



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 populations d'insectes

Intitulé :

Contribution à la mise jour de l'inventaire des Collemboles du massif forestier de Collo

Présenté et soutenu par :-CHELGHAM SAMIR

Le 15/07/2021

-AZARA YUCEF

Jury d'évaluation :

Président du jury : BAKIRI ESMA (MAB- UFM Constantine).

Rapporteur : BRAHIM BOUNAB HAYETTE (MAB- UFM Constantine).

Examineurs : GUERROUDJ FATIMA (MCB-UNV FARHAT ABES Sétif)

*Année universitaire
2020- 2021*

Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant
et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience
D'accomplir ce Modeste travail*

*Nos sincères remerciements sont exprimés à notre encadreur
Dr.BRAHIM BOUNAB Hayette
pour avoir acceptée de diriger et suivre ce travail, pour la facilité du travail
qu'elle nous a procuré, les précieux conseils qu'elle nous a prodigué tout au
long de notre travail, pour sa patience et sa bienveillance.*

*Nous remercions également les membres du jury Dr
Bakiri Esma et Dr GUERROUDJ FATIMA
d'avoir accepté de corriger ce travail.*

*Enfin, à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à
l'accomplissement de ce travail qu'ils trouvent ici
l'expression de notre gratitude.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur : maman

A mon père qui a été toujours là pour moi

A mon frère Oussama et ma petite sœur Sara.

Sans oublier ma tante Sabrina, et ma future conjointe merve

A mon binôme Yousef et tous mes amis sans distinction :

Aymen, Mouad, Mohammed, Iheb, et Saleh.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la

Réalisation de ce travail.

SAMIR

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde :
A mes chers parents pour leur amour, leur tendresse, Et pour leur soutien durant
toutes les étapes de ma vie. J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce
qu'ils ont fait pour moi, que Dieu leur prête tout le bonheur. A mon chère frère
OKBA et mes belles sœurs.*

*A mon binome : SAMIR.CH
A toute mes chères ami (e)s : AYMEN, M.fouzi, Bilal, Mahdi, Amir, Mouad,
Sami, yaaqoub, houssem, khalil, Moh, Chakib, Ramzy,
Zouzou, chiakouma, ikram, amira, dia*

Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin.

Azara Youcef

Résumé

Plusieurs mois de prospection dans le massif forestier de Collo nous ont permis d'effectuer une série d'échantillonnages dans des milieux édaphiques divers, dans le but d'enrichir nos connaissances sur la faune des sols.

Plusieurs travaux ont été réalisés dans la région de Collo, 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, pour actualisé l'inventaire de la diversité Biologique des collemboles rencontrée dans le massif de Collo, les auteurs ont mentionné dans leurs observations le caractère exceptionnel de la diversité de la faune collembologique du Collo.

Les résultats obtenus révèlent une richesse exceptionnelle en espèces endémiques et très rares d'un grand intérêt taxonomique et biogéographique. 30 espèces identifiées dont 4 sont nouvelles pour la science et sont décrites dans le présent travail et publiées.

Trois des quatre nouvelles espèces appartiennent au même genre : *Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes labiatus* et *Pseudachorutes octosensillatus* (Neanuridae, Pseudachorutinae.) La quatrième nouvelle espèce appartient au genre *Deutonura* : *Deutonura zana* (Collembola : Neanuridae : Neanurinae) seconde espèce du même genre en Algérie. Cette espèce a été collectée à l'Edough et récemment à Collo.

Du point de vue diversité, la plus grande proportion appartient à la famille Neanuridae de avec 16 espèces, soit 53.33% du total identifiés, La famille des **hypogastruridae** est représentée par 8 espèces appartenant à 5 genres, soit 26.66 % du total récolté, La famille des **Odontellidae de avec** 2 espèces soit 6.66% du total. La famille des **Onychiuridae** est représentée par 3 espèces, soit 10%, la famille des **Brachystomellidae** est représentée par 1 espèce, soit 3.33% du total identifié.

La région de Collo représente la région la plus diversifiée en Algérie, mais les résultats obtenus ne reflètent pas la diversité d'un territoire aussi vaste et diversifié que l'Algérie ce qui nécessite d'élargir la prospection à d'autres région habitats et structures géologiques.

Mot clés : Collo, taxonomique, biodiversité, Collemboles

Summary

Several months of prospecting in the forest massif of Collo allowed us to carry out a series of samples in various edaphic environments, with the aim of enriching our knowledge of the soil fauna.

Several works have been carried out in the region of Collo, by Hamra Kroua (2005), Brahim Bounab (2016) and Zoughailech (2017), It is thanks to this work that we can develop a list that includes all the species mentioned in this region, to update the inventory of the biological diversity of springtails encountered in the Collo massif, the authors mentioned in their observations the exceptional nature of the diversity of the Collo fauna.

The results obtained reveal an exceptional wealth of endemic and very rare species of great taxonomic and biogeographical interest. 30 species identified, 4 of which are new to science and are described in this work and published.

Three of the four new species belong to the same genus: *Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes labiatus* and *Pseudachorutes octosensillatus* (Neanuridae, Pseudachorutinae.) The fourth new species belongs to the genus *Deutonura*: *Deutonura zana* (Collembola: Neanuridae: Neanurinae) second species of the same genus in Algeria. This species has been collected from Edough and recently from Collo.

From the diversity point of view, the largest proportion belongs to the Neanuridae family with 16 species, or 53.33% of the total identified, The hypogastruridae family is represented by 8 species belonging to 5 genera, or 26.66% of the total collected, The family of Odontellidae with 2 species or 6.66% of the total. The Onychiuridae family is represented by 3 species, ie 10%, the Brachystomellidae family is represented by 1 species, ie 3.33% of the total identified.

The Collo region represents the most diverse region in Algeria, but the results obtained do not reflect the diversity of a territory as vast and diversified as Algeria, which necessitates the expansion of prospecting to other regions, habitats and geological structures.

Keywords: Collo, taxonomic, biodiversity, Collembola

سمحت عدة أشهر من التنقيب في غابة القل بأخذ مجموعة عينات من عدة اوساط مختلفة من التربة بهدف اثراء معرفتنا لحيوانات هذه الاخير تم تنفيذ العديد من الاعمال في منطقة القل من قبل حمرة كروا صالح 2005 ابراهيم بوناب حياة2016 زوغيلاش 2017 . وبفضل هذا العمل يمكننا وضع قائمة تشمل جميع الانواع المذكورة في هذه المنطقة لتحديث جرد التنوع البيولوجي لكولومبولا التي توجد في القل ذكر المؤلفون في ملاحظاتهم الطبيعية الاستثنائية لتنوع الحيوانات التجميعية في القل النتائج المحصل عليها اظهرت وجود تنوع استثنائي من حيث الانواع المحلية جد نادرة ذات اهمية تصنيفية و بيوجغرافية كبيرة تم تحديد 30 نوع من كولومبولا من بينها 04 انواع جديدة تم وصفها في هذا العمل .

ثلاثة من الاربعة انواع جديدة تنتمي الى نفس الصنف : *pseudachorutes labiatus* , *pseudachorutes deficiens*

و *Pseudachorutes Octosensillatus* (Neanuridae,pseudachorutes) هذا النوع الرابع ينتمي الى الصنف

Deutonura zana : *Deutonura* (Naenuridae :Naenurinae) ثاني نوع من نفس الصنف في الجزائر . هذا النوع

التقط بالإيدوغ و القل .

من وجهة نظر التنوع تنتمي اكبر نسبة لعائلة Neanuridae مع 16 نوع أو 53.33% من الإجمالي المحدد. و العائلة hypogastrorida

مع 8 انواع بمعدل 26.66% . والعائلة Odontillidae مع 2 انواع و بنسبة 6.66% من الاجمالي العينات

وكذلك العائلة Onychiuridae مع 3 انواع و بنسبة 10% من الاجمالي . وعائلة Brachystomellidae بنوع واحد و تمثل بنسبة 3.33%

من الاجمالي.

تمثل منطقة القل المنطقة الأكثر تنوع في الجزائر لكن النتائج المتحصل عليها لا تعكس تنوع إقليم شاسع و متنوع مثل الجزائر لأمر الذي

يتطلب توسيع التنقيب إلى مناطق أخرى بهي موارد و الهياكل الجيولوجية .

الكلمات المفتاحية : القل ,تنوع الحيوي, كولومبولا, taxonomique

Sommaire

Page

Introduction.....	01
Chapitre 01 : données générale sur les collemboles	
1-Morphologie.....	04
1.1-Morphologie générale.....	04
1.1.1-la tête.....	05
1.1.2-Les antennes.....	06
1.1.3-Les yeux.....	07
1.1.4-La région buccale.....	09
1.1.5-La région céphalique.....	11
2-Corps et appendices.....	12
2.1-thorax.....	12
2.1.1-Les pattes.....	13
2.2-L'abdomen.....	13
2.2.1-Furca.....	14
2.2.2-Tube ventral.....	15
2.2.3-Arrière corps.....	15
3-Anatomie externe.....	17
3.1-Le tégument.....	17
3.2.1-Le soie.....	17
3.2.2-Les sensille.....	18
3.2.3-Les écailles.....	18
3.2.4- Les trichobothries.....	19
3.2.5-Les épines.....	19
3.2.6-Les pseudocelles.....	20
4-Anatomie interne.....	21
4.1-Le système nerveux.....	21
4.2-Le système digestif.....	21

4.3-Le système respiratoire.....	22
4.4-Le système circulatoire.....	22
4.5-Le système musculaire.....	23
4.6-Le système endocrinien.....	23
4.7-Le système excréteur.....	23
5-Le système reproducteur.....	24
5.1-appareil génital et cycle sexuel des femelles.....	24
5.2-appareil génital et cycle sexuel du male.....	24
5.3-Développement.....	25
5.3.1-Développement embryonnaire.....	25
5.3.2-Développement post-embryonnaire.....	26
6-adaptation des collemboles.....	26
6.1-Adaptation morphologique.....	26
6.1.1-Ecomorphose.....	26
6.1.2-Epitoque.....	27
6.1.3-cyclomorphose.....	27
6.2-Adaptation physiologiques aux facteurs du milieu.....	27
6.2.1- Adaptation au froid.....	27
6.2.2-Adaptation à la sécheresse.....	28
6.2.3-Adaptation à l'inondation.....	28
6.2.4-Adaptation au milieu halophile.....	28
7-écologie des collemboles.....	28
7.1-biotope.....	28
7.2-Nourriture des collemboles.....	29
7.3-Rôles des collemboles dans les écosystèmes terrestres.....	30
7.4-Prédateurs et parasites des collemboles.....	30
8-Influence des facteurs du milieu sur la vie des collemboles.....	30
8.1-Humidité.....	30
8.2-Température.....	31
8.3-Porosité et aération du sol.....	31

8.4-La salinité.....	32
8.5-Lumière.....	32
9-Systématique actuelle des collemboles.....	32
10-Etat des connaissances sur les collemboles d'Algérie.....	33
Chapitre 02 : Présentation de la localité d'étude et Méthodologie.	
1-présentation du massif de Collo.....	35
1.1-Caractère géologique du massif de Collo.....	35
1.2-Le climat.....	36
1.3-Végétation.....	36
2-Méthode d'échantillonnage.....	36
3-Extraction.....	37
3.1-principe de la technique.....	38
3.2-L'extraction des collemboles.....	39
3.3-L'analyse des échantillons de faune.....	39
4-Tri et dénombrement.....	39
5-Identification des collemboles.....	40
5.1-Fixation.....	40
5.2-éclaircissement.....	40
5.3-Montage et conservation.....	41
5.4-Observation.....	41
6-Clé des ordres de collembole.....	41
7-Clé des familles de collembole.....	41
Chapitre 03 : résultats de l'étude taxonomique, biogéographique	
1-Inventaire et étude taxonomique	46
1.1-Composition faunistique du massif de Collo.....	46
2-Discussion et perspectives.....	50
2.1-Discussion des résultats faunistiques et taxonomiques.....	50
Conclusion.....	56
Références bibliographiques.....	58
Annexe.....	64

Liste des figures

	<i>Pages</i>
Figure 01: Aspects des différentes caractéristiques morphologiques des collemboles.....	5
Figure 02: morphologie externe d'un collembole entomobyridae.....	5
Figure 03: Image montrant deux articles de l'antenne d'un Symphypléone, vus au microscope électronique.....	7
Figure 04 : Photographie au microscope électronique à balayage d'une antenne de <i>Proctostephanus sanctiaugustini</i> (Isotomidae).....	7
Figure 05 : Plaque oculaire de <i>Pseudachorutes deficiens</i>	8
Figure 06 : pièce buccales d'un Tomoceridae.....	9
Figure 07 : Les mandibules des collemboles.....	10
Figure 08 : Représentation schématique des pièces buccales et des structures.....	11
Figure 09: (A, B, C, D) Les antennes, la zone oculaire, l'aire céphalique et les Pièces buccales des Collemboles.....	12
Figure 10 : Mucron de <i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>	14
Figure 11 : Furca d' <i>Heteromurus major</i>	15
Figure 12 : Face ventrale de <i>Pseudachorutes deficiens</i>	16
Figure 13 : Schéma montrant les segments abdominaux chez les Collemboles.....	16
Figure 14: Les attributs abdominaux ventraux d'un Collembole Poduromorpha Hypogastruridae : tube ventral-rétinacle-furca.....	17
Figure 15: Les sensilles.....	18
Figure 16: Ecailles et soies d' <i>Heteromurus major</i>	19
Figure 17: « Epines anales » de <i>Superodontella tayaensis</i>	20
Figure 18 : Pseudocelle de <i>Protaphorura armata</i>	20
Figure.19 : Système nerveux de <i>Smynthurus signatus</i> (= <i>Allacma fusca</i>).....	21
Figure 20 : Système digestif d'un collembole.....	22
Figure 21 : Le système respiratoire.....	22
Figure 22 : Croquis repris à partir de « Le petit collembole illustré ».....	23
Figure 23 : orifice génital femelle de <i>tetrodontophora bielansensis</i>	24
Figure 24: orifice génital male de <i>Tetrodontophora bielansensis</i>	25
Figure 25: Perturbations morphologiques chez <i>Ceratophysella armata</i>	27
Figure 26: Schéma de la diversité des biotopes dans lesquels évoluent les collemboles.....	29
Figure27: Vue sur les montagnes du massif de Collo.....	35
Figure 28: Carte géologique schématique de la région de Collo-Cap Bougaroun.....	36
Figure 29 : Habitats échantillonnés dans les localités d'étude.....	37
Figure 30: Appareil de Berlèse –Tullgren pour l'extraction des Collemboles par la méthode de " voie sèche"	38

Figure 31: Les ordres des collemboles.....	43
Figure 32: Abondance relative (%) des espèces récoltées par famille de poduomorpha.....	48
Figure 33: fréquences absolues des genres et espèces des familles de poduomorpha.....	49
Figure 34: proportion des espèces de Collo par statut de distribution.....	49
Figure 35: Proportion des espèces identifiées à Collo selon le type biologique.....	50

Liste des tableaux

	<u>Pages</u>
Tableau 1 : Classification actuelle des collemboles modifiée.....	32
Tableau 2 : Hiérarchie taxonomique moderne des collemboles.....	32
Tableau03 : Liste des espèces de Collemboles identifiées dans le massif de Collo, leur aire de distribution géographique et leur type biologique.....	46

Introduction

Introduction

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

Depuis la description des premiers collemboles (de Geer, 1743), leurs nombres atteignent en 2014 plus de 8000 d'espèces décrites dans le monde.

Les études consacrées à la connaissance des Collemboles d'Algérie sont très limitées et Anciennes. Les toutes premières sont réalisées à la fin du 19^{ème} siècle Lucas, (1846 et 1849).

Au début du 20^{ème} siècle d'autres travaux notamment ceux d'Absalon, (1913), Denis (1922-1925-1935- et 1937) et Handschin (1925,1926 et 1928) cités par (Thibaud et Massoud, 1980). Les travaux les plus proches de nous remontent au milieu du siècle dernier et sont réalisés Par Cassagnau, (1963) dans la région de Bône (Annaba), Stomp, (1980) en Kabylie et Thibaud et Massoud, (1980) Collo (Deharveng et al. 2015). Qui donnent une synthèse bibliographique sur les Collemboles du Maghreb. En 1980, la faune des collemboles d'Algérie comptait un total de 114 espèces. Enfin, le dernier important travail est mené par Hamra-Kroua, (2005), l'auteur à l'issue de la prospection de plusieurs localités de l'est algérien (massif de l'Edough, Collo, El Kala, Azzaba, Jijel, Ain M'lila et Constantine) dresse un inventaire 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. Ce travail est à ce jour le plus important sur les Collemboles du pays.

Les résultats obtenus par (Hamra-Kroua, 2005) montrent une diversité faunistique exceptionnelle dans la région de Collo ce qui donne la raison à d'autres auteurs d'échantillonner la région encore une fois pour effectuer des nouvelles recherches sur les Collemboles d'Algérie à l'image du travail de (Brahim-Bounab 2016), (Zoughailech 2017). Cette partie du Nord-est algérien est connue par son climat humide, une végétation dense et diversifiée, ses divers habitats des forêts primaires de chênes notamment peuvent héberger Une faune de Collemboles listérioses.

Compte tenu des découvertes réalisées et des lacunes mises en évidence, poursuivre l'enrichissement de nos connaissances du patrimoine biologique des sols du nord-est algérien apparaissait donc comme un enjeu majeur pour la compréhension des patrons de biodiversité du pays. C'est dans ce contexte que se place la contribution de cette mémoire, qui documente la taxonomie et l'écologie d'ordre poduromorpha du massif de Collo, une région à climat exceptionnellement humide pour l'Algérie et qui restait complètement inconnue pour sa faune collembologique.

Chapitre I

Données générales

Sur les collemboles

1. Morphologie

Les collembolles sont des hexapodes entognathes aptères, de petite taille. Cette taille est le plus souvent comprise entre 1 et 3 mm. Ils sont constitués d'une tête et de neuf segments post céphalique : trois thoraciques et six abdominaux. La tête porte une paire d'antennes de quatre articles chacune, sub-segmentés. Elles sont ornementées de soies et de sensible, récepteurs sensoriels. Le troisième article porte un organe sensoriel, typique des collembolles, l'organe antennaire (3). Leurs pièces buccales sont le plus souvent de type broyeur. Seuls des poduromorphes Odontellidae, Brachystomellidae et Neanuridae possèdent des pièces buccales de type suceur-piqueur. La tête porte classiquement huit cornéules de chaque côté. Ce nombre est souvent réduit, parfois nul, chez des espèces du sol ou des grottes. Entre la base antennaire et l'aire oculaire, se trouve l'organe post-antennaire de forme variable selon les groupes ; il aurait un rôle sensoriel olfactif.

1.1-Morphologie générale

Les Collembolles sont des arthropodes de petite taille de 0.12 mm à 17 mm. Ils constituent un groupe d'animaux très anciens. Les Collembolles du Grec (Kolla = colle); (embolon = Toupie) ou "Springtails" en anglais, un groupe d'hexapodes apterygotes. Ont été décrits pour la première fois par Lubbock en 1862. 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.

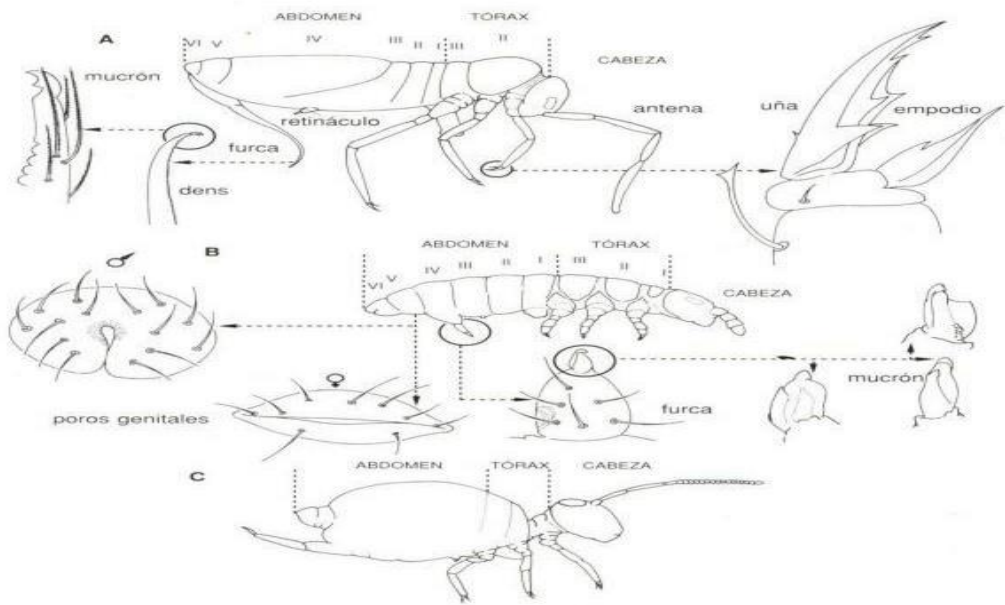


Figure 1: Aspects des différentes caractéristiques morphologiques des collemboles (Jordana et al., 1997)

A: Entomobryomorpha, B: Poduromorpha, C: Symphypleona

1.1.1- La tête

La tête des collemboles est orthognathe ou prognathe portant une paire d'antennes à 4 segments possédant leur musculature propre, un labre impair, un labium pair, une paire de mandibules et une paire de maxilles (Zoughailech, 2017). 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).

