الحيوان

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité :

Biologie et Contrôle Des Population d'Insectes

Intitulé :

La biodiversité des Collemboles du massif forestier de l'Edough (Annaba)

Présenté et soutenu par : Seghiri Akram Abdelkader

Haoues Lotfi

Le : 02/07/2018

Jury d'évaluation :

Président du jury : Hamra Kroua Salah

Prof (Université Des Frères Mentouri Constantine 1)

Rapporteur : Brahim-Bounab Hayette

MCB (Université Des Frères Mentouri Constantine 1)

Examineurs : Aguib Siham

MCA (Université des Frères Mentouri Constantine 1)

*Année universitaire
2017- 2018*



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



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie Animale

قسم : بيولوجيا الحيوان

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité :

Biologie et Contrôle Des Population d'Insectes

Intitulé :

La biodiversité des Collemboles du massif forestier de l'Edough (Annaba)

Présenté et soutenu par : Seghiri Akram Abdelkader

Haoues Lotfi

Le : 02/07/2018

Jury d'évaluation :

Président du jury : Hamra Kroua Salah

Prof (Université Des Frères Mentouri Constantine 1)

Rapporteur : Brahim-Bounab Hayette

MCB (Université Des Frères Mentouri Constantine 1)

Examineurs : Aguib Siham

MCA (Université des Frères Mentouri Constantine 1)

*Année universitaire
2017- 2018*

Remerciements

Mon travail de mémoire a été effectué grâce à des gens qui m'ont vraiment aidé, En effet rien de tout cela n'aurait pu être réalisable sans cet esprit de collaboration et d'entraide permanents qui ont fait que ce mémoire aboutisse à ses fins.

Je tiens en premier à remercier les membres du jury et je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur Madame **Brahim.Bounab Hayette** Docteur MC B à l'Université des Frères Mentouri qui n'a ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail.

Je tiens également à adresser mes remerciements à madame Madame **Aguib Sihem** Docteur MCA à l'Université des Frères Mentouri pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner mon travail et à Monsieur **HamraKroua Salah** Professeur titulaire à l'Université des Frères Mentouri pour l'honneur qui m'a fait en acceptant de présider le jury et pour m'avoir fait bénéficier de leur expérience dans le domaine de l'Entomologie, sans oublier les trois merveilleuses années de licence , M1 et M2 .

. Je remercie enfin tous ceux que je n'ai pas nommés et qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je dédie ce travail à

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : HANNACHI Rabia

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes cotés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et mon profond estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A MON TRÈS CHER PÈRE : SEGHIRI Saïd

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A l'âme de ma grande mère ...

A mes chères sœurs DOUNIA & OUMNIA

*A tous mes amis du quartier à Chelghoum Laid : Walid, Tita , Tom , Touchka ,
Debesh , Riad , Mounir ,Mezzo*

A tous mes cousins : Salah, Rabah , Mehdi , Nourredine, Mohamed et Saad

*A tous mes amis et camarades de promotion et spécialement Lotfi , Moustapha ,
Zaki , Bob, Seif....*

*A une personne très chère pour moi, qui m'a vraiment été d'un grand soutien moral
pour réaliser ce travail.*

A tous ceux qui m'ont chers et que j'ai omis de citer.

AKRAM

DÉDICACES

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À : A MES PARENTS
AUCUN HOMMAGE NE POURRAIT ÊTRE À LA HAUTEUR
DE L'AMOUR DONT ILS NE CESSENT DE ME COMBLER.
QUE DIEU LEUR PROCURE BONNE SANTÉ ET LONGUE
VIE.

BIEN SÛR A MES SŒURS

SARAH, NOUSSAIBA, AMIRA, YASMINE ET ISMAHANE
A MA CHÈRE TANTE RBIHA .

A TOUTE MA FAMILLE, ET MES AMIS

:MAMDOUHDJALELADDINE,

YOUSSEF, ISMAIL, WALID, IMAD, NOUR-

EDDINE, KHALED, ROUFAIDA, ZAKARIA ET AHLEM.

A CELLE QUE J'AIME BEAUCOUP ET QUI M'A SOUTENUE
TOUT AU LONG DE CE PROJET :HOUFANI AMEL

A MON BINÔME AKRAM . ET À TOUS CEUX QUI ONT
CONTRIBUÉ DE PRÈS OU DE LOIN POUR QUE CE PROJET
SOIT POSSIBLE, JE VOUS DIS MERCI.

Résumé

Dans le cadre de l'étude de la biodiversité de la faune collemboologique d'Algérie, plusieurs travaux ont été réalisés dans la région de l'Edough par Hamra Kroua (2005), Brahim Bounab (2016) et Zoughailech (2017). C'est grâce à ces travaux que nous pouvons élaborer une liste qui regroupe toutes les espèces citées dans cette région.

Les résultats obtenus révèlent une richesse exceptionnelle en espèces endémiques et très rares d'un grand intérêt taxonomique et biogéographique. Un total de 74 espèces a été cité depuis 2005 à nos jours, ces espèces repartissent sur 13 familles et 4 ordres connus des collemboles.

Une diversité spécifique et exceptionnelle des Neanuridae avec 22 espèces, une étonnante diversité du genre Friesea avec 10 espèces dont 3 sont nouvelles pour la science: *Friesea laouina* (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004) , *Friesea algirica* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004), et deux nouvelles espèces pour la science appartenant à la sous-famille des Neanurinae : *Deutonura zana* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004), *Edoughnura rara* (Deharveng, HamraKroua & Bedos, 2007).

La région de l'Edough représente la région la plus diversifiée en Algérie, mais ces résultats ne reflètent pas la diversité réelle du massif parce que les habitats forestiers échantillonnés ne représentent qu'une partie des habitats existants.

Mots clés : L'Edough, Diversité, , Neanuridae, Nouvelle espèce, Friesea.

Summary:

In the framework of the study of biodiversity of the collembologique fauna of Algeria, Several works were carried out in the region of Edough by Hamra Kroua (2005), Brahim Bostock (2016) and Zoughailech (2017). It is through this work that we can develop a list that brings together all the species mentioned in this region.

The obtained results reveal exceptional richness in endemic and very rare species with a great taxonomic and biogeographic interest. A total of 74 species has been quoted since 2005 until the now day, these species are divided into 13 families and 4 known orders of the Collembola.

A specific and exceptional diversity of Neanuridae with 22 species, an astonishing diversity of the genus *Friesea* with 10 species of which 3 are new for science: *Friesea laouina* (Deharveng and Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Deharveng, Hamra-Kroua and Jordana 2004) , *Friesea algerica* (Deharveng, Hamra-Kroua and Jordana, 2004), And two new species for science belonging to the subfamily Neanurinae : *Deutonura zana* (Deharveng, Hamra-Kroua and Jordana 2004), *Edoughnura rara* (Deharveng, HamraKroua & Bedos, 2007).

The Edough region represents the most diverse region in Algeria, but these results do not reflect the real diversity of the massif because the sampled forest habitats represent only a part of the existing habitats.

Key words: Edough, diversity,, Neanuridae, new species, *Friesea*.

الملخص:

في إطار دراسة التنوع البيولوجي لحيوانات الكلمبولا الجزائرية ، أجريت العديد من الدراسات في منطقة جبال ايدوغ في صورة أعمال حمرا كروا صالح (2005) ، إبراهيم بوناب (2016) و زوغيلاش (2017). حيث بفضل هذه الأعمال تمكنا من وضع قائمة تضم جميع الأنواع المذكورة في هذه المنطقة.

تكشف النتائج التي تم الحصول عليها عن ثروة استثنائية من الأنواع المتوطنة والنادرة جدًا ذات اهتمام تصنيفي وجغرافي حيوي كبير. قمنا بوضع بما مجموعه 74 نوعًا منذ عام 2005 حتى يومنا هذا ، حيث تتوزع هذه الأنواع على 13 عائلة و 4 رتب كوليمبولا .

تنوع مميز لعائلة الـ Neanuridae مع 22 نوعًا مسجلا ، إضافة إلى التنوع المذهل لجنس *Friesea* حيث سجلت 10 أنواع منها 3 جديدة للعلم.: *Friesea major* ، *Friesea laouina* ، *Friesea algirica* ، و نوعين آخرين جديدين للعلم ينتميان إلى العائلة الفرعية *Neanurinae* هما : *Edoughnura rara* و *Deutonura zana*

تعد منطقة إدوغ المنطقة الأكثر تنوعًا في الجزائر ، لكن هذه النتائج لا تعكس التنوع الحقيقي للمنطقة لأن العينات المأخوذة من الغابات لا تمثل سوى جزء من المجمعات الموجودة.

كلمات مفتاحية: ايدوغ ، تنوع ، نوع جديد ، Neanuridae ، *Friesea*

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : DONNEES GENERALES SUR LES COLLEMBOLLES	
1. Morphologie générale	3
1.1. La tête	3
1.1.1- Les antennes	4
1.1.2- La zone oculaire	6
1.1.3- La région buccale	8
1.1.4- La région céphalique	10
1.2- Le thorax	10
1.3- L'abdomen.....	10
1.4- les pattes	13
2- Anatomie externe.....	13
2-1 Le tégument.....	13
2-2 Les Soies	14
2-3 Les sensilles.....	15
3 - Anatomie interne	16
3.1- Système nerveux	17
3.2- Appareil digestif	18
3.3- Appareil respiratoire	20
3.4- Système circulatoire	21
3.5- Système musculaire	21
3.6- Système excréteur	21
4- La reproduction	21
4-1 L'appareil génital des mâles	22
4-2 L'appareil génital des femelles.....	22
4-3 Spermatophore	23

4-4 Parthénogénèse	24
4-5 La ponte	25
4-6 L'œuf	25
4-7 La fécondation	26
5- Développement	26
5-1 Développement embryonnaire	26
5-2 Développement post-embryonnaire	27
6- Adaptations des Collemboles	27
6 -1- Adaptations morphologiques	27
6-2 Adaptations physiologiques aux milieux extrêmes	27
6-2-1 Adaptation au froid.....	27
6-2-2 Adaptation à la dessiccation ou anhydrobiose.....	28
6-2-3 Adaptation à l'inondation.....	28
6-2-4 Adaptation aux milieux halophiles	28
7- Ecologie des Collemboles	29
7-1- Milieux et habitats	29
7-2 Régime alimentaire.....	29
7-3 Rôles écologique des collemboles.....	29
8- Position systématique des collemboles.....	30
8-1 Eléments de taxonomie.....	30
8-2 Eléments de classification.....	30
8-3 Familles selon les ordres.....	31
9- Répartition des Collemboles dans le monde.....	33
10- Données actuelles sur les Collemboles d'Algérie.....	33
10.1- Liste des Collemboles connus d'Algérie (1846-1980).....	33

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LOCALITE D'ETUDE ET METHODOLOGIE

1- Situation et caractéristiques des stations d'étude.....	40
1-1- Le massif de l'Edough	40
1-1-1- Situation géographique	40
1-1-2-Le couvert végétal	41
1-1-3-Caractéristiques climatiques	41
2- Méthode d'échantillonnage.....	42
3-Extraction des Collemboles	42
3.1- Principe de la technique	42
3.2- L'extraction des Collemboles	42
4-Tri et dénombrement	43
5- Identification des collemboles	44
5.1-Fixation	44
5.2- Eclaircissement	44
5.3-Montage et conservation	45
5.4-Observation	46

CHAPITRE III : RESULTATS

1- Composition faunistique et appartenance biogéographique des collemboles du massif forestier de l'Edough.....	51
---	----

CHAPITRE IV : DISCUSSION ET CONCLUSION

I- Discussion.....	71
II - Conclusion	75
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	76

Liste des figures

Figure 1 : Aspects de différents types morphologiques des Collemboles.....	3
Figure 2 : image montrant deux articles de l'antenne d'un Symphypléone, vus au microscope électronique	5
Figure 3 : antenne d'un <i>Protaphorura sp</i> .Illustration adaptée d'après "Biology of the Springtails". S.P. Hopkin.....	6
Figure 4 : plaque oculaire d'un <i>gomphiocephalus hodgsoni</i>	7
Figure 5 : Amas d'ocelles (grossissement x 1500) sur <i>Hypogastrura nivicola</i> (Bilodeau, 1998). Tête de <i>Sminthurus sp</i>	7
Figure 6 : pièces buccales d'un Tomoceridae1 (<i>Pogonognathellus flavescens</i>)	8
Figure 7 : Les mandibules des collemboles (site internet 01)	9
Figure 8 : images réalisées avec un au microscope électronique d'un collophore	11
Figure 9 : furca de <i>Dicyrtomina ornata</i> montage par Philippe	12
Figure 10 : Exemple de rétinacles - issues de "ordem Collembola" réalisé par l'école nationale d'agronomie de Rio de Janeiro	12
Figure 11 : Schéma de la structure de base d'une sensille tactile chez les arthropodes	14
Figure 12 : Croquis repris à partir de "Le petit collembole illustré"– Jean-Marc Thibaud. Arvernsis	16
Figure 13 : Les systèmes nerveux thoraciques et abdominaux d'un Tomoceridae (Arthropléone) et d'un Sminthuridae (Symphypléone)	18
Figure 14 : Système digestif d'un collembole	19
Figure 15 : le système respiratoire Adaptation d'un croquis de Jean-Marie Betsch – 1977...	21
Figure 16 : Orifice génital mâle chez <i>Tetrodontophora bielensis</i> (Bellinger& al., 2014)...	22
Figure 17 : Plaque génitale de la femelle chez <i>Tetrodontophora bielensis</i> (Bellinger& al., 2014).....	23
Figure 18 : spermatophore d' <i>Orchesella villosa</i> . (Bellinger& al., 2014)	24
Figure 19 : Œuf enrobé d' <i>Arrhopalites caecus</i> Cliché au microscope électronique à balayage, par Betsch-PinotM-C. et Munch A. écologie générale, Brunoy.....	25
Figure 20 : Les quatre ordres de Collemboles.....	31
Figure 21 : Localisation géographique des sites d'étude. Source : Google Earth.....	40

Figure 22 : Appareil de Berlèse –Tullgren pour l'extraction des Collemboles par la méthode de " voie sèche"	43
Figure 23 : Les ordres des Collemboles	47
Figure 24 : Fréquences absolues des familles, genres et espèces des Collemboles	54
Figure 25 : Répartition en pourcentage des différents ordres des collemboles récoltés.....	55
Figure 26 : Pourcentage des différentes familles de Collemboles identifiés.....	55
Figure 27 : Répartition en pourcentage des familles de Poduromorpha.....	47
Figure 28 : Répartition en pourcentage des familles d'Entomobryomorpha.....	57
Figure 29 : Répartition en pourcentage des familles de Symphypleona	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Espèces récoltées dans des milieux édaphiques humides de la région de Annaba (Bône) Nord-est de l'Algérie. 1958-1959 (Cassagnau, 1963).....	34
Tableau 02 : Les Collemboles d'Algérie selon Thibaud et Massoud, (1980).....	35
Tableau 03 :Statut taxinomique et appartenance biogéographique des espèces de Collemboles du massif de l'Edough de 2005 à 2018.....	51

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Introduction

Une diversité insoupçonnée d'invertébrés grouille sous nos pieds lorsque nous foulons le sol d'une forêt, d'une prairie ou d'un jardin. Des communautés invisibles s'activent dans le sol comme dans un monde parallèle, à la différence que ce monde est bien réel et bien connecté à la surface. Il est en effet indispensable aux végétaux qui se développent au-dessus. Parmi les invertébrés qui vivent dans le sol, les Collemboles occupent une place importante en raison de leur abondance et donc de leur capacité à impacter le fonctionnement d'un écosystème tout entier. Connus comme étant les plus anciens des hexapodes fossilisés, ils étaient déjà présents au Dévonien, il y a environ 400 Millions années, donc avant les insectes. Ils présentent une grande diversité de formes et vivent dans des habitats très variés. Leur rôle majeur réside dans la régulation des microorganismes responsables de la décomposition de la matière organique et du recyclage des nutriments qui seront utilisés par les plantes pour leur développement. Malheureusement, de nombreuses activités humaines peuvent altérer les communautés de Collemboles. Il s'agit par exemple de la pollution du sol par des métaux, des pesticides, ... mais aussi des pratiques humaines comme l'introduction de végétaux exotiques ou l'utilisation de déchets pour fertiliser les sols.

Les premières études destinées à la connaissance des Collemboles d'Algérie sont très limitées et anciennes, ça reviens à la fin du 19 ème siècle Lucas, (1846 et 1849) .d'autre travaux ont été réalisés au début du 20 ème siècle par Absolon, (1913), Denis (1922-1925-1935- et 1937) et Handschin (1925,1926 et 1928) cités par (Thibaud et Massoud, 1980). Les études les plus approfondies sur les Collemboles d'Algérie sont ceux de Cassagnau, (1963) dans la région de Bône (Annaba) offrant une liste de 30 espèces des collemboles, Stomp, (1980) en Kabylie et Thibaud et Massoud, (1980) qui donnent une synthèse bibliographique sur les Collemboles du Maghreb. En 1980, la faune des collemboles d'Algérie comptait un total de 114 espèces.

Récemment, Hamra-Kroua (2005), relance une recherche intéressante sur la biodiversité des Collemboles d'Algérie. à l'issue de la prospection de plusieurs localités de l'est algérien (massif de l'Edough, El Kala, Azzaba, Jijel, Ain M'lila et Constantine) l'auteur donne une liste de 132 espèces dont 74 sont nouvelles pour l'Algérie et plus 57 parmi elles sont nouvelles pour le reste des pays du Maghreb, d'autres sont nouvelles pour la science dont un nouveau genre.

INTRODUCTION

Les travaux de Hamra-Kroua (2005) ont donné l'inspiration à d'autres auteurs pour effectuer des nouvelles recherches sur les collemboles d'Algérie à l'image du travail de (Brahim-Bounab 2016) , (Zoughailech 2017). Le présent manuscrit s'articule propose une synthèse et une mise à jour sur la faune des collemboles du massif forestier de l'Edough.

CHAPITRE I
Données générales
Sur les Collemboles

1. Morphologie générale

Les collemboles sont des animaux dont la taille est comprise dans une fourchette allant approximativement de 0.12 mm à 17 mm. Ils sont dotés d'une tête, d'un thorax composé de trois segments et d'un abdomen qui en comprend six. La tête porte des antennes, le thorax porte trois paires de pattes et l'abdomen est doté d'un organe sauteur nommé furca et d'autres organes aux fonctions spécifiques.

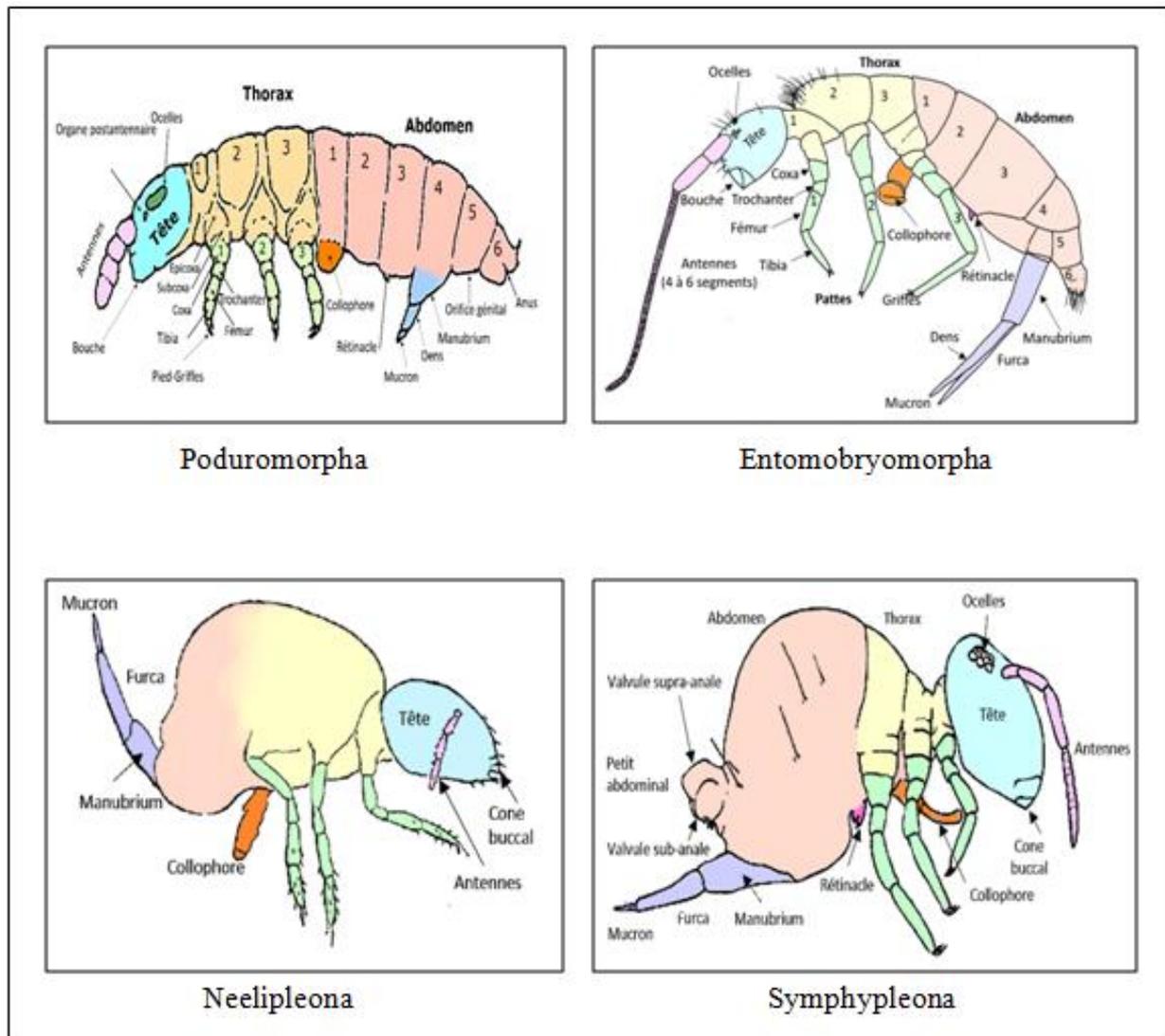


Figure 1 : Aspects de différents types morphologiques des Collemboles (anonyme.)

