



Université Constantine 1 Frères Mentouri  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري  
كلية علوم الطبيعة والحياة

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

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

---

## Inventaire des collemboles litéricoles de quelques localités de la wilaya de Mila

---

Présenté par : FERGATI Meysoune

Le : 28/06/2024

TEBBOUCHE Roumeissa

Jury d'évaluation :

Président : SAOUACHE Yasmina (MCA - UC3 Salah Boubnider).

Encadrant : BENDJABALLAH Mohamed (MCB - UC1 Frères Mentouri).

Examineur(s) : BENKENANA Naima (Prof. - UC1 Frères Mentouri).

Année universitaire  
2024 - 2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Université Constantine 1 Frères Mentouri  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري  
كلية علوم الطبيعة والحياة

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

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

---

## Inventaire des collemboles litéricoles de quelques localités de la wilaya de Mila

---

Présenté par : FERGATI Meysoune

Le : 28/06/2024

TEBBOUCHE Roumeissa

Jury d'évaluation :

**Président :** SAOUACHE Yasmina (MCA - UC3 Salah Boubnider).

**Encadrant :** BENDJABALLAH Mohamed (MCB - UC1 Frères Mentouri).

**Examineur(s) :** BENKENANA Naima (Prof. - UC1 Frères Mentouri).

Année universitaire  
2024 - 2025

## ***Dédicace***

Je remercie avant tous le bon Dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je dédie ce travail :

A ma merveilleuse mère WAHIBA, qui a toujours cru en moi et m'a encouragé à poursuivre mes rêves, sans toi je n'aurais pas acquis la force et la résilience nécessaires pour aboutir à ce stade. Je t'aime maman, je te souhaite une vie longue pleine de bonheur et de bonne santé.

A mon cher père FAYÇAL, ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation.

Que dieu te garde et te protège.

A ma sœur SARA et mes frères MIDOU et RAHIME, vous êtes ma source de joie et de bonheur, je suis fière de vous avoir dans ma vie.

A tous les membres de ma grande famille.

A mon binôme ROUMEISSA, merci pour votre collaboration fructueuse, je te souhaite une belle carrière pleine de succès, de satisfaction et de bonheur à chaque étape.

***FERGATI MEYSOUNE.***

## *Dédicace*

Avant toute chose, je rends grâce à **ALLAH** pour Ses bienfaits innombrables, Sa miséricorde et Sa guidance tout au long de ce chemin.

Je dédie ce mémoire à ceux qui occupent une place précieuse dans mon cœur.

À mon père, **Houcine**, modèle de sagesse, de patience et de dévouement silencieux.

Merci pour ton soutien constant et tes sacrifices que seuls les cœurs attentifs peuvent percevoir.

À ma mère, **Samia**, ton amour inconditionnel, ta tendresse et ton courage m'ont toujours porté(e). C'est dans la lumière de ton regard que j'ai trouvé la force d'avancer.

À mes sœurs, **Lina** et **Nousseiba**, merci pour votre complicité, votre douceur et vos mots qui réchauffent le cœur dans les moments difficiles.

À mes frères, **Seif El Islam**, **Mohamed Ziad** et **Louai Abd El Moughit**, votre affection, vos encouragements et votre présence bienveillante ont été une source de réconfort inestimable.

À vous tous,

Ce travail est le fruit de votre amour, votre patience et votre foi en moi. Vous avez été mes piliers, mes repères, ma force silencieuse dans chaque étape de ce parcours.

Enfin, je tiens à remercier mon binôme **Meysoune** pour sa précieuse coopération tout au long de ce travail.

**TEBBOUCHE Roumeissa**

## ***Remerciements***

Avant tout nous tenons à remercier **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la patience et le courage durant toutes les années d'études.

Nous souhaitons exprimer nos remerciements à Mr **BENDJABALLAH MOHAMED**, notre encadrant pour accepter de diriger ce travail, aussi pour son aide, sa gentillesse et ses orientations.

Un grand remerciement aux membres du jury : Madame **SAOUACHE Yasmina** pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nous adressons toutes nos gratitude à madame **BENKENANA Naima** pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous voudrions profiter de cette occasion pour remercier tous nos professeurs pour les conseils et les connaissances données au cours de nos années universitaires.

Enfin, nous remercions également toutes les personnes qui ont participé, à titre professionnel ou personnel, à la réalisation de ce travail.

## **SOMMAIRE**

<b>Dédicace</b>	
<b>Remerciements</b>	
<b>Sommaire</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>ملخص</b>	
<b>Introduction</b>	

### **Chapitre I : Données bibliographiques**

1. Paléontologie .....	05
2. Morphologie générale des collemboles .....	06
2.1. La tête .....	07
2.1.1. Les antennes .....	07
2.1.2. L'organe post antennaire (OPA) .....	08
2.1.3. Les plaques oculaires .....	09
2.1.4. La région buccale .....	10
2.2. Le thorax .....	10
2.2.1. Les pattes .....	11
2.3. L'abdomen .....	12
2.3.1. Le collophore .....	12
2.3.2. Le rétinacle .....	12
2.3.3. La furca .....	13
3. Anatomie interne et physiologie .....	14
3.1. Le système nerveux .....	14
3.2. Le système digestif .....	15
3.3. Le système respiratoire .....	16
3.4. Le système circulatoire .....	17
3.5. Le système musculaire .....	17
3.6. Le système endocrinien .....	17
3.7. Le système excréteur .....	18
4. La reproduction .....	18
4.1. L'appareil génital mâle .....	18
4.2. L'appareil génital femelle .....	19
4.3. Le spermatophore .....	20
4.4. La fécondation .....	20
4.5. La ponte .....	21
4.6. Les œufs .....	21
4.7. Parthénogenèse .....	22
5. Développement .....	22
5.1. Développement embryonnaire .....	22
5.2. Développement post-embryonnaire .....	23
6. Adaptation des collemboles .....	24
6.1. Adaptation morphologique .....	24
6.1.1. L'écomorphose chez les collemboles .....	24
6.1.2. L'épitoquie chez les collemboles .....	24

6.1.3. La cyclomorphose chez les collemboles .....	25
6.2. Adaptations physiologiques aux facteurs du milieu .....	25
6.2.1. Adaptation au froid chez les collemboles .....	25
6.2.2. Adaptation à la sécheresse chez les collemboles .....	25
6.2.3. Adaptation à l'inondation chez les collemboles .....	26
6.2.4. Adaptation aux milieux halophiles chez les collemboles .....	26
6.2.5. Adaptation aux milieux humides chez les collemboles .....	26
6.2.6 Adaptation aux milieux extrêmes « cavernicoles » chez les collemboles .....	27
7. Ecologie des Collembolles .....	27
7.1. Habitats et formes de vie .....	27
7.2. Régime alimentaire .....	28
7.3. Rôles écologiques des collemboles .....	28
7.4. Prédateurs et parasites des Collembolles .....	29
8. Taxonomie et systématique des collemboles .....	30
9. Historique des connaissances sur les collemboles d'Algérie .....	32

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

1. Présentation générale de la Wilaya de Mila .....	35
1.1. Relief et géologie de la Wilaya de Mila .....	36
1.2. Le climat de la région de Mila .....	36
1.2.1. Les températures .....	37
1.2.2 Les précipitations .....	38
1.3. La végétation .....	39
2. Etude faunistique .....	40
2.1. Techniques de prélèvement des échantillons .....	40
2.2. Extraction des collemboles .....	42
2.3. Tri et dénombrement des collemboles .....	43
2.4. Identification des collemboles .....	44