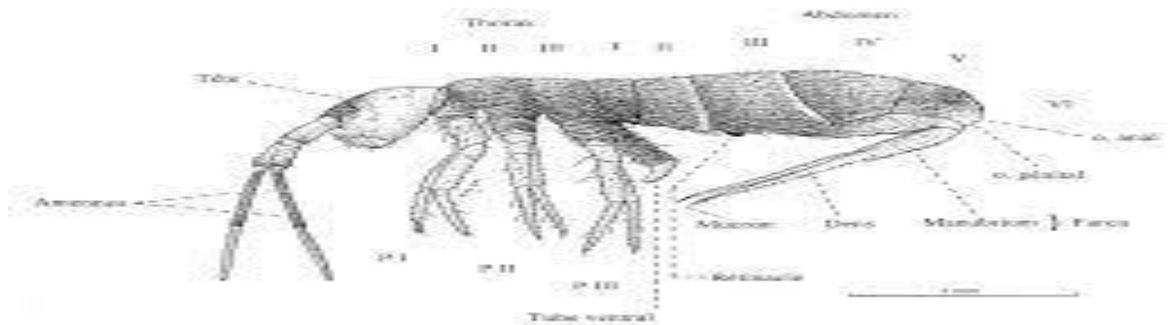


Figure 02 : morphologie externe d'un collembole Entomobyridae (Thibaud et Mutt, 1988)

1.1.2- Les antennes

Les antennes des Collemboles se composent de quatre segments de base qui sont dotés d'organes sensoriels. 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 les 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 4^{ème} article ou du 3^{ème} et du 4^{ème}. Chez plusieurs de symphypléones on peut observer l'apparition de plusieurs sous-segments sur le 4^{ème} article. D'autres structures caractérisent souvent les antennes de quelques symphypléones comme « l'organe de fixation » que l'on rencontre chez la majorité des sminthurididae qui consiste en un accroissement d'épines sur les tubercules basales des articles antennaire 2 et 3, de manière que l'articulation entre les articles et les épines forment une sorte de tenaille chez le mâle. Les antennes portent des soies et des sensilles, à grande valeur systématique, cette valeur taxonomique est majeure chez les groupes à réduction chaetotaxique, comme les Poduromorpha, Neelipleona, Isotomidae et plusieurs Entomobryomorpha.

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. Les segments antennaires portent des soies normales, qui détectent les courants et les vibrations d'air et des soies « chemosensorielles » pouvant former des complexes sensoriels (Altner&Altner 1985, Altner&Ernst1974). Les antennes sont richement dotées de structures sensorielles, en particulier sur le dernier segment (Slifer&Sekhon, 1978).

Chez les Mackenziellidae (Fjellberg, 1989) et les Sminthurididae (Massoud & Betsch, 1966c), les antennes du mâle sont modifiées pour lui permettre de s'accrocher à la femelle avant le dépôt des spermatophores

Tous les Collemboles possèdent un tel complexe sur le troisième segment antennaire, constitué de deux soies courtes et épaisses flanquées de soies de garde de chaque côté (Deharveng 1983a, Chen & Christiansen 1993, Potapov 2001, D'haese 2003, Jantarit et al. 2014).

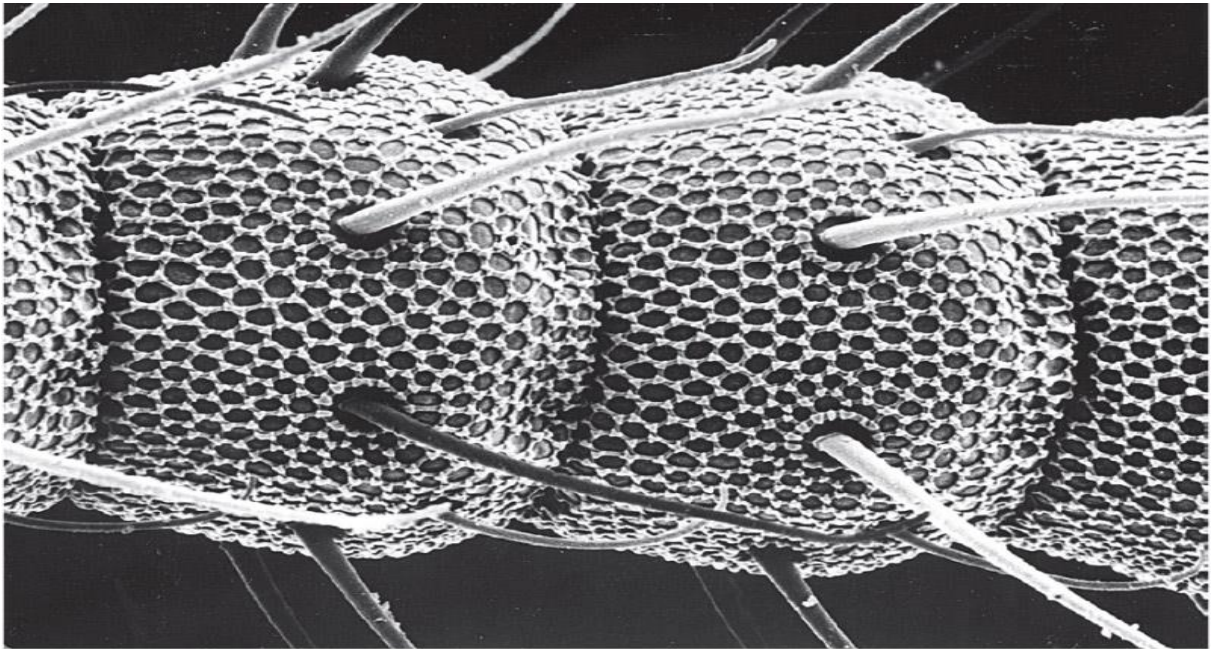


Figure03: Image montrant deux articles de l'antenne d'un Symphyléone, (Sacchi, 2011).

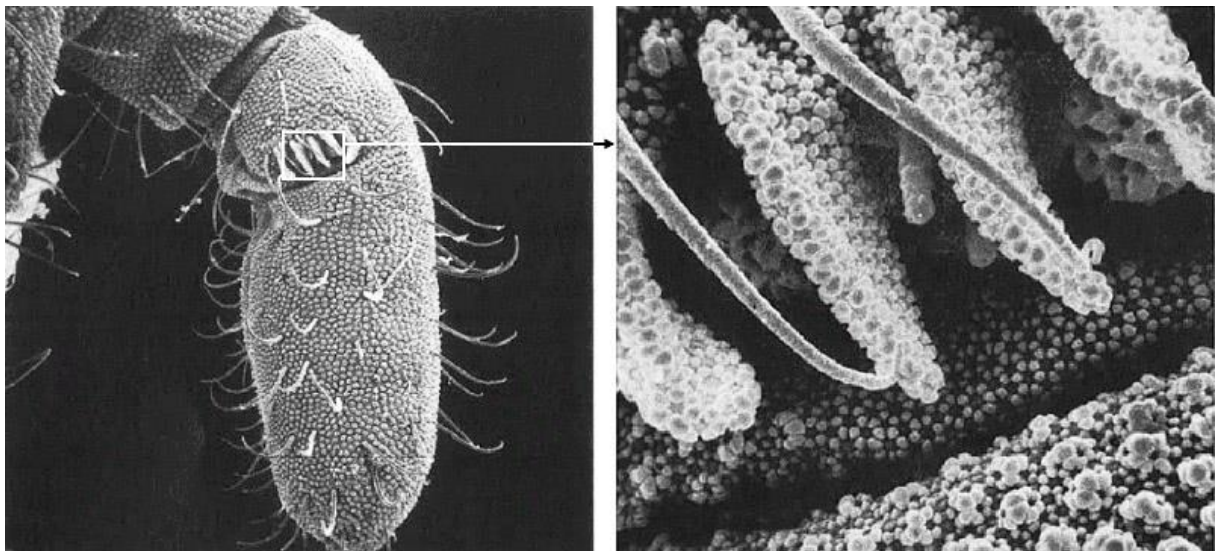


Figure04 : Photographie au microscope électronique à balayage d'une antenne de *Proctostephanus sanctiaugustini* (Isotomidae)

1.1.3- Les yeux

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

Chaque œil est composé d'un maximum de huit ommatidies simples. Les espèces vivant dans les milieux épigés montrent rarement une réduction de ce nombre, mais les Collemboles des sols et des grottes ont généralement des yeux réduits ou sont aveugles (Barra, 1973). La structure des ommatidies est très similaire à celles des crustacés (Zoughailech, 2017). En effet 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 laissent envisager une certaine pression sélective montrant que ces ocelles contribuent à leur niveau à la survie même des collemboles (Meyer-Rochow et *al.*, 2005).

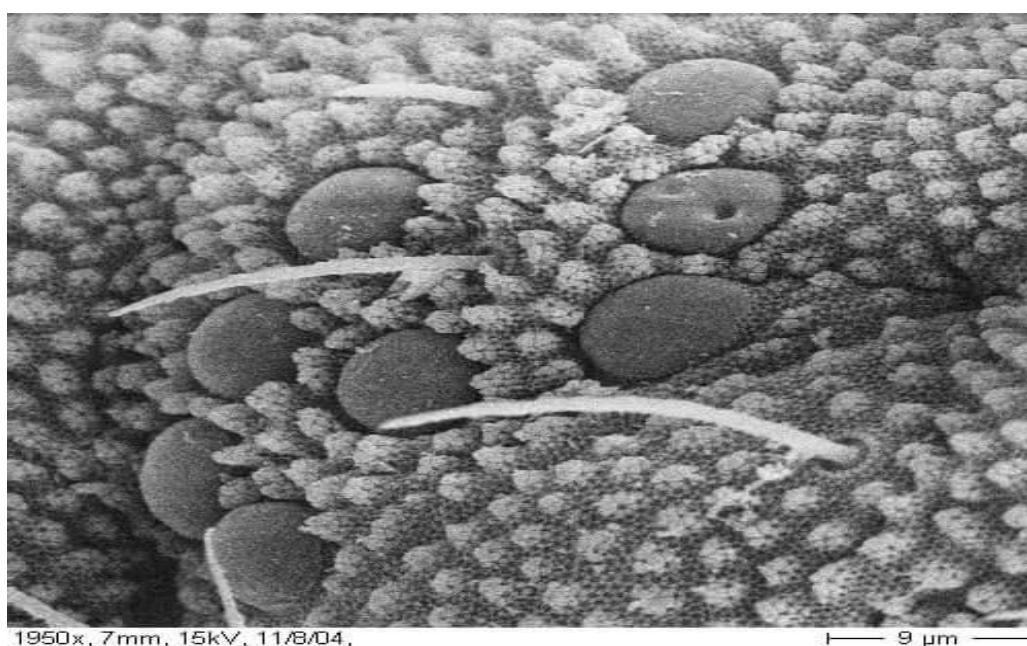


Figure 05 : Plaque oculaire de *Pseudachorutes deficiens* (Zoughailech et *al.*)

1.1.4-La région buccale

Les pièces buccales des Collemboles se développent dans la cavité buccale de la tête lors de l'embryogenèse (Uemiya & Ando 1987b). Cette entognathie est une caractéristique des Collemboles qui les sépare des insectes. La structure de base des pièces buccales des Collemboles est incarnée par *Folsomia candida* Willem, 1902 (Isotomidae), une espèce étudiée en détail et sur laquelle est basée ce qui suit. Les cinq principales composantes des pièces buccales sont le labre (ou «lèvre supérieure»), une paire de mâchoires, l'hypopharynx et le labium incluant les palpes maxillaires et un lobe externe. Les pièces buccales sont entourées dorsalement par le labre, ventralement par le labium et latéralement, par des plis pleuraux de cuticule. Chaque mandibule porte une plaque molaire qui a traditionnellement été considérée comme capable de broyer la nourriture, bien que cette hypothèse ait été contestée par Goto (1972).

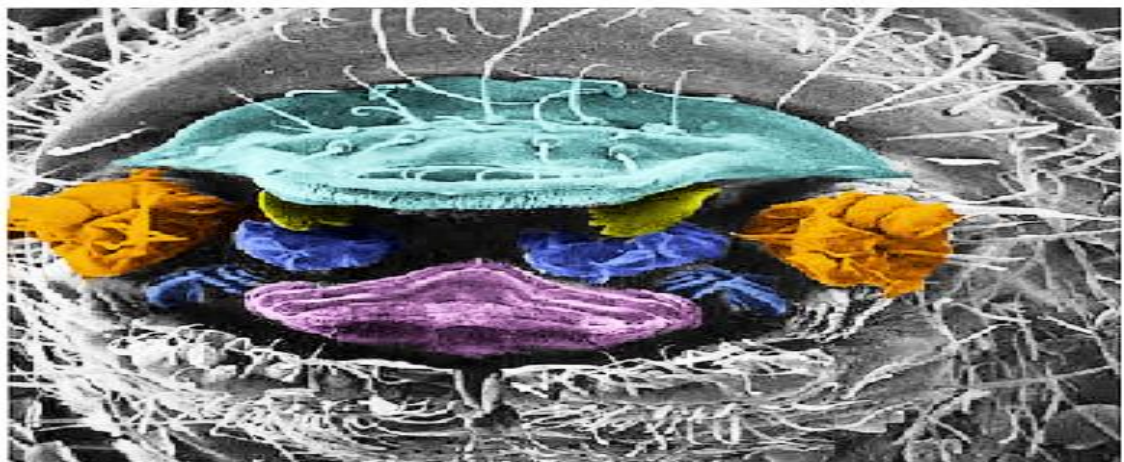


Figure 06 : pièce buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*) (Eisenbeis and Wichard, 2012)

La structure fine des pièces buccales, et les arrangements des soies sur les parties enveloppantes, sont extrêmement importants pour la taxonomie des Collemboles (Fjellberg 1976c, 1977b, 1984b). Dans certaines familles, la structure des pièces buccales peut différer sensiblement de ce qui a été décrit plus haut. Par exemple chez les Neanuridae la plaque molaire est absente sur les mandibules. Les Brachystomellidae ne possèdent pas de mandibules. Les principaux composants des pièces buccales sont :

- **Le Labium** ou labre (vert) limité dorsalement la cavité buccale, il possède une chaetotaxie utilisée en systématique : soies, épines et papilles labiales.

- **Les mandibules** (jaune). Au nombre de deux, ils 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/retrants), effectués afin de cisailier les particules de nourriture ou de broyer les fragments entre les plaques molaire mandibulaires (Eisenbeis et Wichard, 2012).

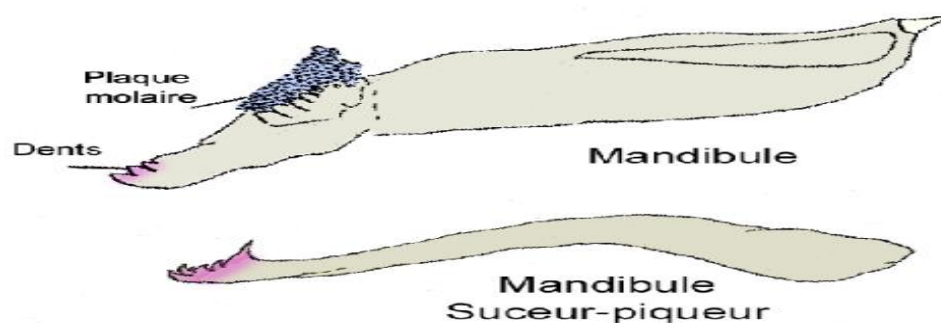


Figure 07 : Les mandibules des collemboles (Seghiri et Haoues , 2018)

- **Les maxillaires** (bleu) se compose d'un capitulum et une armature maxillaire, lobules externes et palpes. Le capitulum maxillaire présente une structure compliquée formée par quatre ou cinq lamelles plus ou moins ciliées et des dents.
- **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** divisé en deux parties par la *linea ventralis* avec présence conjointe de papilles et soies labiales dont la disposition caractéristique est utilisée dans la différenciation spécifique. Les pièces buccales sont situées dans la cavité buccale : mandibules et maxilles. Notant bien que la structure fine des pièces buccales, et les arrangements des soies sur les parties enveloppantes, sont extrêmement importants pour la taxonomie des Collemboles (Fjellberg ,1976).

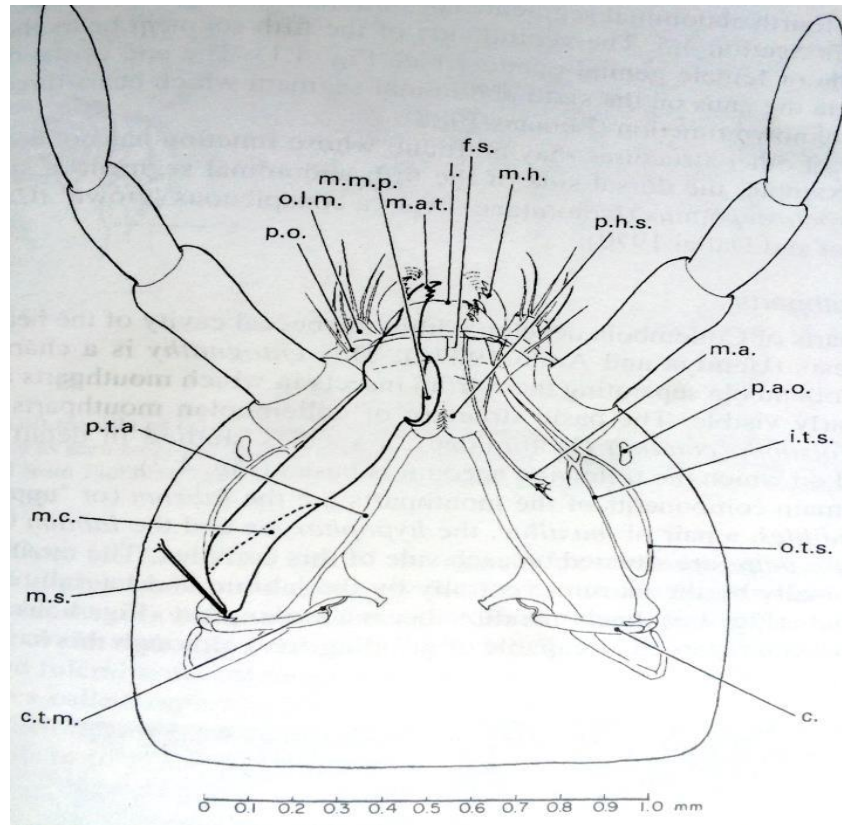


Figure 08 : Représentation schématique des pièces buccales et des structures associées en vue dorsale de *Folsomia candida* (Isotomidae), Goto (1972)

c : cardo; c.t.m.: membrane tentorielle cardo-postérieur ; f.s.: sclérite frontal; i.t.s.: épaissement interne du stipe; l : labre; M.A.: apodème maxillaire; m.a.t. : dents mandibulaires apicales; M.C. : apodème de la cavité maxillaire inférieure; m.h. : tête de la maxille (capitulum); m.m.p. : plaque molaire mandibulaire; M.S. : suspension mandibulaire ; o.l.m. : lobe externe de la maxille (palpe maxillaire); o.t.s. : épaissement externe du stipe; p.a.o. : position de l'organe postantennaire; p.h.s. : position de l'hypopharynx et des superlinguae; p.o. : oralis plica; p.t.a.: apodème tentorial (point d'appui).

1.1.5-la région céphalique

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

Yosii (1956), Da Gama (1969) cités par Hamra-Kroua (2005), Cassagnau (1974) et

Deharveng (1983), ont établi une nomenclature basée sur le nombre et la disposition des soies. Chaque soie est désignée par une lettre et un numéro :

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

- Les soies **sd** appartiennent à la partie sub-dorsale, dans la partie postérieure, il y a une ou deux soies **v** et deux lignes transversales **c** et **p**.
- Latéralement il y a deux lignes de soies, génale **g** et latérale **l**. Dans l'aire oculaire se rencontre normalement trois soies **oc**.
- Les soies **sd** appartiennent à la partie subdorsale, dans la partie postérieure, il y a une ou deux soies **v** et deux lignes transversales **c** et **p**.
- Latéralement il y a deux lignes de soies, génale **g** et latérale **l**. Dans l'aire oculaire se rencontre normalement trois soies **oc**.