1.1. La tête

La tête des collemboles Arthropléones est distincte du thorax et surmontée d'une paire d'antennes à 4 segments possédant leur musculature .un labre impair, un labium pair, une paire de mandibules et une paire de maxilles.. Outre les pièces buccales et les antennes, cette

dernière est dotée de trois types de récepteurs sensoriels externes intégrés à l'épiderme que l'on classe en fonction de la nature des stimuli qu'ils permettent de recevoir. On y retrouve, les photorécepteurs, les mécanorécepteurs et les chimiorécepteurs, respectivement matérialisés par les plaques oculaires, les sensilles et l'organe post-antennaire (Cassagnau, 1990a).

1.1.1. Les antennes

Les antennes des collemboles adoptent des formes variées, mais comme pour d'autres organes leur constitution, quelles que soient les familles, possèdent des caractères voisins ou similaires (entre autres quatre segments). Le nombre d'articles antennaires peut être porté à cinq articles par division du 1er article, comme c'est le cas chez le genre *Heteromurus*, ou à six articles suite à la division du 1er et 2ème article chez le genre *Orchesella*. Chez quelques espèces d'Entomobryidae on observe une segmentation secondaire du 4ème article ou du 3ème et du 4ème. Chez plusieurs espèces de Symphypleones on peut observer l'apparition de plusieurs sous-segments sur le 4ème article. D'autres structures caractérisent souvent les antennes de quelques Symphypleones 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 male. Les antennes portent des soies et des sensilles, à grande valeur systématique, cette valeur taxonomique est majeure chez les groupes à réduction chaetotaxique, comme les Poduromorpha, Neelipleona, Isotomidae et plusieurs Entomobryomorpha:

- Article antennaire I: on y trouve des soies et chez certains groupes, écailles et sensilles. La présence de certaines soies comme la soie p chez les Hypogastruridae a une valeur systématique
- Article antennaire II: chez quelques Sminthurididae males, cet article peut présenter des épines, tubercules et autres formations caractéristiques ainsi que quelques sensilles.
- Article antennaire III: en plus des épines et des tubercules décrits chez les Sminthurididae sur le 2ème article, il existe toujours un organe sensoriel formé par quatre sensilles, deux paquets centraux (bâtonnets sensoriels), deux masses cylindriques situées latéralement et une micro sensille 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 Tullbergiinae.

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

Les antennes peuvent être très longues pour les Collemboles habitant dans les milieux épigés (atmobios). Chez certaines espèces, certains segments peuvent être divisés en sous-unités qui confèrent à l'antenne une plus grande flexibilité.

Chez les *Mackenziellidae*(Fjellberg, 1989)et les *Sminthurididae*(Massoud and Betsch, 1966), les antennes du mâle sont modifiées pour lui permettre de s'accrocher à la femelle avant le dépôt des spermatophores. Elles sont particulièrement bien dotées en structures sensorielles afin de capter la présence de substances chimiques dans l'air des substances chimiques ou au sol, lorsque l'animal se déplace tout en tapotant le substrat avec ses antennes(Scali et al., 2016).

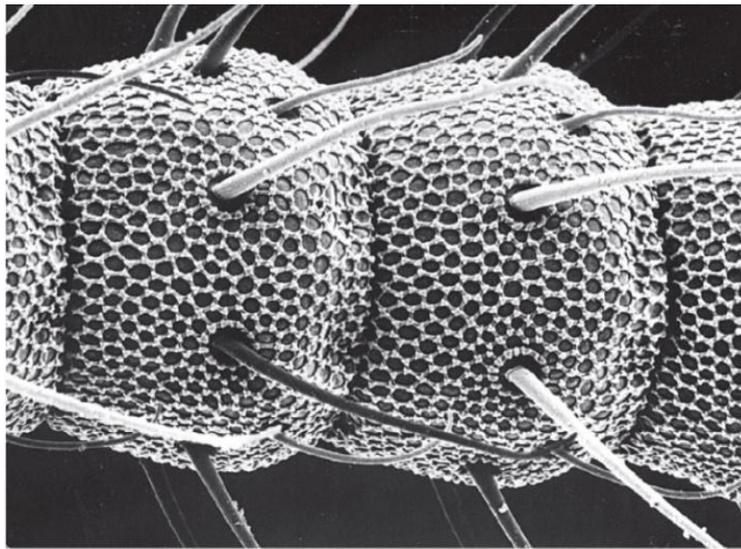


Figure 2 : Image montrant deux articles de l'antenne d'un Symphypléone, vus au microscope électronique (grossissement x 1500)(Sacchi, 2011)

Les antennes sont dotées de soies ordinaires qui détectent les vibrations et déplacements d'air mais également de soies chimio-sensibles. Tous les collemboles, à l'exception d'une seule espèce évoluant dans des grottes asiatiques (*Gulgastrirunae*) possèdent un complexe sensoriel sur le troisième segment antennaire composé d'un minimum de deux sensilles. Ces sensilles protégées par des soies sont recouvertes de minuscules pores dont la taille est voisine de 5 nanomètres.

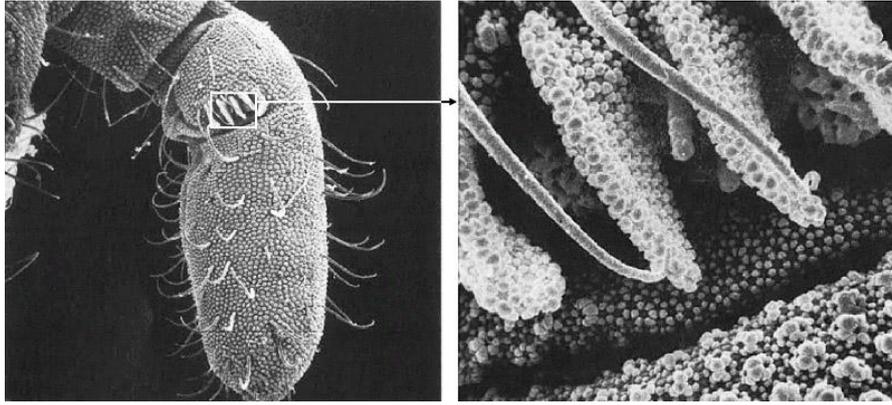


Figure 3: Antenne d'un *Protaphorura sp.* Illustration adaptée d'après "Biology of the Springtails". S.P. Hopkin, d'après « Atlas of the biology of soil arthropods » - (Eisenbeis and Wichard, 2012)

1.1.2. La zone oculaire

Les collemboles ne sont pas dotés d'yeux composés comme c'est le cas chez la quasi totalité des insectes. Leur vision s'effectue à partir d'un groupe d'yeux simple ou ocelles regroupés au sein des plaques oculaires et dont le nombre et la disposition varient suivant les espèces.

Ces caractéristiques relatives aux différentes espèces sont de précieux indicateurs en taxonomie. On remarquera également la présence de soies implantées sur les plaques oculaires. Les illustrations en noir et blanc sont des images réalisées avec un microscope électronique à balayage qui permet de très forts grossissements révélant les répartitions spécifiques des ocelles. Parfois absents ou réduits (espèces vivant sous la terre), les ocelles sont regroupés sur deux aires oculaires symétriques qui peuvent en comporter chacune un maximum de huit. En général on observe une répartition de 8+8 ou 2+2 ocelles. Compte tenu de la faible densité de cellules nerveuses présentes sur les lobes optiques, on peut en déduire que l'acuité visuelle des collemboles doit être probablement très limitée. On notera cependant que la taille, la forme et la distribution des ocelles chez différents individus laisse envisager une certaine pression sélective montrant que ces ocelles contribuent à leur niveau à la survie même des collemboles (Meyer-Rochow et al., 2005).



**Figure 4 : plaque oculaire d'un *gomphiocephalus hodgsoni* (grossissement x 1500)
(Bilodeau, 1998)**

Ci- dessus, plaque oculaire d'un *gomphiocephalus hodgsoni*, espèce présente en Antarctique qui est une des rare capable de survivre sous des climats aussi extrêmes. Le diamètre de chaque œil n'excède pas 10 microns ce qui représente la taille critique d'un œil pour être capable de produire une image.

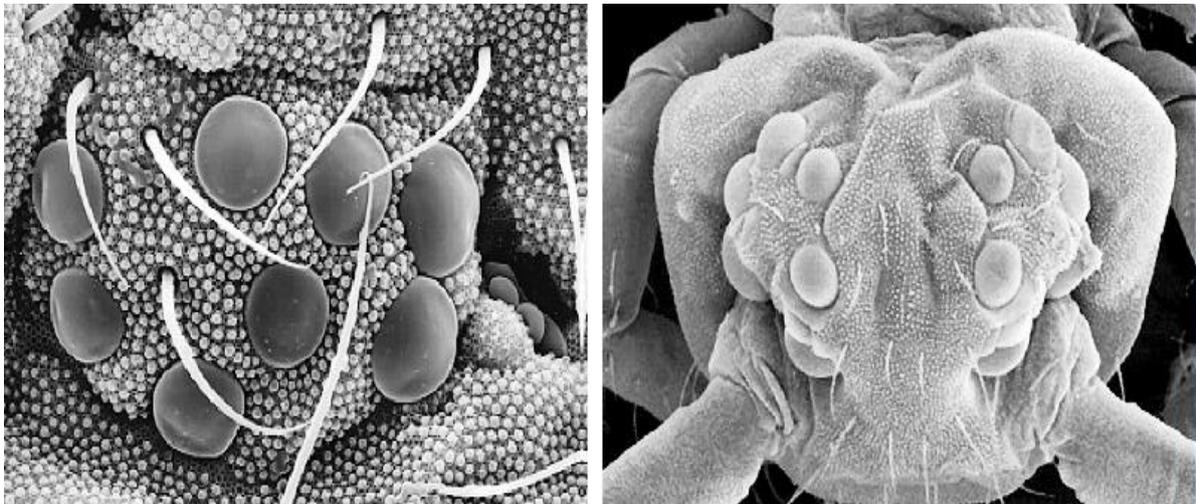


Figure 5 :Amas d'ocelles (grossissement x 1500) sur *Hypogastrura nivicola* (Bilodeau, 1998). Tête de *Sminthurus sp* (Schneider, 2017).

Ci-dessus: Amas d'ocelles (grossissement x 1500) sur *Hypogastrura nivicola* (Bilodeau, 1998). Tête de *Sminthurus sp* (Schneider, 2017). On constate 8+8 ocellus dont 2+2

sont réduits. A propos de la vision des collemboles, une étude⁴ montre que durant leurs migrations sur des zones enneigées, ne présentant donc aucun repère, certaines espèces comme *Hypogastrura socialis* utilisent leurs yeux pour calculer l'angle d'élévation du Soleil avant d'effectuer un saut.

1.1.3. La région buccale

Les pièces buccales ne sont pas visibles car elles sont enfoncées dans une cavité (C'est entre-autre une des particularités distinguant les collemboles des insectes). Les espèces ainsi définies sont qualifiées d'entognathes. Les pièces buccales jouent un rôle très important pour l'identification et le classement des espèces. Les mandibules et maxillaires sont principalement des pièces « broyeuses » mais il existe également des mandibules adaptées pour les espèces dites « suceur-piqueur ». Ci-dessous, pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*) où on distingue les cinq parties constitutives de l'appareil buccal, à savoir:



Figure 6 : pièce buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*)(Eisenbeis and Wichard, 2012)

- **Le Labrum** ou labre (vert). Cette partie est une lèvre supérieure qui recouvre les autres pièces buccales.
- **Les mandibules** (jaune). Au nombre de deux, il sont disposés symétriquement et portent chacun une plaque molaire* et une partie incisive (dent). Les pointes dotées de dents solides permettent au collembole d'arracher des matières alimentaires sur le

substrat, quant aux plaques molaires, il est généralement admis qu'elles servent broyer les aliments. Les mouvements mandibulaires sont caractérisés par des rotations autour de l'axe dorsaux-ventral (c'est-à-dire, si on regarde la bouche de face, par des translations alternée gauche/droite) ainsi que par des mouvements de protraction et rétractation (sortants/reintrants), effectués afin de cisailer les particules de nourriture ou de broyer les fragments entre les plaques molaire mandibulaires(Eisenbeis and Wichard, 2012).

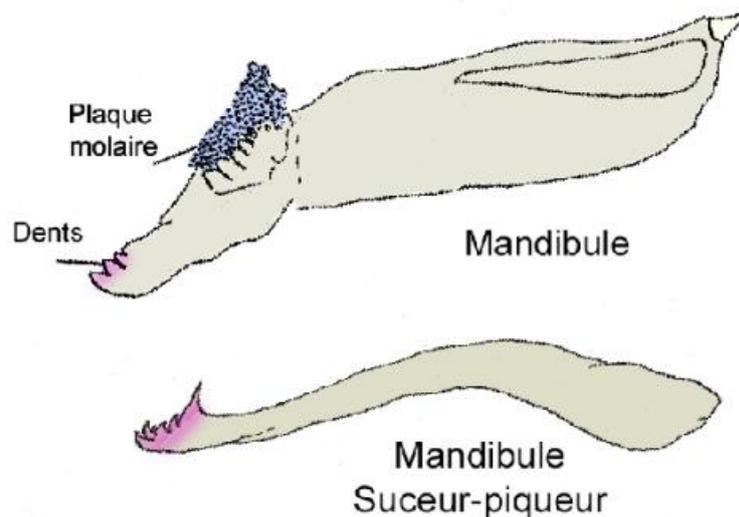


Figure 7 : Les mandibules des collemboles (anonyme.)

* Certains Poduromorphes (Odontellidae, et Neanuridae) sont dotés de pièces buccales de type suceur-piqueur. Au cours de leur évolution, compte tenu de leur régime alimentaire, les plaques molaires sont devenues inutiles et ont donc disparu. D'autres espèces comme les Brachystomellidae ne possèdent même plus de mandibules et se contentent d'ingérer des particules de nourriture noyées dans une suspension liquide.

- **Les maxillaires** (bleu). Au nombre de deux, ils sont disposés juste au-dessus de l'hypopharynx. Chaque maxillaire dispose d'une « tête » nommée capitulum (voir exemples sur l'illustration ci-dessous). Au cours de la morsure, maxillaires et mandibules se déplacent de manière synchrone. L'analyse du mouvement des maxillaires montre qu'ils contribuent à stabiliser le mouvement mandibulaire. La mandibule et le maxillaire interagissent ainsi entre eux par l'intermédiaire d'un goujon articulaire situé sur le côté dorsal des stipes maxillaires, soutenu par des structures de l'hypopharynx et de la capsule céphalique. Le fait que les collemboles soient

entognathes ainsi que les très faibles dimensions de leurs pièces buccales ont durablement joués dans la méconnaissance des mouvements en jeu pendant l'absorption de nourriture. Seules l'apparition des techniques d'imagerie 3D « synchrotron » ont permis de lever le voile (Eisenbeis and Wichard, 2012).

- **l'Hypopharynx** (mauve) est une pièce située en partie supérieure du labium sous les mandibules et entre les maxillaires. Il joue le rôle d'une sorte de langue et de plancher buccal dont la fonction principale est d'aider à mélanger la nourriture avec la salive.
- **les palpes maxillaires** (orange) sont constitués d'une paire d'appendices utiles surtout à la préhension des aliments. J'ai retrouvé une définition de l'historien Jules Michelet qui était également entomologiste et qui les décrit ainsi dans son ouvrage "*Insectes*" publié en 1857: "*de petites mains de la bouche qui palpent manient, retournent ce qu'on y apporte*".
- **Le labium** non repéré par une couleur constitue la partie inférieure, sorte de lèvre disposée en arc de cercle définissant les contours de la bouche et remontant jusqu'à la commissure.

1.1.4. La région céphalique

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

1.2. Le thorax

Le thorax est de taille et de segmentation variable, il possède trois segments inégaux, le premier toujours plus au moins réduit. Les pattes sont pourvues de deux praecoxae, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibia, d'un tarse, d'un prêtre à nodule empodial et d'une griffe (Cassagnau, 1990b). Les segments thoraciques peuvent perdre leur individualité pour fusionner avec les premiers segments abdominaux.

1.3. L'abdomen

L'abdomen est composé de six segments. Mais peut être réduit chez certains genres par la soudure du 5^{ème} et du 6^{ème} segment. un organe ventral dit Collophore ou tube ventral, en forme de petit tube situé sous le premier segment abdominal. Chez certaines espèces (symphypléones) ce tube peut se dévagner et avoir une longueur considérable. Il permet la

régulation du milieu intérieur, notamment sa pression osmotique (l'animal boit par son tube ventral), et autorise les échanges gazeux grâce à sa paroi extrêmement fine, participant ainsi à la respiration cuticulaire. Le tube ventral est en relation avec une gouttière ventrale, qui le relie au labium, où débouchent des néphridies, permettant ainsi à l'animal de filtrer et de récupérer en partie son urine (Hopkin, 1997).

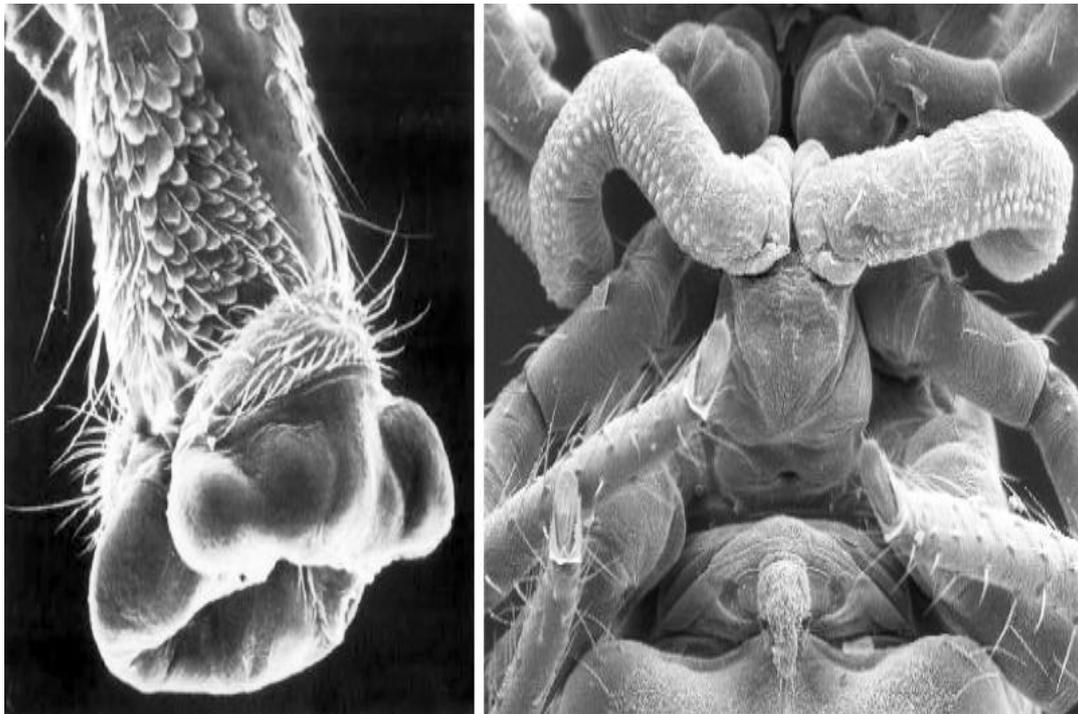


Figure 8 : Images réalisées avec un au microscope électronique d'un collophore. (grossissement x 1500) (Eisenbeis and Wichard, 2012).

Le deuxième segment abdominal ne comporte aucun appendice, Le troisième segment abdominal comporte le tenaculum ou rétinacle. Il sert de goupille d'arrête la furca, quand le rétinacle lâche, la furca se détend comme une catapulte et expédie l'animal très fortement vers l'avant. Le quatrième segment abdominal porte la furca, Cet organe propre aux collemboles leur sert à effectuer des sauts pour fuir des prédateurs ou pour quitter rapidement le milieu où ils évoluent.

Le saut est une brusque détente musculaire qui provoque l'extension en arrière de la furca, initialement replié contre l'abdomen et fixée sur le rétinacle. Ce mouvement très vif est plutôt un mécanisme de fuite qui n'est pas sans ressembler à ce que l'on peut observer chez certains insectes comme les sauterelles.

Sur l'image ci-dessus, la furca, fixée au quatrième segment abdominal est composée, à sa base, du manubrium (1) qui renferme la partie musculaire et qui se divise en deux branches chacune constituée des dents (2) terminés chacun par un article nommé mucron (3).



Figure 9 : Furca de *Dicyrtomina ornata* (Anonyme.)

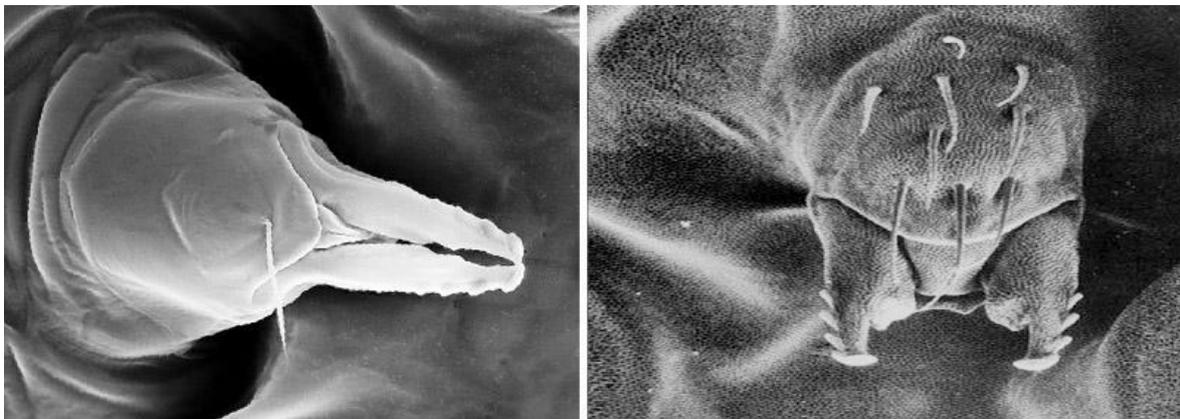


Figure 10 : exemple de rétinales - issues de "ordem collembola" réalisé par l'école nationale d'agronomie de Rio de Janeiro.(Baretta et al., 2008)

L'orifice génitale est porté par Le cinquième segment, en fente transversale chez la femelle, en tubercule plus au moins hémisphère chez le male. Le sixième segment, dépourvu d'appendice, comprend sur son extrémité ventrale l'orifice anal.