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

I. Résultats .....	46
1. Dénombrement des collemboles .....	46
2. Composition faunistique des collemboles .....	48
3. Etude taxonomique .....	53
6. Discussion .....	65

## **Conclusion**

## **Références bibliographiques**



## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau 1.** Ordres et familles de collemboles connus dans le monde

**Tableau 02.** Coordonnées géographiques des stations visitées.

**Tableau 03.** Températures de la wilaya de Mila (2015-2024).

**Tableau 04.** Précipitations de la wilaya de Mila (2015-2024).

**Tableau 5.** Nombre de collemboles récoltés dans chaque Type d'échantillon pour chacun des quatre ordres.

**Tableau 6.** Liste des espèces de collemboles identifiées.

## **LISTE DES FIGURES**

**Figure 01.** Les quatre ordres des collemboles.

**Figure 02.** Tête de *Dicyrtomina ornata*, vue frontale.

**Figure 03.** Exemple d'antennes d'Poduromorphes.

**Figure 04.** Exemple d'antennes d'entomobryomorphes.

**Figure 05.** Organe post antennaire d'*Isotomurus bimus*.

**Figure 06.** Plaques oculaires des collemboles.

**Figure 07.** Pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*).

**Figure 08.** *Orchesella quinquefasciata* : juvénile (montage-photo P.Falatic ).

**Figure 09.** Patte des Collemboles (*Isotoma*).

**Figure 10.** Détail du tube ventral ou collophore.

**Figure 11.** Détail de la furca de *Lepidocyrtus*

**Figure 12.** Coupe anatomique schématique d'un Collembole

**Figure 13.** Système nerveux *Sminthurus signatus* d'après

**Figure 14.** Schéma du système digestif des collemboles

**Figure 15.** Système respiratoire chez un collembole Sminthuridae

**Figure 16.** Orifice génital mâle de *Tetrodontophora bielanensis*

**Figure 17.** Orifice génital femelle de *Tetrodontophora bielanensis*

**Figure 18.** Spermatophores de *Orchesella* sp.

**Figure 19.** *Folsomia candida*, lot d'œufs

**Figure 20.** Collemboles proies de différents prédateurs

**Figure 21.** Schéma des quatre ordres de collemboles.

**Figure 22.** Vue satellitaire de stations échantillonnées.

**Figure 23.** Températures moyenne mensuelles pour la wilaya de Mila au courants des années (2015-2024).

**Figure 24.** Variations des moyennes de Précipitations à Mila (2015-2024).

**Figure 25.** Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes (Photo originale).

**Figure 26.** Habitats échantillonnés dans les localités d'étude (photos originales).

**Figure 27.** Techniques de prélèvement des échantillons (photos originale).

**Figure 28.** Extraction des collemboles par la méthode sèche (Photo originale).

**Figure 29.** Loupe binoculaire à grossissement X32 (Photo originale).

**Figure 30.** Brosse de Cassagnau (Photo originale).

**Figure 31.** Tubes étiquetés (Photo original).

**Figure 32.** Proportions (en %) du nombre d'individus récoltés par chaque ordre.

**Figure 33.** Le nombre d'individus récoltés pour chaque type d'échantillon.

**Figure 34.** Proportions (en %) des espèces récoltées par chaque ordre.

**Figure 35.** Fréquence absolue des familles, genres et espèces par chaque ordre.

**Figure 36.** Proportion (en %) des espèces récoltées par famille.

**Figure 37.** Proportion (en %) des types biologiques (modes d'adaptation) des espèces récoltées.

**Figure 38.** Proportions (en %) de la distribution biogéographique des espèces récoltées.

## Résumé

Dans le laboratoire de Biosystématique et Écologie des Arthropodes nous avons analysés de nombreux échantillons provenant de six localités de la wilaya de Mila (Grarem Gouga, Tassala Lemtai, Hamala, Zeraïa, Terrai Bainen, Aïn Beïda Harriche), d'après plusieurs biotopes (litière forestière, mousse, sol, bois mort ... etc.), Grâce à cette analyse plus de **5202 individus** en été extrais, en utilisant des techniques d'extraction des Collemboles (l'appareil de Berlese).

L'inventaire des Collemboles a révélé la présence d'un total de **32** espèces réparties sur **4** ordres, **11** familles, (**3** sous-familles pour la famille des Neanuridae) et **24** genres.

À travers des résultats du dénombrement des individus de Collemboles indiquant que l'ordre des **Poduromorpha** est le plus abondant dans les six localités avec une proportion de **68%** avec **3524** individus et le plus diversifiée avec **17** espèces , suivi par **Entomobryomorpha** avec **24%** soit **1248** individus et **11** espèces, **les Symphypleona** avec une proportion de **8%** soit **428** individus et le moins diversifié avec **3** espèces seulement, et finalement l'ordre des **Neelipleona (0.04%)** avec seulement **2** individus et **1** seule espèce.

Cette étude a pour but d'avoir un aperçu sur la pédofaune de Mila si méconnue, mais surtout ouvrir les perspectives pour les futurs travaux de recherche concernant cette région vu son potentiel en termes de la biodiversité.

**Mots clés :** Collemboles, Biodiversité, Mila.

## Abstract

In the Laboratory of Arthropod Biosystematics and Ecology, we analyzed numerous samples collected from six localities in the Mila province (Grarem Gouga, Tassala Lemtai, Hamala, Zeraïa, Terrai Bainen, Aïn Beïda Harriche), from various biotopes (forest litter, moss, soil, dead wood, etc.).

Through this analysis, more than **5202** individuals were extracted using Collembola extraction techniques (Berlese funnel apparatus).

The inventory of Collembola revealed a total of **32** species distributed across **4** orders, **11** families (including **3** subfamilies within the Neanuridae family), and **24** genera.

The count results indicated that the order **Poduromorpha** was the most abundant in the six localities, representing **68%** of the individuals (**3524**) and the most diverse with **17** species. It was followed by **Entomobryomorpha** with **24%** (**1248** individuals and **11** species), **Symphyleona** with **8%** (**428** individuals and only **3** species), and finally the order **Neelipleona** (**0.04%**) with only **2** individuals and a single species.

This study aims to provide an overview of the poorly known soil fauna of Mila, and above all, to open up perspectives for future research in this region, given its potential in terms of biodiversity.

**Keywords:** Collembola, Biodiversity, Mila.

## ملخص

في مخبر التصنيف الحيوي والبيئة لمفصليات الأرجل، قمنا بتحليل العديد من العينات التي تم جمعها من ست مناطق في ولاية ميله (قرام قوقة، تسالة لمطاعي، حمالة، زغاية، ترعي باينان، عين بيضة حريش)، من بيئات مختلفة (فرش الغابة، الطحالب، التربة، الخشب الميت... إلخ). من خلال هذا التحليل، تم استخراج أكثر من 5202 فردًا باستخدام تقنيات استخراج الكوليمبولا (باستخدام جهاز بيرليز).

كشف جرد الكوليمبولا عن وجود ما مجموعه 32 نوعًا موزعة على 4 رتب، 11 عائلة (منها 3 تحت عائلات ضمن عائلة Neanuridae) و24 جنسًا.

أظهرت نتائج العد أن رتبة Poduromorpha هي الأكثر وفرة في المناطق الست بنسبة 68% (3524 فردًا)، وهي كذلك الأكثر تنوعًا بـ17 نوعًا، تليها رتبة Entomobryomorpha بنسبة 24% (1248 فردًا و11 نوعًا)، ثم Symphypleona بنسبة 8% (428 فردًا و3 أنواع فقط)، وأخيرًا رتبة Neelipleona بنسبة 0.04% (فردان ونوع واحد فقط).