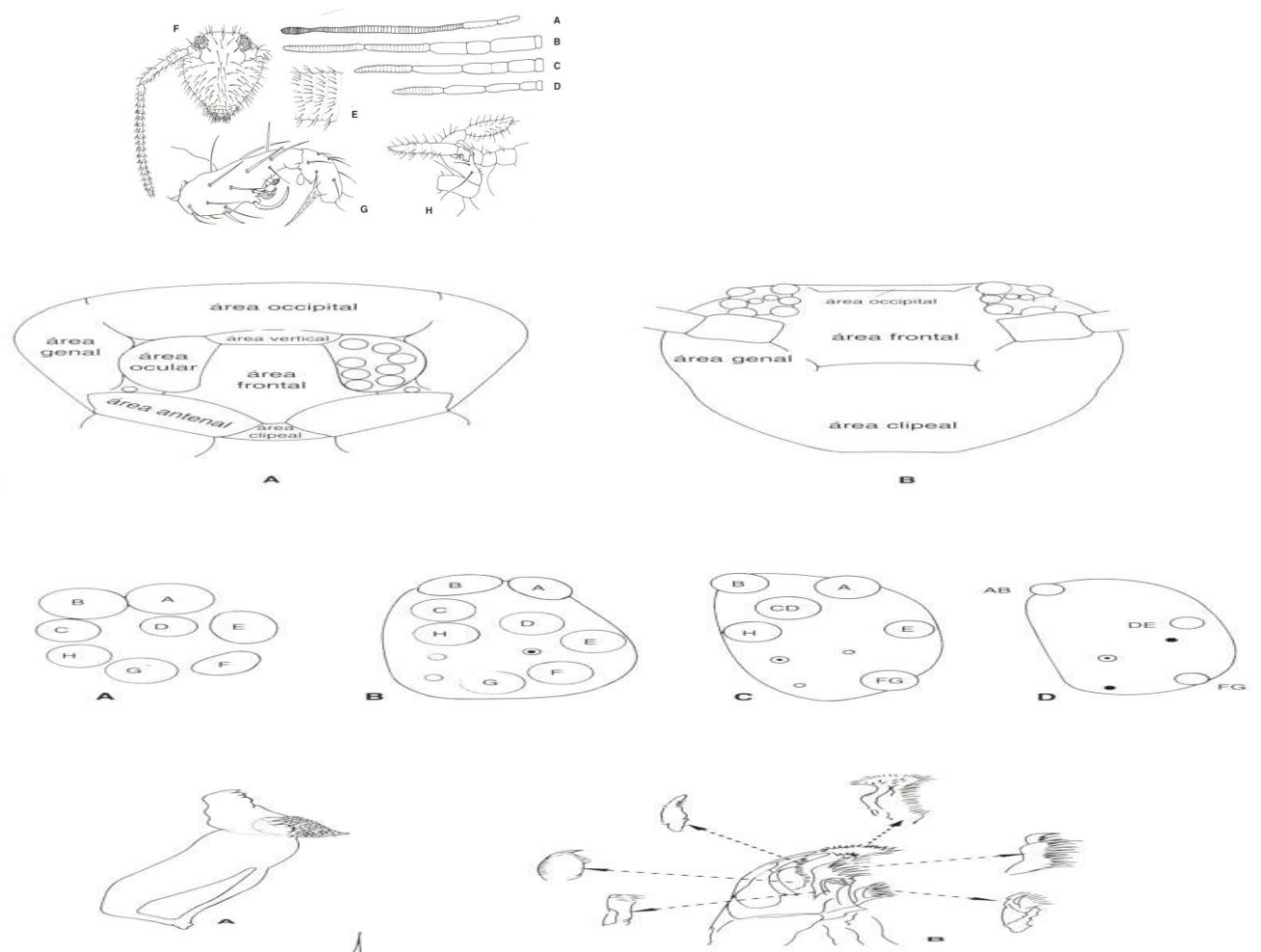


Figure 09: (a, B, C, D) Les antennes, la zone oculaire, l'aire céphalique et les Pièces buccales des Collemboles (Jordana et *al.*, 1997)

- A: Les différents types d'antennes des Collemboles;
- B: Aires oculaires des Collemboles;
- C: Aires céphaliques des Collemboles;
- D: Pièces buccales des Collemboles.

2-Corps et appendices

Le corps et les appendices sont porteurs d'une gamme d'organes sensoriels diversifiés.

2.1-thorax

Le tégument thoracique est divisé en trois segments inégaux, le premier est toujours plus ou moins réduit. Chaque segment thoracique porte ventralement une paire de pattes, chacune des trois paires de pattes sont pourvues de 2 praecoxae, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibiotarse, d'un prétarse à nodule empodial et d'une griffe simple terminale. Dorsalement, trois tergites sont distincts chez les poduromorphes, deux chez les Entomobryomorphes et chez les Symphypleona sont unis avec les tergites abdominaux (Cassagnau, 1990).

Selon Hamra-Kroua (2005) Dans chacune des pattes on distingue deux bords latéraux et un interne. Les deux bords latéraux peuvent présenter des dents basales ou apicales. Le bord interne peut être équipé de dents basales ou latérales ou les deux à la fois à nombre variable. La 1ère patte est plus complexe chez quelques Symphypleona qui présentent une tunique et un pseudonychium (croissance de la dent basale latérale) en bas du tubercule empodial qui est lié en position antérieure à l'appendice empodial équipé d'une lame interne, trois ou quatre lames et une soie terminale plus ou moins large.

2.1.1- Les pattes

Les segments thoraciques portent chacun une paire de pattes. 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 plusieurs longues soies dorso-distales sur le tibiotarse avec des extrémités élargies qui leur permettraient d'adhérer aux surfaces lisses (Blottner & Eisenbeis 1984), une capacité dont l'intérêt dans la nature n'est pas évident. La griffe des espèces hygrophiles et cavernicoles est souvent fine et longue, ce qui leur donnerait une aptitude à marcher sur des surfaces ruisselantes et sur l'eau (Christiansen 1965).

2.2-l'abdomen

L'abdomen comporte généralement six segments, chez l'Arthropleona les quatre premiers segments s'assemblent comme les quatre derniers segments chez Symphypleona (Roth, 1968).

Certains segments portent des appendices spécifiques aux collemboles : le premier segment abdominal porte un tube ventral ou collophore qui joue un rôle important dans l'équilibre Hydro-électrolytique dans l'adhérence de l'animale à certains substrats, le troisième segment

est pourvu d'un rétinacle ou tenaculum, sert à maintenir la furca contre l'abdomen grâce à une série de dents. La furca est un organe de saut située au niveau du quatrième segment abdominal (Soto-Adames, 1996).

L'orifice génital est porté par le cinquième segment, sous forme de fente transversale chez la femelle est longitudinale chez les males. Le sixième segment, dépourvu d'appendice, comprend sur son extrémité ventrale l'orifice anal (Brahim Bounab, 2016).

2.2.1-La furca

L'organe de saut ou furca est l'un des caractéristiques propres aux Collemboles. Chez les espèces épigées, la furca est très bien développée, alors que chez certaines espèces euédaphiques vivant dans le sol, elle est très réduite ou complètement absente. La régression de cet organe est en général corrélée à la régression oculaire.

L'origine de l'évolution de la furca est une paire d'appendices sur le quatrième segment abdominal. Celles-ci fusionnent pour former le *manubrium* (Eisenbeis & Ulmer 1978). Les deux parties distales sont restées séparées et se sont développées pour donner deux *dens*. Chaque dens porte une courte griffe modifiée ou *mucron* à son extrémité. Le mucron des Collemboles qui vivent sur l'eau est souvent élargi en une petite palette qui l'empêche de briser la tension superficielle lors d'un saut. La position des soies sur la furca, la forme et le nombre de dents sur le mucron, sont des caractères très importants pour la taxonomie.

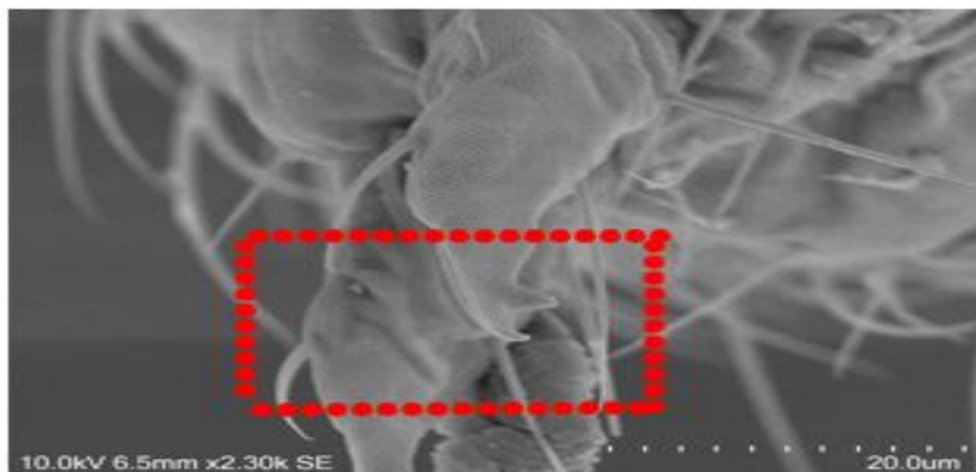


Figure 10 : Mucron de *Proctostephanus sanctiaugustini* (Collo) (Zoughailech, 2017)

La furca permet aux Collemboles de se déplacer rapidement et d'échapper aux prédateurs. *Entomobrya dorsalis* Uzel, 1891, mesure seulement 2 mm mais peut atteindre une distance de saut de plus de 16 cm (Bauer & Christian 1986).

La furca est normalement maintenue en place par un crochet ou *tenaculum* (aussi appelé *rétinacle*) sur la face ventrale du troisième segment abdominal.

Le saut est réalisé par la flexion rapide de la furca à distance du corps. *Pogonognathellus longicornis* (Müller, 1776) et *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1842) ont un mécanisme de clic impliquant la contraction des muscles internes et la déformation des sclérites abdominaux.

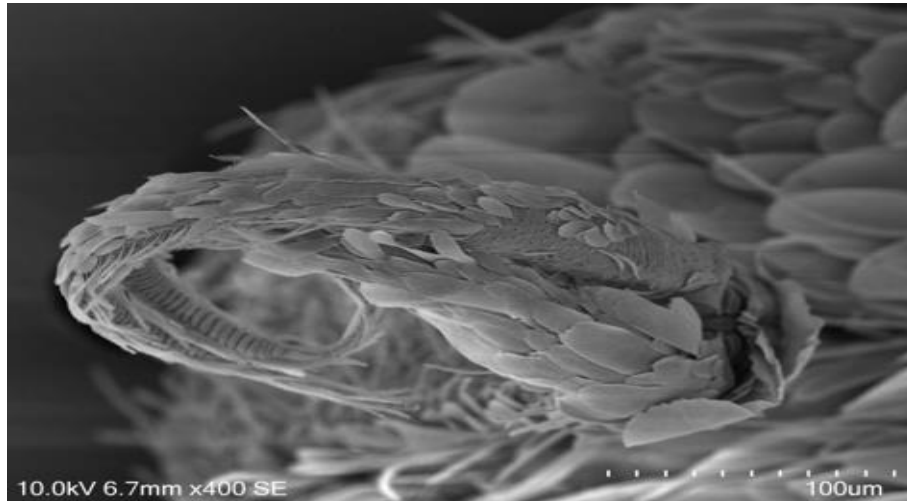


Figure 11: Furca d'*Heteromurus major* (Collo) (Zoughailech, 2017)

2.2.2-tube ventral

Le premier segment de l'abdomen de tous les Collemboles porte un tube ventral qui joue un rôle extrêmement important dans l'équilibre électrolytique. Les vésicules de cet organe peuvent également être utilisées pour l'adhérence à des surfaces lisses (Pedigo, 1967). Le tube ventral reçoit l'urine produite par les néphridies labiales dans la face ventrale de la tête par l'intermédiaire d'un canal appelé *linea ventralis* (Rusek 1987b).

2.2.3-arrière corps

La face ventrale du cinquième segment porte la plaque génitale mâle ou femelle, qui a une structure bien différente entre les deux ordres de Collemboles, Poduromorphes et Entomobryomorphes. L'extrémité du tube digestif s'ouvre par l'intermédiaire de l'anus sur le sixième segment abdominal. Un certain nombre d'autres structures sont présentes, dont la fonction n'a pas encore été élucidée. Par exemple, la face dorsale du cinquième segment abdominal des espèces du genre *Proctostephanus* (Isotomidae) porte une sorte de «couronne» remarquable (Cassagnau 1953, Poinsoit & Dallai 1970, Arbea 2003)

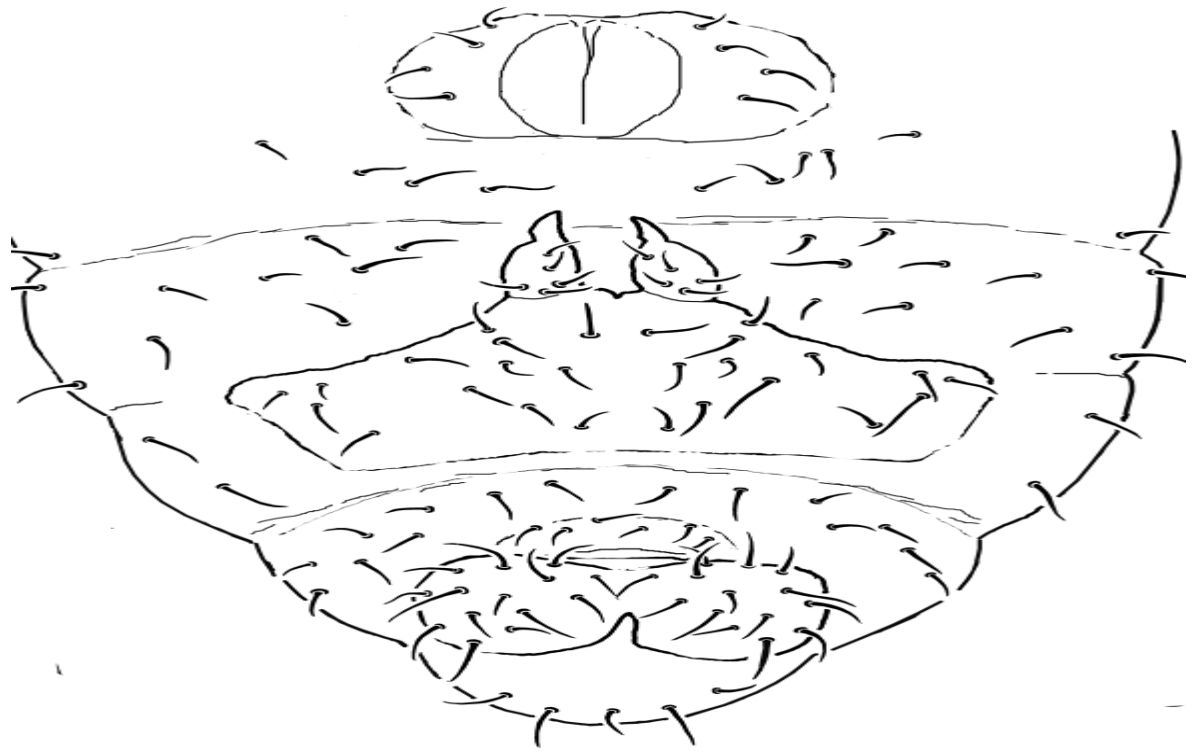


Figure 12 : Face ventrale de *Pseudachorutes deficiens* de Collo (Zoughailech et al., 2016)

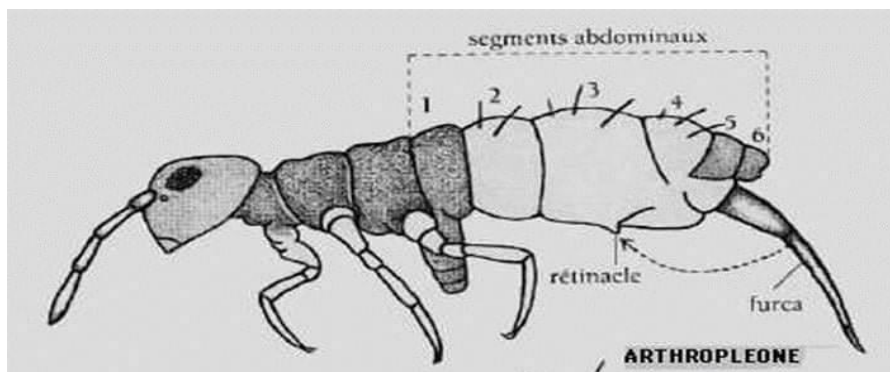


Figure 13 : Schéma montrant les segments abdominaux chez les Collemboles (Bellinger & al., 2014)



Figure 14: Les attributs abdominaux ventraux d'un Collembole Poduromorpha Hypogastruridae : tube ventral-rétinacle-furca (Bellinger & *al.*, 2014)

3-Anatomie externe

3.1- Le tégument

Le tégument est l'organe le plus grand dans le corps des collemboles, il est constitué d'un épiderme intérieure (hypoderme), une seule couche de cellules et une cuticule extérieure, une membrane extracellulaire plus ou moins inertes (Wigglesworth, 1965) cité par (Brahim Bounab, 2016).

Le tégument est peu sclérifié, présente des ornements ou des granulations épicuticulaires diverses et variées. Il porte des soies ordinaires mécanoréceptrices et des sensilles plutôt chémoréceptrices (Thibaud et D'Haese, 2010).

3.2.1- Les soies

L'analyse de la surface des Collemboles au microscope électronique à balayage (MEB) montre une profusion des soies qui recouvrent le corps et les appendices. Les trichobotries, longues et fines, détecteraient les courants d'air et les vibrations, alors que les soies ordinaires, plus courtes, 'sont probablement', selon Massoud et Ellis (1977), chemosensorielles. Certaines soies peuvent avoir plus d'une fonction, ainsi les soies tibiotarsales en spatule chez *Pogonognathellus flavescens* combinent mécano-sensibilité et sécrétion d'une substance adhésive (Blottner & Eisenbeis 1984).

L'étude de la position et de la forme de ces soies et de ces sensilles, fait l'objet de la chétotaxie. Cette chétotaxie est devenue très importante pour la description des espèces et l'étude des lignées phylétiques.

Le corps de nombreux genres de Tomoceridae, d'Entomobryidae et de Paronellidae est couvert de soies et d'écailles, ces dernières étant des soies transformées (Thibaud et D'Haese, 2010).

3.2.2- Les sensilles

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



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

Figure15: Les sensilles (Massoud et Ellis, 1977)

3.2.3- Les écailles

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

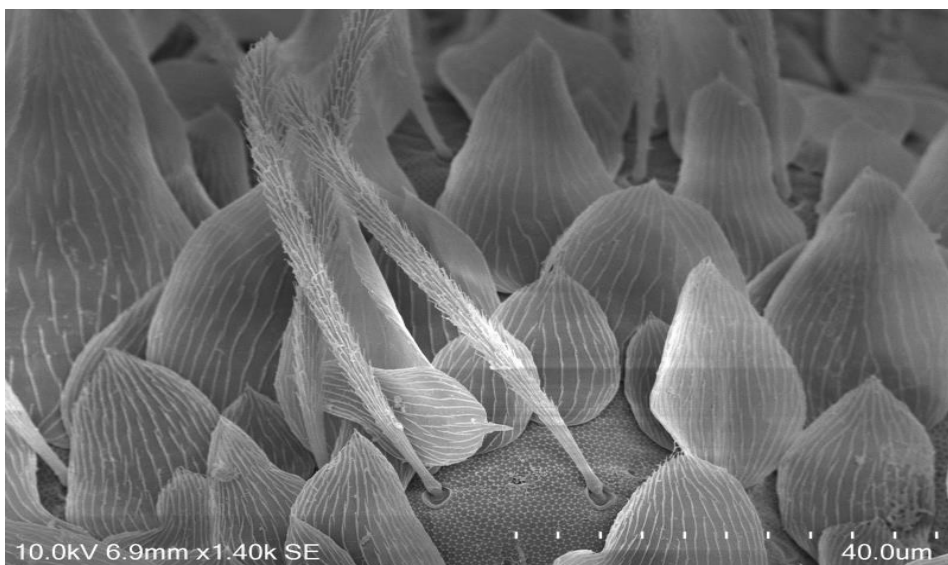


Figure 16 : Ecailles et soies d'*Heteromurus major* (Bendjaballah, 2019).

3.2.4- Les trichobothries

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

- Lasiotriches : sont des trichobothries à filament lisse ou cilié, implante sur le tégument par une embase plus ou moins large, mais sans coupelle protubérance. Elles sont constantes chez les Entomobryoidea, Tomoceroidea et Symphypleones, rares chez les Isotomidae (Isotomurus), absentes chez les Poduromorphes.

3.2.5- Les epines

Certaines soies sont modifiées en épines. Les épines peuvent être longues et minces, ou épaisses et courtes, et sont parfois couvertes par de nombreuses petites épines (Palacios Vargas, 1984). Il est à noter que les épines anales présentes chez certains Odontellidae ne sont pas équivalentes aux épines anales des autres Poduromorphes : ce ne sont pas des soies modifiées, mais des extensions tégumentaires. C'est le cas chez *S. tayaensis*, récemment décrit à Guelma et retrouvé à Collo (Zoughailech, 2017).



Figure 17: « Epines anales » de *Superodontella tayaensis* de Guelma (Arbea et al., 2013).

3.2.6- Les pseudocelles

Les Onychiuridae possèdent de nombreuses structures circulaires sur la tête, le thorax, l'abdomen et les appendices qui sont connus sous le nom de «pseudocelles» (Pomorski 1998,

Weiner 1996). Lorsqu'ils sont irrités, ces Collemboles secrètent, grâce à des glandes situées sous les pseudocelles, un fluide (Rusek & Weyda 1981).