1.4. Les pattes

Les collemboles possèdent trois paires des pattes allongés par les segments thoraciques. Chaque patte est constituée de 2 praecoxae ou subcoxae, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibiotarse, d'un prétarse à appendice empodial et d'une griffe simple terminale. De nombreuses espèces ont une ou 23 plusieurs longues soies dorso-distales sur le tibiotarse avec des extrémités élargies qui leur permettraient d'adhérer aux surfaces lisses (Blottner and Eisenbeis, 1984).

2 -Anatomie externe

2.1. Le tégument

L'épiderme est pourvu de pigments rouges vineux à bleu noir masquant éventuellement les pigments verts, jaunes ou oranges contenus dans les lipides du corps gras. Le pigment épidermique peut se disposer en taches à contours réguliers ou totalement disparaître ainsi que le pigment du corps gras. Le tégument est peu sclérifié, à épicuticule richement ornementée par évolution de granules de base. 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 dans la taxonomie de la lignée *Neanurienne* (Deharveng, 1983a). La chétotaxie (nombre et disposition des soies) de revêtement est d'une importance systématique fondamentale pour l'identification des espèces. Elle est faite de soies tactiles de densité variable, de **soies** spécialisées, d'**écailles**, de **trichobothries** et de **sensilles**.

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. (Massoud and Ellis, 1977) cités par (Hamra-Kroua, 2005) ont proposé une classification et une nomenclature des phanères des Collemboles européens selon la structure et la forme.

L'écaille, chez les Collemboles est un phanère aplati, très mince, en général pourvue d'une embase enfouie dans le tégument. Probablement sont des soies transformées d'un aspect

laminé avec une fine ciliation superficielle; produisant des reflets métallisés chez quelques espèces de la famille des *Entomobryidae*. Elles présentent différents types selon les groupes et l'emplacement sur le corps. Elles peuvent être simples sans striation ou présence de stries longitudinales et transversales. Les trichobothries chez les Collemboles sont des phanères sensoriels, sous forme de très fin filament lisse ou cilié, d'épaisseur constante sur toute leur longueur.

2.2. 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 and 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.

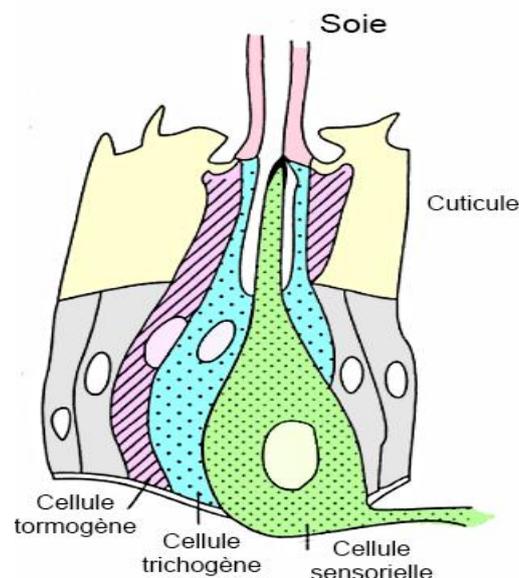


Figure 11 :Schéma de la structure de base d'une sensille tactile chez les arthropodes (Ruby, 2015).

2.3. Les sensilles

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

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, 1983a) et (Deharveng and Lek, 1993) cité par (Hamra-Kroua, 2005); lorsqu'elles ont la dimension de microchètes et soies sensu (Deharveng, 1983a), lorsqu'elles ont la dimension de mésochètes ou de macrochètes. Les soies s se localisent principalement sur les antennes, particulièrement sur le dernier article. Parfois (chez *Cryptopygus* par exemple), on peut les trouver sur l'abdomen. Nous distinguons les catégories suivantes :

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

Toutes les révisions et descriptions récentes donnent une drande à la soie s. Chez *Parisotoma* (Rusek, 1984); (Potapov, 1991) chez *Isotomiella* (Deharveng and Oliveira, 1990), chez *Folsomides* (Fjellberg, 1992), chez *Vertagopus* (Fjellberg, 1996), chez *Anurophorus* (Potapov, 1997), chez *Pseudanurophorus* (Potapov, 1997), chez

Folsomia (Potapov and Babenko, 2000), chez Isotomurus (Deharveng and Lek, 1993); (Carapelli et al., 2001)

Deharveng (1983) cité par Hamra-Kroua (2005), est le premier à avoir donné les principaux caractères distinguant les soies ordinaires des soies s. Le même auteur donne une classification des soies s selon leur épaisseur et leur longueur sur les différentes parties du corps chez les Neanurinae et donne une nouvelle définition de cette sous famille. La répartition des soies s sur les tergites a permis à Deharveng et Lek (1993) de définir cinq groupes d'espèces au sein du genre Isotomurus dont la taxonomie est fondée sur les patterns de coloration des espèces. L'utilisation de la chaetotaxie de type s se justifie selon les auteurs par le phénomène de « plurichétose » : apparition de soies secondaires à chaque mue post-embryonnaire qui empêchent la détection des soies idionymiques, sauf au niveau du rétinacle et du tube ventral. Dans la révision des Isotomidea paléarctiques, (Hamra-Kroua, 2005), note que les modèles basés sur la chaetotaxie de type s émergent en tant qu'un des caractères les plus instructifs à tous les niveaux taxonomiques. Ils n'ont pas été même mentionnés dans la faune classique de (Gisin, 1960)

3. Anatomie interne

Tous les collemboles, quelle que soit leur taille, possèdent les mêmes organes internes comme l'illustre la coupe anatomique d'un Arthropléone:

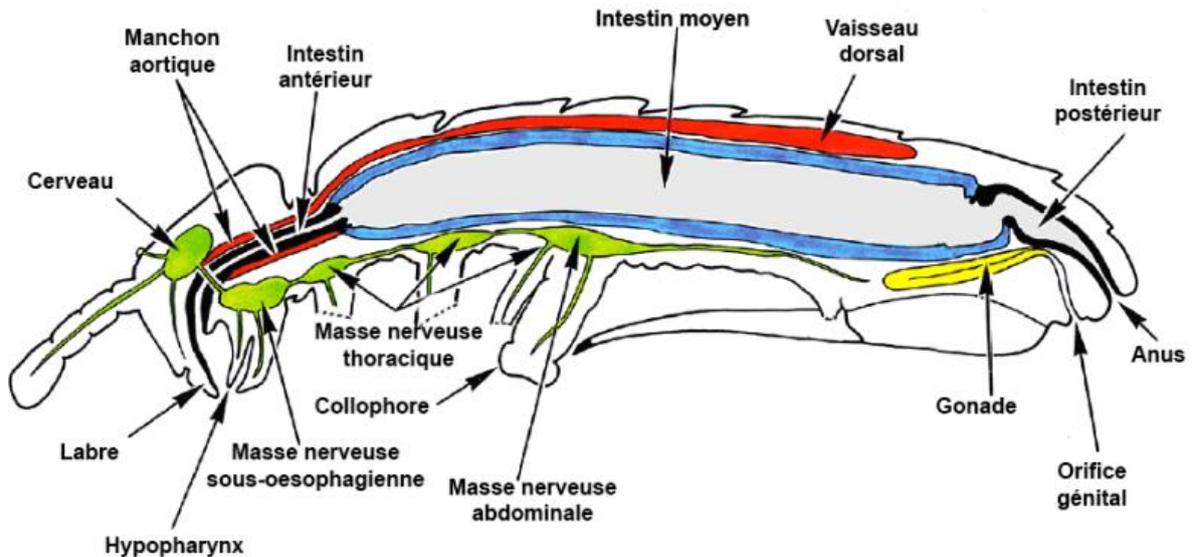


Figure 12 : Croquis repris à partir de "Le petit collembole illustré" – (Sacchi, 2011)

3.1. Système nerveux

Le système nerveux est constitué d'un ganglion abdominal relié à trois ganglions thoraciques qui s'étendent jusqu'au premier segment thoracique à partir duquel s'effectue la liaison avec le cerveau situé dans la tête (Cassagnau and Juberthie, 1970).

La taille des collemboles réduit considérablement le champ prospectif en matière d'étude du système nerveux. Il est en effet quasiment impossible de mesurer les influx nerveux en vue d'établir comme pour des espèces animales de plus grande taille des sortes d'électro-encéphalogrammes significatifs. Les méthodes utilisées exploitent deux types de données:

- Données de nature comportementale, à travers l'étude des réactions face à divers stimuli. Dans ce cas on fait appel à la perception sensorielle de l'animal.
- Données physiologiques observationnelles, par le biais de l'analyse de la nature et de la typologie des cellules présentes sur différentes parties du corps.

Lors des programmes de recherche, le spectre des stimulations exercées sur les collemboles balaie les domaines du goût, de l'odorat, de la sensibilité à la lumière, du toucher, des vibrations sonores, de la pression atmosphérique, de la température et de l'hygrométrie ainsi que de la concentration de l'air en oxyde de carbone.

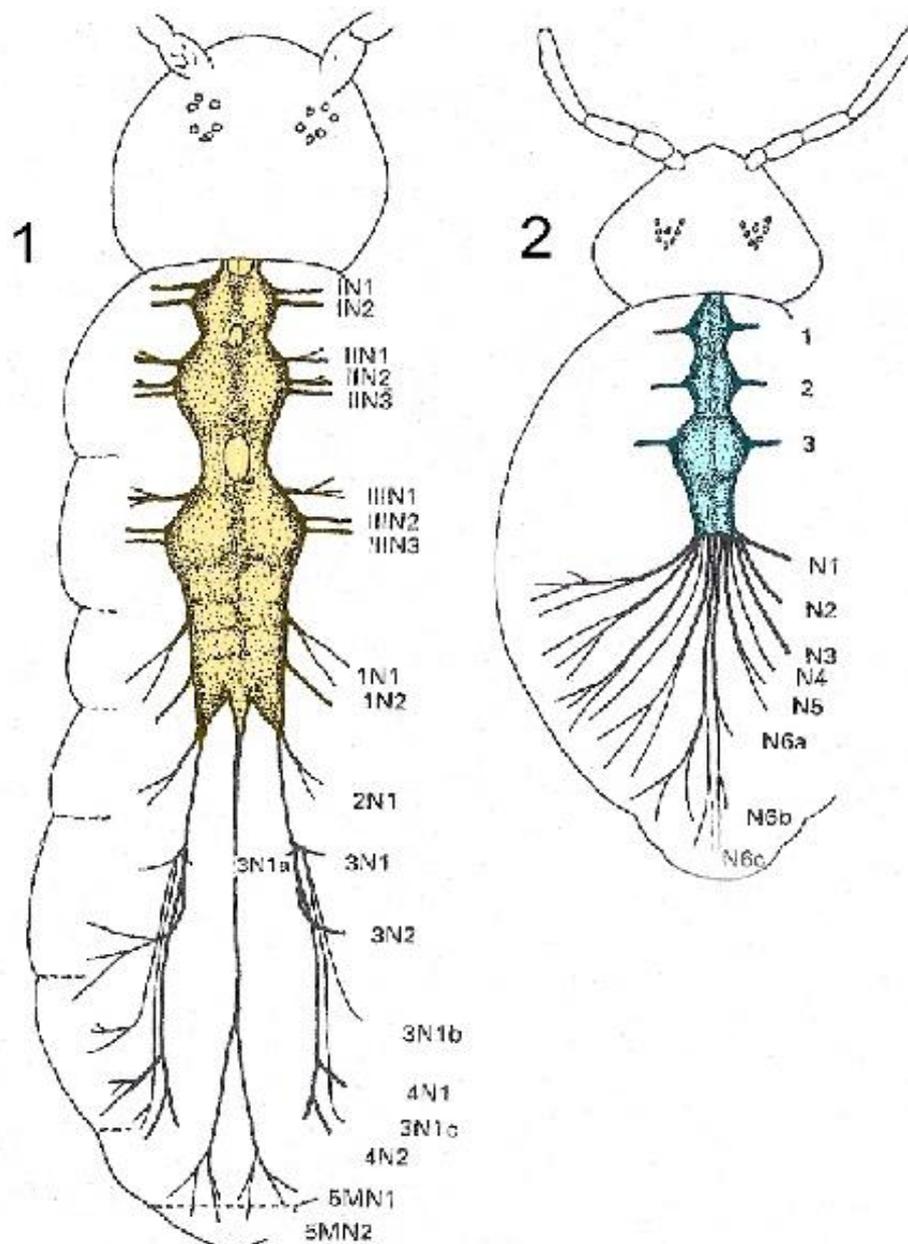


Figure 13 : Les systèmes nerveux thoraciques et abdominaux d'un Tomoceridae (Arthropléone) et d'un Sminthuridae (Symphypléone) (Anonyme.)

3.2. Appareil digestif

Les collemboles sont dotés d'un système digestif constitué d'un intestin divisé en trois parties distinctes qui permettent respectivement d'ingérer de digérer et d'évacuer les aliments, comme le montre le croquis ci-dessous représentant la coupe d'un collembole Arthropléone. Au niveau de sa bouche, le collembole possède des glandes salivaires dont la fonction est de sécréter des enzymes qui seront mélangées à l'alimentation au sein de la cavité buccale. L'intestin antérieur débute après le pharynx et se prolonge par un œsophage qui achemine les

aliments vers l'intestin moyen. ce dernier se présente comme une large poche entourée d'un réseau de muscles disposés de manière circulaire et longitudinale. Les contractions de ce réseau musculaires permettent de malaxer les aliments et de les évacuer vers l'intestin postérieur dont la jonction avec l'intestin moyen (zone pylorique) est dotée d'un sphincter. L'intérieur de l'intestin moyen est tapissé de cellules digestives qui secrètent des enzymes capables d'absorber les produits de la digestion. Le niveau d'acidité (pH) qui règne au sien de la poche intestinale est maintenu à une valeur optimale pour permettre à ces enzymes de remplir leur rôle (Hopkin, 1997b). Le pH mesurés dans la zone centrale et postérieure de l'intestin (rouge) avoisine pH6, ce qui correspond à un milieu très légèrement acide (sans commune mesure avec le suc gastrique humain, qui avec un pH2 est 10 000 fois plus acide). La partie antérieure (bleue) possède un pH8 qui la situe dans une valeur légèrement alcaline (comparable au pH de l'eau de mer).

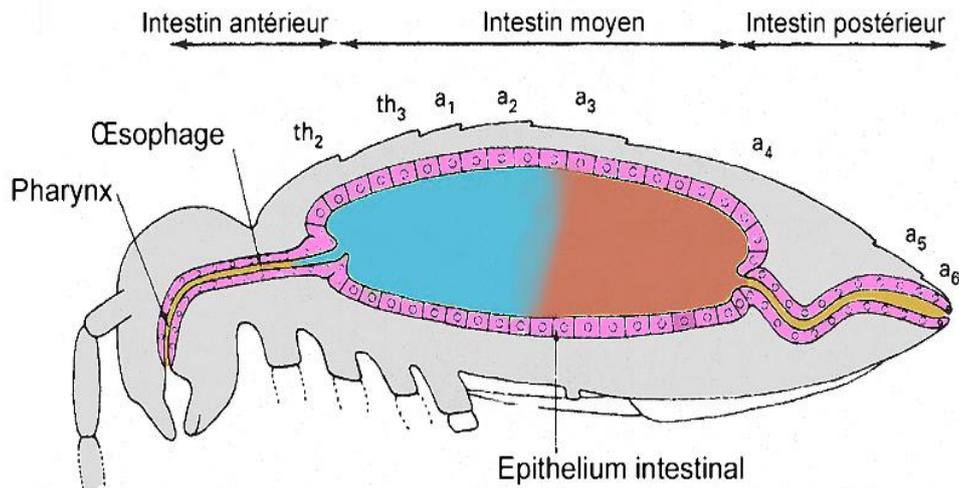


Figure 14 : Système digestif d'un collembole

Certaines espèces de collemboles comme le *Pogonognathellus flavescens* secrètent de la cellulase qui est une enzyme capable de digérer la cellulose ce qui leur permet en outre de jouer un rôle essentiel dans la transformation de la matière organique en humus à travers leurs déjections qui s'effectuent sous forme de petites boulette fécales. Ces dernières prennent forme au niveau du rectum après que l'eau contenue à la sortie de l'intestin moyen ait été absorbée par les cellules l'intestin postérieur. L'analyse du contenu de l'intestin moyen révèle la présence de bactéries et de champignons qui constituent à eux seuls une part importante de l'alimentation des collemboles. Les chercheurs pensent également que l'intestin moyen peut contenir d'autre bactéries vivant en symbiose et capables de fabriquer certaines enzymes que le collembole ne produit pas naturellement. Une partie des champignons ingérés résiste au

processus de digestion et de ce fait, leur déjection est un vecteur important de dissémination dans les sols.

3.3. Appareil respiratoire

Le processus respiratoire de la majeure partie des collemboles est cutané, seuls les Symphypléones et une douzaine d'espèce de la famille des Actaletidae disposent d'un réseau trachéen, comme le montre le schéma ci-dessous. Cette particularité leur confère une meilleure propension à évoluer à l'air libre et les rend moins sensibles à l'hygrométrie ambiante que les autres familles. C'est entre autre pour cette raison qu'on trouve plus facilement des Symphypléones évoluant au dessus du niveau du sol, d'autant que ces derniers disposent d'une pellicule fine de cire recouvrant leur cuticule (couche externe comparable à la peau chez les mammifères).

Plutôt que de parler de respiration, il conviendrait d'utiliser le terme d'échanges gazeux. La proportion entre la taille relativement faible du collembole et sa surface corporelle incluant la surface humide du tube ventral joue en faveur de ce mode respiratoire. Chez bon nombre d'espèces, la cuticule n'offre pas d'opposition aux échanges gazeux avec l'extérieur. Les besoins en air varient suivant les différentes familles de collemboles, directement corrélés avec leur niveau d'activité. Par exemple, les besoins sont minimales lorsqu'ils muent ou qu'ils sont affamés ou encore lorsqu'ils se reposent durant l'été ou les périodes de gel. L'hygrométrie et la température de l'air ambiant exercent également une influence non négligeable sur les volumes d'échanges nécessaires, plus il fait chaud plus ils consomment. En règle générale, les collemboles vivant au dessus du sol (épi édaphiques) ont une plus forte consommation d'oxygène que ceux qui vivent dans le sol (eu édaphiques). Les Symphypléones qui sont évolutifs en milieu épi édaphiques ont effectivement besoin de plus d'oxygène car ils doivent parcourir davantage de distances pour trouver des nourritures adaptées. D'autant que leur exposition à l'air libre les soumet à un plus grand nombre de prédateurs auxquels ils ne peuvent faire face qu'en s'enfuyant, ce qui ajoute à leur consommation d'oxygène (Greenslade, 1982).

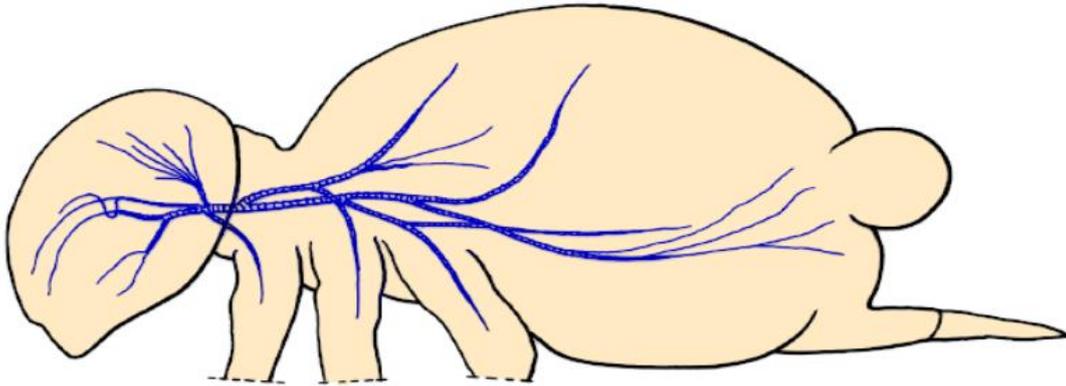


Figure 15 : Le système respiratoire (Anonyme.)

3.4. Système circulatoire

Les Collemboles sont pourvus d'organe spécialisé pour pomper l'hémolymphe dans les antennes (Palissa, 1991) cité par (Hopkin, 1997). La pulsation et la circulation de l'hémolymphe dans la cavité corporelle sont assurées par le vaisseau dorsal (de 60 à 160 pulsations par minute).

3.5. Système musculaire

Chaque segment thoracique et abdominal renferme une paire de muscles longitudinaux dorsaux-ventraux, ces muscles ont une disposition particulière. Lorsque la furca est présente, le quatrième segment abdominal porte des muscles supplémentaires pour faire fonctionner la furca (Deharveng et al., 2008)

3.6. Système excréteur

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

4. La reproduction

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

4.1. L'appareil génital des mâles

La gonade mâle est composée d'une paire de testicules à germanium latéral. Un canal déférent qui se développe en vésicule séminale lors de la reproduction, court chez les Arthropléones, long et contourné chez les Symphypléones, aboutit dans l'axe du corps à un *ductus ejaculatorius* impair à parois épaisses glandulaires. Le fonctionnement du testicule est lui aussi rythmé par les mues imaginaires. Les spermatozoïdes s'accumulent dans la vésicule séminale, mêlés à des gouttelettes nutritives sécrétées par la paroi. Ils ont une tête filiforme et sont enroulés sur eux-mêmes. Ils sont acheminés par le conduit dorsal du *ductus* cependant que se forme dans le conduit la tige du spermatophore qui pénètre au sein de la gouttelette spermatique. Les spermatophores sont disposés en grand nombre sur les substrats et les modalités de la prise par la femelle montrent des variations très nettes suivant les groupes (Cassagnau, 1990).