تهدف هذه الدراسة إلى إعطاء لمحة عن الحيوانات التي تعيش في التربة لولاية ميله، التي لا تزال غير معروفة بشكل جيد، والأهم من ذلك، فتح آفاق لأعمال بحث مستقبلية في هذه المنطقة نظرًا لإمكاناتها من حيث التنوع البيولوجي.

**الكلمات المفتاحية:** كوليمبولا، التنوع البيولوجي، ميله.

# Introduction

Les collemboles (Collembola) sont des microarthropodes du sol appartenant au sous-embranchement des Hexapodes. Ils sont considérés comme les plus anciens hexapodes connus, avec des fossiles datant du Dévonien inférieur, il y a plus de 400 millions d'années. Leur ancienneté témoigne de leur remarquable capacité d'adaptation aux environnements terrestres. Ils constituent ainsi des témoins clés de l'évolution des arthropodes terrestres (Scudder, 1876 ; Greenslade, 1981). Longtemps considérés comme des insectes primitifs, les avancées en systématique et en biologie moléculaire ont permis de les distinguer comme une classe à part entière, en raison de caractéristiques morphologiques et génétiques spécifiques (Salmon, 2017).

Les collemboles jouent un rôle important dans la qualité des sols en participant à la formation de microporosités qui améliorent l'aération et l'infiltration de l'eau, notamment certaines espèces comme les Onychiuridae (Coleman et al., 2004). Ils contribuent aussi à la dispersion des spores et graines vers les zones de décomposition de la matière organique, et interviennent dans la reproduction des mousses (Jeffery et al., 2010). En tant que bioindicateurs sensibles à la matière organique, à l'humidité et à la pollution, ils sont utilisés pour évaluer la toxicité et les effets des pratiques agricoles sur les sols (Jeffery et al., 2010). Enfin, leur parasitisme reflète aussi le niveau de pollution du sol (Coleman et al., 2004).

L'étude des collemboles en Algérie remonte au XIX<sup>e</sup> siècle, avec les premiers signalements sporadiques de quelques espèces. Deux travaux majeurs ont marqué cette période : celui de (Cassagnau, 1963), qui a inventorié 30 espèces dans le Nord constantinois, dont 21 nouvelles pour l'Afrique du Nord et deux nouvelles pour la science, ainsi que la synthèse bibliographique de Thibaud et (Massoud, 1980). À partir de 2003, les recherches se sont intensifiées, notamment grâce à l'importante contribution de (Hamra-Kroua, 2005) et de plusieurs collaborateurs, aboutissant à la découverte de dix nouvelles espèces pour la science et à la redescription d'espèces rares (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004 ; Baquero et al., 2009 ; Arbea et al., 2013 ; Jordana et al., 2009 ; Zoughailech et al., 2016). Plus récemment, des inventaires dans les régions de Collo, Jijel et Constantine ont révélé une diversité encore plus grande, avec des espèces endémiques ou nouvelles pour l'Algérie (Bendjaballah et al., 2018 ; Brahim-Bounab et Hamra-Kroua, 2022 ; Abed et Boukeloua, 2019).



L'objectif principal de ce travail est de réaliser un inventaire des collemboles présents dans différents microhabitats (litière, sol, bois morts et mousses) de quelques localités de la wilaya de Mila. Cette étude vise à identifier les espèces récoltées, analyser leur diversité et leur répartition selon les sites et les milieux, et mettre en évidence les particularités écologiques de ces microarthropodes dans les écosystèmes forestiers. Pour cela, une méthode d'échantillonnage adaptée à chaque microhabitat a été employée, suivie d'une extraction des collemboles au moyen d'un appareil de Berlese-Tullgren, permettant une collecte efficace des individus vivants en vue de leur identification morphologique en laboratoire.

# **Chapitre I :**

## **Données**

### **bibliographiques**

## 1. Paléontologie

Les collemboles sont des hexapodes extrêmement anciens dont l'origine remonte au Dévonien précoce, il y a environ 400 millions d'années. Le plus ancien fossile connu est *Rhyniella praecursor*, découvert dans le Rhynie Chert, en Écosse, et décrit par (Hirst et Maulik, 1926). Ce fossile, considéré comme l'un des plus anciens représentants des hexapodes, a vu son attribution taxonomique évoluer au fil des décennies : d'abord placé dans les Rhyniellidae par (Paclt, 1956), il a ensuite été reclassé parmi les Neanuridae par (Massoud, 1967a), puis dans les Protentomobryidae par (Scourfield, 1940a, 1940b).

Cependant, (Greenslade et Whalley, 1986) ont démontré que cette dernière famille était probablement un synonyme des Isotomidae, qui restent aujourd'hui parmi les collemboles les plus diversifiés. En raison de leur petite taille et de leur corps mou, les collemboles sont rarement conservés sous forme fossile, à l'exception de ceux piégés dans l'ambre, qui permet une préservation exceptionnelle de leur morphologie. Les fossiles de collemboles bien conservés sont principalement retrouvés dans les ambres du Crétacé et des périodes plus récentes.

Selon (Christiansen et Nascimbene, 2006), les Isotomidae représentent plus de 50 % des spécimens trouvés dans l'ambre canadien du Crétacé tardif et plus d'un tiers de ceux de l'ambre birman du Crétacé moyen. Plus récemment, (Sánchez-García et Engel, 2016) ont documenté la plus ancienne faune fossile bien conservée de collemboles dans l'ambre espagnol du Crétacé précoce (Albien supérieur), en particulier dans la province de Burgos, en Espagne. Leur étude a révélé trois nouvelles espèces : *Burmisotoma spinulifera*, *Protoisotoma autrigoniensis* et *Proisotoma communis*. Cette dernière espèce est particulièrement notable car elle appartient à un genre encore existant aujourd'hui, témoignant d'une stabilité morphologique remarquable sur plus de 100 millions d'années.

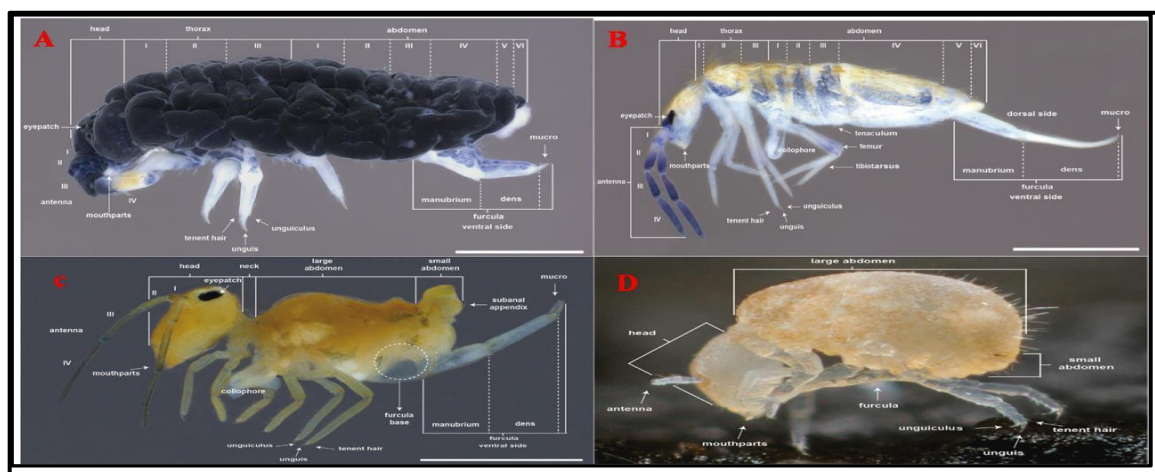
Les fossiles espagnols indiquent que ces collemboles vivaient probablement dans un environnement humide, près de la litière forestière ou de zones semi-aquatiques, et qu'ils ont été piégés dans la résine alors qu'elle s'accumulait au pied des arbres. Cette hypothèse est soutenue par la présence d'autres fossiles d'organismes adaptés aux milieux humides, notamment des crustacés Tanaidacés (Sánchez-García et al., 2015) et des cloportes. De manière générale, la comparaison des collemboles fossiles de l'ambre espagnol avec ceux de l'ambre canadien et birman montre des similitudes frappantes, ce qui suggère une large distribution des Isotomidae au Crétacé (Sánchez-García et Engel, 2016).