Le nombre et la distribution des pseudocelles ont été largement utilisés par les taxonomistes pour l'identification des espèces d'Onychiuridae (Gisin 1960, Pomorski 1998, Weiner 1996).

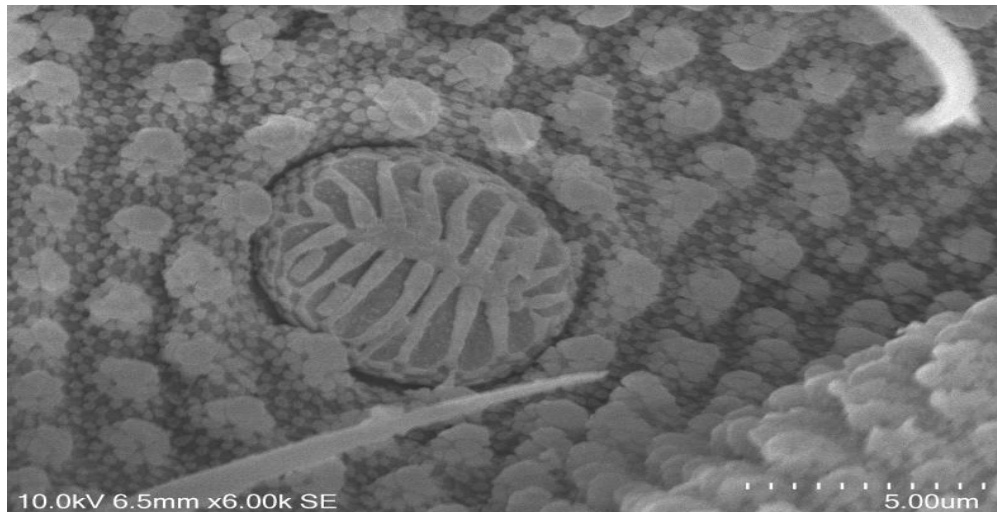


Figure 18 : Pseudocelle de *Protaphorura armata* (Tullberg, 1869) de Collo (Zoughailech, 2017)

4- Anatomie interne

4.1- Le système nerveux

Le système nerveux chez les collemboles se compose d'un complexe céphalique de ganglion supéroesophagiens (b) combiné avec les lobes optiques et un ganglion suboesophageal (c), qui forment le cerveau et plusieurs ganglions ventraux dont trois ganglions thoraciques. Chez les Symphyleona les ganglions prothoraciques et mésothoraciques sont fusionnés (Nicolet, 1842).

Les ganglions abdominaux sont associés au ganglion métathoracique (Juberthie&Cassagnau, 1971). qui s'étend habituellement dans le premier segment abdominal (Brauner, 1981) cité par (Hopkin, 1997).

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'électroencéphalogrammes significatifs.

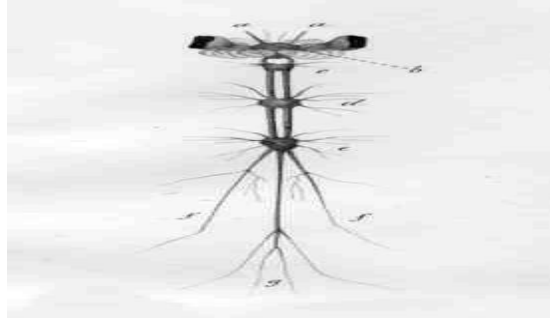


Fig.19 : Système nerveux de *Smynthurus signatus* (= *Allacma fusca*) d'après Nicolet, 1842)

4.2- Le système digestif

Chez les collemboles Le système digestif consiste en un intestin antérieur, un intestin moyen élargi, et un petit intestin postérieur. Le tractus digestif commence de la cavité buccale située dans la capsule céphalique. Le canal intestinal tubulaire passe directement de la partie antérieure vers la partie postérieure sans aucune circonvolution (Nicolet, 1842).

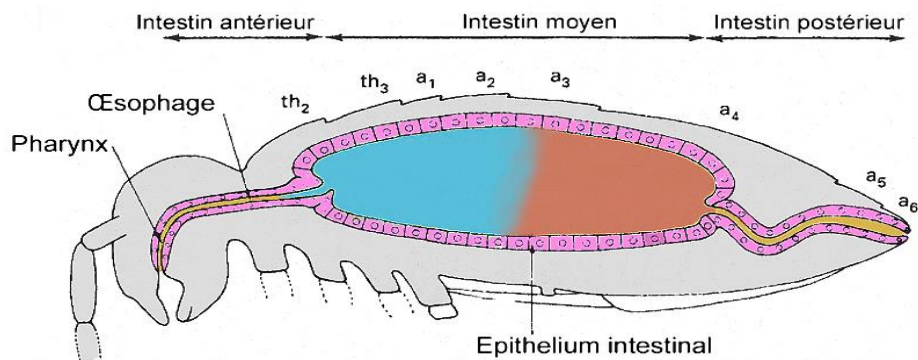


Figure 20 : Système digestif d'un collembole (Bellinger & al., 2014)

4.3- Système respiratoire

La respiration de la majorité des collemboles est cuticulaire, à travers un mécanisme de diffusion de gaz, dans lequel les vésicules de la collophore joue un rôle important (Palissa & al., 2000).

Les Actaetoidea et certains Symphypleona ont des trachées, qui forment un système ramifié de tubes (Hopkin, 1997). Les stigmates se trouvent sur la partie ventrale dans la tête où ils sont attachés au tronc entre la tête et le prothorax (Lubbock, 1873) .

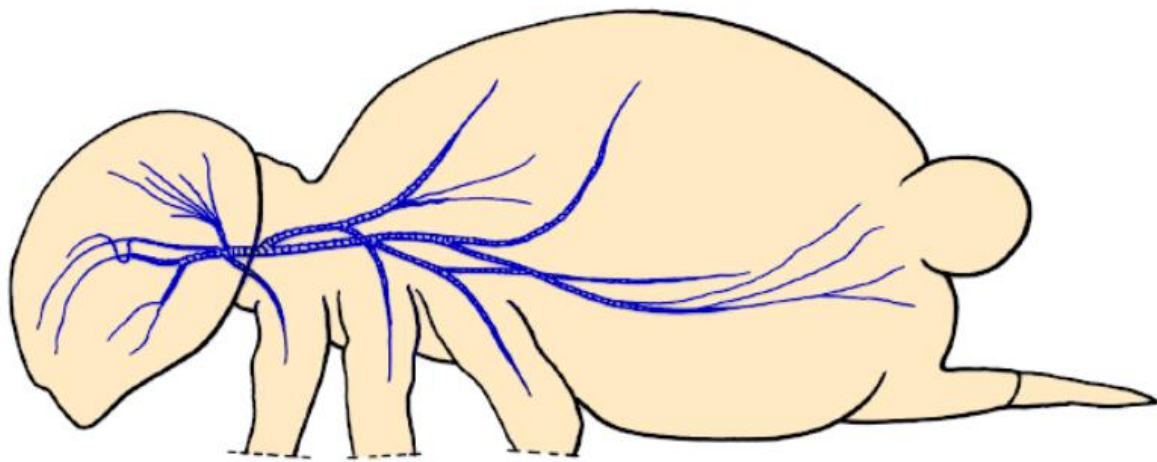


Figure 21 : Le système respiratoire (Bellinger & *al.*, 2014)

4.4- Système circulatoire

A la différence des autres insectes, il paraît que les collemboles sont pourvus d'organes circulatoires spécialisés 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) (Nicolet, 1842).

4.5- Système musculaire

Chaque segment thoracique et abdominal se compose d'une paire ventrale et dorsale de muscles longitudinaux. Ces muscles ont une disposition distincte, et lorsque la furca est présente, un autre muscle est rajouté au quatrième segment abdominal pour permettre le fonctionnement de la furca (Palissa et *al.*, 2000) cité par (Bouseba et Lekikot, 2017).

4.6- Système endocrinien

Le système de neurosécrétion, qui stocke et libère la substance neurosécrétoire, est du type plus primitif, comme chez les Annélides; elle correspond à deux organes céphaliques suboesophagiens sans cellules sécrétrices appropriées (Juberthie & Cassagnau, 1971). Chez *Neanura*, *Tomocerus*, *Orchesella* et *Bourletiella*, les cellules neuroglandulaires qui produisent la neurohormone, sont situées dans la partie latéro-dorsale du protocérébrum et dans la *pars intercerebralis*, et dans le complexe ganglionnaire superoesophagien. Le groupe des axones des cellules latéro-dorsales protocérébrales et neuroglandulaires forment le nerf *corporis cardiacus* 1. Les nerfs *corporis cardiacus* 1 forment un chiasma: les cellules neuroglandulaires gauches sont reliées aux cellules droites et vice versa. Le groupe des

axones des cellules inter cérébrales neuroglandulaires forment un nerf appelé le nerf *corporis cardiacus* 2.

4.7- Système excréteur

Les glandes labiaux Chez les Collemboles sont très comparables aux glandes antennaires ou reins céphaliques des Crustacés Décapodes, qui 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) .

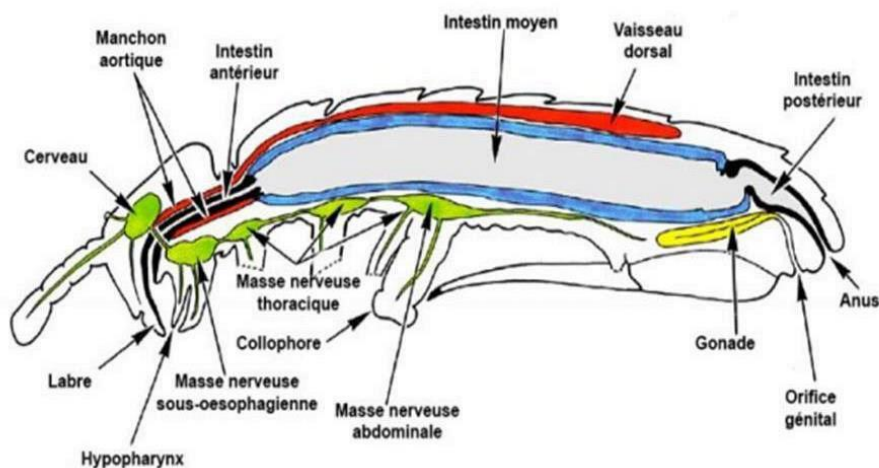


Figure 22 : Croquis repris à partir de « Le petit collembole illustré (Sacchi, 2011)

5- Le système reproducteur

5.1- L'appareil génital et cycle sexuel des femelles

L'appareil génital de la femelle a fait l'objet d'études anatomiques approfondies chez plusieurs espèces (Krzysztofowicz 1977). L'ovogenèse a été étudiée par de nombreux auteurs, mais c'est Joosse et Veltkamp (1970) et Palevody (1976) qui établissent la chronologie la plus exacte du cycle en relation avec le rythme des mues imaginaires. Le nombre de cycle de pontes et le nombre d'oeufs par pontes dépendent en effet de très nombreux facteurs qu'il n'est pas possible d'analyser ici. Chez les Poduromorphes étudiés jusqu'ici, on a observé une ponte tous les deux ans chez *Tetrodontophora bielanensis* (Waga, 1842) (Krzysztofowicz & Kisiel 1986) à une ou deux pontes par an chez *Hypogastrura boldorii* Denis, 1931, dans la nature, mais une même femelle peut pondre 7 à 8 fois de suite en élevage (Bedos & Cassagnau 1986). Chez certains Isotomidae, il n'est pas rare d'observer plus de 10 pontes, à raison d'une tous les quinze jours en élevage (Snider 1973). Mais les conditions en laboratoire déforment souvent la réalité et rendent difficile l'extrapolation aux conditions naturelles. Le nombre

d'oeufs est lui aussi très variable, de 128 à 1654 chez *Folsomia candida*, de 40 à 70 chez les Hypogastruridae (Thibaud 1970), de 5 à 10 chez les Neanuridae.

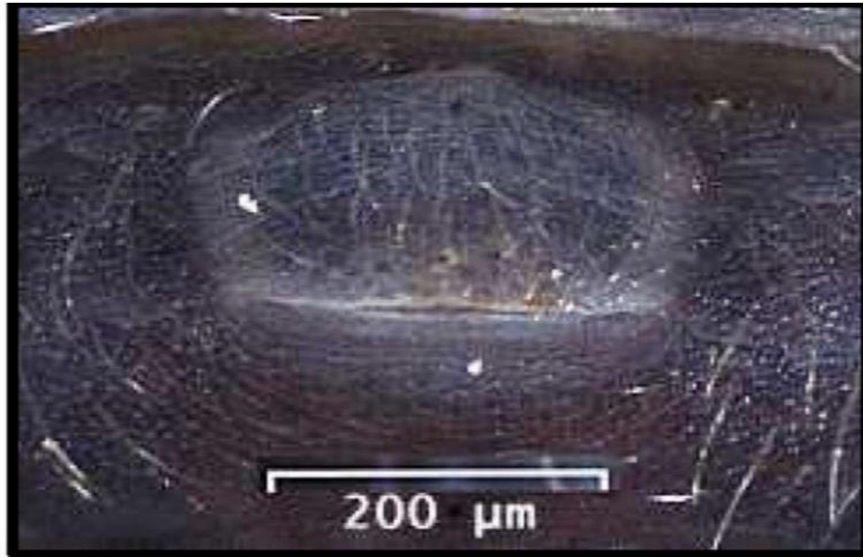


Figure 23 : orifice génétal femelle de tetrodontophora bielensis (Bellinger&al., 2014).

5.2- L'appareil génital et cycle sexuel du mâle

La gonade mâle est composée d'une paire de testicules à germarium latéral. Le fonctionnement du testicule est lui aussi rythmé par les mues imaginales. Les spermatozoïdes s'accumulent dans la vésicule séminale, mêlés à des gouttelettes nutritives secrétées par la paroi. Ils ont une tête filiforme et sont enroulés sur eux-mêmes (Cassagnau 1971b, Dallai 1975). Ils sont acheminés par le conduit dorsal du *ductus* pendant que se forme dans le conduit ventral la tige du spermatophore qui pénètre au sein de la gouttelette spermatique ou forme des nervures à la surface de celle-ci ; le pédoncule du spermatophore est long chez les Symphypléones et les Entomobryomorphes, beaucoup plus réduit chez les Poduromorphes pratiquement absent chez les *Hypogastrura* et les *Onychiurus*. Les spermatophores sont disposés en grand nombre sur le substrat et les modalités de la prise par la femelle montrent des variations très nettes suivant les groupes : dépôt au hasard et fécondation ultérieure en l'absence du mâle (cas général) ; dépôt stimulé par la présence de la femelle (nombreux Entomobryens) ; dépôt et prise du spermatophore lors d'une pariade primitive (*Dicyrtomina*, *Sminthurus*) ou lors d'une pariade spécialisée liée à l'existence de caractères sexuels secondaires spectaculaires [Sminthuridae, Bourletiellidae (Betsch 1980)]. L'existence d'une fécondation directe chez *Sphaeridia pumilis* (Krausbauer, 1898) a été signalée, mais demande confirmation.

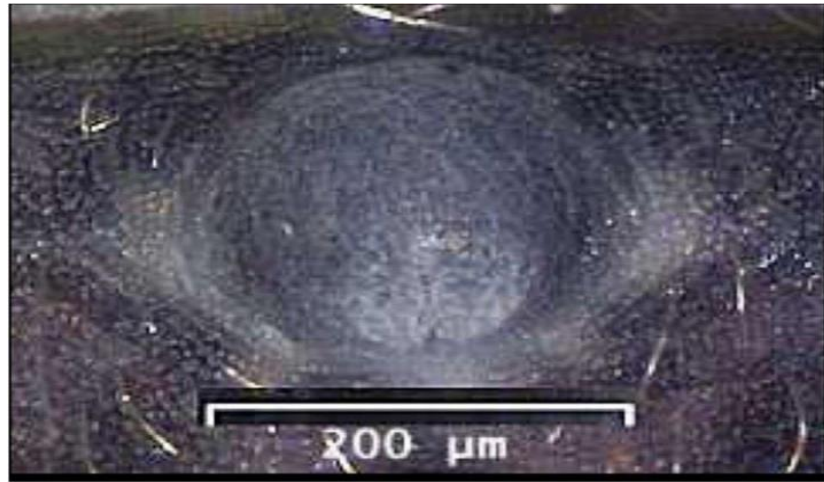


Figure 24: orifice génital male de *Tetrodontophora bielensis* (Bellinger & al., 2014)

5.3-développement

5.3.1- Développement embryonnaire

Les œufs sont pondus le plus souvent par paquet de 8 à 80, mais parfois isolément comme chez les *Tomocerus* (Tomoceridae) une femelle pond de 1 à 10 fois dans sa vie selon les espèces. Les œufs sont sphériques, d'un diamètre moyen de 0,1 à 0,3 mm, avec une paroi lisse ou ornementée selon les taxa. Les œufs sont parfois enrobés d'excrément comme chez les *Dicyrtomina* (Dicyrtomidae) pour résister à la dessiccation du biotope. Le développement embryonnaire de l'œuf est immédiat chez la plupart des formes édaphiques mais chez les épigés, les œufs d'hiver peuvent voir leur développement différé pendant plusieurs mois. Ces arrêts correspondent à des diapauses embryonnaires. L'œuf est de type centrolécithe, ce qui détermine une segmentation totale dans les premiers stades, passant à partir du stade 8 blastomères à une segmentation superficielle isolant un blastoderme périphérique (Cassagnau, 1990).

5.3.2- Développement post-embryonnaire

Le développement post-embryonnaire des Collembolés est qualifié classiquement de protomorphe et amétabole. (Thibaud et D'Haese, 2010).

De l'œuf sort un jeune presque identique morphologiquement à l'adulte. Selon les espèces, il continuera à grandir pendant deux à douze mues juvéniles pour parvenir à la maturité sexuelle et continuera à muer sa vie durant. Le nombre d'intermues juvénile varie de 3 à 5 chez les Symphypléones, de 4 à 6 chez les Poduromorphes, de 6 à 7 chez les Isotomidae. La 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 que par la température (Hopkin, 1997). On distingue deux catégories de transformations : des

transformations progressives des caractères tégumentaires d'un stade à l'autre, subtilisées au cours de l'ontogénèse, et des transformations réversibles, parfois spectaculaires, qui ne relèvent pas de processus ontogéniques, de déterminismes hormonaux passagers eux-mêmes tributaires des cycles biologiques ou des conditions mésologiques (Cassagnau, 1990).

6-Adaptation des collemboles

6.1-Adaptation morphologique

6.1.1-Ecomorphose

L'écomorphose est une crise métabolique généralisée mais passagère, révélée par l'apparition d'une morphologie nouvelle à l'occasion d'une mue, avec retour à la morphologie pré-écomorphique à la faveur de mues ultérieures (Cassagnau 1990b). Les cas documentés concernent de rares espèces de régions tempérées et méditerranéennes vivant au nord de 30° de latitude N, ou les mêmes espèces introduites dans la partie tempérée de l'hémisphère sud (Najt 1982). L'écomorphose se déclenche lorsque les conditions optimales pour la vie de l'espèce ne sont pas remplies, par exemple à l'apparition d'une saison chaude et sèche. L'écomorphose est par bien des aspects une diapause estivale accompagnée de modifications morphologiques plus ou moins profondes touchant le tégument, les soies, les pièces buccales, l'appendice empodial et le mucron. La crise écomorphique que révèlent les modifications du tégument et des phanères a un impact considérable sur l'anatomie interne des principaux organes et sur le métabolisme des individus : le tube digestif s'involve, le tissu adipeux s'hypertrophie, et l'activité de la gonade est bloquée (Lauga-Reyrel 1983).