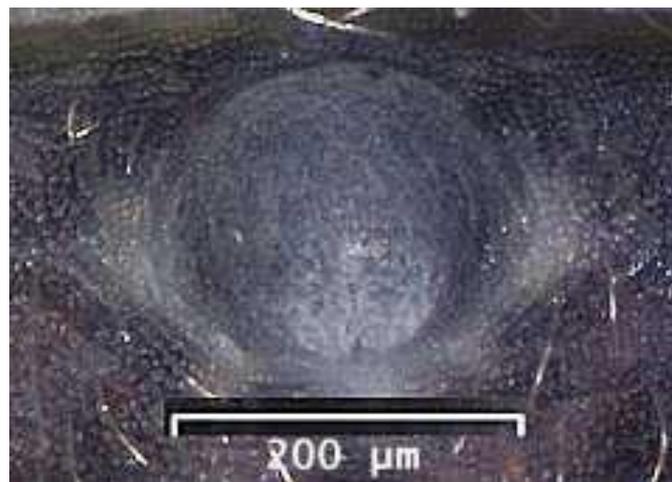


Figure. 16: Orifice génital mâle chez *Tetrodontophora bielensis*
(Bellinger et al., 2009)

4.2. L'appareil génital des femelles

La gonade des femelles est composée d'une paire d'ovaires ventro-latéraux de type méroistique polytrophique à germanium latéral et externe. De courts oviductes terminaux débouchant au vagin impair qui s'ouvre ventralement sur le cinquième sternite au niveau d'une fente génitale transversale. Chaque ovaire est composé de deux parties essentielles : Le *germarium* contenant les ovogonies, et le *vitellarium* où se déroule la différenciation pour donner naissance à des ovocytes et cellules nourricières. Le nombre de pontes ainsi que le nombre d'œufs par ponte dépendent de très nombreux facteurs. Chez beaucoup de

Neanuridae on observe dans la nature ou en élevage une seule ponte par an, par contre, chez les *Isotomidae*, il n'est pas rare d'observer jusqu'à 10 pontes, à raison d'une ponte tous les quinze jours (Hopkin, 1997)



Figure 17 : Plaque génitale de la femelle chez *Tetradontophora bielensis* (Bellinger et al., 2009)

4.3. Spermatophore

Le spermatophore est formé d'une gouttelette spermatique sphérique, blanchâtre ou presque transparente portée par un pédoncule (fig.17). Le diamètre de la gouttelette et surtout la hauteur du pédoncule varient dans de larges mesures selon les groupes. Selon Hale (1965) cité par Massoud (1971), pour la prise des spermes par la femelle chez *Orchesella villosa* et *Tomoceus minor*, la femelle émet par l'orifice génital une petite goutte de liquide dans laquelle, au moment de la prise du spermatophore, la sphère éclate et libère les spermatozoïdes. Il signale aussi qu'il n'a pas observé de telle sécrétion chez les autres groupes de Collemboles.

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

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

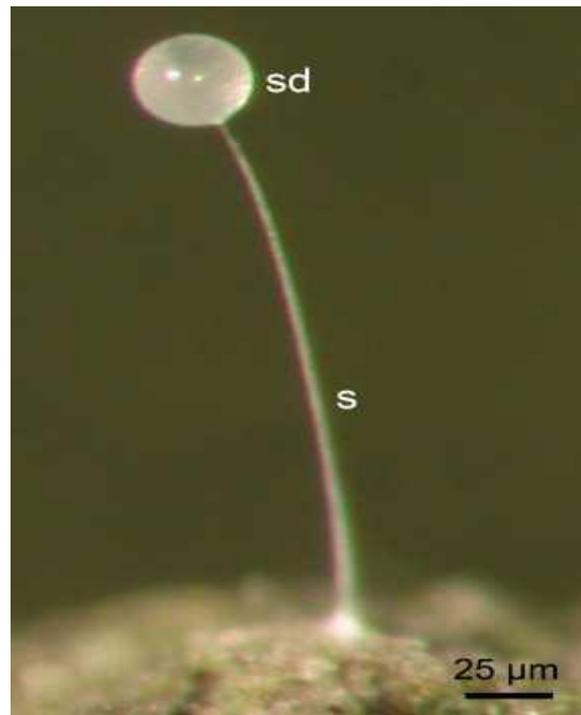


Figure 18 : spermatophore d'*Orchesella villosa*.(Bellinger et al., 2009)

4.4. Parthénogénèse

En générale la définition de la parthénogénèse n'a cessé d'évoluer au cours du temps. Au départ, elle fut considérée comme « La procréation sans influence directe d'un mâle » par Richard Owen en 1849 (Reinquin, 2013). La définition s'est précisée par après La parthénogénèse est un développement d'une cellule d'œuf en un nouvel individu en l'absence de fécondation », établie par (Suomalainen, 1950)

La majorité des Collemboles sont bisexués, mais plusieurs espèces se reproduisent par parthénogénèse facultative ou obligatoire cités par (Chahartaghi et al., 2006). Ce phénomène a été observé pour la première fois chez *Onychiurus hortensispar* (Gisin, 1949), d'après Massoud (1971). Depuis, plusieurs travaux ont démontré la présence de la parthénogénèse chez plusieurs groupes de Collemboles, en particulier chez les Isotomidae comme *Folsomia candida*, *Folsomia cavicola* et *Parisotoma notabilis* (Porco et al., 2012). (Chahartaghi et al 2006) décrit que les espèces parthénogénétiques sont petites et eu édaphiques, et les espèces dont lesquelles aucun mâle n'est enregistré sont hémi édaphiques.

4.5. La ponte

Les œufs sont fécondés dans la femelle en utilisant le sperme stocké. La plupart des espèces passent deux à trois minutes pour pondre un œuf. Les œufs peuvent être déposés individuellement ou en petites grappes, dans le sol, la litière ou sur les œufs déjà déposés par d'autres femelles de la même espèce. En laboratoire, la capacité de ponte d'une femelle *Sinella curviseta*, par exemple, atteint en moyenne 8 dépôts de 50 œufs, soit 400 œufs au cours de son cycle de vie. Après la ponte, les œufs sont soumis à une forte prédation, y compris par les collemboles eux-mêmes.



Figure 19 : Œuf enrobé d'*Arrhopalites scaecus* Cliché au microscope électronique à balayage, par Betsch-Pinot M-C. et Munch A. écologie générale, Brunoy

4.6. L'œuf

Les œufs des Collemboles sont sphériques et apparemment lisses au moment de la ponte. Au très fort grossissement (5000 au microscope électronique à balayage), on a trouvé une ornementation sur des œufs nouvellement pondus de *Tomocerus minor*. Le diamètre des œufs varie selon les espèces entre 0,10 et 0,30 mm. Ils sont en général de couleur pale, blancs ou jaunes ou ocre, parfois presque transparents. Dans tous les cas, les œufs deviennent plus foncés au cours de leur développement. (Massoud, 1971)

4.7. La fécondation

La fécondation est indirecte par l'intermédiaire d'un spermatophore déposé par le mâle sur le substrat. À l'intérieur du spermatophore, les spermatozoïdes baignent dans un liquide nourricier et protecteur, ce qui augmente leur probabilité de survie (Christian, 1996). Le dépôt des spermatophores peut être au hasard ou stimulé, par conséquent deux types de parades peuvent être distingués :

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

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

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

5 - Développement

5.1. Développement embryonnaire

Les œufs sont pondus soit isolément (Entomobryomorphes, Symphypléones), soit en groupes correspondant à une ponte dans de petites cavités du substrat, soit, chez les espèces à fort effectif, en pontes collectives pouvant rassembler plusieurs milliers d'œufs (Isotomidae, Hypogastruridae). Chez les Symphypleones, la tendance vers des modes de vie épigénaire l'enrobement des œufs par la femelle à l'aide d'excréments (Massoud and Pinot, 1973) cité par Hamra-Kroua (2005), ou de matériel du substrat ayant transité rapidement par le tube digestif (Cassagnau, 1990) cite par Hamra-Kroua (2005). Le développement embryonnaire de l'œuf est immédiat chez la plupart des formes édaphiques mais chez les épigés, les œufs d'hiver peuvent voir leur développement différer pendant plusieurs mois. Ces arrêts correspondent à des diapauses embryonnaires. L'œuf est de type centrolécithe, ce qui détermine une segmentation totale dans les premiers stades, passant à partir du stade 8 blastomères à une

segmentation superficielle isolant un blastoderme périphérique (Cassagnau, 1990) cite par Hamra-Kroua (2005).

5.2. Développement post-embryonnaire

Les juvéniles commencent à se nourrir rapidement après leur éclosion. Mis à part leur incapacité à se reproduire, ils ressemblent à leurs parents. le développement est rapide, et composé d'une succession des stades (typiquement 5 à 8) entrecoupés de mues, et ayant chacun une morphologie caractéristique, avant d'atteindre l'âge adulte.

Les adultes continuent de muer (jusqu'à 40 fois). la période entre 2 mues augmente avec l'âge et représente une à quelques semaines. Ces facteurs sont évidemment influencés par la qualité et la quantité des sources de nourriture, ainsi par la température (Hopkin, 1997). La longévité maximum authentifiée en laboratoire, a été montrée pour un individu de *Pseudosinella impediens*, qui a vécu 5 ans et 7 fois (Barra, 1976) . Cependant, il est possible que des individus aient vécu plus longtemps dans le milieu nature.

6 .Adaptations des Collemboles

6 .1. Adaptations morphologiques

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

-Atmobios : espèce des macrophytes ; 8+8 yeux, antennes très longues,

-Hemiedaphon: pigment bien développé, antennes moyennes

-Euedaphon : peuplement des couches profondes du sol, yeux réduits ou absents pigment limité aux yeux.

6.2. Adaptations physiologiques aux milieux extrêmes

6.2.1. Adaptation au froid

Les Collemboles possèdent d'intéressantes propriétés leur permettant de peupler des régions et des habitats particulièrement froids. De telles performances ne sont possibles que grâce aux propriétés « antigel » du milieu intérieur à base de cryoprotecteurs comme le

glycérol (Sømme and Conradi-Larsen, 1977) ,manitol, tréhalose, fructose (Sømme and Block, 1982) On trouvera une mise au point de ces problèmes dans les articles de Somme (1981) et de (Joosse and Verhoef, 1983)

6.2-2. Adaptation à la dessiccation ou anhydrobiose

La dessiccation quasi-totale des biotopes en saisons sèche est palliée le plus souvent par la capacité de résistance des œufs pondus dans les interstices et capables reconstituer des populations au retour des précipitations. Chez les *Folsomides variabilis*, des individus maintenus dans des élevages qui se dessèchent progressivement montre un comportement constructeur et se fabriquent des logettes à partir des interstices dont ils comblent les lacunes avec des boulettes de substrat (plâtre ou argile) ayant transité par le tube digestif. Au fur et mesure de la dessiccation, les individus se contractent, se creusent en gouttière sur la surface ventrale, les antennes repliées vers l'arrière. Ils peuvent rester ainsi desséchés plusieurs mois et reprennent leurs activités si l'on procède au ré imbibition (Cassagnau, 1990).

6.2.3 .Adaptation à l'inondation

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

6.2.4. Adaptation aux milieux halophiles

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

7. Ecologie des Collemboles

7.1. Milieux et habitats

Les Collemboles habitent surtout le sol et la litière des feuilles, ils occupent la deuxième position après les fourmis (Soto-Adames, 1996). Ils ont une prédilection pour les endroits humides. Mais, il existe d'autres qui, pendant le jour, peuvent se déplacer activement sur les écorces des arbres et les fleurs. On peut les trouver également sur les mousses, sous les pierres, dans les grottes, dans les termitières et les fourmilières, sur les surfaces d'eau (lacs, étangs,...etc.), et même dans les glaciers. Les Collemboles constituent une proportion significative de la biomasse animale (Cassagnau, 1990).

7-2. Régime alimentaire

Généralement, les collemboles sont des polyphages, néanmoins, ils peuvent être saprophages (plantes en décomposition), coprophages (excréments), nécrophages (cadavres), mycétophages (champignons), bactériophages (bactéries), ou même des prédateurs. Chez *Sinella coeca* et *Sinella pouadensis*, l'adulte mange ses propres œufs, même s'il y a assez de provisions (Thibaud, 1970). Une étude sur le régime alimentaire des Collemboles a été réalisée par Jan Addison à Canada, cet auteur a procédé à l'examen du contenu de l'estomac des collemboles. Il était généralement admis que les collemboles étaient mycophages, la plupart des Collemboles récoltés se nourrissaient effectivement de champignons, mais qu'ils affichaient des préférences pour certains types de champignons. Certains ne mangeaient que des champignons de couleur foncée, d'autres des champignons de couleur pâle et d'autres encore l'un ou l'autre type. Il a également découvert des espèces qui étaient détritivores (Anonyme, 2005).

7-3. Rôles écologique des collemboles

Les collemboles contribuent positivement à la qualité des sols. Ils ne peuvent pas être comparés aux animaux fousseurs du sol, cependant certains d'entre eux (notamment Onychiuridae) contribuent à la création de microporosité dans le sol. Ils jouent également un rôle important dans la diffusion des propagules dans les différents horizons du sol et spécialement vers les lieux de décomposition de la matière organique (Coleman et al., 2004). Ils contribuent également au mécanisme de reproduction des mousses par transport des spores (Jeffery et al., 2010). Les collemboles sont de bons indicateurs de la qualité des sols, tout comme les vers de terres ou encore les acariens. En effet, leur nombre dépend du taux de matière organique, de la disponibilité en eau (sensible à la dessiccation) et de la pollution des

sols. Ils sont alors utilisés pour évaluer l'écotoxicologie des sols (tests de survie et d'évitement), la nocivité des substances chimiques des sols ou encore pour analyser les effets des changements de pratiques agricoles (Jeffery et al., 2010). Ils servent d'hôtes à de nombreux parasites tels que des bactéries, nématodes, champignons... Ainsi, le niveau de parasites par collembole traduit le niveau de pollution des sols (Coleman et al.,2004)

8. Position systématique des collemboles

8.1. Eléments de taxonomie

Avant l'apparition de la génétique, la classification des organismes vivant se faisait par rapprochement de leurs caractères communs. Ces similitudes permettaient de les positionner dans un ordre reflétant la position qu'ils occupent dans l'arborescence de l'évolution. Le regroupement des caractères communs se fait autour d'une entité nommée taxon. Par exemple, l'espèce est le dernier taxon au sein de la classification systématique, mais si on considère non plus l'espèce mais la famille, toutes les espèces de cette famille sont à leur tour taxons de cette famille.

La classification des collemboles passe donc par une identification de ces caractères communs dont la dissociation peut nécessiter des études très détaillées. Par exemple, on peut étudier la taille ou la position des poils et sensilles, des ocelles au sein de la plaque oculaire, de l'organe post antennaire, de diverses pigmentations, des antennes, et autres organes ou appendices externes. Dans bien des cas une étude sous binoculaire ou microscope s'avère nécessaire. Tous ces éléments d'identification se nomment des « clefs"(Site internet 01)

8-2. Eléments de classification

Longtemps considérés comme des insectes les collemboles forment aujourd'hui une classe à part entière au sein du sous embranchement des hexapodes* (dans lequel les insectes sont dominants) appartenant eux même à l'embranchement des arthropodes**. On dénombre dans le monde près de 8000 espèces, dont environ 2200 sont présentes en Europe, et on continue d'en découvrir régulièrement. On estime qu'il en reste encore de 20 à 30 000 à découvrir.(Janssens, 2007)

Le schéma ci-dessous, très sommaire, permet de situer les quatre ordres de collemboles.

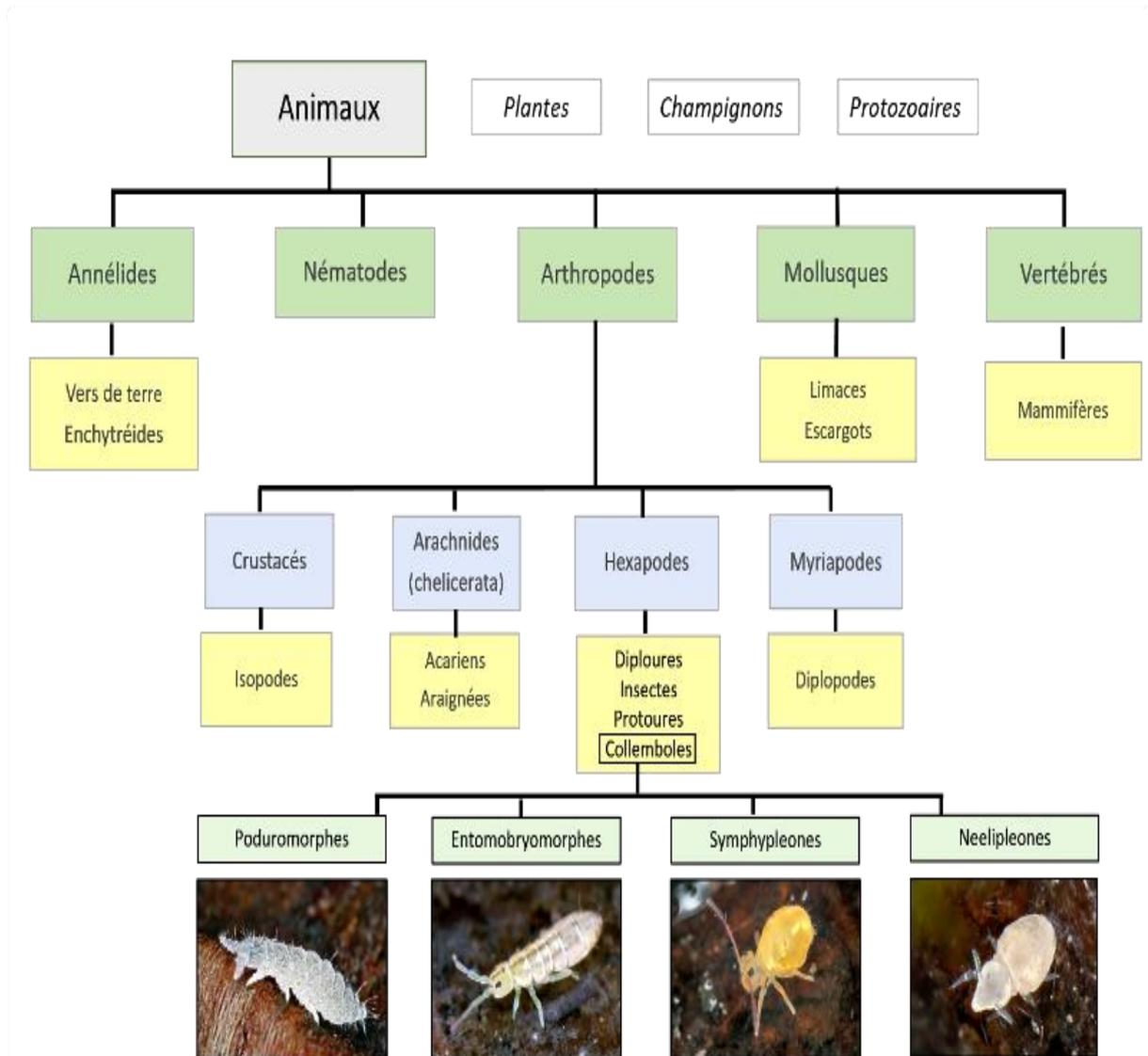


Figure 20 : Les quatre ordres de collemboles (Anonyme)

* Les Hexapodes (Hexapoda) constituent un sous-embanchement qui regroupe les insectes et d'autres arthropodes à trois paires de pattes (protoures, diploures et collemboles). Les Hexapodes sont composés de trois parties, la tête, le thorax et l'abdomen.

* du grec arthron (articulation) et podos (pied), les arthropodes sont un embanchement d'animaux dont le plan d'organisation est caractérisé par un corps formé de segments dont certains sont munis d'une paire d'appendices articulés et recouvert d'une cuticule ou d'une carapace rigide, qui constitue leur exosquelette, dans la plupart des cas constitué de chitine. Leur mue dite de croissance leur permet, (en remplaçant périodiquement leur squelette

externe), de grandir en taille ou d'acquérir de nouveaux organes et pour certains, de changer de forme (mue de métamorphose).(Janssens, 2007)

8.3. Familles selon les ordres

Les collemboles sont classés au sein d'une trentaine de familles réparties en quatre ordres. On distingue deux types morphologiques chez les collemboles, les Arthropléones et les Symphypléones. Leur taille varie entre 1 et 4 mm en moyenne mais peut descendre vers 0,12 mm (*Sphaeridia pilleata* – Symphypléone, probablement le plus petit Hexapode adulte connu) ou avoisiner 17mm (*Holacanthella duospinosa* - Neanuridae vivant en Nouvelle-Zélande). Bien que leur corps puisse parfois présenter des tons vifs (jaune, rouge, orange), leurs couleurs sont plutôt assez ternes variant entre gris, beige, brun, bleuté, jaunâtre ou blanc laiteux. Dans les tableaux ci-après, les chiffres en bleu indiquent le nombre d'espèces appartenant aux différentes familles formant un ordre donné.(Janssens, 2007)

9. Répartition des Collemboles dans le monde

Les Collemboles représentent la classe d'Arthropodes la plus diversifiée, ils sont présents dans tout le monde même dans le pôle de sud. Le nombre total d'espèces de Collemboles dans le monde est de 6000 espèces dont 1600 sont décrites pour la première fois en Amérique. Les aires géographiques où la faune Collemboologique est mieux connue sont : nord-ouest de l'Europe, Japon, nord américain et le nord mexicain (Soto-Adames, 1996).

10. Données actuelles sur les Collemboles d'Algérie

10.1. Liste des Collemboles connus d'Algérie (1846-1980)

Les travaux systématiques sur les Collemboles d'Algérie sont très peu nombreux et sporadiques. A la fin du 19^{ème} siècle (Lucas, 1846) et (Lucas, 1849) cité par (Thibaud and Massoud, 1980) signale quelques espèces difficiles à classer dans la systématique actuelle. Au début du 20^{ème} siècle d'autres travaux sont venus s'ajouter. (Absolon, 1913)(Cassagnau, 1963)cité par Thibaud et Massoud, (1980) décrit une espèce nouvelle d'une grotte près d'Alger, il s'agit de *Oncopodura delhezi*. Il faut attendre la deuxième moitié du 20^{ème} siècle es années, grâce essentiellement aux travaux de Cassagnau, (1963) sur le Nord Constantinois et celui de Stomp, (1974) qui étudier 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) que nous consignons dans le tableau 2, elles sont au nombre de 30, dont 21 nouvelles pour le pays (marquées d'une étoile) et 2 sont nouvelles pour la science, endémiques de la région : *Proctostephanus sanctiaugustini n sp* et *Onychiurus obsiones n.sp*. 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. De leur côté

Thibaud et Massoud, (1980) nous fournissent une synthèse sur les Collemboles d'Algérie avec un aperçu biogéographique de cette faune (Tableau 3).