Ces résultats confirment que les collemboles ont joué un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres depuis des centaines de millions d'années et que leur évolution a été marquée par une grande stabilité morphologique.

## 2. Morphologie générale des collemboles

Les collemboles sont de petits arthropodes aptères, mesurant généralement entre (1 et 5 mm). Ils possèdent une morphologie adaptée à leur mode de vie terrestre. Leur corps est divisé en trois régions principales : la tête, le thorax et l'abdomen. La tête porte des antennes segmentées et des pièces buccales de type entognathe, repliées dans la tête.

Le thorax est composé de trois segments, chacun avec une paire de pattes, et l'abdomen de six segments, dont les derniers sont responsables de la mobilité grâce à la présence de la furca, un appendice qui permet leur propulsion. Le collophore, situé sur le premier segment abdominal, aide à l'adhésion et la régulation de l'humidité. Les collemboles se divisent en quatre grands ordres : Entomobryomorphes, Poduromorphes, Symphypléones et Neelipléones, chacun ayant des adaptations spécifiques à des habitats variés, allant de la litière forestière aux environnements aquatiques (Thibaud et al., 2004 ; Dallai et al., 2016).



**Figure 01.** Les quatre ordres des collemboles

(A) : Poduromorpha (*Neotropiella carli*), (B) : Entomobryomorpha (*Seira dowlingi*), (C) : Symphypleona (*Arlesminthurus*), (D) : Neelipleona (*Neelus murinus*) (Cipola et al., 2018)

## 2.1. La tête

La morphologie de la tête des collemboles a été largement étudiée en raison de sa diversité et de ses adaptations fonctionnelles. Elle est généralement caractérisée par une petite taille et une structure complexe, adaptée à leur mode de vie. Selon (Chahartaghi et al., 2004), la tête des collemboles présente une configuration distincte avec une paire d'antennes qui jouent un rôle essentiel dans la détection des stimuli environnementaux.

Les mandibules sont souvent réduites ou absentes chez certaines espèces, et les maxilles sont modifiées pour remplir diverses fonctions alimentaires et sensorielles. Le système sensoriel est bien développé, notamment par la présence d'organes sensoriels situés sur les antennes et la bouche, facilitant les interactions avec leur environnement (D'Haese, 2003). En outre, l'œil, souvent simple et situé latéralement, participe à la perception des variations lumineuses (Zeppelini et al., 2015)



**Figure 02.** Tête de *Dicyrtomina ornata*, vue frontale (Valentine, 2006)

### 2.1.1. Les antennes

Les antennes des collemboles sont des organes sensoriels complexes constitués généralement de 4 à 8 segments, bien que leur nombre et leur forme puissent varier selon les espèces (Scheu & Schulz, 1996). Ces antennes sont dotées de diverses sensilles, telles que des sensilles chimio-réceptrices et mécano-sensibles, qui leur permettent de détecter des stimuli chimiques et vibratoires (Fountain et al., 1975). Leur structure segmentée, avec une base large et une extrémité plus fine, est adaptée à la détection des substances chimiques émanant de la matière organique en décomposition ou des phéromones (Scheu & Schulz, 1996).

Les antennes jouent également un rôle crucial dans la perception tactile, permettant aux collemboles de détecter les vibrations du sol, ce qui est particulièrement important dans les environnements souterrains où les stimuli visuels sont absents (Fountain et al., 1975). Selon l'écologie de l'espèce, la longueur et la sensibilité des antennes peuvent varier ; par exemple, les collemboles vivant dans des environnements secs peuvent développer des antennes plus longues pour maximiser la détection chimique, tandis que ceux vivant dans des environnements aquatiques peuvent avoir des antennes plus courtes et adaptées à la détection de vibrations dans des sols saturés d'eau (Rusek, 1998).

Les antennes jouent également un rôle dans la communication chimique, essentielle pour les comportements sociaux et reproductifs des collemboles, facilitant la détection des partenaires sexuels par les phéromones (Rusek, 1998).



**Figure 03.** Exemple d'antennes d'Poduromorphes de gauche à droite : *Kalaphorura burmeisteri*, *Neanura muscorum*, *Vitronura giselae*. (Anonyme, 2025)

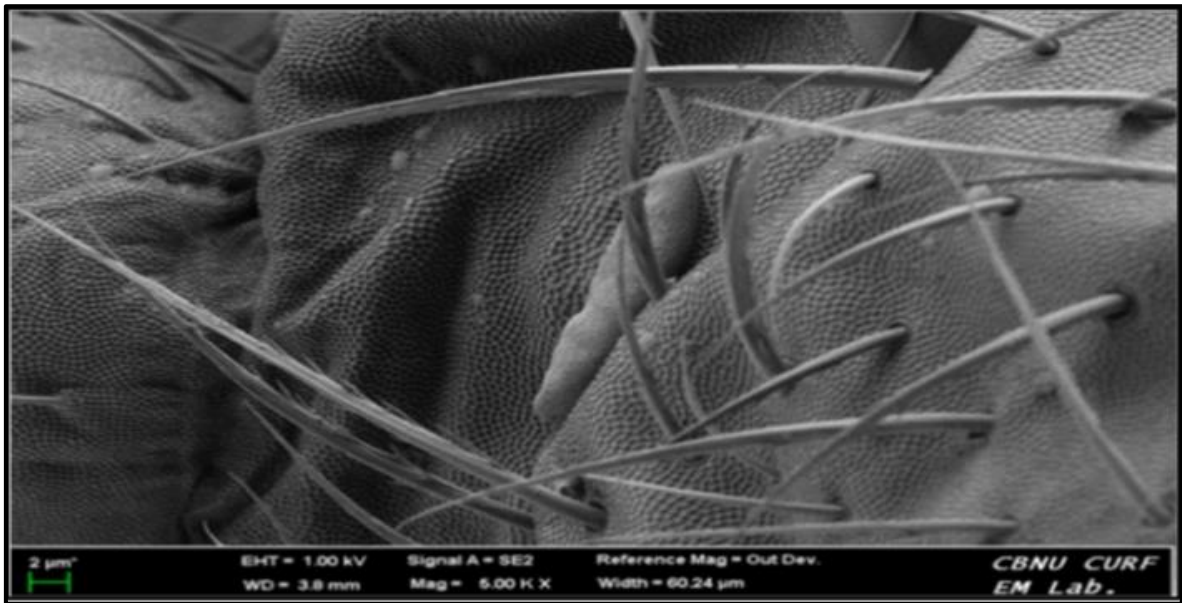


**Figure 04.** Exemple d'antennes d'entomobryomorphes de gauche à droite : *Isotomurus plumosus*, *Tomocerus minor*, *Orchesella villosa* (Anonyme, 2025)

### 2.1.2. L'organe post antennaire (OPA)

L'organe post-antennal (OPA) est une structure sensorielle spécifique aux collemboles, située sur la tête, derrière les antennes. Il est impliqué dans la détection de stimuli environnementaux, jouant un rôle crucial dans la perception sensorielle de ces arthropodes. Selon (Deharveng, 1981), l'OPA est une caractéristique morphologique distinctive utilisée pour la classification des collemboles. De plus, (Massoud, 1971) a décrit l'OPA comme un organe sensoriel essentiel pour l'adaptation des collemboles à leur habitat.