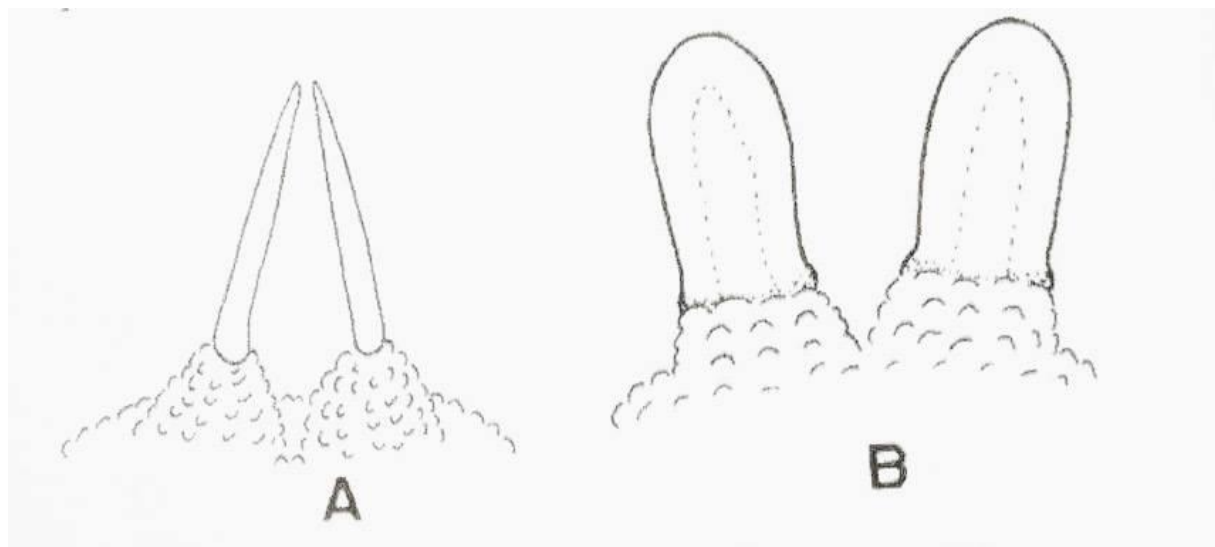


Figure 25 : Perturbations morphologiques chez *Ceratophysella armata* (Nicolet, 1842) (Cassagnau, 1990b). A : Epine anales, B : Forme écomorphique

6.1.2-Epitoque

La forme épitoque n'apparaît que dans un sexe: mâle chez *Coloburella zangherii* et femelle chez *Hypogastrura schaefferi*. Par contre chez les *Hypogastrura*, les deux sexes sont affectés mais plus intensément chez les femelles. Chez *Odontella lamellifera* les deux sexes réagissent de la même façon. Le nom d'épitoque nom donné par Bourgois et Cassagnau (1973) cités par Hamra-Kroua (2005). Toutes les modifications résultantes de l'épitoque peuvent toucher des caractères classiques utilisés dans la systématique (Cassagnau, 1990).

6.1.3-cyclomorphose

C'est un type de polymorphisme saisonnier découvert par Fjellberg (1976) chez quelques Isotomidae et Hypogastruridae du Nord de l'Europe. Elle touche des espèces cryophiles avec une forme d'été et une forme d'hiver qui se distinguent essentiellement par la forme du mucron ou des ergots du tibiotarse. Aucun phénomène de cyclomorphose n'a été observé chez les espèces d'Algérie ou d'Afrique du Nord.

6.2-adaptation physiologiques aux facteurs du milieu

6.2.1-adaptation au froid

Les Collembolles 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 (Somme & Conradi-Larsen 1977), manitol, tréhalose, fructose (Block & Somme 1982). On trouvera une mise au point de ces problèmes dans les articles de Somme (1981) et de Joosse (1983).

6.2.2-Adaptation à la sécheresse

D'après Hamra-Kroua (2005), à la suite de la dessiccation totale des biotopes terrestres en saison sèche, les Collembolles font face au déficit hydrique du milieu, soit par la résistance des œufs que les femelles déposent dans les interstices, soit par le phénomène d'anhydrobiose. Les jeunes et les adultes de *Folsomides variabilis* et *Brachystomella parvula* montrent un comportement constructeur et se fabriquent des logettes d'argile ou de calcaire ayant transité par leur tube digestif. Plus la dessiccation s'accroît les individus se contractent, se creusent en gouttière sur la face ventrale, les antennes repliées vers l'arrière et y restent ainsi desséchés plusieurs mois et reprennent leur forme initiale et leurs activités une fois le milieu sera rehumidifié.

6.2.3-Adaptation à l'inondation

La saturation du milieu édaphique par l'eau refoule la plupart des espèces vers la surface du fait de la faible mouillabilité de leur cuticule. Toutefois les individus prisonniers en

profondeur subissent pendant un laps de temps variable des conditions de vie subaquatiques, enfermés dans des bulles d'air, en particulier dans la zone intertidale. Les espèces des milieux halophiles de la zone intertidale aussi bien de type interstitiel [*Archisotoma pulchella* (Moniez, 1890)] qu'atmosphile [*Anurida maritima* (Guérin-Méneville, 1836)] sont capables d'immersion prolongée dans l'eau salée à marée haute grâce à des mécanismes physiologiques complexes. Mais des espèces moins spécialisées comme *Isotoma viridis* Bourlet, 1839, ou *Hypogastrura viatica* (Tullberg, 1872) sont elles aussi capable de résister à la submersion pendant plusieurs jours (Witteveen & Joosse 1988).

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- Biotope

la plupart des collemboles vivent dans des milieux humides, les espèces adaptées aux milieu secs ont souvent le corps couvert d'écailles ou de soies supposées réduire les pertes d'humidité (Ait-Mouloud, 2011). Certaines espèces, pendant le jour, peuvent se déplacer activement sur les écorces des arbres et les fleurs. Ils peuvent être trouvés dans la mousse, sous les pierres dans les grottes, dans les nids de fourmis et des nids de termites, mais aussi dans la zone intertidale 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). Malgré leur diversité, il est possible de classer les collemboles en trois principaux groupes en fonction de leur milieu de vie :

- Euédaphiques et troglodytes vivant dans le sol.
- Hémiedaphiques, vivant dans la partie superficielle et dans les feuilles mortes.
- Atomobiotique, vivant à la surface du sol et de la végétation.

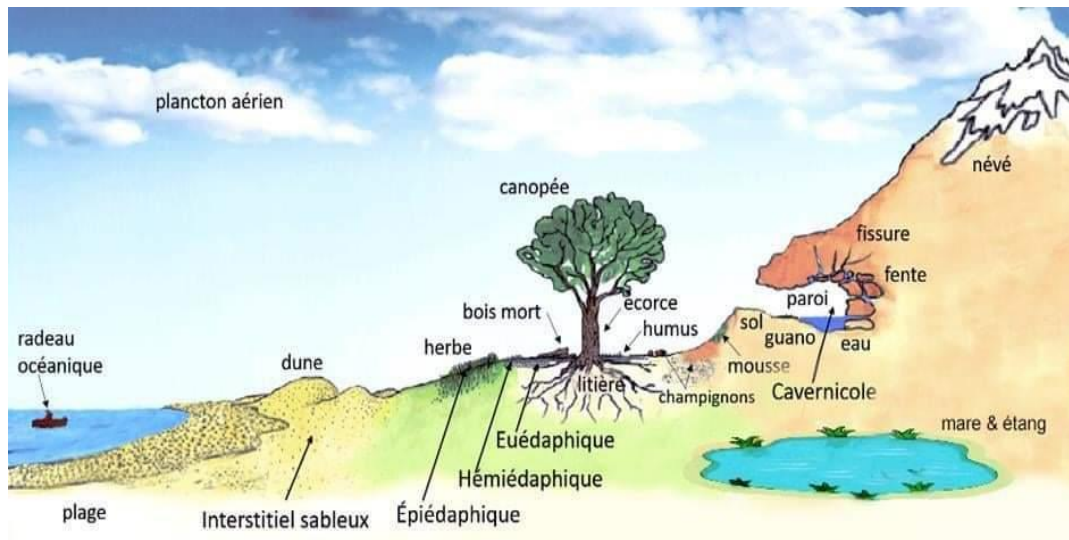


Figure 26 : Schéma de la diversité des biotopes dans lesquels évoluent les collemboles (Bellinger & al., 2011)

7.2- Nourriture des collemboles

De nombreuses études basées sur l'analyse des contenus intestinaux ne montrent pas une spécialisation alimentaire stricte inféodée à un type de nourriture. Les Collemboles se nourrissent de parenchymes végétaux frais, hyphes et spores de champignons, matière organique en décomposition, fragments minéraux, algues filamenteuses, pollens, bactéries, excréments d'autres animaux. Ils peuvent se nourrir de racines de plantes vivantes et plantules, d'où les dégâts causés par certaines espèces comme *Sminthurus viridis* (Linnaeus, 1758) sur les luzernières.

Cassagnau (1990b) donne plus de détails sur la nourriture de certains groupes de Collemboles; les Isotomidae des mousses humides consomment des diatomées dont on retrouve les squelettes dans le tube digestif. L'auteur rapporte que certaines espèces se nourrissent de cadavres d'animaux, mais d'autres sont des prédateurs, il cite le cas de l'Isotomidae: *Metisotoma grandiceps* (Reuter, 1891) (= *Cephalotoma grandiceps*) qui possède des mandibules dissymétriques adaptées à ce type de nourriture. C'est le cas aussi des *Friesea* qui se nourrissent de Tardigrades, Protozoaires, Rotifères et de Nématodes. De nombreux Neanuridae ont eux des pièces buccales de type suceur, adaptées (par hypertrophie et polyténisation des glandes salivaires) à l'absorption de liquide. Une étude récente a montré que certains se nourrissent en fait de myxomycètes (Hoskins et al. 2015).

7.3- Rôles des Collemboles dans les écosystèmes terrestres

Les Collemboles interviennent de manière relativement importante dans les processus de transformation de la matière organique, la biodégradation, en disséminant et en contrôlant

les organismes décomposeurs soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire d'éjections des fragmentaires primaires dans les humus coprogènes (Isopodes, Diplopodes, larves de Ptérygotes). Rappelons que la majorité se nourrit aux dépens de la microflore du sol (algues, bactéries et champignons) et joue ainsi un rôle important dans le maintien de l'équilibre de la chaîne alimentaire et, donc, dans l'équilibre des écosystèmes terrestres dans leur ensemble. Ils forment un maillon de la chaîne des décomposeurs du sol. Ce sont aussi des "fragmentaires secondaires". Les Collemboles donnent au sol une structure poreuse pour un meilleur drainage ainsi qu'une meilleure action des microorganismes et des enzymes du sol (Vannier et Kilbertus, 1981; Cassagnau, 1990).

7.4-prédateurs et parasites des collemboles

Parmi les parasites rencontrés chez les Collemboles la plupart des auteurs ont signalé la présence de Grégarines et de Nématodes comme endoparasites. Cassagnau (1990) mentionne des Coccidies, Champignons, Microsporidies, et Hélicosporidies. Les prédateurs de collemboles sont représentés par de nombreuses espèces de chilopodes, opilionides, japygides et d'arachnides tels que les acariens, araignées et pseudoscorpions (Thibaud, 1970). Parmi les insectes on trouve des punaises, larves de coléoptères, ainsi que des adultes de Pselaphinae, de Staphylinidae et aussi des Fourmis (Bellinger, et al., 2017) cité par (Bendjaballah, 2019).

8- Influence des facteurs du milieu sur la vie des Collemboles

8.1- Humidité

L'optimum hygrométrique pour les Collemboles est de 90 à 100% d'Humidité Relative de l'air (HR). Ce sont donc des animaux sténogobies, c'est-à-dire à faible tolérance au déficit hygrométrique de l'air. Rappelons que la majorité des espèces de Collemboles ont une respiration cutanée. Cette perméabilité cuticulaire permet donc les échanges respiratoires et facilite les transferts hydriques corporels. Seuls les Entomobryomorphes Actaletidae et la plupart de Symphypléones ont un système respiratoire trachéen, une cuticule et une hémolymphe spéciale, ce qui leur a permis de vivre hors du sol dans la strate aérienne herbacée.

8.2-Température

Températures létales inférieures sont en général de -1 à - 4°C, mais parfois de - 10°C. Il faut souligner que tous les Collemboles sont intolérants à la congélation et, pour surmonter les périodes de gel, les individus abaissent leur point de congélation en maintenant leur milieu intérieur en l'état de « Pour les œufs, les jeunes et les adultes des espèces de Collemboles

européennes : Les surfusions », c'est-à-dire à l'état liquide, afin d'éviter la formation de cristaux de glace pouvant endommager leurs tissus. Certaines espèces d'Onychiuridae et d'Isotomidae, vivant sur le continent Antarctique *Cryptopygus antarcticus*, au Spitzberg ou sur les glaciers, peuvent abaisser leur point de congélation jusqu'à - 30°C et ceci grâce à la production d'un « agent antigel » dans leurs tissus. Les températures létales supérieures vont de 25 à 30°C, selon les espèces, mais pour certaines, plus rares, jusqu'à 50°C. En Europe, l'optimum thermique va de 8 à 16°C. Sous les Tropiques, l'optimum thermique est plus élevé, il va de 22 à 32°C. Les Collembolés sont donc des animaux plutôt eurythermes, c'est-à-dire à assez large tolérance thermique. Les durées du développement et du CIM des adultes diminuent au fur et à mesure que la température augmente et, ce, jusqu'à la température létale supérieure.

8.3- Porosité et aération du sol

La porosité du sol et le volume des vides du sol permettent la circulation de la faune, de l'eau et de l'air. Pour fuir les contraintes climatiques estivales (haute températures et sol sec), les Collembolés édaphiques migrent verticalement vers les couches profondes où persistent des conditions de température et d'humidité optimales. Un sol à faible taux de porosité offre une mauvaise circulation de la faune (Gobat et al. 1998). Cette explication rationnelle n'a cependant pas de support expérimental à ce jour.

La porosité du sol bien que liée en grande partie à sa structure, peut être affectée par d'autres facteurs mécaniques tels que la compaction due au piétinement par l'homme, les animaux ou les engins agricoles (Hermosilla et al. 1978, Massoud et al. 1984). Les auteurs notent qu'il y a des effets immédiats sur les Collembolés qui se traduisent par une forte baisse de l'effectif total, de la richesse et la diversité spécifiques en période estivale.

8.4- La salinité

Les espèces de Collembolés inféodées aux biotopes à forte salinité de type intersticiel (*Archisotoma pulchella*) ou atmophile (*Anurida maritima*) du milieu marin ou surfaces d'eau salées terrestres, sont capables de réguler la concentration de leur milieu intérieur par rapport aux fluctuations de la salinité environnante. (Josse, 1983). Chez *Anurida maritima*, Cassagnau (1990), note que l'énergie indispensable à la régulation du taux de salinité est fournie par l'augmentation de la température du corps favorisée par l'activité diurne et la couleur bleu sombre des animaux (Hamra-Kroua, 2010).

8.5- La lumière

Les collemboles du sol manifestent généralement un phototropisme négatif léger qui gêne parfois l'étude de leur comportement, mais il est des collemboles indifférents à la lumière et d'autres, parmi ceux de surface, qui semblent au contraire la rechercher (Denis, 1949) cité par Bachelier (1978). Aucune réaction à la lumière, à la température et aux gradients d'humidité n'ont pu être observées chez *Onychiurus cavernicolus* et *O. vornatscheri*, espèces vivant dans les horizons profonds des sols ou les caves (Mais, 1969) cité par Bachelier (1978).

9- Systématique actuelle des collemboles

La hiérarchie taxonomiques est principalement basée sur celle de Bretfeld (1994, 1999), D'Haese (2002) et Deharveng (2004). La systématique des taxons supérieurs présentée ci-dessous correspond à certaines des opinions les plus «récentes» (Tableau01).

Tableau 01 : Classification actuelle des collemboles modifiée (Bellinger et al., 2017).

Super-règne	Eucarya Woese et al., 1990
Règne	Animalia Linnaeus, 1758
Sous-règne	Eumetazoa Butschli, 1910
Super-phylum	Ecdysozoa Aguinaldo et al., 1997
Phylum	Arthropoda Latreille, 1829
Sous-phylum	Pancrustacea Zrzavy et Stys, 1997
Super-classe	Hexapoda Blainville, 1816

Tableau 02 : Hiérarchie taxonomique moderne des collemboles selon Deharveng (2004).

Poduromorphes	Entomobryomorphes	Symphyleones	Neelipleones
Hypogastruroidea	Isotomoidea	Arrhopalitidae	Neelidae
Gulgastruridae	Isotomidae	Bourletiellidae	
Hypogastruridae	Tomoceroidea	Dicyrtomidae	
Pachytullbergiidae	Oncopoduridae	Dicyrtominae	
Paleotullbergiidae	Tomoceridae	Pterothricinae	
Neanuroidea	Entomobryoidea	Katiannidae	
Brachystomellidae	Cyphoderidae	Mackenziellidae	
Neanuridae	Entomobryidae	Sminthuridae	
Caputanurinae	Entomobryinae	Sminthurinae	
Frieseinae	Heteromurinae	Sphyrothecinae	
Neanurinae	Lepidocyrtinae	Sminthurididae	
Pseudachorutinae	Orchesellinae	Spinothecidae	
Morulininae	Seirinae	Sturmiidae	
Uchidanurinae	Microfalculidae		
Odontellidae	Paronellidae		
Onychiuroidea	Incertae sedis		
Onychiuridae	Actaletidae		
Onychiurinae	Coenaletidae		

Tetrodontophorinae Tullbergiidae Taxa incertae sedis Acherongia Isotogastruridae Poduridae			
---	--	--	--

10- Etat des connaissances sur les d'Algérie

Pendant les 15 dernières années, de 2003 jusqu'à ce jour, la connaissance de la Biodiversité des sols d'Algérie a fait plus de progrès que durant tout le siècle précédent. Les Collemboles groupe d'hexapodes le plus diversifié dans les milieux terrestres ont fait l'objet d'intenses prospections grâce à l'importante contribution apportée par Hamra-Kroua (2005). Les résultats de ces recherches révèlent une diversité insoupçonnée, notamment la description de 10 nouvelles espèces. Les travaux systématiques antérieurs à ceux initiés par Hamra Kroua remontent au milieu du 19^{ème} siècle où quelques espèces de ce groupe ont été signalées, mais difficiles à classer dans la systématique actuelle. Nous pouvons aujourd'hui diviser ces travaux sur trois (03) périodes : Avant 1900 : avec la seule contribution de Lucas, qui cite sept espèces. Entre 1900 et 1950 : c'est à cette période que les premières déterminations spécifiques valables sont rencontrées grâce essentiellement aux travaux de Denis et de Handschin. De 1950 jusqu'au début des années 2000: avec les travaux de Delamare Debutteville, Murphy, Stomp, Stomp et Thibaud et d'autres. Deux travaux ont marqué cette dernière période, celui de Cassagnau (1963) sur la faune du Nord constantinois et la synthèse bibliographique de Thibaud et Massoud (1980).

Chapitre II

Présentation de la localité d'étude et Méthodologie

1-Présentation du massif de Collo

Collo est un massif de roches cristallines, situé dans le Nord-est du pays en bordure de mer et constituant une partie de l'atlas Tellien maritime, entre la vallée de Skikda à l'Est et celle du Rhummel el-Kebir à l'Ouest. Constitué de petites montagnes d'altitude modeste (sommets de 900 à 980 m), le massif culmine à une altitude comparable à celle de l'Edough (1183 m contre 1008 m). Il bénéficie d'un climat méditerranéen relativement humide et est couvert de vastes formations forestières où dominant chêne liège (assurant 30 % de la production nationale de liège), chêne zen et replantations des pins maritimes. Collo s'avance fortement vers la mer Méditerranée : le cap Bougaroun est le point le plus septentrional d'Algérie dans la région la plus arrosée d'Algérie et du Maghreb avec plus de 1200 mm par an.



Figure 27 : Vue sur les montagnes du massif de Collo (Anonyme, 2020)

1.1-Les caractères géologiques du massif de Collo (Mahdjoub et al. 1997)

Collo appartient à un segment de la chaîne alpine de l'Algérie orientale (Toubal & Toubal 1998) née de la collision de la plaque Africaine et de la plaque Européenne. Comme pour les Alpes, cette orogénèse s'est produite au cours de l'éocène et du miocène en plusieurs "phases alpines" (Vila 1980).

Les roches ultrabasiqes de Collo affleurent au sein du socle métamorphique, de formations sédimentaires et des roches ignées miocènes du cap Bougaroune (fig. 28). Les roches métamorphiques qui représentent le socle sont principalement des gneiss, des micaschistes et des lentilles de roches calco-silicatées (skarns) (Roubault 1934). Cet ensemble de roches chevauche les formations sédimentaires mésozoïques et cénozoïques. Les roches ignées tertiaires sont composées principalement de microgranites et rhyolites.

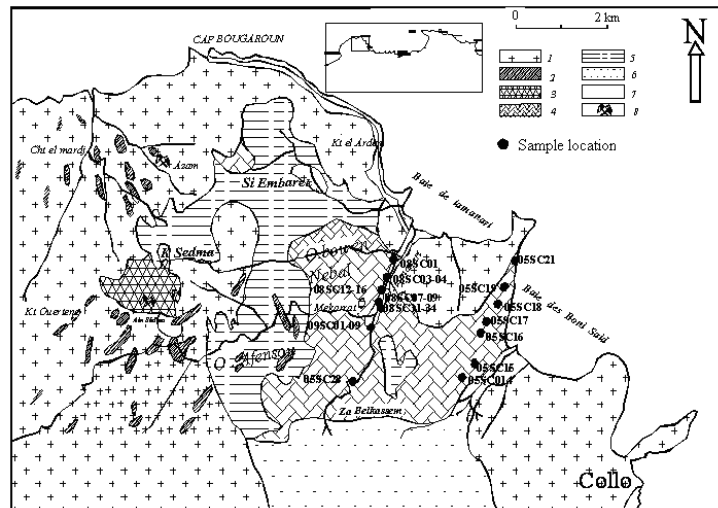


Figure 28 : Carte géologique schématique de la région de Collo-Cap Bougaroun (d'après Roubault 1934, modifiée)

(1) granite et microgranite. (2) rhyolite. (3) complexe rhyolite-granite d'Ain Sedma. (4) roches ultrabasiqes. (5) gneiss. (6) argiles numidiens. (7) alluvions récents. (8) indices minéralisés.