Tableau 1 : Espèces récoltées dans des milieux édaphiques humides de la région d'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</i> <i>Protanura pseudomuscorum</i> * <i>Pseudochorutes parvulus</i>	Neanuridae
<i>Onychiuru sarmatus</i> * <i>Onychiurus imperfectus</i> * <i>Onychiurus obsionesn.sp</i> <i>Tullbergia bipartita</i> <i>Tullbergia krausbaueri</i> * <i>Tullbergia quadrispina</i> * <i>Tullbergia ramicuspus</i>	Onychiuridae
* <i>Folsomide sparvus</i> * <i>Isotoma olivacea</i> * <i>Isotomiella minor</i> * <i>Isotomina thermophila</i> * <i>Proctostephanus sancti-augustinin.sp</i> * <i>Proisotoma minuta</i> * <i>Pseudanurophorus isotoma</i>	Isotomidae
<i>Heteromurus major</i> * <i>Sinella Coeca</i>	Entomobryidae
* <i>Cyphoderus bidenticulatuscf.veneris</i> * <i>Oncopodura crassicornis</i>	Cyphoderidae
* <i>Megalothorax minumis</i>	Neelidae
<i>Dicyrtoma fusca</i>	Dicyrtomidae
* <i>Sminthurus echinatus</i>	Sminthuridae

Tableau 2: Les Collemboles d'Algérie selon Thibaud et Massoud, (1980)

Familles /espèces/ Répartition biogéographique	
PODURIDAE	
<i>Podura aquatica</i> (Linné 1758) **	H, 28
HYPOGASTRURIDAE	
<i>Acherontiell abouguisi</i> Cass et Delam., 1955 ++	C, 63
<i>Acherontiella onychiuriformis</i> Absolon, 1913 ++	Ab, 13
<i>Bonetogastrurira 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>Ceratophysell asigillata</i> (Uzel, 1891) +	H.28
<i>Ceratophysell atergilobata</i> Cass, 1954 ++	C.63
<i>Hypogastrura manubrialis</i> (Tull., 1869)*	H, 28 ; D.D,53;
<i>Hypogastrura purpurescens</i> (Lubbock, 1867) *	D, 25 ; H, 28 ; C, 63
<i>Hypogastrura sahlbergi</i> (Reuter, 1895) **	Lu, 1846
<i>Mesachorutes quadriocellatus</i> Abs., 1900 +	C, 63
<i>Willemia anophthalma</i> Börner ,1901 *	D.D, 53
<i>Xenylla humicola</i> (O. Fabricus, 1780) *	D.D, 53
<i>Xenylla maritima</i> Tullberg, 1869 *	H, 26
NEANURIDAE	
<i>Annurida maritima</i> (Guerin, 1836)*	H, 28
<i>Anuridatullbergi</i> Schött, 1891**	H, 28
<i>Brachystomellaparvula</i> (Schäffer, 1896)*	H, 28
<i>Frieseaoligirhopala</i> (Caroli, 1914) ++	C, 63
<i>Bilobella (Neanura) aurantiaca</i> (Caroli, 1912) +	H, 26 ; C, 63
<i>Neanura gladiolifer</i> Cass, 1954+	Mur, 58
<i>Neanura reticulata</i> (Axelson, 1905) +	H, 28
<i>Odontella lamellifera</i> (Axelson, 1903) *	D.D, 53
<i>Protanura pseudomuscorum</i> (Börner, 1903) ++	D, 25 ; C, 63
<i>Pseudochorutidina bouguisi</i> Delamare, 1951 ++	D.D, 53
<i>Pseudachorutes corticolis</i> (Schäeffer, 1896) +	Mur, 58
<i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901 **	C, 63

ONYCHIURIDAE	
<i>Metaphoruraaffinis</i> Börner, 1902 +	Mur, 58 ; C,63
<i>Neotullbergia (Tullbergia) ramicuspis</i> Gisin, 1953 +	C, 63
<i>Onychiurusfimetarius sensu</i> Denis, 1938 +	D, 24
<i>OnychiurusImperfectus</i> Denis, 1938 +	C, 63
<i>Onychiurusobsiones</i> Cassagnau, 1963 °	C, 63
<i>Protaphorura (Onychiurus) armata (Tull.1869) *</i>	D, 37 ; C, 63 ; Sto, 74, 80
<i>Protaphoruradelhezi</i> Stomp, 1980 °	Sto, 80
<i>Protaphorurasaccardyi (Denis, 1935) °</i>	D, 35 et 37 ; Sto, 74, 80
<i>Stenaphorura (Tullbergia) quadrispina (Börner, 1901) +</i>	C, 63
<i>Tullbergiakrausbaueri (Börner, 1901)*</i>	C, 63 ; D.D, 53
<i>Tullbergiabipartita</i> Handschin, 1920 +	Mur, 58 ; C, 63
ISOTOMIDAE	
<i>Archisotomainterstitialis</i> Delm., 1953 +	D.D, 53
<i>Folsomiaquadrioculata(Tullberg, 1871) *</i>	Mur, 58
<i>Folsomidesparvus</i> Folsom (in Mills, 1934) +	C, 63
<i>Isotomamauretaneca</i> Handschin, 1926 °	H, 26 et 28
<i>Isotomanivalis</i> Carl, 1910 +	Mur, 58
<i>Isotomaolivacea</i> Tullberg, 1871 **	C, 63
<i>Isotomavaillanti</i> Murphy, 1958 °	Mur, 58
<i>Isotomaviolacea</i> Tullberg, 1876 **	H, 28
<i>Isotomaviridis</i> Bourlet, 1839*	H, 28 ; Sto, 80
<i>Isotomiellaminor (Schäffer, 1896) *</i>	C, 63
<i>Isotominabituberculata(Wahlgren, 1906) ++</i>	H, 26
<i>Isotomina(Cryptopigus) thermophila (Axels. 1900)*</i>	C, 63
<i>Isotomuruspalustris (Müller, 1776)*</i>	H, 28
<i>Isotomuruspoinsotae</i> Stomp, 1980 °	Sto, 80
<i>Proctostephanussancti-augustini</i> Cass, 1963 °	C, 63
<i>Prosotoma minima (Absolon, 1901) **</i>	D.D, 53
<i>Prosotoma (Proisotoma) minuta (Tullberg, 1871)*</i>	C, 63

<i>Prosotoma (Proisotoma) oeensis</i> Caroli, 1914 +	D, D, 53
<i>Proisotomarpicola</i> Linnaniemi, 1912 +	H, 28
<i>Prosotomaschoetti</i> (D. Torre, 1895) *	H, 28
<i>Pseudanurophorus isotoma</i> (Börner, 1903) +	C, 63
ENTOMOBRYIDAE	
<i>Entomobrya multifasciata</i> (Tull., 1867) *	H, 28
<i>Entomobryanicoleti</i> (Lubbock, 1867) +	D, 25
<i>Entomobrya quinquelineata</i> Börner, 1901 +	H, 26 et 28
<i>Entomobrya (Mesentoma) dollfusi</i> Denis, 1924 +	Chr, 56
<i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889) +	H, 28 ; C, 63
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835) **	H, 26
<i>Heteromurus peyerimhoffi</i> Denis, 1937 °	D, 37 ; Sto, 74, 80
<i>Heteromurus tetrophtalmus</i> Börner, 1903 ++	Sto, 74, 80
<i>Lepidocyrtus curvicollis</i> Bourlet, 1839 **	H, 26 et 28
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871 *	H, 28
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788) **	H, 28
<i>Orchesellacincta</i> (Lubbock, 1758) **	D, 25 ; H, 28
<i>Orcheselladelhezi</i> Stomp, 1980 °	Sto, 80
<i>Orchesellavillosa</i> (Geoffroy, 1764) +	D, 25 ; H, 28
<i>Seiradollfusi</i> (Carl, 1899) +	H, 28
<i>Seiradomestica</i> (Nicolet, 1841) *	D, 24
<i>Seiralesnei</i> Denis, 1924 °	D, 24
<i>Seirarosei</i> (Denis, 1925) °	D, 25
<i>Seirasquamoornata f. incerta</i> (Handschin, 1925) *	H, 26 et 28
<i>Seirasquamoornata f. incolorata</i> (Wahl., 1906) *	H, 28
<i>Seirasquamoornata f. obscuriventris</i> (Denis, 1924) *	D, 24
<i>Sinellacoeca</i> (Scött, 1896) *	C, 63
TOMOCERIDAE	
<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862) *	H, 28
CYPHODERIDAE	
<i>Cyphoderus albinus</i> Nicolet, 1841 *	H, 26
<i>Cyphoderus bidenticulatus</i> (Parona, 1883) *	C, 63

<i>Cyphoderusmarocanus</i> (Delamare, 1948) ++	J, 74
<i>Cyphoderusora niensis</i> Delamare, 1948 °	D.D, 48
<i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebot., 1911 +	C, 63
<i>Oncopodura delhezi</i> Stomp, 1974 °	Sto, 74, 80
NEELIDAE	
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900 *	C, 63
DICYRTOMIDAE	
<i>Dicyrtoma fusca</i> (Lucas, 1842) +	C, 63
<i>Dicyrtomina minuta</i> (O.Fabr., 1783) *	H, 26 et 28
<i>Dicyrtomina ornata</i> (Nicolet, 1841) +	H, 26
SMINTHURIDAE	
<i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1867) *	H, 28
<i>Allacma fusca</i> (Linné, 1758) **	H, 28
<i>Capraeinae chinata</i> (Stach, 1930) ++	C, 63
<i>Sminthurus lesnei</i> Carl, 1925) ++	D, 25
<i>Sminthurus punctatus</i> Lucas, 1846 °	Luc, 1846
<i>Sminthurus viridis</i> (Linné, 1758)*	H, 26 et 28
<i>Sphyrotheca bernardi</i> Delamare, 1953 °	D.D, 53
<i>Sphyrotheca lubbocki</i> Tullberg, 1872 +	H, 26
SMINTHURIDIDAE	
<i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1843) *	H, 28
<i>Sminthurides malmgreni</i> (Tullberg, 1876) *	H, 28
<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbaueri, 1898) *	C, 63

Liste des abréviations des auteurs:

Ab,Absolon; C, Cassagnau; Chr, Christiaansen; D, Denis; D.D, DelamareDebouteville;
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 104 espèces de Collemboles en Algérie qui se répartissent entre les 4 ordres des Collemboles :

- * **Ordre des PODUROMORPHA:** 4 familles
 - PODURIDAE: 1 espèce
 - HYPOGASTRURIDAE: 7 genres ; 17 espèces
 - NEANURIDAE: 11 genres ; 12 espèces
 - ONYCHIURIDAE : 6 genres ; 14 espèces

- * **Ordre des ENTOMOBRYOMORPHA:** 4 familles
 - ISOTOMIDAE : 13 genres et 21 espèces
 - ENTOMOBRYIDAE: 6 genres et 22 espèces
 - TOMOCERIDAE: 1 espèce
 - CYPHODERIDAE: 1 espèce

- * **Ordre des NEELIPLEONA:** 1 famille
 - NEELIDAE: 1 espèce

- * **Ordre des SYMPHYPLEONA:** 3 familles
 - DICYRTOMIDAE : 2 genres ; 3 espèces
 - SMINTHURIDAE: 5 genres ; 9 espèces
 - SMINTHURIDIDAE: 2 genres ; 3 espèces

Selon Hamra-Kroua, (2005) Il y a lieu d'ajouter la famille *Oncopoduridae* des (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 al, 1997).

Du point de vue systématique, les données des tableaux précédents montrent que la diversité de la faune algérienne des Collemboles est très réduite (104 espèces signalées appartenant à 13 familles et 58 genres) et ne représente certainement pas l'immensité du pays et la diversité de ses biotopes. Cette faune est insignifiante comparée à 7650 espèces, 621 genres et 45 familles et sous-familles recensés dans le monde (Hamra-Kroua, 2005).

CHAPITRE II

Présentation de la localité d'étude et Méthodologie

1- Situation et caractéristiques des stations d'étude

1.1- Le massif de l'Edough

1.1.1. Situation géographique

La forêt domaniale de l'Edough est formée d'un seul tenant dans l'espace forestier compris entre le Cap de Fer à l'Ouest et l'agglomération d'Annaba à l'Est. Ce massif dont l'altitude atteint 1008 m au Kef Sbaa est bordé par la méditerranée aux Nord et Nord Est, au sud, sud Est par le lac Fetzara et les riches plaines agricoles d'Annaba. Au Nord-Ouest par la plaine de Senhadja et les massifs de Chétaibi.

La flore du massif forestier de l'Edough est caractérisée par deux essences principales : le chêne-liège, qui occupe 3419 ha et le chêne zen, qui couvre en massif compacts toutes les parties humides ou fraîches des versants Nord et Est. La Forêt domaniale de l'Edough s'étend sur une superficie de 527402.45 ha répartis administrativement sur le territoire de la Wilaya d'Annaba.

Seraidi est un village forestier très ancien, connu sous le nom de Bugeaud. Depuis 1845, dans cette région on trouve l'une des plus importantes subéraies de chêne-liège de l'est Algérien. Située au Nord-Est du pays à 13 km à l'ouest d'Annaba et à 1008 m d'altitude (Hamza, 2013)

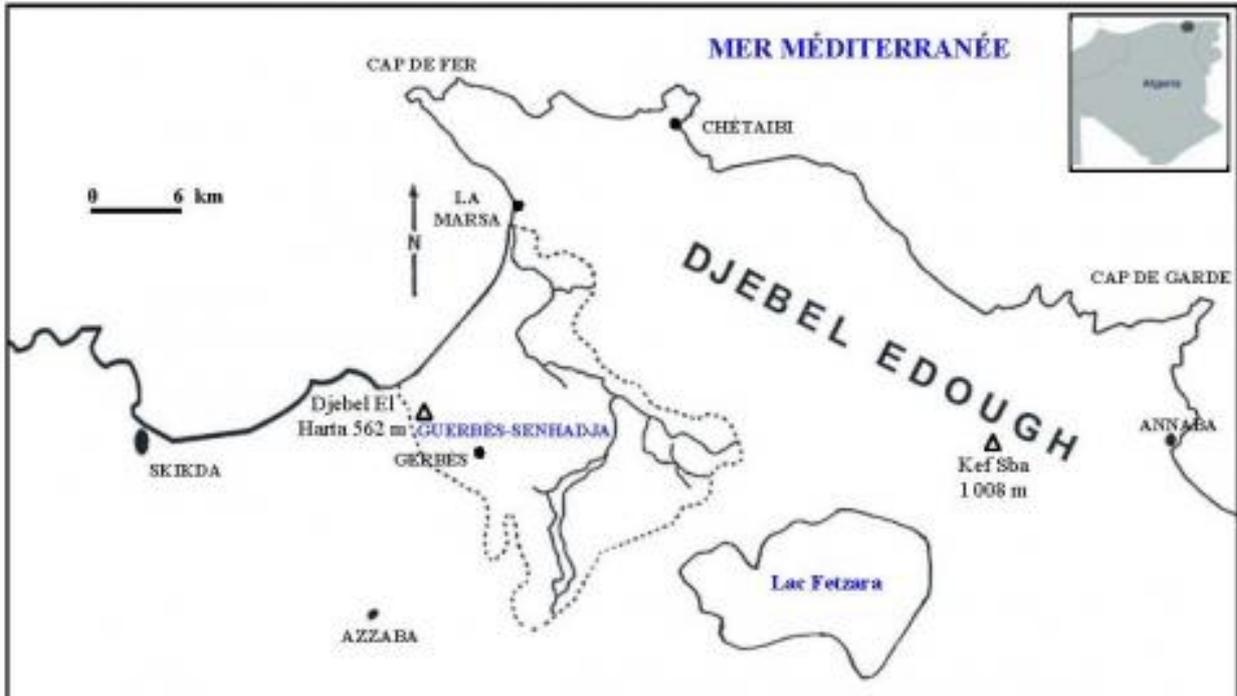


Figure 21: Localisation géographique du site d'étude (Anonyme .,)

1.1.2-Le couvert végétal

Le massif de L'Edough dont les altitudes vont de 0 à 1008 m, est essentiellement occupé par des forêts constituées des espèces suivantes :

Le chêne liège (*Quercus suber*), le chêne zen (*Quercus faginea*), Pin maritime (*Pinus pinaster*), châtaignier (*Castanea sativa*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*)

La répartition de la végétation se fait suivant les conditions écologiques locales : altitude, topographie, substrat, bioclimat , étages..

La flore régionale de l'Edough se caractérise essentiellement par les légumineuses arbustives (*Cytisus*, *Calycotome*, *Genista*,...), les rosacées (*Cerasus*, *Rubus*, *Crataegus*), les éricacées et les cistacées .

Les groupements végétaux se rangent dans 3 étages altinaux de végétation qui succèdent de bas en haut comme suit :

- L'étage thermo méditerranéen : Nettement thermophile , qui se caractérise par l'oléolentisque à caroubier (0 à 500 m) ,avec pour espèces principales : *Pistacia lentiscus* , *Olea europea* , *Nerium oleander* , *Ceratonia siliava* , *Chamaerops humilis* , *Porasium majus* .
- L'étage méso méditerranéen : Qui regroupe les chênaies persistantes à chêne-liège et les groupements climatique à pin maritime (500 à 800).

Les espèces qui s'y distinguent sont : *Quercus suber* , *Pinus pinaster* , *Quercus faginea* , *Pteris aquilina* , *Cerasus avium* , *Cytisus crifolorus* , *Erica arborea* , *Lavandula stoechos* , *Arbutus unedo* , *Phillyrea media* , *Daphne gnidium* , *Myrtus communis*

- L'étage supra méditerranéen, domaine de la chênaie caducifoliée à chêne-zeen au-dessus de 800 m environ, on y trouve également :

(*Castanea sativa*) , (*Ilex aquifolium*) , (*Alnus glutinosa*) , (*Viburnum tinus*) , (*Ceataegus monogyba*) , (*Cyclamen africanum*) (Toubal, 1989).

1.1.3- Caractéristiques climatiques

Le climat est de type méditerranéen ; caractérisé par une pluviométrie irrégulière, les pluies tombent durant la saison froide avec un creux estival.

Les pluies étant pour la plupart d'origine orographique , les points les plus pluvieux correspondent aux sommets les plus élevés et aux températures les plus basses ; le mois le plus froids correspond à février , le plus chaud à août.

L'état hydrographique est élevé, entretenu par la proximité de la mer. Les vents dominants soufflent du secteur N.O sauf le matin ou ils viennent de S.E (sirocco), ce vent chaud contribue à augmenter l'évapotranspiration chez les végétaux et favorise l'incendie.

2- Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage se fait d'une manière aléatoire pendant la période humide entre le mois d'Octobre et Avril.

L'échantillon est un volume de sol de 200 cm³ de litière, soit l'équivalent d'une surface de 20 cm² environ. Un prélèvement dans différents biotope (litière sous-bois ; lentisque et myrte, mousse, litière chêne liège et Chêne zen, litière ceratonia). La litière est prélevée à la main. Seule la couche humide est Prélevée. Les échantillons prélevés sont mis dans des boites en plastiques bien fermées pour éviter l'évaporation.

3-Extraction des Collemboles

Les échantillons récoltés sont analysées au niveau du laboratoire de bio systématique et écologie des Arthropodes. L'extraction des Collemboles 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 & Vannier, 1969)cité par Hamra Kroua, 2005. La méthode la plus utilisée est celle connue sous le nom de : "Extraction par voie sèche", appelée aussi méthode de Berlese-Tullgren. C'est une méthode sélective ou dynamique, par laquelle les Microarthropodes (Acariens, Collemboles et autres Arthropodes) sont récoltés sans l'intervention d'un opérateur. Cette méthode a été utilisée par Hamra Kroua (2005) et a donné un rendement satisfaisant

3.1- Principe de la technique

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

3.2- L'extraction des Collemboles

une cuvette en toile métallique à maille de 1 à 4 mm placer sur un entonnoir en plastique d'environ 25 cm d'ouverture, sur laquelle la disposition l'échantillon de sol ou de litière. Un tube de récolte renferment de l'alcool éthylique à 70° ferme la base 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 sécheresse, descendent l'échantillon et les mailles du tamis et finissent par tomber dans l'entonnoir et le tube de récolte. (Vannier, 1977) a montré que la réponse des Collemboles à la dessiccation 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.