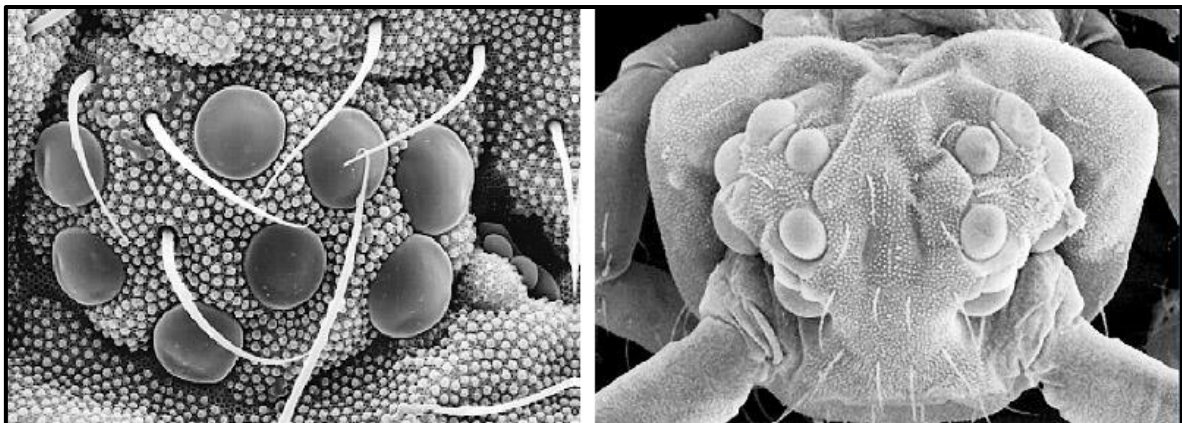




**Figure 05.** Organe post antennaire d'*Isotomurus bimus* (Hakseo et Kyung-Hwa, 2018)

### 2.1.3. Les plaques oculaires

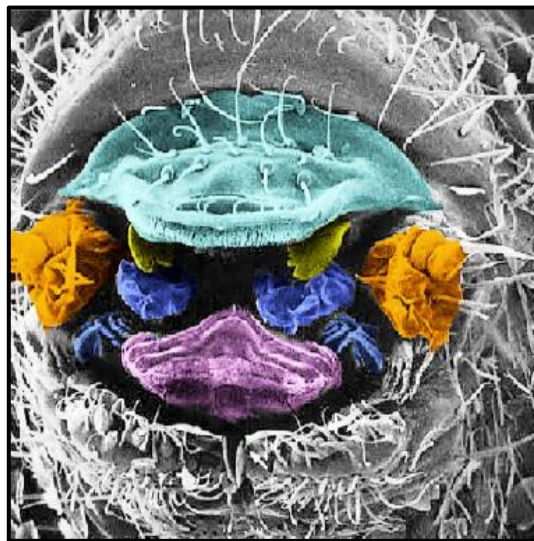
Chez les Collemboles, la zone oculaire se caractérise par la présence de cornéules disposées de manière spécifique selon les groupes taxonomiques (Symphypleona, Poduromorpha, Entomobryomorpha). (Jordana et al., 1997) décrivent ces plaques oculaires comme un élément clé de l'identification des espèces, soulignant leur agencement distinct et leur rôle fonctionnel dans la perception de l'environnement.



**Figure 06.** Plaques oculaires des collemboles (Anonyme, 2017)

#### 2.1.4. La région buccale

La région buccale des collemboles est une structure interne située au sein de la tête, caractéristique des entognathes. Contrairement aux insectes dont les pièces buccales sont externes (ectognathes), celles des collemboles sont enclavées dans une cavité buccale, protégées par le labre dorsalement, le labium ventralement et des replis latéraux de la cuticule. Cette adaptation morphologique permet de protéger les pièces buccales de la dessiccation et des agressions mécaniques, tout en favorisant leur efficacité dans l'acquisition de nourriture (D'Haese, 2003).

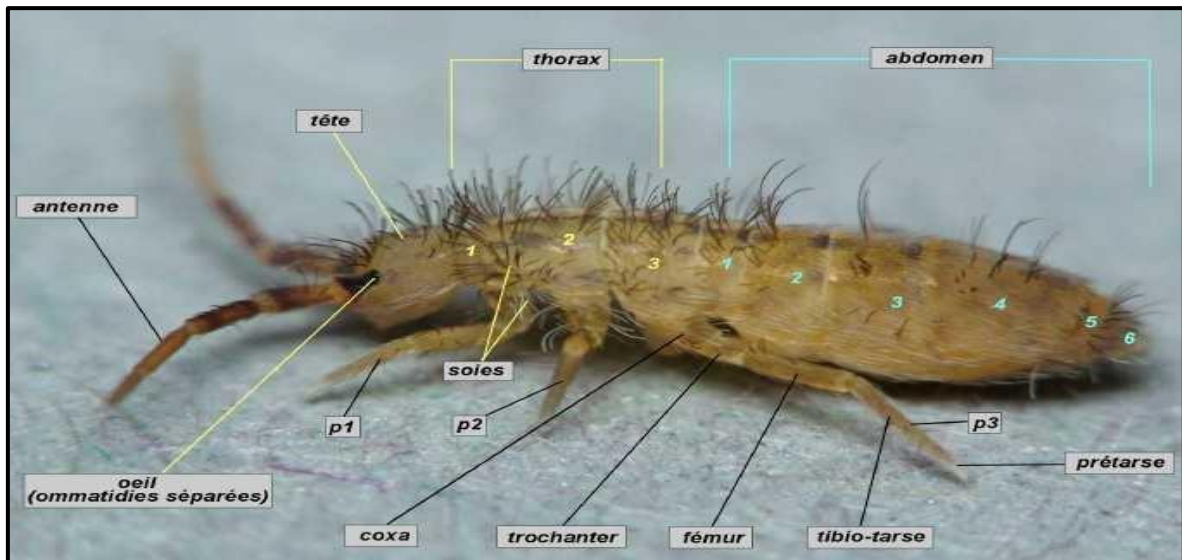


**Figure 07.** Pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*)  
(Eisenbeis et Wichard, 2012)

#### 2.2. Le thorax

Le thorax des Collemboles est la région médiane du corps, située entre la tête et l'abdomen, et constituée de trois segments successifs : le prothorax (T1), le mésothorax (T2) et le métathorax (T3). Contrairement aux insectes, le thorax des Collemboles ne porte pas d'ailes et se distingue par des adaptations morphologiques spécifiques liées à la locomotion et au saut. Chaque segment thoracique supporte une paire de pattes, contribuant aux déplacements au sol, tandis que certains muscles thoraciques sont impliqués dans l'activation de la furca, un organe de saut situé sur l'abdomen (Hopkin, 1997 ; Deharveng, 1983).