1.2- Le climat

Le climat est de type méditerranéen humide. Les pluies de saison fraîche atteignent un total moyen annuel supérieur à 1000 mm sur les bas versants et environ 1800 mm au-dessus de 500 - 600 m (le djebel Gouffi, à proximité de Siouane une des stations d'étude, à l'Ouest de Collo). Les températures moyennes annuelles sont d'environ 18°C avec des minima moyens de 10°C et des maxima moyens de 26°C à Skikda.

1.3-Végétation

Ces moyennes montagnes sous climat humide et chaud, sont recouvertes par d'importantes subéraies. Le chêne-liège (*Quercus suber*) domine le paysage mais est parfois dégradé par l'intervention humaine, remplacé par un matorral dense dans les endroits les plus reculés du massif. Sa forte présence à Kanoua et Khenak Mayoune fait de lui une importante ressource pour le développement économique de la région. Dans certaines localités, le chêne liège cohabite avec le chêne zen (*Quercus canariensis*) comme est le cas dans la localité de Oued Z'hor et de Siouane. La végétation est deux types :

1. Forestière en association avec le chêne-liège (sous-bois haut en serré formé de bruyère, arbousier, philaires, cytises, genets, cistes, Myrte)
2. Herbacée spontanée et cultivée (céréales et fourragères).

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

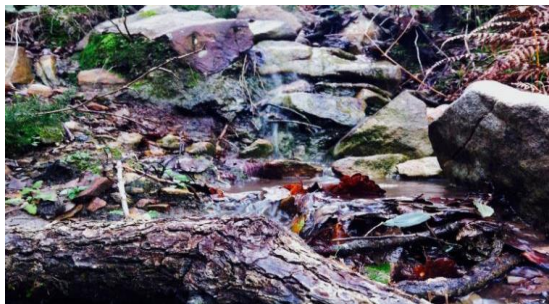
d'une surface de 20 cm² environ. Un prélèvement dans différents biotope (litière sous-bois ; lentisque et myrte, mousse, litière chêne liège et Chêne zen, litière ceratonia). La litière est prélevée à la main. Seule la couche humide est Prélevée. Les échantillons prélevés sont mis dans des boîtes en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



Bois mort



mousse



Milieu humide



litière

Figure29 : Habitats échantillonnés dans les localités d'étude

3-Extraction

Les échantillons récoltés sont analysés au niveau du laboratoire de bio systématique et écologie des Arthropodes. L'extraction des Collembolés consiste à séparer ces derniers de leur substrat. Il existe plusieurs méthodes pour extraire les Collembolés 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, Collembolés et autres Arthropodes)

sont récoltés sans l'intervention d'un opérateur. Cette méthode a été utilisée par Hamra Kroua (2005), Brahim Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019) et a donné un rendement satisfaisant

Cette technique est la seule donnant une représentation objective de la faune des arthropodes pour un volume ou une surface donnée de sol, car elle ne détermine ni concentration, ni sélection artificielle des espèces, contrairement aux autres techniques (Chasse à vue, lavage, tamisage, piégeage...).

3.1-Principe de la technique

La technique classiquement utilisée consiste dans l'échantillonnage de sol avec extraction de la faune sur appareil de Berlese-Tullgren (Berlese 1905, Tullgren 1917). L'appareil de Berlese est formé d'une sorte d'entonnoir dans lequel on dispose un échantillon de sol, d'un tamis ou une cuvette en toile métallique à maille de 2 à 4 mm et parfois surmonté d'une lampe, et d'un récipient rempli d'alcool éthylique à 70° ou 90° dans lequel se vide la faune contenu dans l'échantillon de sol. On modifie les conditions environnementales du substrat en extraction: éclairage, élévation de la température et dessèchement. Les animaux grâce à leur tactisme quittent l'échantillon et tombent dans le réceptacle.

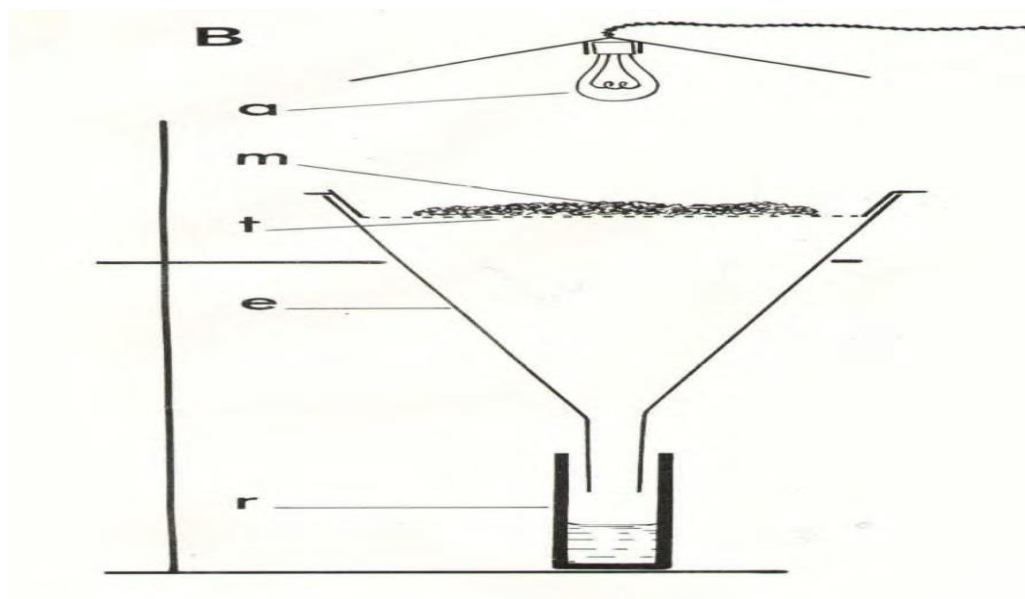


Figure30 : Appareil de Berlèse –Tullgren pour l'extraction des Collemboles par la méthode de " voie sèche".

e : entonnoir, t : tamis à mailles de 4 à 4,5mm, m : échantillon, r : récipient

Ou tube de récolte avec alcool 70°, a : ampoule de chauffage et d'éclairage de 25 à 40 W.

3.2-L'extraction des collemboles

On place l'échantillon de sol sur le tamis ou la cuvette en toile métallique à maille de 2 à 4 mm, sur laquelle on l'étale soigneusement sur une épaisseur de 2 à 3 cm. Le tout est disposé sur un entonnoir métallique ou plastique d'une ouverture de 20 à 25 cm et à une forte pente (60°). On place un tube de récolte renfermant de l'alcool éthylique à 70-90° à l'extrémité inférieure de l'entonnoir.

L'échantillon se dessèche progressivement ; on peut utiliser éventuellement une lampe à filament d'une puissance de 25 ou 40 watts, située au dessus du tamis pour accélérer le processus. Les Collemboles, fuyant la sécheresse, quittent l'échantillon à travers les mailles du tamis et finissent par tomber dans l'entonnoir et le tube de récolte. Vannier et Thibaud (1968) ont montré que la réponse des Collemboles à la dessiccation semble se situer entre ph 4,2 (point de flétrissement permanent) et ph 5.

L'extraction dure entre 4 et 5 jours ou plus, selon l'état hydrique de l'échantillon. Des précautions sont à prendre pour une meilleure conduite de l'extraction afin d'améliorer le rendement: retarder l'allumage éventuel de la lampe à la dernière phase de la dessiccation.

3.3-L'analyse des échantillons de faune

La faune édaphique échantillonnée est conservée dans des flacons d'alcool éthylique à 90°, qui sont mis dans un frigo à 4-6° pour éviter la détérioration de l'ADN et permettre le cas échéant des analyses moléculaires. Une grande partie de notre travail a consisté à identifier et à dénombrer les individus des espèces et des taxons récoltés.

4-Tri et dénombrement

Les Collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de Pétri pour entamer le tri. Le tri s'effectue sous la loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les Collemboles des autres groupes tels que les Acariens, les Araignées, les Pseudoscorpions, les larves et adultes de petits insectes. Une fois tous les Collemboles sont séparés des autres Microarthropodes, on procède à un premier comptage sous loupe binoculaire. Le premier comptage permet de déterminer le nombre total d'individus de Collemboles présents dans un échantillon. Le deuxième comptage ne survient qu'après l'identification des Collemboles au niveau du genre ou de la famille. On manipule les Collemboles, pour le tri ou le dénombrement avec la brosse de Cassagnau: une tige en matière plastique très fine (1,5mm) montée sur un mandrin métallique. 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 une loupe binoculaire à fort grossissement permettant d'observer les principaux caractères morphologiques spécifiques. Et à l'aide d'une clef dichotomique de Jordana et Arbea (1989) fig (??). 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 Nesbitt qui se compose de :

- Hydrate de chloral.....40g
- Acide chlorhydrique2.5 ml
- Eau distillé.....25 ml

Milieu éclaircissement du chloral lactophénol (milieu dangereux, à utiliser avec précaution) :

- Hydrate de chloral.....50g

- Phénol cristallisé.....50g
- Acide lactique.....25ml

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

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 dessin sou d'un appareil photographique pour dessiner l'animal et pour voir certains détails nécessaires pour l'identification.

6- Clé des ordres des collemboles

Classe Collembolla 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.

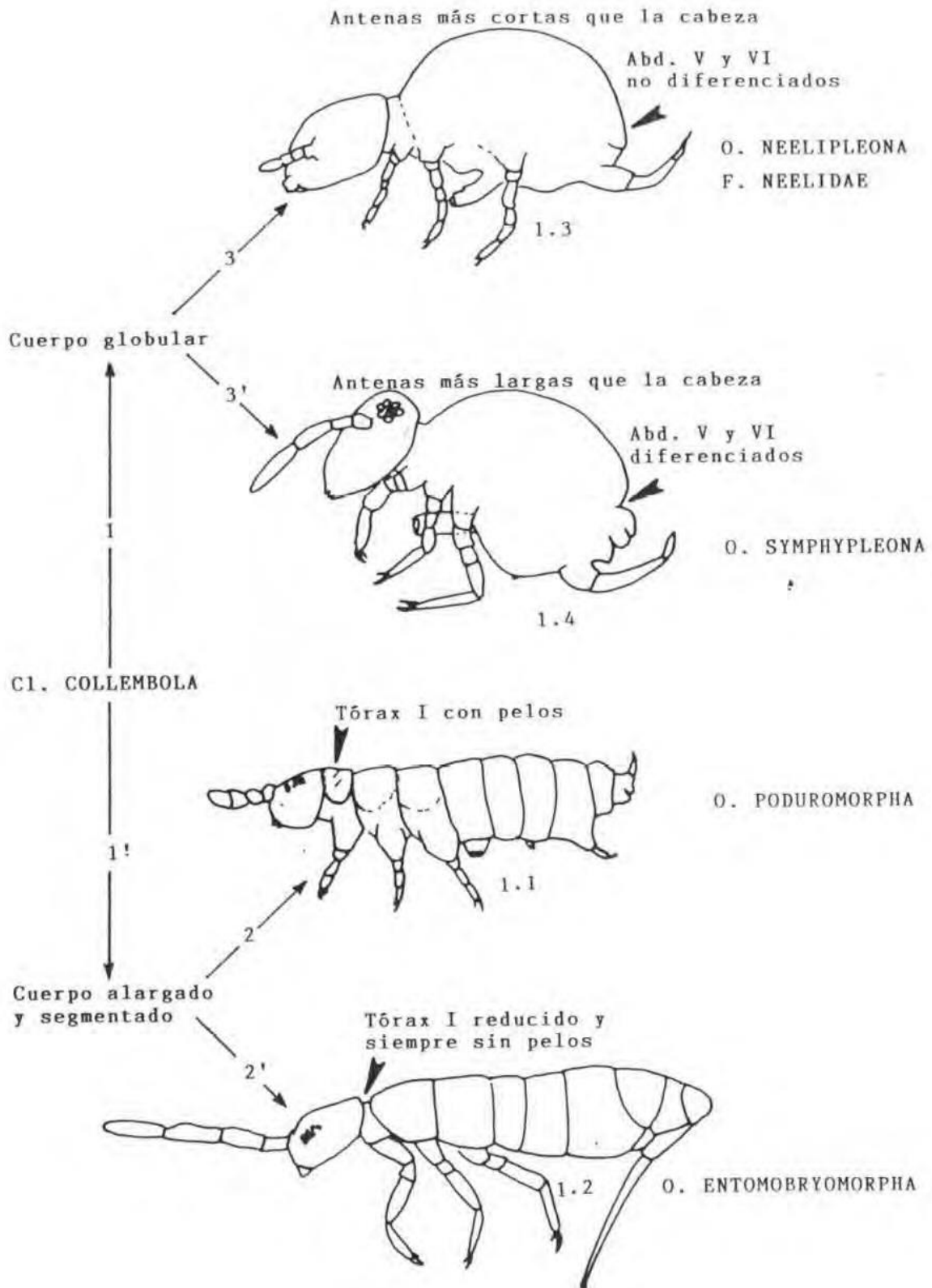


Figure31 : Les ordres des collemboles (Jordana et al., 1997)

7-clé des familles de collemboles

Ordre 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 3ème 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 3ème 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 (3ème 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.

Chapitre III :

Résultats et Discussion

Chapitre 03 : résultats de l'étude taxonomique, biogéographique

1-inventaire et étude taxonomique

1.1 composition faunistique du massif de Collo

Les taxons rencontrés sont listés dans le tableau qui contient la liste des espèces ou morpho-espèces reconnues dans le massif de Collo, leur statut de distribution et leur type biologique.

Tableau03 : Liste des espèces de Collemboles identifiées dans le massif de Collo, leur aire de distribution géographique et leur type biologique

Abréviations : C : Cosmopolite, E : Euédaphon, H : Hemiédaphon, En : Endémique, Eu : Europe, N.A : Non applicable (forme non identifiée à l'espèce), W : Large distribution en et hors Europe. La nomenclature taxonomique est conforme à la liste de référence fournie par Fauna Europaea (Deharveng 2013).

Espèce	Aire de distribution	Type biologique
I. PODUROMORPHA		
1. Hypogastruridae Börner 1913		
1. <i>Ceratophysella armata</i> (Nicolet, 1842)	W	H
2. <i>Ceratophysella gibbosa</i> (Bagnall, 1940)	C	H
3. <i>Ceratophysella gr denticulata</i> (Bagnall, 1941)	C	H
4. <i>Ceratophysella tergilobata</i> (Cassagnau, 1954)	W	H
5. <i>Microgastrura</i> sp.	N.A	H
6. <i>Pseudacherontides</i> sp.	En	E
7. <i>Willemia</i> sp.	N.A	E
8. <i>Xenylla</i> cf. <i>xavieri</i> Gama, 1959	W	H
2. Odontellidae Deharveng, 1982		
9. <i>Superodontella tayaensis</i> Arbea & al., 2013	En	H
10. <i>Xenyllodes armatus</i> Axelson, 1903	W	H
3. Brachystomellidae Stach, 1949		
11. <i>Brachystomella</i> sp.	N.A	H
4. Neanuridae sensu Cassagnau, 1955		
a. Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967		
12. <i>Friesea</i> cf. <i>afurcata</i> (Denis, 1926)	Eu	H
13. <i>Friesea</i> cf. <i>decemoculata</i> Börner, 1903	Eu	H
14. <i>Friesea</i> cf. <i>espunaensis</i> Arbea & Jordana, 1993	Eu	H
15. <i>Friesea laouina</i> Deharveng & Hamra-Kroua, 2004	En	E
16. <i>Friesea major</i> Hamra-Kroua et al., 2009	En	H
b. Sous-famille : Neanurinae Börner, 1901		

17. <i>Bilobella aurantiaca</i> (Caroli, 1912)	W	E
18. <i>Deutonura zana</i> Deharveng et al., 2015	En	H
19. <i>Edoughnura</i> sp.	En	H
20. <i>Protanura</i> cf. <i>pseudomuscorum</i> (Börner, 1903)	W	H
21. <i>Sensillanura austriaca</i> (Gama, 1963)	Eu	E
c. Sous-famille : <i>Pseudachorutinae</i> Börner, 1906		
22. <i>Micranurida</i> cf. <i>candida</i> Cassagnau, 1952	W	E
23. <i>Pseudachorudina meridionalis</i> (Bonet, 1929)	W	H
24. <i>Pseudachorutella asigillata</i> (Börner, 1901)	W	H
25. <i>Pseudachorutes deficiens</i> Zoughailech et al., 2016	En	H
26. <i>Pseudachorutes labiatus</i> Zoughailech et al., 2016	En	H
27. <i>Pseudachorutes octosensillatus</i> Zoughailech et al., 2016	En	H
5. Onychiuridae Börner, 1913		
28. <i>Deuteraphorura</i> sp.	N.A	E
29. <i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	W	E
30. <i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	W	E

Le tableau03 : donne les résultats des identifications des espèces de Collemboles récoltées dans les localités d'étude par famille, sous-famille, ainsi que leur appartenance biogéographique

Un totale de 30 espèces appartenant à 5 familles, 3 sous-familles et 19 genres de l'ordre des Poduromorpha. Nous représentons dans la figure (01) les proportions des différentes des familles poduromorpha

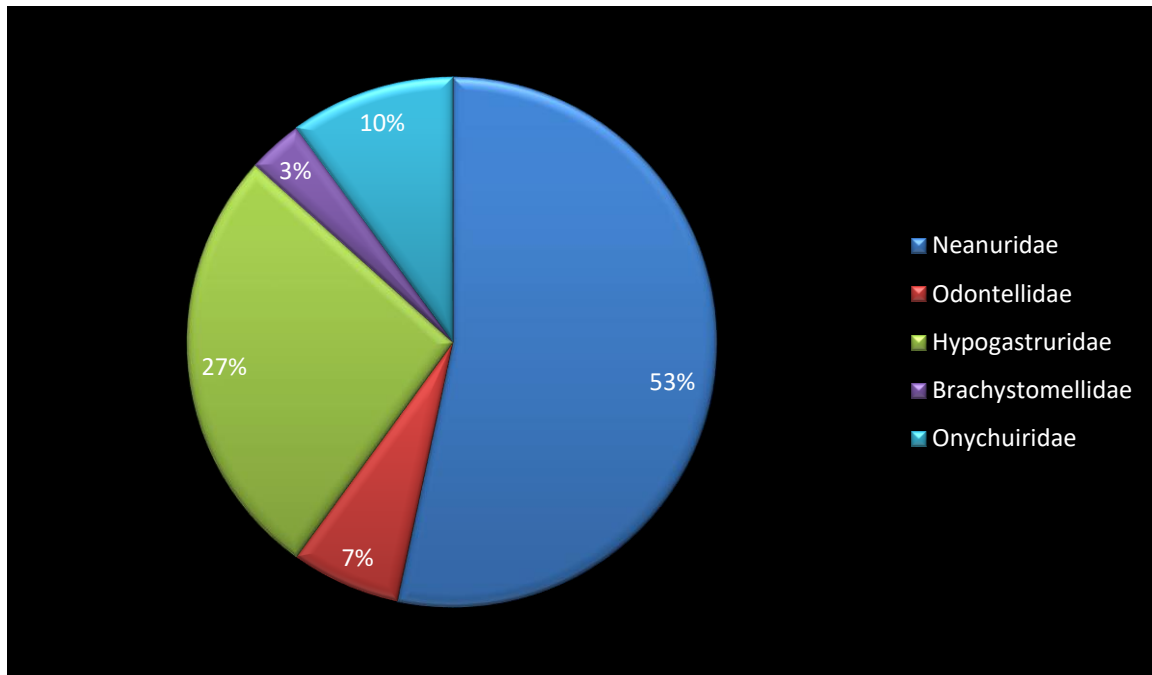


Figure32 : Abondance relative (%) des espèces récoltées par famille de poduromorpha.

* La famille des Neanuridae est la plus diversifiée ; elle est représentée par 3 sous-familles et 8 genre et 16 espèces, soit 53.33% du total. Les 3 sous familles des Neanuridae sont représentées dans nos échantillons dans les proportions suivantes :

- Sous-famille des **Frieseinae** : avec 5 espèces, d'un seul genre, soit 16.66% du total identifié.
- Sous-famille des **Neanurinae** : avec 5 espèces, réparties sur 5 genres soit 16.66% du total.
- Sous-famille des **Pseudachorutinae** : avec 6 espèces, réparties sur 2 genres soit 19.99% du total.

*La famille des **hypogastruridae** est représentée par 8 espèces appartenant à 5 genres, soit 26.66 % du total récolté.

*La famille des **Odontellidae** est représentée par 2 espèces à 2 genres, soit 6.66% du total.

*la famille des **Onychiuridae** est représentée par 3 espèces à 3 genres, soit 10%

*la famille des **Brachystomellidae** est représentée par 1 espèce à 1 genre, soit 3.33% du total identifié.

Nous représentée dans la figure 02 le nombre de genres et d'espèces par familles.