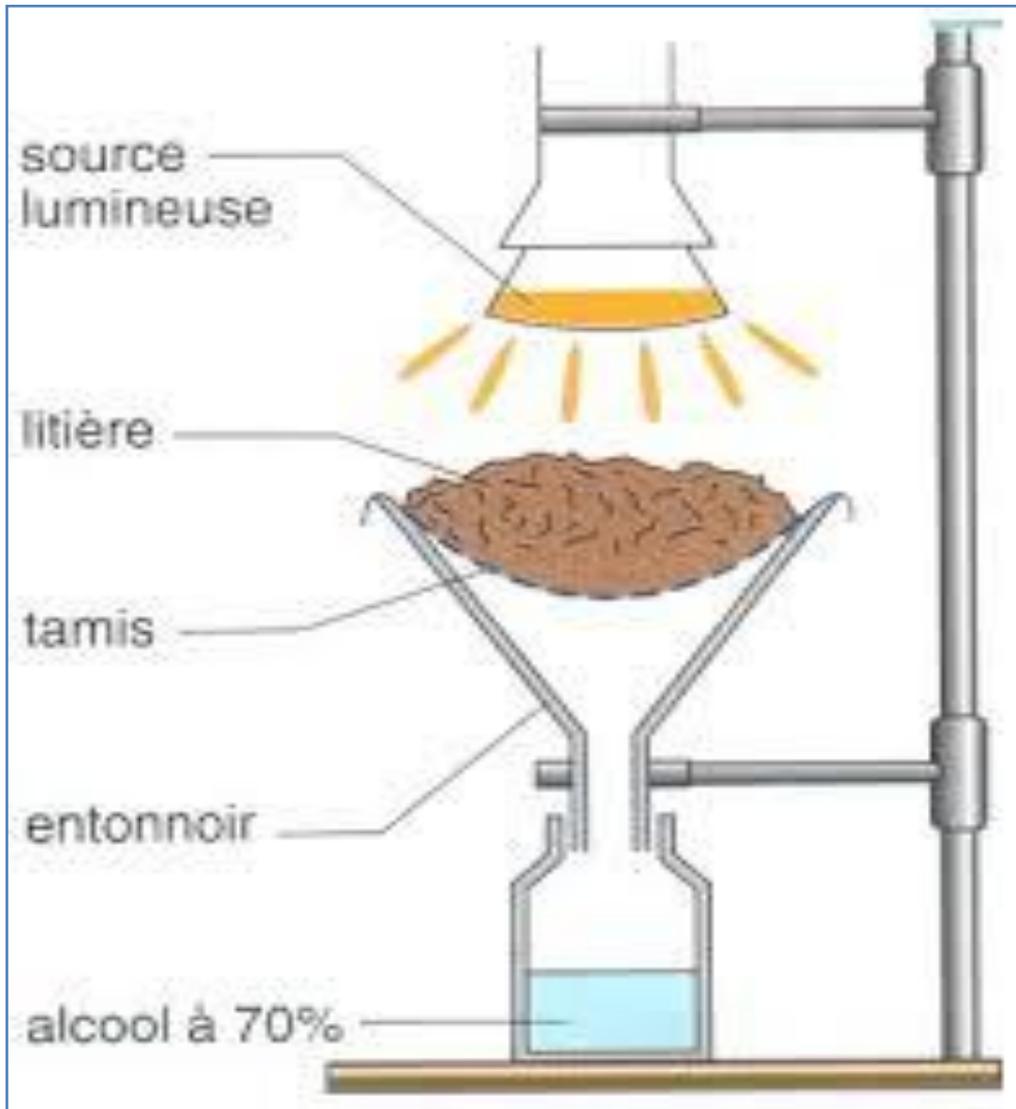


Figure 22 : Appareil de Berlese –Tullgren pour l'extraction des Collemboles par la méthode de " voie sèche"

4-Tri et dénombrement

Les Collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de Pétri pour entamer le tri sous la loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les Collemboles des autres Microarthropodes et à l'aide de la brosse de Cassagnau (une tige en matière plastique très fine de 1mm montée sur un mandrin métallique). Ensuite un dénombrement se fait pour de déterminer le nombre total d'individus de Collemboles présents

dans chaque échantillon trié. Les collemboles sont conservés dans des tubes étiquetés contenant de l'alcool à 70%.

5- Identification des collemboles

L'identification au niveau de l'ordre et la famille est réalisée sous loupe binoculaire et à l'aide d'une clef dichotomique de Jordana et Arbea (1989) qui donne les caractéristiques morphologiques générales des Collemboles.

L'identification au niveau de l'espèce est plus compliquée parce qu'on est besoin de voir des caractères plus détaillés comme ; le nombre et disposition des soies ou ce qu'on appelle la chaetotaxie. Cela nécessite une préparation entre lames et lamelle avant de procéder à l'observation sous microscope à contraste de phase. L'identification au niveau de l'espèce doit être réalisée par un spécialiste en taxonomie.

5.1-Fixation

Pour l'observation entre lame et lamelle les collemboles doivent fixer soit dans l'alcool à 70° ou 75°, mais par suite de leur non-mouillabilité il faut utiliser le liquide de Gisin pour briser les forces de tension qui les maintient en surface.

Gisin propose la composition suivante :

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

5.2- Eclaircissement

L'éclaircissement permet de débarrasser l'animal de tous les tissus internes et d'en conserver l'exosquelette chitino-protéique, afin de pouvoir en observer convenablement les détails de la chétotaxie et d'autres caractères d'intérêt systématique. L'éclaircissement de quelques exemplaires dans l'acide lactique a froid ou à chaud sur plaque chauffante jusqu'à parfaite extension de l'animal pour éviter son éclatement. L'inconvénient de l'acide lactique est de faire disparaître le pigment naturel des espèces. D'autres milieux éclaircissants sont utilisés et leur utilisation a permis d'obtenir de meilleurs résultats (Jordana et al, 1997) cite par Hamra-Kroua (2005).

* Milieu éclaircissant de Nesbit qui se compose de:

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

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

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

5.3-Montage et conservation

Après l'éclaircissement, les collemboles sont éliminés de leur gras des tissus et devient transparents, puis le lavage des collemboles avec l'eau distillée et l'alcool pour éliminer les excès de 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 mm

Une fois le liquide de montage est prêt, réalisation d'un montage proprement dit de l'animal :

- une petite goutte de Hoyer au milieu de la lame pour qu'il ne déborde pas, et l'élimination de l'excès avec un bout de buvard.

- Placement l'animal éclairci et lavé au centre de la goutte du liquide et on l'enfonce jusqu'au contact de la lame.

- recouvrement du liquide et l'animal dedans avec la lamelle en la posant par un côté et en la rabattant lentement pour ne pas écraser l'animal et pour ne pas former des bulles d'air.

- Exercer sur la lamelle de très faibles mouvements pour orienter l'animal pour obtenir un meilleur angle de vue.
- Sécher la préparation dans une étuve à 50 °C
- ajouter parfois une petite goutte de liquide sur les bords de la lamelle pour compenser les rétractions

5.4-Observation

L'observation est réalisée sous microscope à contraste de phase avec un tube à dessins ou d'un appareil photographique pour dessiner l'animal et pour voir certains détails nécessaires pour l'identification.

- Clé des ordres (Fig. 27)

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.

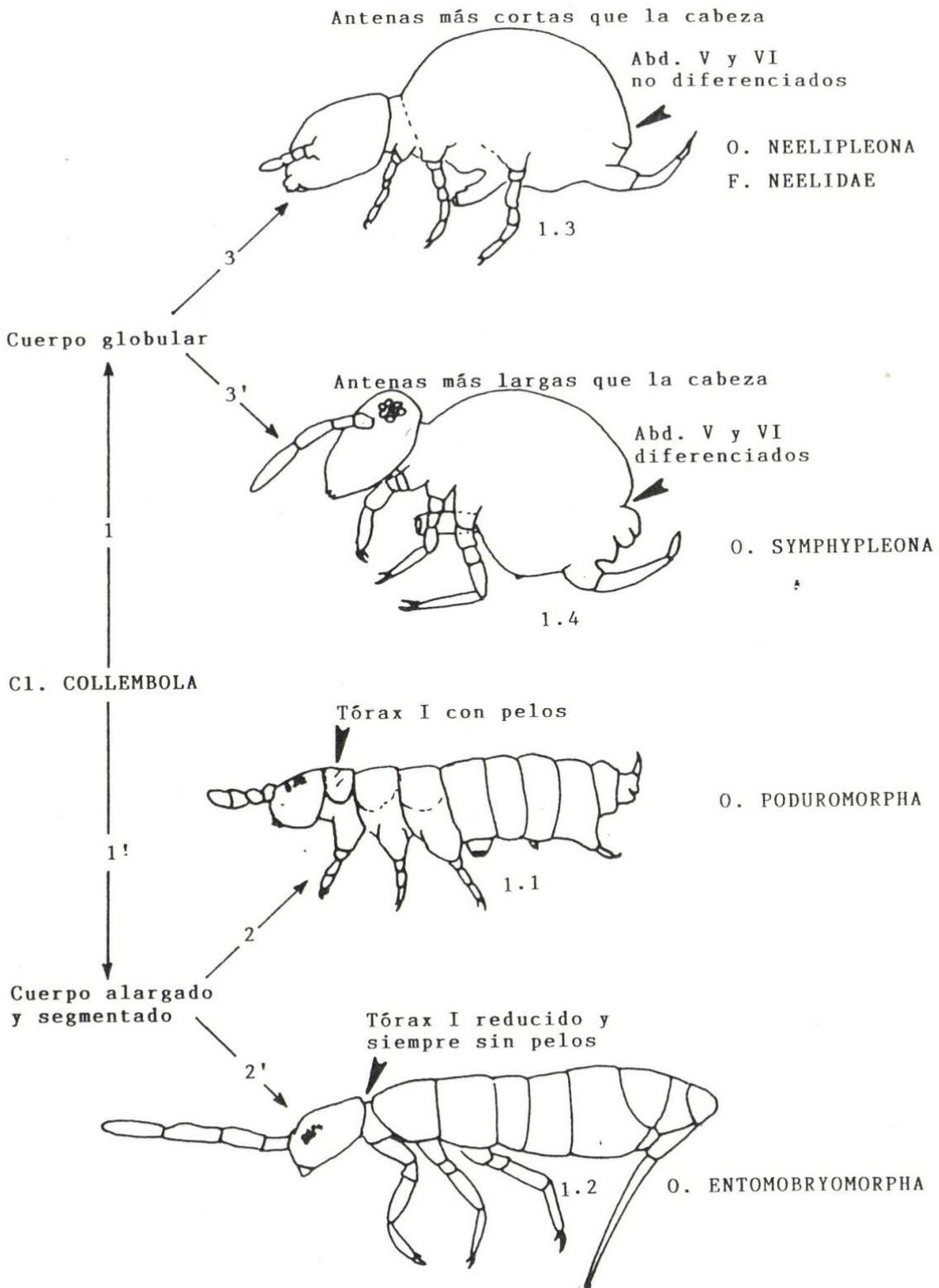


Figure 23 : Les ordres des collemboles

- Clé des famillesOrdre *PODUROMORPHA*

- 1.- Pièces buccales broyeuses 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 sensorielles en forme de "masse", très apparentes et protégées par des papilles. Sans yeux. Corps sans pigmentationF.*ONYCHIURIDAE*
- 2'- Corps sans pseudocelles. Organe sensoriel au sommet du 3^{ème} 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'intérieurF.*PODURIDAE* Lubbock, 1873: *Podura* Linnaeus, 1758
- 3'- Furca très courte, quand elle est rebattue ne dépasse pas les coxas de la 3^{ème} paire de pattes, ou absente. Les deux branches de la dens, quand elles sont présentes, sont parallèles ou dive.....F.*HYPOGASTRURIDAE* Börner, 1913
- 4.- Métathorax (3^{ème} segment thoracique) généralement avec microsensilles latérales. Furca présente. Mucron avec lames obliques ou en forme de gant.....F. *ODONTELLIDAE* Massoud, 1981
- 4'-Métathorax sans microsensilles latérales. Furca présente ou absente.....F.*NEANURIDAE* Cassagnau, 1955.

lOrdre *ENTOMOBRYOMORPHA*

- 1- Corps couvert de soies simples ou faiblement cilié 2
- 1'- Corps couvert de soies très pilosées, de gros cils. Avec ou sans écailles ou soies en forme d'écailles 3
- 2- Segment abdominal III réduit, presque invisible en vue dorsale. Segments 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 F. *ACTALETIDAE*
- 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*

- 3- Mucron court, avec une ou deux dents, avec ou sans épine basale. Dens régulièrement annelé en son côté postérieur **F. ENTOMOBRYIDAE**
- 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 large 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**
- 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**
- 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**
- 6'- Dens avec griffe ou deux rangs d'épines ciliées. Mucron de forme conique et relativement court. Griffe et empodium sans dents aliformes **F. PARONELLIDAE**

Ordre *SYMPHYPLEONA*

- 1- Tenaculum avec 4 dents depuis la phase juvénile II jusqu'à l'adulte (réellement avec 3 dents et un tubercule basal) 2
- 1'- Tenaculum avec 3 dents depuis la phase 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**
- 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- Segment 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**

- 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 pigment. Tibiotarse sans éperons. Adultes avec épines sur tous les dents **F. *ARRHOPALITIDAE***
- 4'- 8 cornéules de chaque côté de la tête. Tibiotarse avec éperons fins et redressés. Dents sans épines **F. *KATIANIDAE***
- 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***
- 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***
- 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 appliqués sur la largeur de la griffe **F. *BOURLETIELLIDAE***

CHAPITRE III

Résultats

1- Composition faunistique et appartenance biogéographique des collemboles du massif forestier de l'Edough.

Nous donnons dans tableau 5, le statut actuel et l'appartenance biogéographique des espèces de Collembolés récoltées et identifiées du le Massif de l'Edough.

Tableau 3 : Statut taxinomique et appartenance biogéographique des espèces de Collembolés du massif de l'Edough de 2005 à 2018.

Familles et espèces	Statut	Aire de répartition
I.- PODUROMORPHA Börner, 1913		
1.- Famille des Hypogastruridae Börner 1913		
1- <i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	°	Larg.rép.
2- <i>Ceratophysella gibbosa</i> (Bagnall, 1940)	*	Eur.
3- <i>Ceratophysella tergilobata</i> (Cassagnau 1954)	°	Médit.
4- <i>Hypogastrura vernalis</i> (Carl, 1901)	*,+	Larg.rep.
5- <i>Mucrella acuminata</i> (Cassagnau, 1952)	*,+	Eur.
6- <i>Schoettella</i> sp.	* ?	Hol
7- <i>Microgastrura minutissima</i>	*, +	Medit. Am.N
8- <i>Xenylla maritima</i>	*	Holarc.
9- <i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i>	*	Médit.
10- <i>Xenyllogastrura afurcata</i>	*, +	Médit.
11- <i>Willemia intermedia</i>	*, +	Larg rép.
2.- Famille des Odontellidae Deharveng, 1982		
12- <i>Axenyllodes bayeri</i> (Kseneman, 1935)	*	Larg.rép.
13- <i>Xenyllodes armatus</i> Axelson, 1903	*, +	Larg rép.
14- <i>Superodontella lamellifera</i> (Axelson, 1903)	°	Larg rép.
15- <i>Superodontella vallvidrerensis subalpina</i> Arbea 1990	*, +	Eu-Médit.
16- <i>Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis</i> (Selga 1966)	*, +	Eu-Médit.
17- <i>Odontella</i> sp.	* ?	Ind.
3. - Famille des Brachystomellidae Stach, 1949		
18- <i>Brachystomella curvula</i> Gisin, 1948	*, +	Eu-Médit.
19- <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1816)	°	Cosm.
4. - Famille des Neanuridae sensu Cassagnau, 1955		
a.- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967		
20- <i>Friesea albida</i> Arbea et Jordana, 1993	*, +	Eur.
21- <i>Friesea ladeiroi</i> Gama, 1959	*, +	Médit.
22- <i>Friesea laouina</i> Deharveng et Hamra-Kroua, 2004	n.sp.	End.
23- <i>Friesea mirabilis</i> (Tullberg, 1871)	*, +	Eur.
24- <i>Friesea cf. steineri</i> Simon, 1975	*, +	Medit.
25- <i>Friesea cf. truncata</i> Cassagnau, 1958	*, +	Eu-Médit.
26- <i>Friesea cf. mirabilis</i>	*?	Ind.

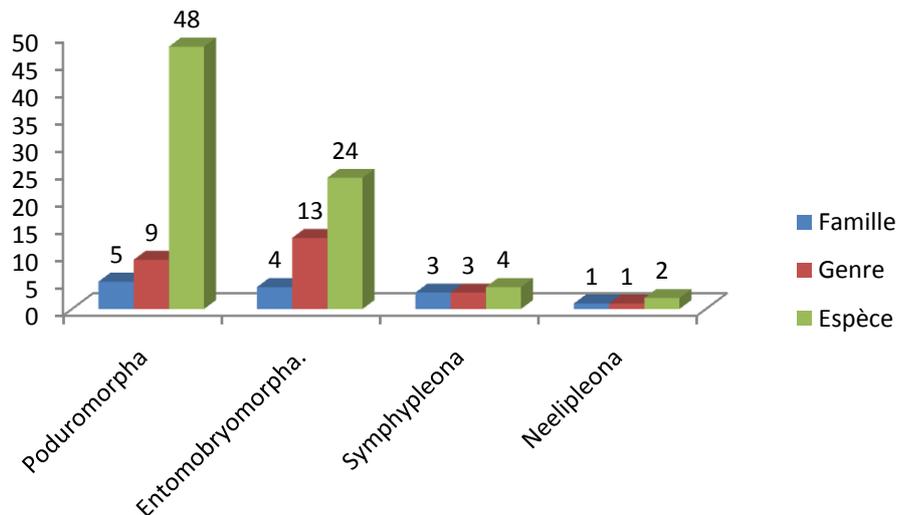
27- <i>Friesea major</i> Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004	n.sp.	End.
28- <i>Friesea algerica</i> Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004	n.sp.	End.
29- <i>Friesea espunaensis</i>	*	Medit.
b.- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1901		
30- <i>Neanura muscorum</i>	*	
31- <i>Bilobella aurantiaca</i> Caroli, 1912	°	Eu-Médit.
32- <i>Deutonura zana</i> Deharveng, Zoughaileche et Hamra-Kroua, 2016	n.sp.	End..
33- <i>Edoughnura rara</i> , Deharveng, HamraKroua & Bedos, 2007	n.g , n.sp.	End..
34- <i>Protanura monticelli</i> Caroli, 1910	?	Medit.
35- <i>Protanura pseudomuscorum</i> (Börner, 1903)	*?	Médit.
c.- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906		
36- <i>Pseudachorudina meridionalis</i> (Bonet, 1929)	°	Médit
37- <i>Pseudachorutes subcrassus</i> Tullberg, 1871	* ?	Ind.
38- <i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	°	Holarc.
39- <i>Pseudachorutella asigillata</i> (Börner, 1901)	*, +	Eu-Médit.
40- <i>Pratanurida boeneri</i> (Schött, 1902)	*, +	Eu-Médit.
41- <i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901	*	Larg.rép.
5.- Famille des Onychiuridae Börner, 1913		
42- <i>Protaphorura armata</i> Tullberg, 1869	°	Larg. rép.
43- <i>Protaphorura sp. gr. armata</i>	*?	Ind.
44- <i>Mesaphorura critica</i> Ellis, 1976	*	Eur.
45- <i>Mesaphorura italica</i> Rusek, 1971	*, +	Eur.
46- <i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	*,+	Eur.
47- <i>Mesaphorura pacifica</i> Rusek, 1976	*, +	Larg.rép.
48- <i>Doutnacia xerophila</i> Rusek, 1974	*, +	Larg.rép.
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913		
6.- Famille des Isotomidae Börner, 1913		
49- <i>Cryptopygus bipunctatus</i> (Axelson, 1903)	°	Eur.
50- <i>Cryptopygus thermophila</i> (Axelson, 1900)	°	Cosm.
51- <i>Folsomia candida</i> Willem, 1902	*	Cosm.
52- <i>Folsomia trisetata</i> Jordana et Ardanaz, 1981	*,+	Eur.
53- <i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	*	Larg.rép.
54- <i>Isotomurus maculatus</i> (Schäffer, 1896)	*,+	Larg.rép.
55- <i>Isotomurus gr. balteatus</i> (Reuter, 1876)	*, +	Larg.rép.
56- <i>Isotomurus cf. fucicolus</i> Reuter, 1891	*, +	Larg.rép.
57- <i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	*,+	Cosm.
58- <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	°	Larg. rép.
59- <i>Proctostephanus sanctiaugustini</i> Cassagnau, 1963	°	End.
60- <i>Tetracanthella pilosa</i> Schött, 1891	*, +	Eu-Médit.
7.- Famille des Entomobryidae Tömösvary, 1882		
61- <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	*?	Cosm.

62- <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	°	Holarc.
63- <i>Lepidocyrtus fimetarius</i> Gisin, 1964	*, +	Holarc.
64 - <i>Orchesella cf. quinquefasciata</i> (Bourlet, 1841)	*	Ind.
65- <i>Pseudosinella albida</i> (Stach, 1930)	*, +	Eur.
66- <i>Pseudosinella octopunctata</i> Börner, 1901	*, +	Cosm.
8. Famille des Cyphoderidae Börner, 1913		
67- <i>Cyphoderus sp.</i>	*?	Ind.
9.- Famille des Oncopoduridae Denis, 1932		
68- <i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebbotham, 1911	°	Larg.rép.
III. SYMPHYPLEONA		
10.- Famille des Katiannidae Börner, 1913		
69- <i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)	*,+	Holarc.
70- <i>Sminthurinus elegans</i> (Fitsch, 1863)	*,+	Holarc.
11.- Famille des Sminthurididae Börner, 1906		
71- <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	°	Holarc.
12.- Famille des Sminthuridae Börner, 1913		
a.- Sous-famille : Sminthurinae Betsch, 1980		
72- <i>Caprainea marginata</i> (Schött, 1893)	°,+	Eu-Médit.
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896		
13.- Famille des Neelidae Folsom, 1896		
73- <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	°	Larg.rép.
74- <i>Neelus murinus</i> Folsom, 1896	*	Larg.rép.
<i>Total</i>	74	

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.



Figures 24: Fréquences absolues des familles, genres et espèces de Collemboles.