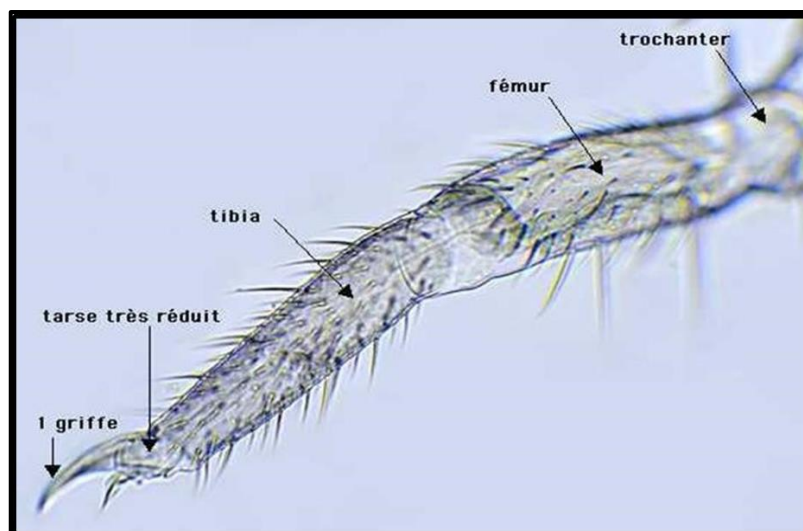




**Figure 08.** *Orchesella quinquefasciata* : juvénile (montage-photo P.Falatic ) (Anonyme, 2018)

### 2.2.1. Les pattes

Les pattes des Collembolles sont des appendices locomoteurs situés sur les trois segments thoraciques (prothorax, mésothorax et métathorax). Elles sont constituées de cinq articles : la coxa, le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse, ce dernier étant souvent fusionné avec un prétarse portant une ou deux griffes. Ces structures jouent un rôle essentiel dans la locomotion au sol et dans l'adhérence aux surfaces, notamment grâce à la présence d'une structure adhésive appelée empodium, située entre les griffes. Chez certaines espèces, la morphologie des pattes varie en fonction du mode de vie, les formes fouisseuses présentant des pattes plus courtes et robustes, tandis que les formes arboricoles ou épigées possèdent des pattes plus longues et flexibles (Hopkin, 1997 ; Deharveng, 1983)



**Figure 09.** Patte des Collembolles (*Isotoma*) (Bellinger et al., 2014)

## 2.3. L'abdomen

L'abdomen des collemboles est la troisième et dernière section du corps, située en arrière du thorax. Il est constitué de six segments visibles, bien que leur différenciation varie selon les familles et les genres. Cette région abrite plusieurs structures essentielles à la physiologie et à la locomotion de l'animal, telles que le tube ventral (collophore) impliqué dans l'absorption d'eau et l'adhérence au substrat, ainsi que l'organe génital situé sur le cinquième segment (Hopkin, 1997 ; Deharveng, 1983).

### 2.3.1. Le collophore

Le collophore, ou tube ventral, est un organe tubulaire situé sur le premier segment abdominal des collemboles (Eisenbeis, 1982). Il joue un rôle essentiel dans la régulation de l'équilibre hydrique et ionique de l'organisme, notamment en permettant l'absorption de l'eau liquide à différentes salinités (Eisenbeis, 1982).

De plus, il participe à l'adhérence de l'animal aux substrats, facilitant ainsi sa locomotion et son interaction avec l'environnement (Favret et al., 2015). Chez certaines espèces, le collophore peut se dévagner et atteindre une longueur considérable, suggérant une fonction supplémentaire dans le nettoyage du corps (Didier, 2017).



**Figure 10.** Détail du tube ventral ou collophore.(Photo M.Blaise, 2017)

### 2.3.2. Le rétinacle

Le rétinacle, ou tenaculum, est un organe situé sur le troisième segment abdominal des collemboles, composé de deux branches dentées qui assurent le maintien de la furca en position repliée sous l'abdomen. Il joue un rôle clé dans la mécanique du saut, en maintenant

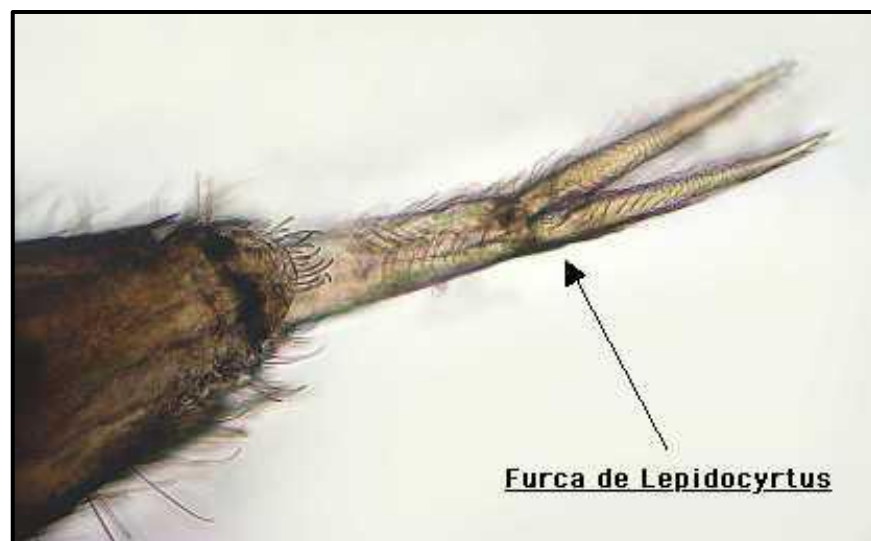
la furca en place jusqu'à ce que l'animal décide de l'utiliser pour sauter, un mécanisme crucial pour échapper aux prédateurs (Hubert, 2012 ; Christiansen et Bellinger, 1998).

Des recherches ont également montré que le rétinacle participe à la régulation de l'équilibre hydrique et ionique des collemboles, en facilitant leur interaction avec l'environnement et en contribuant à la survie des espèces dans des conditions variées (Eisenbeis, 1982 ; Hopkin, 1997). Ce mécanisme est particulièrement bien développé chez certaines espèces, où il permet à la furca de se déployer rapidement, propulsant l'animal en avant et en hauteur (Favret et al., 2015).

### 2.3.3. La furca

La furca est un appendice abdominal sauteur situé sur le quatrième segment abdominal des collemboles (Hubert, 2012). Elle est composée de trois parties principales : le manubrium, qui la rattache à l'abdomen ; les dents, qui sont les branches de la furca ; et les mucrons, qui sont les extrémités des dents en forme de petits crochets (Eisenbeis, 1982). En position de repos, la furca est repliée sous l'abdomen et maintenue en place par le rétinacle (Hubert, 2012).