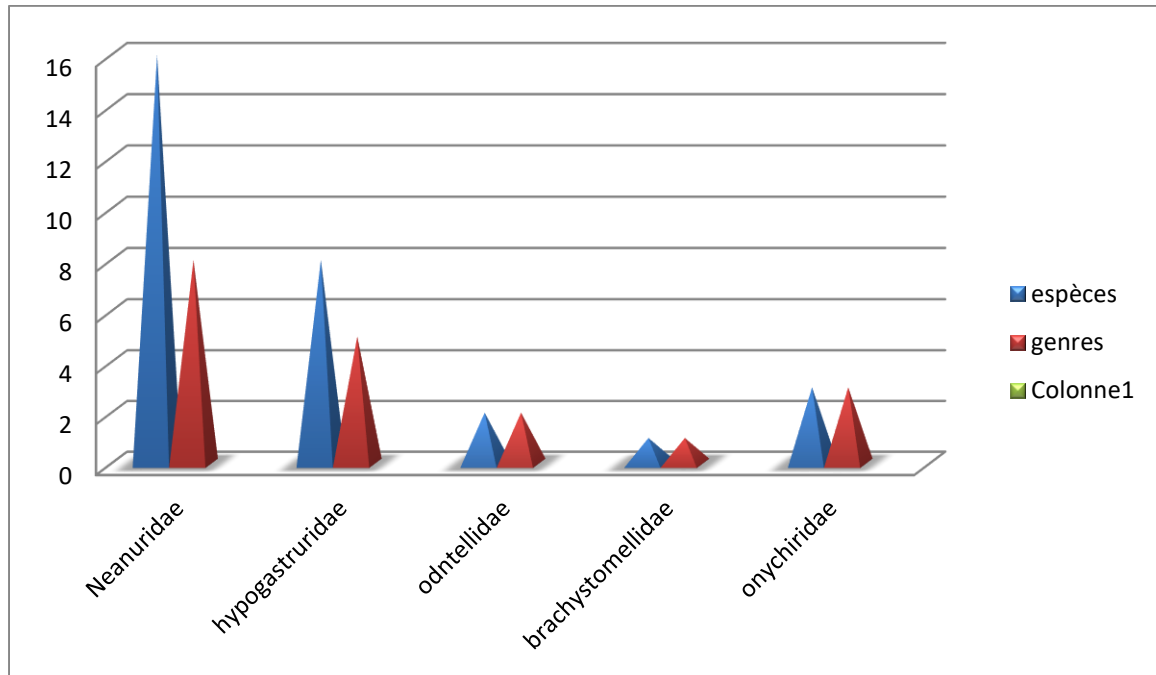


Figure 33 : fréquences absolues des genres et espèces des familles de poduromorpha

La richesse des Poduromorphes est due à l'impressionnante richesse de la famille des Neanuridae qui est la famille dominante avec 16 espèces (53.33% de l'effectif total).

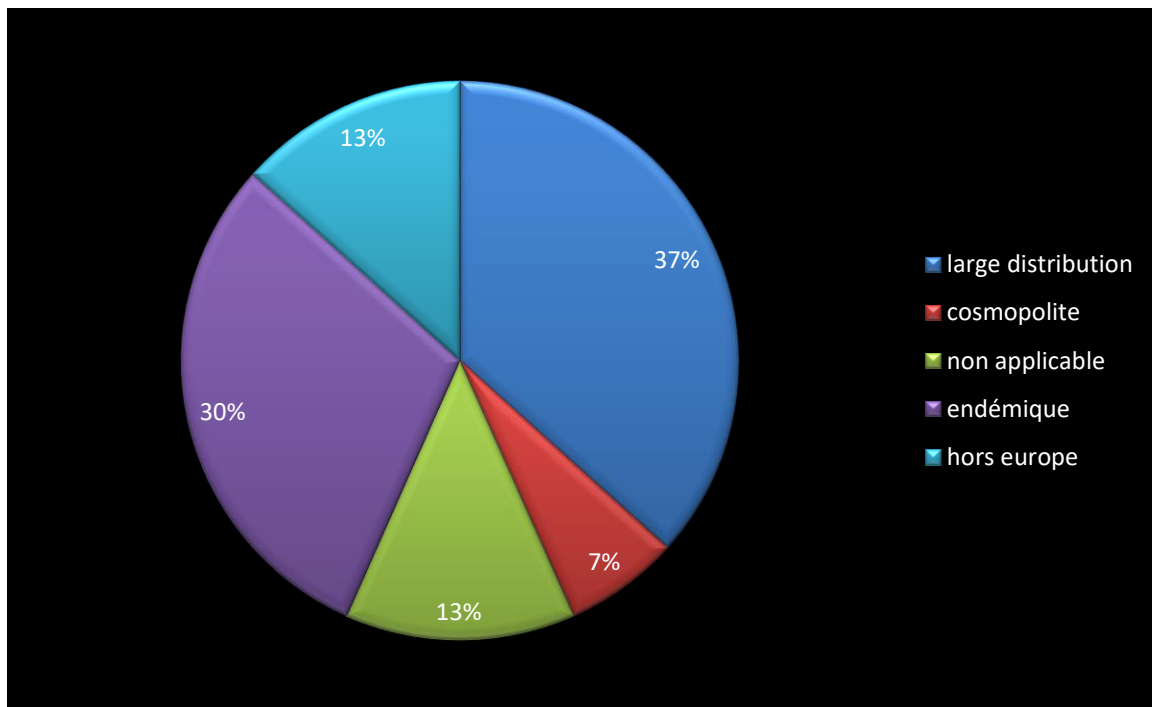


Figure 34 : Proportion des espèces de Collo par statut de distribution

Les espèces à large distribution représentent presque la moitié des collemboles récoltés (37%) soit 11 espèces. Les espèces endémiques en représentent 30% soit 9 espèces, et les espèces cosmopolites 6.66% soit 2 espèces. Ces valeurs sont comparables à celles présentées dans les résultats des diverses études faunistiques menées sur les collemboles, où les espèces à large distribution sont généralement dominantes. La proportion des espèces endémiques est significative et reflète la grande richesse du massif.

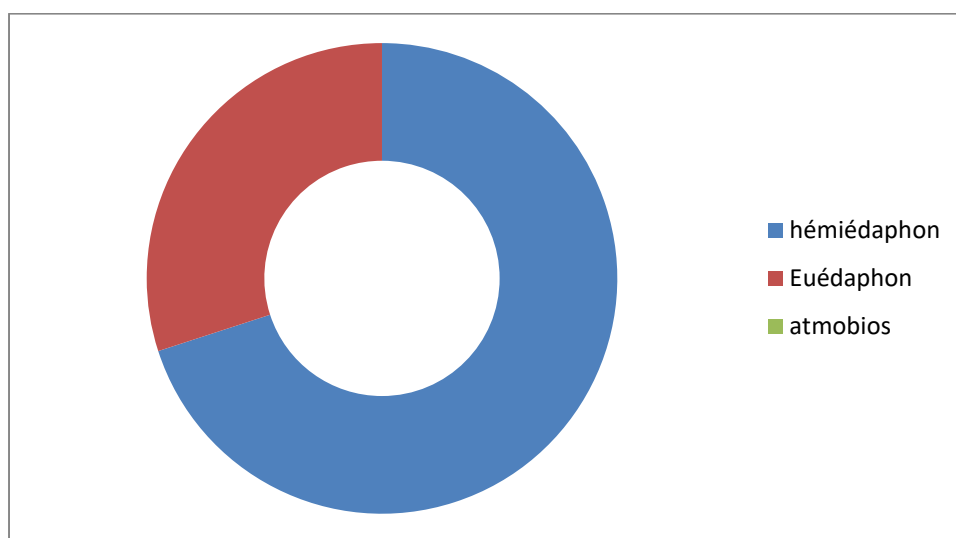


Figure 35 : Proportion des espèces identifiées à Collo selon le type biologique

La structure de la faune est liée aux différents types de milieux échantillonnés et à la méthode de récolte des relevés. Ainsi la proportion élevée des espèces de l'hémiedaphon est due au nombre important d'échantillons de litière, mousse, bois mort et milieux humides, où ils se retrouvent dominants de part leur morphologie adaptée à ces milieux non interstitiels (voir partie généralités : Classification). Le faible nombre des espèces de l'euédaphon est le résultat d'un échantillonnage peu significatif des milieux édaphiques (sol). Les espèces de l'atmobios absentes de nos relevés, ont des préférences pour des strates herbacées et les branches des arbustes, et ne sont donc pas présentes dans les milieux étudiés dans ce travail.

2-discussion et perspectives

1 Discussion des résultats faunistiques et taxonomiques

La première étude d'envergure sur le nord-est algérien (Cassagnau 1963) signalait seulement 30 espèces dont 21 nouvelles pour l'Afrique du nord, et 2 nouvelles pour la science. Ces valeurs relativement faibles s'expliquent par le caractère quelque peu dégradé

des milieux échantillonnés, ainsi que par la difficulté d'accès à cette époque aux formations boisées des massifs de la région. Dans sa thèse d'état, Hamra-Kroua (2005) identifiait 113 espèces réparties sur 15 familles et 57 genres dans plusieurs localités du nord-est algérien.

Dans ce travail nous avons réalisé le premier inventaire de la faune des Collemboles pour la région de Collo. Nous y avons révélé la présence de 71 espèces de Collemboles appartenant à 52 genres et à 18 familles.

La richesse spécifique de Collo est presque similaire à celle de l'Edough, le massif voisin, dont l'étude faunistique avait révélé la présence de 68 espèces (Hamra-Kroua 2005). Nos résultats pour Collo incluent 4 espèces nouvelles décrites dans ce travail (*Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes octosensillatus*, *Pseudachorutes labiatus* et *Deutonura zana*) et 5 morpho-espèces absentes de l'Edough dont plusieurs sont probablement nouvelles pour la science (*Edoughnura* sp., *Heteromurus* cf. *nitidus*, *Proisotoma* sp., *Lepidocyrtus* sp., *Isotomurus* sp.).

Suite à ce travail, la liste des espèces des Collemboles d'Algérie s'accroît de 18 espèces nouvelles pour ce pays et une espèce dont le statut est en suspens : *Lepidocyrtus* sp., (L'espèce est déjà signalée par Baquero et al. (2009) dans plusieurs localités du nord-est algérien mais nous n'avons pas pu vérifier s'il s'agit de la même espèce).

Comme l'Edough, Collo renferme une importante richesse en espèces nouvelles n'ayant jamais été signalée dans un seul massif ailleurs qu'à l'Edough en Algérie. C'est donc dire l'intérêt qu'il y aurait à prospecter davantage de stations, parfois d'accès difficile, mais aussi à prospecter différents milieux qui n'ont été que très sporadiquement ou pas du tout échantillonnés dans le nord-est algérien, en particulier les habitats très humides et la végétation.

Sur l'intérêt biologique de la faune des Collemboles de Collo

La faune de Collo renferme des espèces rares et endémiques de grand intérêt patrimonial. La distribution de deux d'entre elles pose des problèmes biogéographiques très intrigants avec des disjonctions considérables des aires de distribution (*Pseudacherontides* sp. et *Sensillanura austriaca*). La localisation de *Sensillanura austriaca* soulève un problème biogéographique. Cette espèce, la seule du genre connue en Europe les autres étant nord-américaines, a été décrite d'Autriche puis retrouvée dans les Alpes françaises du Dauphiné. Son absence des Alpes du sud et de la péninsule italienne n'est compatible avec aucune des hypothèses biogéographiques relative à l'origine de la faune du Maghreb. Aucun autre taxon ne présente une telle distribution à notre connaissance parmi les invertébrés euro-méditerranéens. Le

séquençage des spécimens de Collo a échoué mais il est certains que seules les analyses moléculaires seront en mesure d'apporter des éléments d'explication.

La proportion d'espèces endémiques de la région Edough, Azzaba, nord de Constantine et Batna dans la faune de Collo est élevée (12 espèces, soit 17%, dont un genre endémique de l'Edough et de Collo, *Edoughnura*), compte tenu de la petite taille du massif. Ces valeurs sont susceptibles de fluctuations, car la faune des régions avoisinantes est encore très mal connue et recèlent probablement des espèces seulement connues à Collo. A l'inverse, l'étude des Entomobryidae a été peu poussée, et on peut s'attendre à la découverte de nouvelles espèces endémiques dans les genres *Entomobrya*, *Lepidocyrtus*, *Pseudosinella* et *Orchesella*.

Le genre *Edoughnura*, très isolé dans la tribu Neaurini et endémique de l'Edough et Collo, mérite une attention particulière. Il a des affinités avec *Endonura* (fusion des tubercules Di sur Abd. V. combinée avec la séparation des tubercules Di et De sur la tête) dont il diffère par un ensemble de caractères morphologiques importants listés dans la description fournie dans le Chapitre 3 (espèces nouvelles non décrites). Sa mandibule rappelle celle de *Crossodonthina*, un genre d'Asie orientale, qui n'a que de lointaines affinités avec *Edoughnura*. Il se pose donc deux problèmes : les relations phylogénétiques de ce genre totalement énigmatiques à l'heure actuelle, et la fonction de sa mandibule atypique. Le premier problème sera sans doute résolu par des analyses moléculaires; le second problème par des élevages de l'espèce et l'observation minutieuse de son comportement alimentaire.

Deutonura, avec *Protanura*, est le genre le plus abondant (en nombre d'effectifs) de Neaurini à l'Edough (Hamra-Kroua & Deharveng 2010). Cependant, au cours de nos prospections dans le massif de Collo, nous n'avons recensé qu'une seule espèce de ce genre, *Deutonura zana*. Cette espèce décrite des massifs de Collo et Edough, est morphologiquement proche de *D. deficiens meridionalis* et de *D. luberonensis*, tous deux appartenant au groupe *D. phlegraea*. Son intérêt biogéographique est d'être le représentant du genre le plus méridional en Europe et d'être plus proche morphologiquement des espèces du Sud des Alpes que des espèces Italiennes. A l'occasion de sa description, nous avons souligné l'intérêt du motif d'insertions musculaires sur les tergites comme caractère pour la taxonomie des Neaurinae. Les populations de *Deutonura zana* récoltées dans les deux massifs de Collo et de l'Edough ont enfin permis d'illustrer un cas de « vraie » diversité cryptique chez un Collembole.

Les trois nouvelles espèces de *Pseudachorutes* trouvées à Collo et décrites récemment ont des caractéristiques morphologiques uniques ou rares dans le genre *Pseudachorutes* Tullberg 1871. Malgré la diversité du genre, seulement deux espèces avaient été signalées jusqu'à présent d'Algérie: *P. parvulus* Börner, 1901 et *P. cf. subcrassus* Tullberg 1871 (Cassagnau

1963, Thibaud & Massoud 1980 Hamra-Kroua & Deharveng 2010), que nous n'avons pas retrouvées à Collo.

La dominance de l'ordre des Poduromorphes est claire mais pas très forte. Pour un total de 71 espèces de Collemboles à Collo, on note une forte représentation des Neanuridae (16 espèces) avec une contribution moindre des Hypogastruridae (8 espèces). Les valeurs trouvées dans la littérature en régions tempérées indiquent une contribution relative bien plus faible des Neanuridae par exemple :

- * dans une hêtraie Pyrénéenne, la richesse totale et les nombres d'espèces de Neanuridae et d'Hypogastruridae rencontrés étaient de 64, 11 et 9 respectivement (Salmon et al. 2010),
- * dans une autre hêtraie Pyrénéenne, les chiffres étaient de 75, 16 et 12 (Deharveng 1996),
- * près de Lisbonne (Portugal), Sousa et al. (2004) signalent 63, 7 et 6 espèces,
- * dans la Sierra de Montseny (Catalogne), Mateos-Frias (1988) liste 52, 9 et 10 espèces,
- * les chiffres donnés par Thibaud et Massoud (1980) pour l'ensemble du Maroc sont de 102, 18 et 20.

Il apparaît donc que la richesse de Collo en Neanuridae est beaucoup plus importante que celle des autres régions méditerranéennes échantillonnées de façon significative. La seule exception notable est la Corse, pour laquelle Schultz (2015) donne un total de 110 espèces incluant 23 Neanuridae et 14 Hypogastruridae, et l'Edough avec un total de 68 espèces dont 20 Neanuridae et 3 Hypogastruridae, des proportions très voisines de celles trouvées dans le massif de Collo. Le ratio Neanuridae / Hypogastruridae pourrait avoir une certaine signification bioécologique car il fluctue assez peu, avec deux patrons : un patron fréquent dans lequel les valeurs de richesse des deux familles sont comparables, et un patron limité à Collo et à la Corse et à l'Edough où les Neanuridae sont environ deux à trois fois plus divers que les Hypogastruridae.

Les indices de diversité illustrent une richesse spécifique dans la localité d'Oued Z'hor plus importante que dans les autres localités d'étude, (Chapitre 2 : mesures de diversité), malgré une abondance deux fois moindre que dans la localité de Siouane du fait de la pullulation de *Proisotoma minuta* largement dominante dans cette dernière station. Un cas similaire de dominance en nombre d'individus est signalé par Ait mouloud et al. (2007) pour une autre espèce du même genre, *Proisotoma ripicola*, qui représente 71% du nombre total des Collemboles récoltés dans une tourbière du Djurjura. De telles pullulations induisent donc une forte hétérogénéité locale dans les valeurs d'indices. Une fois l'espèce pullulante écartée, Siouane, Kanoua et Khenak Mayoune présentent des indices de valeurs comparables.

Plusieurs autres facteurs peuvent être à l'origine de cette hétérogénéité. Ainsi la richesse de Oued Z'hor s'explique probablement par sa proximité de la mer et d'un fleuve (Oued) qui longe les stations d'études offrant ainsi des conditions de températures et d'humidité (zone ombragée, existence de ruisseaux) très favorable pour le développement d'espèces végétales, mousses, lichens, considérés comme des milieux de prédilection pour le développement des Collembolés. D'autre part il est très possible que la domination très locale du chêne zen dans cette partie de Oued Z'hor et les caractères physicochimiques de sa litière, jouent un rôle dans la distribution et la répartition des espèces, sachant que l'abondance et la composition des espèces des communautés de Collembolés varient en fonction des changements dans la végétation et les conditions du sol (Ponge 1993). Da Gama et al. (1994) montrent qu'il existe une séparation claire entre les faunes de *Quercus rotundifolia* et celles des plantations d'*Eucalyptus globulus*. L'abondance, la diversité et la richesse en espèces sont plus élevées pour *Q. rotundifolia*. A l'opposé, Cortet et Poinso-Balaguer (1998) ont trouvé des différences dans la composition mais pas dans la diversité des populations de Collembolés sous deux types de chênes (*Q. coccifera* et *Q. ilex*). La question des préférences écologiques des Collembolés en termes d'essence forestière reste une question ouverte ayant été abordée jusqu'ici que par très peu de travaux.

Les analyses des similarités illustrent des différences importantes de composition faunistique et de structure des peuplements entre localités et habitats.

En ce qui concerne les localités, cet agencement est lié à l'altitude comme le montrent les analyses multivariées réalisées (voir commentaires plus loin).

Si on compare la richesse la plus élevée (Oued Z'hor) avec la plus faible (Kanoua), la nature et l'état des milieux forestiers dans les deux localités pourrait également expliquer les différences dans leur faune. La forêt de chêne zen de Oued Z'hor, bien conservée, offre des biotopes où les conditions de vie sont optimales pour la faune édaphique, tandis qu'à Kanoua, il est probable que l'action anthropique (la forte exploitation du liège) que connaît la région, dénature les milieux et impacte négativement les écosystèmes édaphiques. Il a été amplement démontré que la composition des communautés d'invertébrés change sous l'effet des activités anthropiques (par exemple Ponge et al. 2003).

La surexploitation illégale de la sablière et la construction d'un barrage dans la localité de Oued Z'hor, les incendies volontaires (comme moyen de défrichage), et l'exploitation du liège dans les localités de Kanoua et de Khenak Mayoune, perturbent l'équilibre biologique. Ainsi le résultat est la dégradation des formations végétales, et leur appauvrissement floristique et faunistique. Cependant de façon surprenante, les travaux relatifs aux impacts des

perturbations anthropiques au sein des écosystèmes forestiers méditerranéens et pas seulement en Algérie, sont rares (Salmon et al. 2010), si l'on excepte l'impact des reforestations (Deharveng 1996, Cassagne et al. 2004), alors même que la dégradation forestière est omniprésente dans la région. En l'absence de constat documenté sur ces problèmes écologiques, on est encore loin d'un consensus rationnel sur les priorités et les stratégies de conservation de la diversité biologique dans la région et sur la gestion des zones forestière à intérêt particulier pour la science.