74 espèces des collemboles ont été trouvées de 2005 à nos jours dans le massif de l'Edough qui se répartissent entre 13 familles des 4 ordres des Collemboles :

a- Ordre des PODUROMORPHA: 5 familles, 9 genres et 48 espèces

- ODONTELLIDAE : 6 espèces
- HYPOGASTRURIDAE: 11 espèces
- NEANURIDAE: 22 espèces
- BRACHYSTOMELLIDAE : 2 espèces
- ONYCHIURIDAE : 7 espèces

b- Ordre des ENTOMOBRYOMORPHA: 4 familles, 13 genres et 24 espèces

- ISOTOMIDAE : 12 espèces
- ENTOMOBRYIDAE: 6 espèces
- CYPHODERIDAE: 1 espèce
- ONCOPODURIDAE: 1 espèce

c- Ordre des NEELIPLEONA: 1 famille, 1 genre et 2 espèces

- NEELIDAE: 2 espèces.

d- Ordre des SYMPHYPLEONA: 3 familles , 3 genres et 4 espèces

- KATIANNIDAE : 2 espèces
- SMINTHURIDAE: 1 espèce
- SMINTHURIDIDAE : 1 espèce

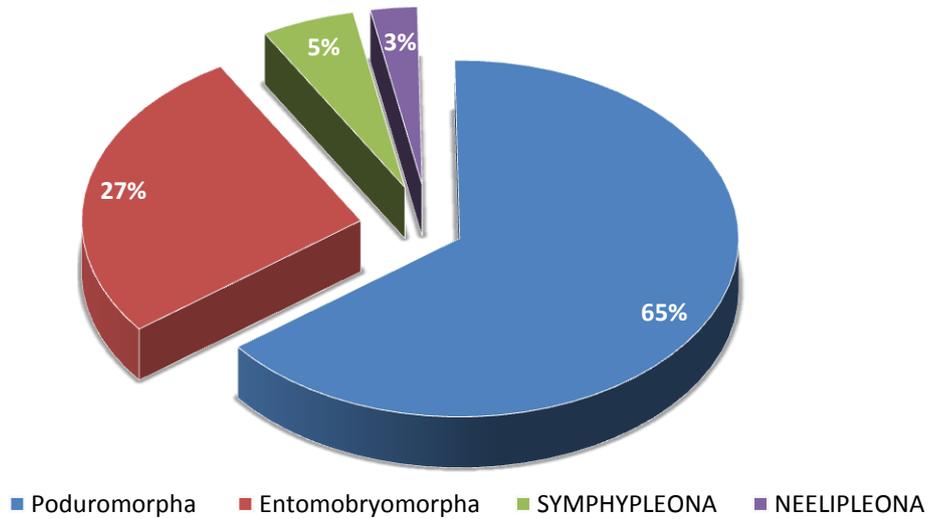


Figure 25 : Répartition en pourcentage des différents ordres des collemboles récoltés

La plupart des espèces identifiées citées dans le tableau appartiennent à l’ordre des Poduromorpha soit 65 %. L’ordre d’Entomobryomorpha occupe le deuxième rang avec un taux de 27%. Dans le troisième rang on trouve l’ordre des Symphypleona avec un pourcentage de 5 %, et dernièrement l’ordre des Neelipleona qui représente 3 % des espèces identifiées.

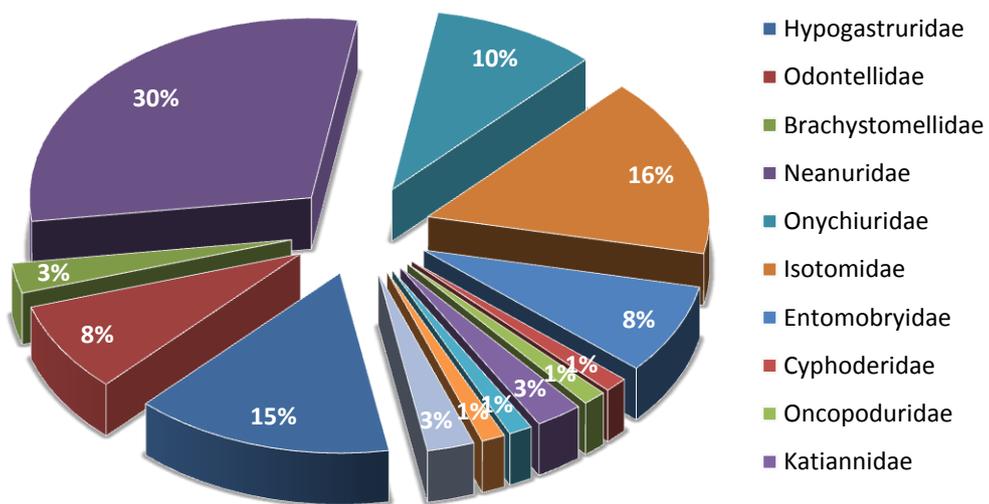


Figure 26 : Pourcentage des différentes familles de collemboles identifiés.

A propos des différentes familles identifiées on trouve que :

- La famille des Neanuridae est la plus diversifiée, elle est représentée par 22 espèces. soit 30 % du total des collemboles identifiées.
- La famille des Isotomidae est représentée par 12 espèces. soit 16% du total.
- La famille des Hypogastruridae est représentée par 11 espèces. soit 15% du total.
- La famille des Onychiuridae est représentée par 7 espèces. soit 10 % du total.
- Les familles des Entomobryidae, Odontellidae sont représentées par 6 espèces pour chacune. soit 8% du total.
- Les familles des Neelidae, Brachystomellidae, Katiannidae sont représentées par 2 espèces de chacune. soit 3% du total.
- Les familles, Sminthurididae, Sminthuridae, Cyphoderidae, Oncopoduridae sont représentées par une seule espèce de chacune, soit 1% du total.

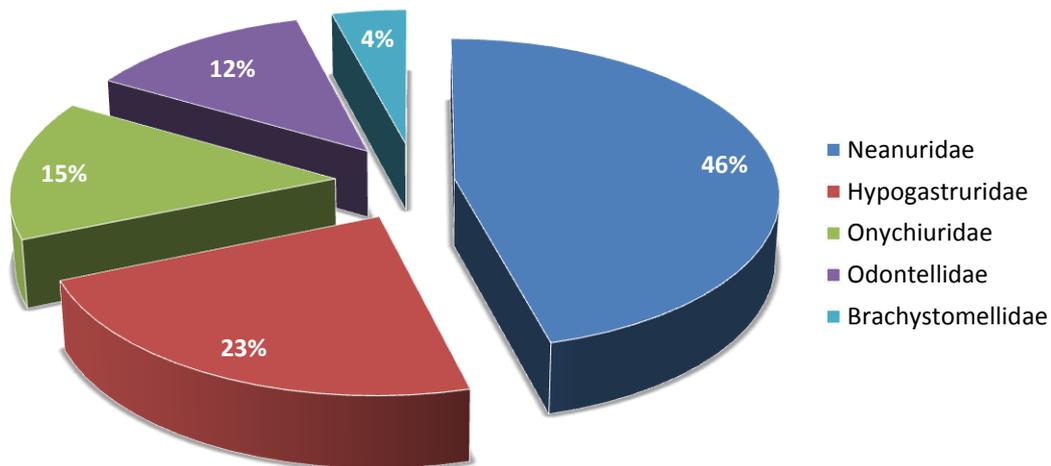


Figure 27 : Répartition en pourcentage des familles de Poduromorpha

La figure représente la proportion des différentes familles auxquelles appartiennent les espèces de l'ordre des poduromorpha. Cet ordre représente 65% des espèces identifiées. Soit 48 espèces appartenant à 5 familles.

- La famille des Neanuridae en premier rang avec 22 espèces. Soit 46% du total d'espèces identifiées des Poduromorphes.
- La famille des Onychiuridae est représentée par 7 espèces .soit 15% du total.
- La famille des Hypogastruridae est représentée par 11 espèces. soit 23 % su total.
- La famille des Odontellidae, avec 6 espèces. soit 12% du total.
- La famille Brachystomellidae est représentée par 2 espèces .soit 4 % du total.

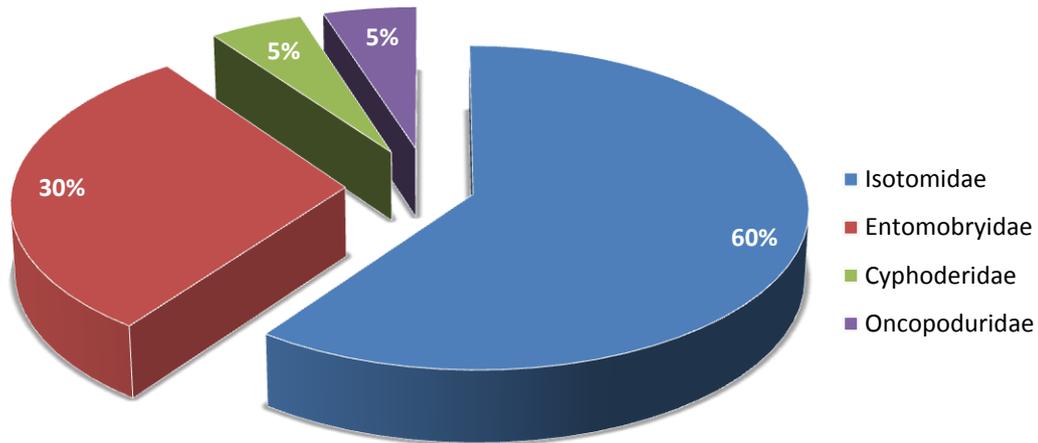


Figure 28 : Répartition en pourcentage des familles d'Entomobryomorpha

Dans la figure, nous représentons la proportion des quatre familles d'Entomobryomorpha.

- La famille des Isotomidae représente 60% du total d'Entomobryomorpha identifiés avec 12 espèces.
- . La famille des Entomobryidae occupe le deuxième rang avec un taux de 30% appartenant 6 espèces.
- Les familles des Cyphoderidae, Oncopoduridae sont représentées par une seule espèce de chacune, avec un taux de 5 % du total.

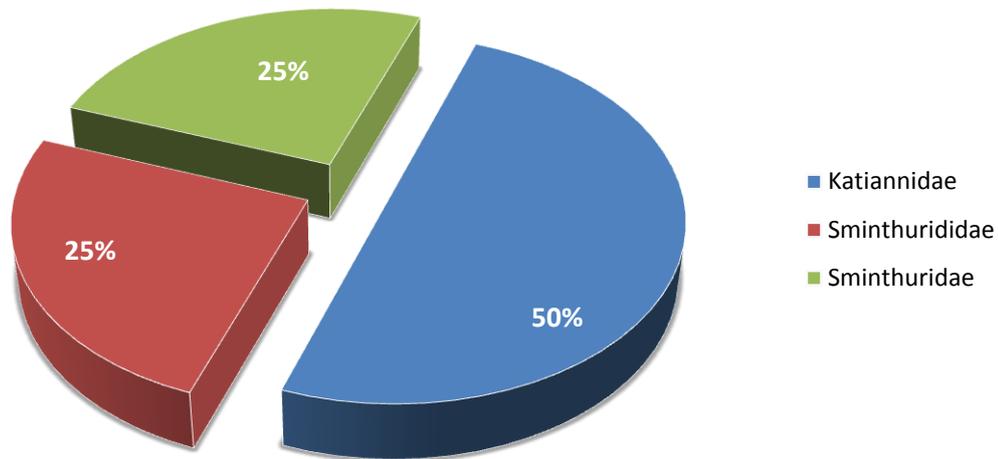


Figure 29 : Répartition en pourcentage des familles de Symphypleona.

Selon la figure, L'ordre des Symphypleona est représenté par 3 familles :

- La moitié des espèces soit 50% appartiennent à la famille des Katiannidae avec 2 espèces.

Les familles des Sminthurididae, Sminthuridae occupent le même rang avec une seule espèce pour chacune. Soit 25% du total.

L'ordre Neelipleona représente 3 % des espèces identifiées (Fig.25), il est représenté par deux espèce appartenant à la seule famille de cet ordre : famille des Neelidae.

- *PODUROMORPHA* Börner, 1913

1- Famille des Hypogastruridae Börner 1913

- ***Ceratophysella denticulata* (Bagnall, 1941)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim-Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Schoettella* sp. (1896)**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Brahim-Bounab et al. 2017)

- ***Ceratophysella gibbosa* (Bagnall, 1940)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Xenylla maritima* (Tullberg, 1869)**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Brahim-Bounab et al. 2017)

- ***Xenylogastrura afurcata* (Deharveng & Gers, 1979)**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Brahim-Bounab et al. 2017)

- ***Xenylla brevisimilis mediterranea* (Gama, 1964)**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Brahim-Bounab et al. 2017)

- ***Willemia intermedia* (Mills, 1934)**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Brahim-Bounab et al. 2017)

- ***Ceratophysella tergilobata* (Cassagnau 1954)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Hypogastrura vernalis* (Carl, 1901)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Mucrella acuminata* (Cassagnau, 1952)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Karoua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

2.-Famille des Odontellidae Deharveng, 1982

- ***Axenyllodes bayeri* (Kseneman, 1935)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Xenyllodes armatus* (Axelson, 1903)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Odontella sp.* Brahim-Bounab et al. 2017**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Indéterminée (Brahim Bounab et al. 2017)

- ***Superodontella lamellifera* (Axelson, 1903)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Superodontella vallviderensis subalpina* (Arbea 1990)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis* (Selga 1966)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

3 –Famille des Brachystomellidae (Stach, 1949)

- ***Brachystomella curvula* (Gisin, 1948)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Brachystomella parvula* (Schäffer, 1816)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Cosmopolite (Deharveng & Hamra kroua 2004)

4. –Familles des Neanuridae (sensu Cassagnau, 1955)

a- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967

- ***Friesea albida* (Arbea et Jordana, 1993)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea ladeiroi* (Gama, 1959)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea espunaensis* (Arbea et Jordana, 1993)**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim-Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Brahim-Bounab et al. 2017)

- ***Friesea laouina* (Deharveng & Hamra-Kroua, 2004)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Endémique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea mirabilis* (Tullberg, 1871)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea cf. steineri* (Simon, 1975)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea cf. truncata* (Cassagnau, 1958)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro- Méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea cf. mirabilis***

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Indéterminé (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea major* (Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana 2004)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Endémique d' Algérie (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Friesea algirica* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Endémique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

b.- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1901

- ***Bilobella aurantiaca* (Caroli, 1912)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Deutonura zana* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Endémique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Edoughnura rara* (Deharveng, Hamra-Kroua et Bedos, 2007)**

Type localité : Massif de l'Edough

Citations en Algérie hors Edough : Brahim Bounab et al. 2017

Appartenance biogéographique : Endémique d'Algérie (Brahim Bounab et al. 2017)

- ***Protanura. monticelli* (Caroli, 1910)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Protanura. pseudomuscorum* (Börner, 1903)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

c.- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906

- *Pseudachorudina meridionalis* (Bonet, 1929)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- *Pseudachorutes subcrassus* (Tullberg, 1871)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Indéterminé (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- *Pseudachorutes parvulus* (Börner, 1901)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- *Pseudachorutella asigillata* (Börner, 1901)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- *Pratanurida boernerii* (Schött, 1902)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra-kroua2004)

- *Micranurida pygmaea* (Börner, 1901)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

5.-Famille des Onychiuridae Börner, 1913

- ***Protaphorura armata* (Tullberg, 1869)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Protaphorura sp. gr. Armata***

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Indéterminé (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Mesaphorura critica* (Ellis, 1976)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Mesaphorura italica* (Rusek, 1971)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Mesaphorura macrochaeta* (Rusek, 1976)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Mesaphorura pacifica* (Rusek, 1976)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Doutnacia xerophila* (Rusek, 1974)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

II.- ENTOMOBRYOMORPHA (Börner, 1913)

1- Famille des Isotomidae (Börner, 1913)

- ***Cryptopygus bipunctatus* (Axelson, 1903)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Cryptopygus thermophila* (Axelson, 1900)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Cosmopolite (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Folsomia candida* (Willem, 1902)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Cosmopolite (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Folsomia trisetata* (Jordana et Ardanaz, 1981)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Isotomiella minor* (Schäffer, 1896)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Isotomurus maculatus* (Schäffer, 1896)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Isotomurus gr. balteatus* (Reuter, 1876)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Isotomurus cf. fucicolus* (Reuter, 1891)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim-Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Parisotoma notabilis* (Schäffer, 1896)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Cosmopolite (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Proisotoma minuta* (Tullberg, 1871)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Proctostephanus sanctiaugustini* (Cassagnau, 1963)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Endémique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Tetracanthella pilosa* (Schött, 1891)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

2-Famille des Entomobryidae (Tömösvary, 1882)

- ***Heteromurus major* (Moniez, 1889)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Cosmopolite (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Heteromurus nitidus* (Templeton, 1835)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Lepidocyrtus fimetarius* (Gisin, 1964)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Orchesella cf. quinquefasciata* (Bourlet, 1841)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Indéterminé (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Pseudosinella albida* (Stach, 1930)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Européenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Pseudosinella octopunctata* (Börner, 1901)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Cosmopolite (Deharveng & Hamra kroua 2004)

3- Famille des Cyphoderidae (Börner, 1913)

- ***Cyphoderus sp.***

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Indéterminé (Deharveng & Hamra kroua 2004)

4- Famille des Oncopoduridae (Denis, 1932)

- ***Oncopodura crassicornis* (Shoebbotham, 1911)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

III. SYMPHYPLEONA

1- Famille des Katiannidae (Börner, 1913)

- ***Sminthurinus aureus* (Lubbock, 1862)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- ***Sminthurinus elegans* (Fitsch, 1863)**

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

2 – Famille des Sminthurididae (Börner, 1906)

- *Sphaeridia pumilis* (Krausbauer, 1898)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Holarctique (Deharveng & Hamra kroua 2004)

3- Famille des Sminthuridae Börner, 1913

a.- Sous-famille : Sminthurinae Betsch, 1980

- *Caprainea marginata* (Schött, 1893)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Euro-méditerranéenne (Deharveng & Hamra kroua 2004)

IV. - NEELIPLEONA Folsom, 1896

1- Famille des Neelidae (Folsom, 1896)

- *Megalothorax minimus* (Willem, 1900)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : Large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

- *Neelus murinus* (Folsom, 1896)

Type localité : massif de l'Edough

Citation en Algérie hors Edough : Deharveng & Hamra kroua 2004, Hamra Kroua & Deharveng 2010, Brahim Bounab et al .2017

Appartenance biogéographique : large répartition (Deharveng & Hamra kroua 2004)

CHAPITRE IV

Discussion et Conclusion

I- Discussion

Le travail de Hamra-Kroua (2005) a enrichi les informations de la diversité Biologique des collemboles en offrant la première étude taxonomique d'envergure au niveau de l'espèce qui révèle la présence de 113 espèces, 56 espèces nouvelles ont été ajoutées à l'inventaire du pays, dont 49 sont signalées pour la première fois en Afrique du nord.

La diversité spécifique des Neanuridae de massif de l'Edough c'est la plus riche en Algérie avec 22 espèces. Par contre, 10 espèces seulement pour le reste du pays. Le même auteur trouve une étonnante diversité du genre Friesea avec 8 espèces dont 3 sont nouvelles pour la science: *Friesea laouina* (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004), *Friesea algerica* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004) et une nouvelle espèce pour la science appartenant à la sous-famille des Neanurinae : *Deutonura zana* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004).

Le présent travail est basé sur les travaux de Hamra-Kroua (2005) (Tab 5) et ceux (Brahim-Bounab 2016), (Zoughailech 2017) pour actualisé l'inventaire de la diversité Biologique des collemboles rencontrée dans le massif de l'Edough ou nous avons notés 74 espèces dans l'ensemble, dont 12 sont nouvelles pour l'Algerie mais déjà connues en Afrique du nord: (*Ceratophysella gibbosa*, *Xenylla maritima*, *Xenylla brevisimilis mediterranea*, *Axenyllodes bayeri*, *Friesea espunaensis*, *Neanura muscorum*, *Micranurida pygmaea*, *Mesaphorura critica*, *Folsomia candida*, *Isotomiella minor*, *Orchesella cf. quinquefasciata*, *Neelus murinus*) et un totale de 33 espèces nouvelles pour l'Algérie ne sont pas signalées en Afrique du Nord, ainsi que les Cinq nouvelles espèces pour la science décrites du massif (*Friesea laouina*, *Friesea major*, *Friesea algerica*, *Deutonura zana*, *Edoughnura rara*)

Parmi les 74 espèces de l'Edough, 3 sont communes aux d'autres localités étudiées (Azzaba, Ouled Hebaba, Guelma, Béni Harroun et Collo), *Ceratophysella denticulata*, *Bilobella aurantiaca* et *Protaphorura armata* sont présentes dans toutes les localités. La faible similarité de la richesse spécifique de l'Edough et à celle de Collo et Azzaba est considérée comme la richesse la plus proche au l'Edough avec 22 et 29 espèces communes successivement par rapport aux d'autres localités.

Après la comparaison de la diversité des collemboles entre le massif de l'Edough et d'autres localités on constate que :

- 29 espèces sur 74 signalées a l'Edough ont été trouvées aussi au Azzaba : concernant la famille des Hypogastruridae nous avons notés 4 espèces (*Ceratophysella*

denticulata , *Hypogastrura vernalis* , *Xenylla brevisimilis mediterranea* , *Xenyllogastrura afurcata*) dont une espèce nouvelle pour l'Algérie (*Xenylla brevisimilis mediterranea*) non signalé en Afrique du Nord , et deux espèces (*Hypogastrura vernalis* et *Xenyllogastrura afurcata*) nouvelle pour le pays mais déjà connues en Afrique du nord, et pour la famille des Odontellidae notamment (*Superodontella lamellifera* et *Odontella sp.*), deux espèces de Brachystomellidae (*Brachystomella parvula* et *Brachystomella curvula*) cette dernière est nouvelle pour le pays et pour l'Afrique du Nord , neuf espèces chez la famille des Neanuridae dont 2 sont nouvelles pour la science (*Friesea laouina* et *Friesea major*) , quatre espèces de la famille des Onychiuridae (*Mesaphorura critica* comme une espèce pour l'Algérie) , (*Mesaphorura italica*, *Mesaphorura macrochaeta* sont nouvelle pour le Maghreb) et (*Protaphorura armata*,) . Dans l'ordre d'Entomobryomorpha , 3 espèces de la famille des Isotomidae sont communes entre les localités : (*Hemisotoma thermophila*, , *Proctostephanus sanctiaugustini* et *Isotomiella minor* comme une nouvelle espèce pour le pays) , parmi les 6 espèces de la famille d'Entomobryidae identifiées dans le massif de l'Edough , 4 espèces ont été trouvées aussi dans la région de Azzaba inclut une nouvelle espèce pour le pays *Orchesella cf. quinquefasciata* et une pour le Maghreb *Pseudosinella octopunctata* et d'autre espèces (*Heteromurus major*, *Heteromurus nitidus*), la seule espèce de la famille des Cyphoderidae signalé au massif est aussi trouvé à Azzaba c'est *Cyphoderus sp.* La même chose pour la famille des Sminthuridae (l'ordre de Symphypleona) les deux régions partagent la même espèce : *Caprainea marginata*, et une seule espèce de la famille des Neelidae (l'ordre de Neelipleona) est commune entre les deux localités *Megalothorax minimus*.