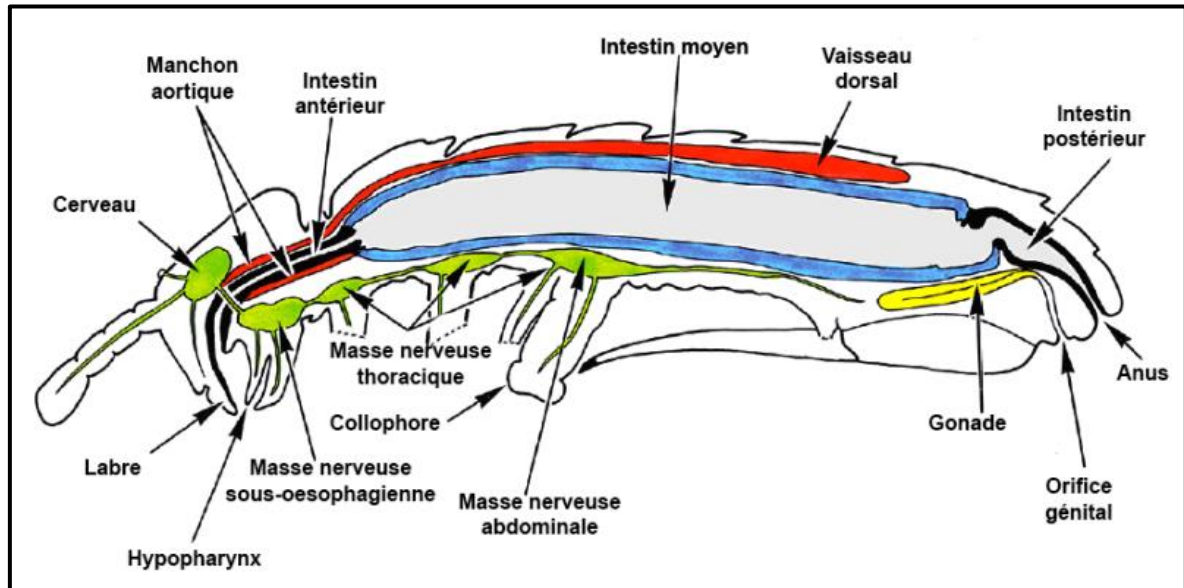
Lorsqu'elle est libérée, la furca se déploie brusquement, propulsant l'animal en avant et en hauteur sur plusieurs centimètres (Hopkin, 1997). Ce mécanisme de saut est principalement utilisé comme moyen de fuite face aux prédateurs ou pour se déplacer rapidement (Favret et al., 2015).



**Figure 11.** Détail de la furca de *Lepidocyrtus* (photos M.Blaise, 2017)

### 3. Anatomie interne et physiologie

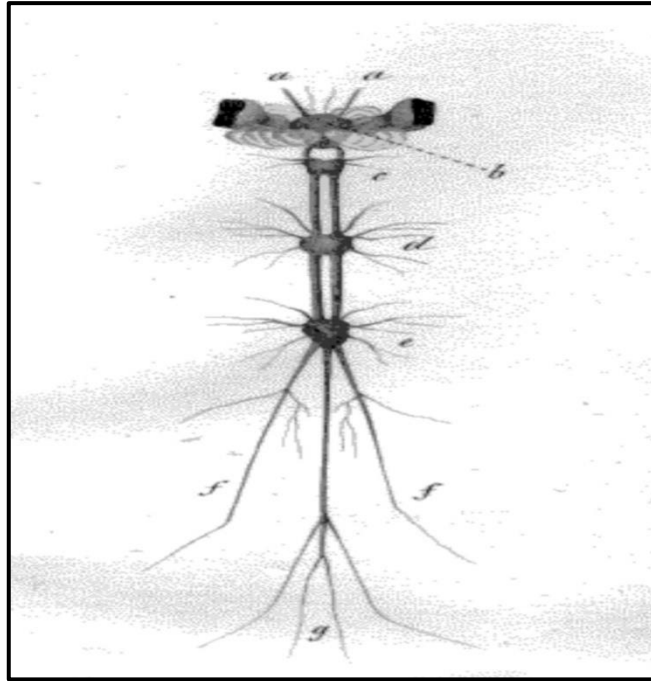
Dans cette partie nous allons aborder les différents appareils et systèmes dont le fonctionnement assure la survie des collemboles.



**Figure 12.** Coupe anatomique schématisée d'un Collembole (Thibaud et D'haese, 2010)

#### 3.1. Le système nerveux

Le système nerveux comprend un complexe d'un ganglion céphalique supéroesophageal(b) combiné avec les lobes optiques et un ganglion suboesophageal(c), formant le cerveau, et plusieurs noyaux ventral, dont trois ganglions thoraciques ; dans le *Symphyleona* pro thoracique et les ganglions méso thoraciques sont fusionnés(d) (Nicolet, 1842). Les ganglions abdominaux sont fusionnés au ganglion méta thoraciques(e) (Cassagnau et Juberthie in Vandel, 1970), qui s'étend habituellement dans le premier segment abdominal (Brauner, 1981 cité par Hopkin, 1997). Les noyaux sont reliés entre eux longitudinalement par une paire de connecteurs latéraux ; la dissociation, nerf médian de Leydig relie un ganglion ventral de l'autre entre les connecteurs latéraux (Cassagnau et Juberthie in Vandel, 1970). Intercalaire nerf ; névralgique de Hoffmann. Pour être terminée.



**Figure 13.** Système nerveux *Sminthrus signatus* d'après Nicolet, 1842

### 3.2. Le système digestif

Le début du tube digestif s'ouvre dans la cavité buccale de la capsule céphalique (Nicolet, 1842). Le canal intestinal tubulaire passe directement à travers le corps sans circonvolutions de la fin antérieure à postérieure (Nicolet, 1842). Alors que (Nicolet, 1842) identifie cinq régions intestinales, ils se divisent en trois grandes divisions (Olfers Von cité de Lubbock, 1873).

Le tube digestif est constitué d'un intestin antérieur assez long et étroit ou stomodeum, une grande capacité en forme de sac, intestin moyen (estomac, ventricule, de l'intestin) ou mésentéron, et un intestin postérieur étroit (caecum, du rectum) ou proctodéum (Nicolet, 1842 ; Lubbock, 1873 ; Thibaud, 1970 ; Adams et Salmon, 1972).

L'intestin antérieur comprend au moins le pharynx et l'œsophage (Thibaud, 1970). Une dilatation locale temporaire de l'œsophage peut être présente à la suite du processus d'alimentation (Nicolet, 1842). (Adams et Salmon, 1972) font la distinction dans l'intestin antérieur: pharynx, œsophage, du jabot et le gésier. L'intestin antérieur et postérieur sont bordées de cuticule qui se renouvelle à chaque mue (Thibaud, 1970).

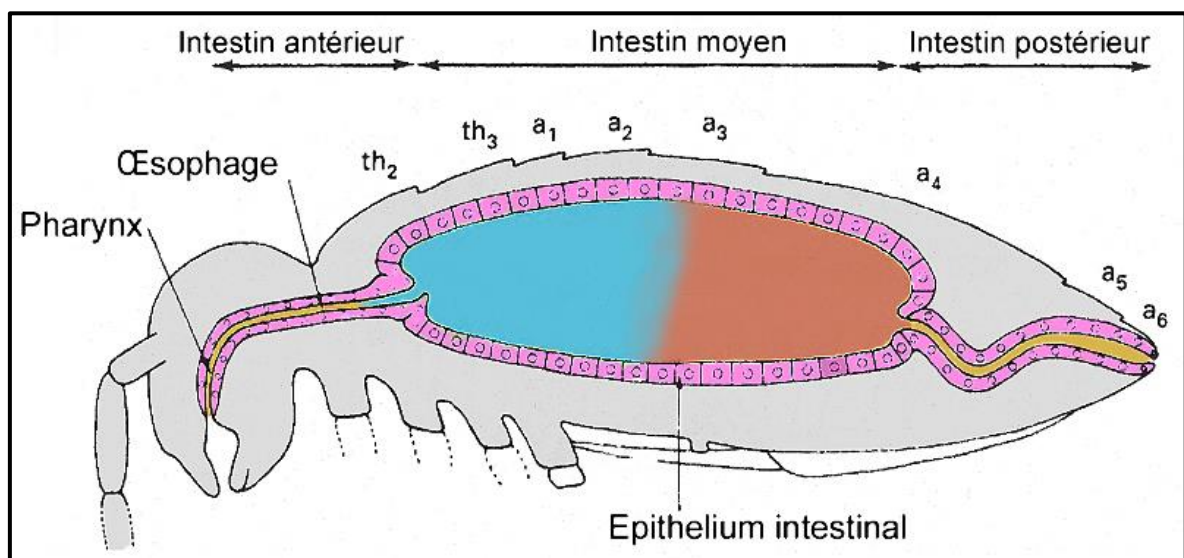
L'intestin moyen est bordé de microvillosités épithéliales en contact direct avec une membrane péri trophique qui est sécrétée par un anneau de cellules postérieures à la jonction entre l'intestin antérieur et l'intestin moyen (Hopkin, 1997). A la jonction entre l'intestin



moyen et postérieur, un sphincter musculaire, connu sous le nom de la région du pylore "intestin grêle" (Nicolet, 1842 ; Hopkin, 1997) ou la valve rectale. De minuscules papilles malpighiennes sont présentes à l'extrémité antérieure de l'intestin postérieur (Hopkin, 1997).