L'étude menée par Hamra-Kroua et Deharveng (2010) dans le massif de Collo la diversité des Neanuridae semble être similaire à celle de l'Edough pour le nombre des espèces mais pas pour la composition. Les espèces *Sensillanura austriaca*, *Edoughnura* sp., *Micranurida* cf. *candida*, *Pseudachorutes deficiens*, *P. octosensillatus*, et *P. labiatus* sont propres à la faune de Collo tandis que *Edoughnura rara*, *Willemia anophtalma*, *Xenylla humicola*, *Protanura* cf. *monticelli*, *Pseudachorutes* cf. *subcrassus*, *Pseudachorutes parvulus*, et *Micranurida pygmaea* L'examen des résultats au regard des milieux échantillonnés nous laisse penser que cette importante dissimilarité peut être liée au type de végétation, dominé par le chêne zen dans les stations d'étude de l'Edough, et par le chêne liège à Collo. Les résultats d'une étude comparative entre deux peuplements d'une hêtraie dans les Pyrénées centrales montrent une faible similarité (seulement 36 espèces communes aux deux sites d'étude soit 48% du nombre d'espèce total) malgré la ressemblance des milieux d'études et la standardisation des méthodes d'échantillonnage (Deharveng 1996). Il est donc naturel que ces différences soient encore plus importantes entre des forêts dominées par des essences différentes. Cependant, il n'a jamais été établi en région méditerranéenne d'association forte entre espèces et essence forestières, si bien qu'on reste dans le domaine de la spéculation. Sur l'ensemble des espèces trouvées à l'Edough et les espèces de Collo, il ya des espèces qui sont communes aux deux massif : 6 espèces de la famille des Neanuridae sont présentes dans les deux massifs notamment : 4 des ces espèces ont un intérêt particulier (*Friesea laouina*, *Friesea major*, *Deutonura zana*) sont nouvelles pour la science (Deharveng et al, 2015). (Brahim-Bounab et al, 2020)

Conclusion

Conclusion

Les résultats obtenus dans ce travail révèlent une exceptionnelle biodiversité des Collemboles dans le massif de Collo, Avec Un total de 30 espèces récolté, d'ordre poduromorpha 05 familles et 19 genres de collemboles.

L'inventaire de sa faune permet d'accroître la liste des espèces des Collemboles d'Algérie de 18 espèces nouvelles pour le pays et une espèce dont le statut est en suspens. La proportion d'espèces nouvelles pour la science découvertes à Collo reflète un taux d'endémisme élevé pour le massif, et ce malgré un échantillonnage n'ayant ciblé que certains milieux édaphiques. La faune des deux massifs comparés dans ce travail (Collo, Edough), à bioclimat similaire, montre l'intérêt particulier devant être accordé à l'étude de la région, qui pourrait constituer un point chaud pour la biodiversité des Collemboles dans la région méditerranéenne, bien que nous manquions de données sur les autres régions d'Afrique du nord. L'entité éco-géographique que constitue la chaîne montagneuse longeant le littoral du nord-est algérien, sa richesse végétale et son climat humide particulièrement propice à la vie des Collemboles, rend pertinent d'imaginer et de développer des protocoles de prospection plus larges, visant à enrichir l'inventaire de la biodiversité initié par Salah Hamra-Kroua sur l'ensemble de la région et développé dans ce travail pour le massif de Collo.

En contraste avec les grands progrès de ces dernières années sur la connaissance des Collemboles édaphiques de la région du nord-est algérien, nos acquis sur la biodiversité des invertébrés du sol d'autres groupes d'invertébrés demeurent très limités ou inexistantes. La région est pourtant susceptible de renfermer une richesse considérable, comme le souligne Jeannel (1956) en se référant aux Coléoptères Psélaphidae, le seul groupe édaphique pour lequel nous disposons d'une synthèse biogéographique. L'étude d'autres groupes en complément de celle des Collemboles apporterait sans nul doute des données essentielles pour comprendre l'origine de cette diversité régionale.

De telles études sont indispensables à la mise en oeuvre de choix conservatoires pertinents et à la gestion du patrimoine biologique de ces massifs du nord-est de l'Algérie, au-delà de leur intérêt scientifique pur et au-delà du groupe des Collemboles qui nous a servi de modèle.

Références Bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

- Ait Mouloud S., (2011)**- Biodiversité et distribution des collemboles dans l'écotone eau-sol forestier dans la mare d'Aghrib et la tourbière d'El Kala p. Mémoire de Magistère. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouazou 115p.
- Altner H., & Altner I., (1985)**- Multicellular antennal sensilla containing a sensory cell with a short dendrite and dense core granules in the insect *Hypogastrurax socialis* (Collembola): intermoult and moulting stages. *Cell and Tissue Research*. 241, 119-28.
- Altner H., & Ernst K.D., (1974)**- Strukturei gentümli chkeiten antennaler Sensillen bodenlebender Collembolen. *Pedobiologia*, 14. 118-22.
- Amri C., (2006)**- Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien : Inventaire et dynamique saisonnière. Mémoire de magister. Université Mentouri Constantine. 91p.
- Arbea J.I., Brahim-Bounab H., & Hamra Kroua S., (2013)**- Collembola Poduromorpha from Guelma Province (Northeastern Algeria), with description of a new *Superodontella* species (Collembola: Odontellidae). *Zootaxa* 3709 (2): 177–184.
- Baquero, E., Hamra-Kroua, S., & Jordana, R., (2009)**- New species of entomobrya from northern Algeria (Collembola: entomobryidae). *Entomological news*, vol.120, n°1.
- Bachelier G., (1978)**- La faune du sol, son écologie et son action. Initiation Documentation-Techniques, 38 O.R.S.T.O.M, Paris, 391 p, 4 pl.
- Barra J.A., (1973)**- Structure et régression des photorécepteurs dans le groupe *Lepidocyrtus pseudosinella*. (Insecta, Collembola). *Annales de Spéléologie*, 28, 167-75.
- Belkacemi C., & Mansouri A., (2017)** - Evaluation de l'état sanitaire du peuplement du chêneliège (*Quercus suber L.*) dans la région d'Annaba (Séraïdi). Mémoire de magister. Université D'el-oued. 75p.
- Bellinger P F., & Christiansen K A & Janssens F., (1996-2019)** - Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>.
- Bendjaballah M., (2019)**- Biodiversité des microarthropodes litérociles (Hexapoda; Collembola) de quelques localités du Nord-Est algérien. Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine. 241p.
- Bendjaballah M., Zoughaileche A., Brahim-Bounab H., Hamra Kroua S. & Deharveng L., (2018)**- Annotated checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of the Collo massif, northeastern Algeria. *Zoosystema* 40(16): 389-414.
- Blottner D., & Eisenbeis G., (1984)**- Ultrastructure of long tibiotarsal spatula-hairs in *Tomocerus armatus* (Tullberg, 1869) (Collembola). *Opuscula Entomologica*, 24, 225-45.
- Bonin G., Alme C., Loisel R., & Saoudi H., (1986)**- Contribution à l'étude phytosociologique des zénaies du littoral Algéro-tunisien, 144p.
- Bouseba C., & Lekikot A., (2017)** - La biodiversité des collemboles des habitats urbains et semi urbains de la région de Constantine. Mémoire de magister. Université de Constantine. 86p.

Brahim Bounab H.,(2016)- Les collemboles (Hexapoda : Collembola) de quelque localités du Nord-est algérien Taxonomie et Appartenance Biogéographique. Thèse de Doctorat. Université Mentouri Constantine.195p.

Brahim-Bounab H., B. Zoughaileche A. & HamraKroua S.,(2014)-The Collembola Poduromorpha families: Neanuridae and Odontellidae of some localities of Northeastern Algeria. *Sciences & Technologie C – N°39* Juin (2014), pp.40-45.

Brahim-Bounab H, Bendjaballah M. & HamraKroua S. ,(2017)- Some Poduromorpha (Hexapoda: Collembola) of Northeastern Algeria Journal of Entomology and Zoology Studies 2017; 5(4): 966-971.

Brahim-Bounab H. Bendjaballah M., HamraKroua S., Lachi N., Bedos A. & Deharveng L.,(2020)- Checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of the Edough massif, northeastern Algeria. *Zootaxa* 4853 (1): 051–078

Cassagnau P.,(1961)-Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales: les biocénoses de Collemboles. Hermann, Paris.

Cassagnau P., (1974)- Chétotaxie et phylogénèse chez les Collemboles Poduromorphes. Iième Symp. Intern. Apt., Jevany. *Pedobiologia* 14 : 300-312.

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

Cassagnau P. ,(1990a)- Des hexapodes vieux de 400 millions d'années: Les Collemboles. I. Biologie et évolution. II. Biogéographie et écologie. *Année Biologique, Ser.4,* 29, 1-37,39-69.

Chen J X., & Christiansen K.,(1993)- The genus *Sinella* with special reference to *Sinella*s. (Collembola: Entomobryidae) of China. *Oriental Insects,* 27, 1-54.

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., (1983a)- Morphologie évolutive des Collemboles Neanurinae en particulier de la lignée Neanurienne. *Travaux du Laboratoire d'Ecobiologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse,* 4 (2), 1-63.

Deharveng L., (1983b)- Collemboles de Papouasie (Nouvelle-Guinée). 2. *Coecoloba plumleyi* n.sp. , Neanurinae cavernicole très évolué des Hautes Terres Centrales. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse,* 119 (59),62.

Deharveng L., (2004) - Recent advances in Collembola systematics. *Pedologia,* N 48: 415- 433.

Deharveng L., & 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).

Deharveng, L. & Hamra-Kroua, S. (2004)- Une nouvelle espèce de *Friesea* Dalla Torre, 1885, du massif de l'Edough, nord-Constantinois, Algérie (Collembola, Neanuridae). *Bulletin de la Société entomologique de France,* 109 (2), 141–143.

Deharveng L., HamraKroua S. & Bedos A.,(2007)- *Edoughnura rara* n.gen., n.sp., an enigmaticgenus of Neanurinae Collembola from the Edough Massif (Algeria). *Zootaxa.* 1652: 57–61.

Deharveng L., Zoughailech A. HamraKroua S. & Porco D., (2015)- A new species of *Deutonura*(Collembola: Neanuridae: Neanurinae) from north- eastern Algeria,and characterization of two intraspecific lineages by their barcodes. *Zootaxa* 3920 (2): 281–2900.

D'Haese C A., (2003)- Homology and morphology in Poduromorpha (Hexapoda, Collembola).*European Journal of Entomology,* 101 (3): 385-407.

Djouadi H. & Khorief N., (2000)-Diagnostic et reconstitution de la réserve biologique (Djebel Ouehch) dans la région de Constantine. Mémoire d'ingénieur d'état en Ecologie :option gestion des ressources forestières (Systèmes forestiers). Université Mentouri, Constantine, 144p.

Eisenbeis G., & 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 M C., (1976)-Cyclomorphosis in *Isotomahiemalis* Schott, 1893 (*Mucronata* Axelson, 1900)syn. Nov. (*Collembola* *Isotomidae*). *Rev Ecol. Biolo. Sol*, 13 (2): 381-384.

Fjellberg A., (1989)- Redescription of *Mackenziella psocoides* Hammer, 1953 and discussion of its systematic position (*Collembola*, *Mackenziellidae*).In *Third International Seminar on Apterygota* (ed.R. Dallai). University of Siena, 93-105.

Gobat J.M. ,Aragno M. , & Matthey W., (1998)-Le so vivant: Bases de pédologie. *Biologie des sols*. Ed. Presses polytechniques et universitaires Lausanne. 14 , 518 p, 8 pl.

Goto H E.,(1972)- On the structure and function of the mouthparts of the soil-inhabiting *Collembolan* *Folsomia candida*. *Biological Journal of the linnean Society*, 4, 147-68.

Hamra-Kroua S .,(2005)-Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-Est algérien: Taxonomie, Biogéographie et Ecologie. Thèse de Doctorat d'état. 266p.

Hamra-Kroua, S. & Allatou, D., (2003)- Les Collemboles du Nord-Est Constantinois. *Sciences & Technologie*, 20, 21–24.

HamraKroua S. & Deharveng L., (2010)- Les Neanuridae (*Collembola*, *Arthropoda*) du massif forestier de l'Edough (Annaba, Algérie). *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie*, Rabat, 2010, N° 47, Tome I, 61-65.

HamraKroua S. & Cancela da Fonseca J.P., (2009)- Dynamique saisonnière d'un peuplement de Collemboles d'un sol agricole de la ferme pilote d'El-Baaraouia (Wilaya de Constantine, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 2009, n° 31.

HamraKroua S., Jordana R. & Deharveng L.,(2009)- A new *Friesea* of the *mirabilis*-group From Algeria (*Collembola*: *Neanuridae*: *Frieseinae*). *Zootaxa* 2074: 65–68.

Hopkin S.P .,(1997)-Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press, Oxford.

Hubert Q .,(2012) – Les Collemboles , L'erable .cercles des naturalistes de Belgique, société royale. association sans but lucratif , 2,1 -8.

Jantarit S., Deharveng L., & Chutamas S.,(2014)- *Cyphoderus* (*Cyphoderidae*) as a major component of *Collembolan* cave fauna in Thailand, with description of two new species. *ZooKeys*, 368(368):1-21.

Jordana R., & Arbea J.I., (1989)- Clave de identificaci'on de los géneros de Colémbolos de España (Insecta.Collembola) *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra,Serie Zooloogica*,19:1-16 .

Jordana R., Arbea J.I., Simón C., & Luciáñez M.J.,(1997)-Fauna Ibérica – *Collembola* *Poduromorpha*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. 8, 807. La bibliographie de la région céphalique.

Jordana R., HamraKroua S. & Baquero E.,(2009)- Redescription of *Isotominella geophila* Delamare Deboutteville, 1948 from Algeria (*Collembola*, *Entomobryomorpha*, *Isotomidae*), a second world record for an Ivory Coast species. *Zootaxa* 2169: 63–68.

Josse E. N. G., (1983)– New developments in the ecology of Apterygota. *Pedobiologia*, 25, 217-234.

Juberthie C., &Cassagnau P., (1971)- L'évolution du système neurosécréteur chez les Insectes; l'importance des Collemboles et des autres Aptérygotes., *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, Tome VIII, Fascicule 1, 1971 janvier, p.59-80.

Leblalta A.,(2009) - les collemboles de la litière du chêne vert (*quercus ilex*)dans le massif forestier de belezma. Mémoire de magister. Université de Batna.131p.

- Lubbock J.,(1873)**- Monograph of the Collembola and Thysanura. Ray Society. London. p.1-276.
- Massoud Z.,(1971)**-Un élément caractéristique de la pédofaune: Les Collemboles In : *La vie dans les sols. Aspects nouveaux. Etudes expérimentales.* GauthiersVillars Ed., 472 p., 111fig.
- Massoud Z., &Betsch J. M.,(1966c)**- Considérations sur l'antenne des Sminthuridinae et description de deux nouvelles espèces de Collemboles interstitiels du genre Sminthurides Boerner 1900 (Symphypléones). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Série 2, 38, 574-85.
- Massoud Z., & Ellis W.,(1977)**- Proposition pour une classification et une nomenclature cohérente des phanères des Collemboles européens. Rev Ecol Biol Sol.
- Meyer-Rochow V.B., Reid W.A., & 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.
- Nicolet H., (1842)**- Recherches pour Servir á l'Histoire des Podurelles. Nouv. Mém. Soc. Helvet. Sci. Nat., 6, p.1-88.
- Palacios-Vargas J.G.,(1984)**- Segunda especie mexicana de Palmanura Cassagnau and PalaciosVargas (Collembola : Neanuridae). Folia Entomologica Mexicana, 59, 3-10.
- Palissa A., in Schwoerbel J. & Zwick P.,(2000)**- Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Band 10: Insecta. Collembola., Spektrum, Akad. Verlag, p.1-166.
- Porco D, Potapov M, Bedos A, Busmachi G, Wanda M. Weiner, Hamra-Kroua S, & Deharveng L., (2012)**- Cryptic Diversity in the Ubiquist Species *Parisotoma notabilis* (Collembola,Isotomidae): A Long-Used Chimeric Species. PLOS ONE. September , 7, 9 -46056.
- Potapov M., (2001)**-Synopsis on Palaearctic Collembola. In: Isotomidae. Abhandlungen und Berichte des Naturkunde museums Goerlitz, 73, vol. 3, pp. 1- 603.
- Raccaud-Schoeller J.,(1980)**-Les insectes: Physiologie et développement. Edition Masson, Paris, 295 p.
- Rusek J., (1998)**-Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. Biodiversity and conservation 7, 1207-1219.
- Sacchi D., (2011)**- Les Amis du Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Seghiri A.A., & Haoues L., (2018)**- La biodiversité des Collemboles du massif forestier de l'Edough (Annaba).Mémoire de magister. Université de constantine.80p.
- Slifer E. H., & Sekhon S.S.,(1978)**- Sense organs on the antenna of two species of Collembola (Insecta). Journal of Morphology, 157, 1-20.
- Thibaud J. M., (1970)**-Biologie et Ecologie des Collemboles Hypogastruridae édaphiques et cavernicoles. *Mem. Mus. Hist. Nat., Paris, A Zool.*, 61, 83-201.
- Thibaud J M ., & D'haese CA., (2010)** - Le petit Collembole illustré. Arvernsis, 51-31.
- Uemiya H., & Ando H.,(1987)**- Embryogenesis of a springtail Tomocerus ishibashii (Collembola: Tomoceridae): external morphology. Journal of Morphology, 191, 37-48.
- Vannier G., & Kilbertus G., (1981)**-Participation des Collemboles et des microorganismes telluriques aux processus de migration des substances organo-minérales. *Coll. Int.*, n° 303, CNRS éd., Paris, 133-144.
- Zinkler D.,& Rüssbeck R.,(1986)**-Ecophysiological adaptations of Collembola to low oxygen concentration. *Proc. 2nd Int. Semin. Apteryg. Siena*, 123-128.
- Zoughailech M., 2017**- Biodiversité comparée et endémisme des Collemboles (Hexapoda: Collembola) de deux massifs algériens dans un même contexte bioclimatique. Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine. 294p.

Zoughailech A. HamraKroua S. & Deharveng L.,(2016)- New species of Pseudachorutes (Collembola: Neanuridae) from Northeastern Algeria. *Zootaxa* 4158 (4): 557–568.

ANNEXE

Annexe 01. Quelques espèces des collembolés identifiés :



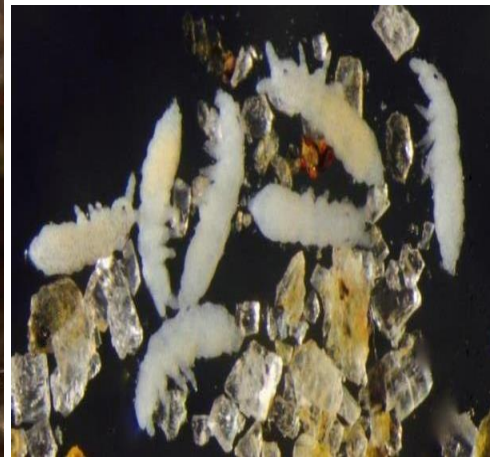
Ceratophysella denticulata



Bilobella aurantiaca



Protaphorura armata



Friesea laouina



Deutonura zana



Friesea major

Années universitaire : 2020/2021

Présenté par : CHELGHAM SAMIR
AZARA YUCEF

Contribution à la mise à jour de l'inventaire des collemboles du massif forestier de Collo
Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie et Contrôle Des
Populations d'Insectes

Plusieurs mois de prospection dans le massif forestier de Collo nous ont permis d'effectuer une série d'échantillonnages dans des milieux édaphiques divers, dans le but d'enrichir nos connaissances sur la faune des sols.

Plusieurs travaux ont été réalisés dans la région de Collo, 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, pour actualiser l'inventaire de la diversité Biologique des collemboles rencontrée dans le massif de Collo, les auteurs ont mentionné dans leurs observations le caractère exceptionnel de la diversité de la faune collembologique du Collo.

Les résultats obtenus révèlent une richesse exceptionnelle en espèces endémiques et très rares d'un grand intérêt taxonomique et biogéographique. 30 espèces identifiées dont 4 sont nouvelles pour la science et sont décrites dans le présent travail et publiées.

Trois des quatre nouvelles espèces appartiennent au même genre : Pseudachorutes deficiens, Pseudachorutes labiatus et Pseudachorutes octosensillatus (Neanuridae, Pseudachorutinae.) La quatrième nouvelle espèce appartient au genre Deutonura : Deutonura zana (Collembola : Neanuridae : Neanurinae) seconde espèce du même genre en Algérie. Cette espèce a été collectée à l'Edough et récemment à Collo.

Du point de vue diversité, la plus grande proportion appartient à la famille Neanuridae de avec 16 espèces, soit 53.33% du total identifiés, La famille des hypogastruridae est représentée par 8 espèces appartenant à 5 genres, soit 26.66 % du total récolté, La famille des Odontellidae de avec 2 espèces soit 6.66% du total. La famille des Onychiuridae est représentée par 3 espèces, soit 10%, la famille des Brachystomellidae est représentée par 1 espèce, soit 3.33% du total identifié.

La région de Collo représente la région la plus diversifiée en Algérie, mais les résultats obtenus ne reflètent pas la diversité d'un territoire aussi vaste et diversifié que l'Algérie ce qui nécessite d'élargir la prospection à d'autres régions habitats et structures géologiques.

Mot clés : Collo, taxonomique, biodiversité, Collemboles

Laboratoire de recherche : **Biosystématique et Ecologie des Arthropodes**

Rapporteur : BRAHIM BOUNAB HAYETTE (MAB- UFM Constantine).

Examineurs :

(1) BAKIRI ESMA (MAB- UFM Constantine).

(2) GUERROUDJ FATIMA (MCB-UNV FARHAT ABES Sétif)

Date de soutenance : **15/07/2021**