- La comparaison entre la diversité biologique des collemboles entre le massif de l'Edough et celle de la région de Collo limite les espèces communes en 22 espèces, dans l'ordre des poduromorpha Spécifiquement la famille des Hypogastruridae , 3 espèces sont communes (*Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella gibbosa*, *Ceratophysella tergilobata*), une seule espèce pour la famille des Odontellidae (*Xenyllodes armatus*) décrite comme une nouvelle espèce pour l'Afrique du Nord, les deux régions renferment 6 espèces commune appartenant à la famille des Neanuridae , 3 des ces espèces ont un intérêt particulier (*Friesea laouina*, *Friesea major*, *Deutonura zana*) sont nouvelles pour la science et une nouvelle pour le Maghreb *Pseudachorutella asigillata* et 2 autres espèces connues déjà en Algérie (*Bilobella*

aurantiaca, *Pseudachorudina meridionalis*,), une seule espèce commune appartient à la famille des Onychiuridae : *Protaphorura armata*.

A propos de l'ordre d'Entomobryomorpha on compte 6 espèces de la famille d'Isotomidae communes aux deux massifs montagneux *Folsomia candida* et *Isotomiella minor* comme des nouvelles espèces pour le pays, *Parisotoma notabilis*, *Proisotoma minuta*, *Proctostephanus sanctiaugustini*, *Tetracanthella pilosa*, et une seule espèce de la famille d'Entomobryidae : *Heteromurus major*, aussi dans la famille d'Oncopoduridae on trouve l'espèce commune *Oncopodura crassicornis*.

L'ordre de Symphypleona contient une seule espèce commune de la famille des Sminthurididae : *Sphaeridia pumilis*

Concernant l'ordre de Neelipleona, la famille des Neelidae, une espèce nouvelle pour l'Algérie identifiée dans l'Edough est aussi signalée au Collo : *Neelus murinus*

- Une différence claire apparaît entre la richesse spécifique des Collemboles du massif de l'Edough contre celle de Guelma, les deux régions renferment uniquement 12 espèces commune il s'agit de :

Mucrella acuminata (espèce nouvelle pour le Maghreb), *Xenylla maritima* (espèce nouvelle pour le pays) et *Ceratophysella denticulata*, appartenant à l'ordre du Poduromorpha, famille des Hypogastruridae, une des deux espèces de la famille des Brachystomellidae trouvées dans l'Edough sont aussi trouvées dans la région de Guelma : *Brachystomella parvula*. Les espèces : *Friesea laouina*, *Friesea major*, *Bilobella aurantiaca*, *Protanura pseudomuscorum*, *Pseudachorudina meridionalis* et *Pratanurida boernerii* (espèce nouvelle pour l'Afrique du Nord). Seulement 2 espèces de la famille des Onychiuridae ont été notées dans les deux régions : *Protaphorura armata*, *Doutnacia xerophila*.

- La similarité de la richesse spécifique des collemboles entre l'Edough et celle de la région de Ouled Hebaba est partiellement faible avec 14 espèces communes des différentes familles (*Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella tergilobata*, *Superodontella lamellifera*, *Odontella sp.*, *Friesea ladeiroi*, *Friesea laouina*, *Friesea major*, *Bilobella aurantiaca*, *Protanura pseudomuscorum*, *Pseudachorudina meridionalis*, *Pratanurida boernerii*, *Protaphorura armata*, *Mesaphorura macrochaeta*, *Doutnacia xerophila*)
- On note 12 espèces communes de quatre familles (Famille des Hypogastruridae, Odontellidae, Brachystomellidae, Neanuridae) entre la région de l'Edough et la région

de Béni Harroun, ces espèces sont : *Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella gibbosa*, *Ceratophysella tergilobata*, *Xenylogastrura afurcata*, *Brachystomella curvula*, *Friesea ladeiroi*, *Friesea mirabilis*, *Bilobella aurantiaca*, *Protanura pseudomuscorum*, *Pseudachorutella asigillata*, *Protaphorura armata*, *Doutnacia xerophila*.

Suite à ce travail, le massif de l'Edough est caractérisé par la présence unique de 24 espèces réparties sur 3 ordres et 7 familles :

- L'ordre de Poduromorpha est le plus riche en espèce avec les 16 espèces appartenant à quatre familles:

Famille des Hypogastruridae : *Microgastrura minutissima*, et *Willemia intermedia* sont les deux espèces nouvelles pour l'Afrique du Nord, et une espèce indéterminée *Schoettella sp.*

Famille des Odontellidae : une nouvelle espèce pour l'Algérie *Axenyllodes bayeri*, et deux espèces nouvelles pour le Maghreb (*Superodontella vallvidrerensis subalpina*, *Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis*).

Famille des Neanuridae est la plus intéressante par la présence cinq espèces nouvelles pour la science dont deux espèces endémiques de la région l'Edough (*Friesea algirica* Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004, et *Edoughnura rara*, Deharveng, HamraKroua & Bedos, 2007) et deux nouvelles espèces pour l'Afrique du Nord (*Friesea cf. steineri*, *Friesea cf. truncata*), deux espèces nouvelles pour l'Algérie (*Neanura muscorum*, *Friesea espunaensis*) et deux autres espèces : *Pseudachorutes parvulus*, *Friesea cf. mirabilis*.

Famille des Onychiuridae : une seule espèce *Protaphorura sp. gr. Armata*

- L'ordre d'Entomobryomorpha : avec 6 espèces réparties sur 2 familles :

Famille d'Isotomidae : trois espèces signalées comme des nouvelles pour l'Afrique du Nord (*Isotomurus cf. fucicolus*, *Isotomurus gr. Balteatus*, *Isotomurus maculatus*) et une autre espèce *Cryptopygus bipunctatus*.

Famille d'Entomobryidae : avec deux espèces signalées comme des nouvelles pour l'Afrique du Nord (*Lepidocyrtus fimetarius*, *Pseudosinella albida*)

- L'ordre de Symphypleona : deux espèces nouvelle pour le Maghreb propre a l'Edough (*Sminthurinus aureus* et *Sminthurinus elegans*) appartenant a la famille des Katiannidae

II- Conclusion

Les résultats obtenus dans ce travail révèlent une exceptionnelle biodiversité des Collemboles dans le massif de l'Edough, et confirme sa richesse par rapport au le nord-est algérien. Avec un nombre de 74 espèces qui se répartissent sur 13 familles des 4 ordres des Collemboles.

Le massif de l'Edough renferme plusieurs espèces endémiques de grand intérêt patrimonial. Se distingue plus que d'autre massif montagneux méditerranéens par :

- 12 espèces sont nouvelles pour l'Algérie mais déjà connues en Afrique du nord.
- La diversité spécifique de la famille des Neanuridae de massif de l'Edough c'est la plus riche en Algérie avec 22 espèces dont 5 sont nouvelle pour la science
- Une étonnante diversité du genre Friesea avec 10 espèces dont 3 sont nouvelles pour la science

Cinq nouvelles espèces pour la science décrites du massif (*Friesea laouina*, *Friesea major*, *Friesea algirica*, *Deutonura zana*, *Edoughnura rara*)

Vingt-quatre espèces trouvées uniquement dans le massif de l'Edough sont considérées comme endémiques.

La proportion élevée d'espèces à statut indéterminé, nous permet de s'attendre à de nouvelles découvertes ce qui augmentera la part de l'endémisme.

La région de l'Edough représente la région la plus diversifié en Algérie, mais ces résultats ne reflètent pas la diversité réelle du massif parce que les habitats forestiers échantillonnés ne représentent qu'une partie des habitats existants.

Références bibliographiques

LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Absolon, K. (1913). Über eine neue subterrane Collembole (Insecta, Apterygota), *Acherontiella onychiuriformis* ng, n. sp., aus den Höhlen Algiers. *Arch. Zool. Expérimentale Générale* 51, 1–7.

Anonyme, 2005- de minuscules insectes lèvent le voile sur l'écologie des sols forestiers.

Anonyme. : <https://collemboles.fr/>

Anonyme ., : <https://journals.openedition.org/physio-geo/4217>

Baretta, D., Ferreira, C.S., Sousa, J.P., and Cardoso, E.J.B.N. (2008). Springtails (Hexapoda: Collembola) as soil quality bioindicators in areas with *Araucaria angustifolia*. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 32, 2693–2699.

Bellinger, P.F., Christiansen, K.A., and Janssens, F. (2009). Checklist of the Collembola of the World 1996–2009.

Betsch, J.-M. (1980). Éléments pour une monographie des collemboles symphyplèones (hexapodes, aptérygotes) (Éditions du Muséum).

Bilodeau, J.-R. (1998). Le collembole nivicole ou " puce des neiges. *Bull. Entomofaune* 3–5.

Blotner, D., and Eisenbeis, G. (1984). Ultrastructure of long tibiotarsal spatula-hairs in *Tomocerus flavescens* (Collembola: Tomoceridae). In *Annales-Societe Royale Zoologique de Belgique*, p.

Cancela da Fonseca, J. P., & Vannier, G. (1969). Échantillonnage des microarthropodes du sol. *Problèmes d'écologie: L'échantillonnage des milieux terrestres*. Paris: Masson.

Carapelli, A., Frati, F., Fanciulli, P.P., and Dallai, R. (2001). Taxonomic revision of 14 south-western European species of *Isotomurus* (Collembola, Isotomidae), with description of four new species and the designation of the neotype for *I. palustris*. *Zool. Scr.* 30, 115–143.

Cassagnau P., 1952. Faune Francaise Des Collemboles. I. Quelques Nouveaux

Cassagnau, P. (1963). Les Collemboles d'Afrique du Nord. Avec une étude de quelques espèces du Nord-Constantinois. *Bull Soc Hist Nat Toulouse* 98, 197–206.

Cassagnau, P. (1990). Des hexapodes vieux de 400 millions d'années: les collemboles. I, biologie et évolution. *Année Biol.* 29, 1–37.

Cassagnau, P., and Juberthie, C. (1970). Structures nerveuses, neurosecretion et organes endocrines chez les Collemboles. neurosecretion dans la chaîne nerveuse d'un entomobryomorphe, *Orchesella kervillei* Denis. *Acad Sci Compt Rend Ser D.*

cavernicoles. *Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle, Nouvelle Serie, Serie A*,

Chahartaghi, M., Scheu, S., and Ruess, L. (2006). Sex ratio and mode of reproduction in *Collembola* of an oak-beech forest. *Pedobiologia* 50, 331–340.

Dajoz R., 1980- *Ecologie des insectes forestiers*. Edition.Gauthier-Villars, Paris, 489p.

Deharveng, L. (1983). Morphologie évolutive des Collemboles Neanurinae en particulier de la lignée Neanurienne. *Trav. Laboratoire Ecobiologie Arthropodes Edaphiques Toulouse* 4, 1–63.

Deharveng, L., and 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*). In *Annales de La Société Entomologique de France, (Société entomologique de France)*, pp. 245–259.

Deharveng, L., and Oliveira, E. (1990). *Isotomiella* (*Collembola: Isotomidae*) d'Amazonie: les espèces du groupe *delamarei*. In *Annales de La Société Entomologique de France, (Société entomologique de France)*, pp. 185–201.

Deharveng, L., D'Haese, C.A., and Bedos, A. (2008). Global diversity of springtails (*Collembola; Hexapoda*) in freshwater. *Hydrobiologia* 595, 329–338.

Denis, J.R. (1932). Sur la faune française des Aptérygotes: XII. *Arch Zool Exp Gen* 74, 357–383.

Eisenbeis, G., and Wichard, W. (2012). Atlas on the biology of soil arthropods (Springer Science & Business Media).Espana (*Insecta.Collembola*). *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie*.

Fjellberg, A. (1989). Redescription of *Mackenziella psocoides* Hammer, 1953 and discussion of its systematic position (*Collembola, Mackenziellidae*). In *Proceedings of the 3rd International Seminar on Apterygota*, pp. 21–26.

Fjellberg, A. (1992). Revision of European and North African *Folsomides* Stach with special emphasis on the Canarian fauna (*Collembola: Isotomidae*). *Insect Syst. Evol.* 23, 453–473.

Fjellberg, A. (1996). Sensillary patterns in *Vergatopus* with description of a new European species (*Collembola, Isotomidae*). *Miscel• Lànica Zoològica* 19, 99–103.

Gisin, H. (1943). *Okologie und Lebensgemeinschaften der Collembohlen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels*. *Rev. Suisse Zool.* 50, 131–224.

Gisin, H.R. (1960). *Collembohlenfauna Europas* (Museum d'Histoire Naturelle,).

Greenslade, P. (1982). Revision of the *Spinothecinae* (*Collembola: Sminthuridae*) including a new Australian genus. *Austral Entomol.* 21, 81–95.

- Hamra-Kroua, S. (2005).** Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-Est algérien: Taxonomie, Biogéographie et Ecologie. PhD Thesis. Thèse de Doctorat d'état.
- Hamza, S. (2013).** Les facteurs du dépérissement des subéraies de l'Edough (Séraïdi). Etude des ravageurs des feuilles et des glands du chêne-liège (*Quercus suber* L.) (PhD Thesis). University of Souk Ahras.
- Hopkin, S.P. (1997).** Biology of the springtails:(Insecta: Collembola) (OUP Oxford).
- <http://www.life.uiuc.edu>
- <http://www.pfc.forestry.ca>
- Illinois, 505 S. Googwin Ave. Urbana, Il 61801.
- Janssens, F. (2007).** Checklist of the Collembola of the world.
- Joosse, E.N.G., and Verhoef, S.C. (1983).** Lead tolerance in Collembola. *Pedobiologia*.
- Jordana R. & Arbea J.I., 1989.** Clave de identificacion de los generos de Colembolos de
- Jordana, R. et Arbea, J.I. in Ramos, M.A. & al, 1997-** Collembola, Poduromorpha, Familia
- Lucas H., 1849.** Thysanoures de l'Algerie. *Explor. Sc. Alg.*, t. 1, pp. 371-376.
- Lucas, H. (1846).** Notes sur quelques espèces nouvelles d'insectes qui habitent les possessions françaises du Nord de l'Afrique. *Rev. Zool. Pour Société Cuvierienne* 9, 252–256.
- Massoud Z., 1971.** Un élément caractéristique de la pédofaune : Les Collemboles. In : La
- Massoud, Z. (1971).** Un élément caractéristique de la pédofaune: les Collemboles. *Pesson Paul Vie Dans Sols Asp. Nouv. Etudes Exp.*
- Massoud, Z., and Betsch, J.M. (1966).** Considerations sur l'ahtenne des Sminihuridinae et description de deux nouvelles espèces de Collemboles interstitiels du genre Sminfhurides Boerner 1900 (Symphypléones). *Bull Mus Naf Hist Nat.*
- Massoud, Z., and Ellis, W. (1977).** Proposition pour une classification et une nomenclature cohérente des phanères des Collemboles européens. *Rev Ecol Biol Sol.*
- Massoud, Z., and Pinot, M.C. (1973).** Comportement de ponte chez les collemboles Arrhopalites Borner. *Rev Ecol Biol Sol.*
- Meyer-Rochow, V.B., Reid, W.A., and Gal, J. (2005).** An ultrastructural study of the eye of *Gomphiocephalus hodgsoni*, a collembolan from Antarctica. *Polar Biol.* 28, 111–118.
- Naturales, CSIC, Madrid, p.1-233.p.305-312.

- Pesson, P. (1971).** La vie dans les sols: aspects nouveaux études expérimentales. Gauthier-Villars. Poduridae y Familia Hypogastruridae. Fauna Ibérica, vol. 8., Museo Nacional de Ciencias
- Poduromorphes Meridionaux., Bulletin de la Societe d'Histoire naturelle, Tome 87, 1952, Porco, D., Bedos, A., Greenslade, P., Janion, C., Skarżyński, D., Stevens, M.I., Van Vuuren, **B.J., and Deharveng, L. (2012).** Challenging species delimitation in Collembola: cryptic diversity among common springtails unveiled by DNA barcoding. *Invertebr. Syst.* 26, 470–477.
- Potapov, M.B. (1991).** Species of the genus *Isotoma* subgenus *Parisotoma* Bagnall, 1940 and *Sericeotoma* subgen. nov. (Collembola, Isotomidae) of USSR fauna. *Acta Zool. Cracoviensia* 1.
- Potapov, M.B. (1997).** Anurophorus species of East Asia and North America [Collembola, Isotomidae]. *Acta Zool. Cracoviensia* 1.
- Potapov, M.B., and Babenko, A.B. (2000).** Species of the genus *Folsomia* (Collembola: Isotomidae) of northern Asia. *Eur. J. Entomol.* 97, 51–74.
- Raccaud-Schoeller, J. (1980).** Les insectes: physiologie, développement.
- Ruby, C. (2015).** Abécédaire des arts et de la culture (Éditions de l'Attribut).
- Rusek, J. (1984).** New species and review of the *Isotoma notabilis* species-group (Collembola, Isotomidae). *Acta Entomol. Bohemoslov.*
- SACCHI, D. (2011).** Les Amis du Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Scali, S., Sacchi, R., Mangiacotti, M., Pupin, F., Gentili, A., Zucchi, C., Sannolo, M., Pavesi, M., and Zuffi, M.A. (2016).** Does a polymorphic species have a 'polymorphic' diet? A case study from a lacertid lizard. *Biol. J. Linn. Soc.* 117, 492–502.
- Schneider, C. (2017).** Morphological review of the order Neelipleona (Collembola) through the redescription of the type species of *Acanthoneelidus*, *Neelides* and *Neelus*. *Zootaxa* 4308, 1–94.
- Sømme, L., and Block, W. (1982).** Cold hardiness of collembola at Signy Island, maritime Antarctic. *Oikos* 168–176.
- Sømme, L., and Conradi-Larsen, E.-M. (1977).** Cold-hardiness of collembolans and oribatid mites from windswept mountain ridges. *Oikos* 118–126.
- Soto-Adames Felipe N., 1996-** Collembola. Department d'Entomologie, Université de
- Stomp N., 1974.** Collemboles cavernicoles d'Afrique du nord. I (Insecta) . *Annls. Spéleol.*
- Suomalainen, E. (1950).** Parthenogenesis in animals. In *Advances in Genetics*, (Elsevier), pp. 193–253.

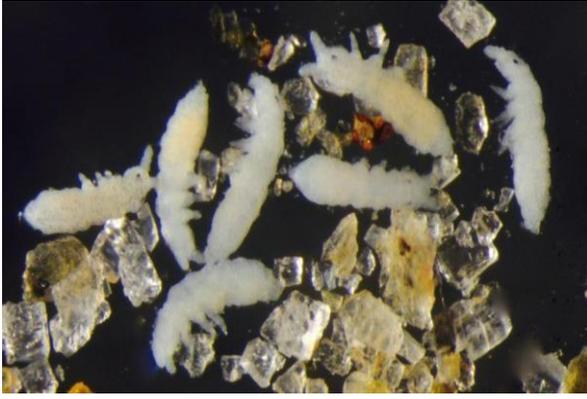
Thibaud J.M. 1970. Biologie et ecologie des Collemboles Hypogastruridae edaphiques et

Thibaud, J.M., and Massoud, Z. (1980). Etude des Collemboles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. Rev. Suisse Zool.

TOUBAL BOUMAZA, O. (1989). Les ressources phylogénétiques du massif de l'Edough (Algérie Nord-orientale).

Vannier, P. J.-M. B. (1977). Caractérisation des deux phases juvéniles d'*Allacma fusca* (Collembola, Symphypleona) par leur morphologie et leur écophysiologie. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 15(2), 124–141.

ANNEXE



Friesea laouina



Schoettella sp.



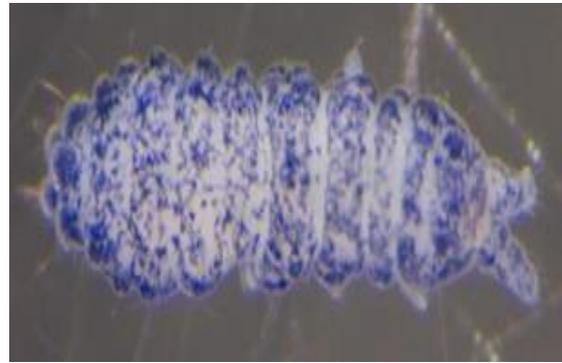
Friesea major



Deutonura zana



Edoughnura rara



Edoughnura n.sp

Année universitaire : 2017/2018

Présenté par : Haoues Lotfi
Seghiri Akram Abdelkader

La biodiversité des Collemboles de la région de l'Edough (Annaba)

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en
Biologie et Contrôle Des Populations d'Insectes

Dans le cadre de l'étude de biodiversités de la faune collembologique d'Algérie, plusieurs travaux ont été réalisés dans la région de l'Edough par Hamra Kroua (2005), Brahim Bounab (2016) et Zoughailech (2017). C'est grâce à ces travaux que nous pouvons élaborer une liste qui regroupe tous les espèces citées dans cette région.

Les résultats obtenus révèlent une richesse exceptionnelle en espèces endémiques et très rares d'un grand intérêt taxonomique et biogéographique. Un total de 74 espèces ont été citées depuis 2005 à nos jours, ces espèces repartissent sur 13 familles et 4 ordres connus des collemboles.

Une diversité spécifique et exceptionnelle des Neanuridae avec 22 espèces, une étonnante diversité du genre Friesea avec 10 espèces dont 3 sont nouvelles pour la science: *Friesea laouina* (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004), *Friesea algirica* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004), et deux nouvelles espèces pour la science appartenant à la sous-famille des Neanurinae : *Deutonura zana* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004), *Edoughnura rara* (Deharveng, HamraKroua & Bedos, 2007).

La région de l'Edough représente la région la plus diversifiée en Algérie, mais ces résultats ne reflètent pas la diversité réelle du massif parce que les habitats forestiers échantillonnés ne représentent qu'une partie des habitats existants.

Mots clés : L'Edough, Diversité, Checklist, Neanuridae, Nouvelle espèce, *Friesea*.

Laboratoire de recherche : Biosystématique et écologie des arthropodes

Jury d'évaluation :

Président du jury : **Hamra Kroua Salah** Professeur (Université Des Frères Mentouri –Constantine 1-)

Rapporteur : **Brahim Bounab Hayette** MCB (Université Des Frères Mentouri –Constantine 1-)

Examineur : **Aguib Siham** MCA (Université Des Frères Mentouri Constantine 1-)

Date de soutenance : 03/07/2018