L'intestin moyen est entouré par un réseau de muscles circulaires et longitudinaux qui mélangent la nourriture dans les résidus de lumen et la progression de la digestion dans l'intestin par le mouvement péristaltique (Dallai et al., 1989 cité par Hopkin, 1997).

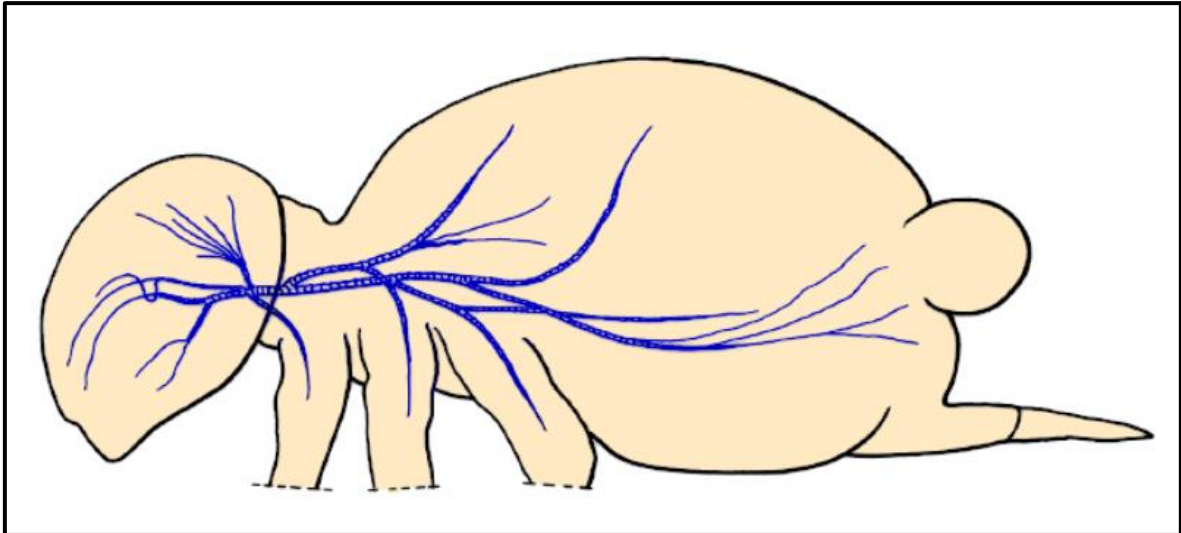
Le rectum fortement musclé, étant prévu sur toute sa longueur avec des muscles transversaux forme des boulettes fécales (Hopkin, 1997). La fin du tube digestif par l'anus s'ouvre sur le sixième segment abdominal qui porte trois sacs anaux de fonction inconnue (Hopkin, 1997).



**Figure 14.** Schéma du système digestif des collembolés (Anonyme, 2014)

### 3.3. Le système respiratoire

Les collembolés respirent par diffusion, sans système trachéen comme d'autres arthropodes. L'oxygène traverse la cuticule par des pores appelés stigmates. Cette méthode de respiration est suffisante pour les collembolés, étant donné leur petite taille et leur mode de vie souvent souterrain, où l'échange de gaz est plus facile grâce à des espaces poreux dans le sol (Maurer et Bonar, 2001).



**Figure 15.** Système respiratoire chez un collembole Sminthuridae (Betsch, 1977).

### 3.4. Le système circulatoire

Les collemboles possèdent un système circulatoire ouvert, dans lequel l'hémolymphe (le fluide corporel) circule librement autour des organes internes sans être contenu dans des vaisseaux spécifiques. Le cœur est un vaisseau dorsal tubulaire qui propulse l'hémolymphe à travers le corps. Ce système transporte les nutriments, les hormones et les déchets métaboliques, mais il n'est pas impliqué dans le transport de l'oxygène (Bergström et Weber, 2004).

### 3.5. Le système musculaire

Le système musculaire des collemboles est composé de muscles striés et lisses qui permettent la flexion et l'extension des segments corporels ainsi que la locomotion des appendices. Les muscles striés sont responsables des mouvements rapides, tandis que les muscles lisses assurent la contraction lente et soutenue. Les collemboles utilisent principalement leurs muscles pour sauter et se déplacer efficacement dans leur habitat (Pugh et Rickers, 2010).

### 3.6. Le système endocrinien

Le système endocrinien des collemboles est constitué de glandes endocrines qui sécrètent des hormones contrôlant la croissance, la reproduction et la réponse aux stimuli environnementaux. Les principales glandes endocrines comprennent les *corpora cardiaca*, qui sont responsables de la régulation de la mue et du développement. Les hormones

produites influencent le métabolisme, la reproduction et le comportement (Breen et Goldstein, 2008).

### 3.7. Le système excréteur

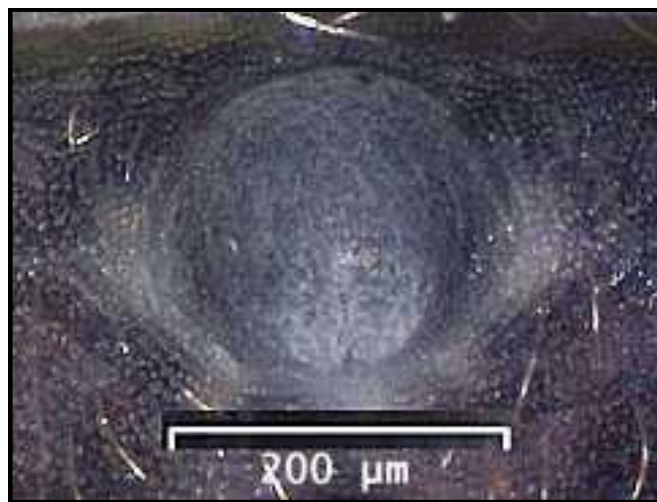
Les collemboles utilisent des structures appelées néphridies pour l'excrétion des déchets azotés. Ces néphridies sont des tubes présents dans l'abdomen qui filtrent les déchets métaboliques. Ils jouent un rôle clé dans la régulation de l'eau et des sels dans le corps des collemboles, ce qui est essentiel pour leur survie dans des environnements variés, y compris ceux avec des niveaux d'humidité fluctuants (Dunger et Fiedler, 2005).

## 4. La reproduction

Les collemboles ont des sexes séparés, bien qu'il n'y ait généralement pas de différences morphologiques marquées entre les mâles et les femelles, à l'exception de la forme des orifices génitaux (Massoud, 1971). Cependant, chez certaines espèces de Symphyléones, les mâles présentent des caractères sexuels secondaires, notamment au niveau des antennes et de l'abdomen. Les femelles, quant à elles, possèdent des appendices anaux et des soies élargies. La reproduction se déroule sans accouplement direct.

### 4.1. L'appareil génital mâle

L'appareil génital mâle chez les collemboles est constitué de testicules internes qui se connectent à un réservoir séminal et à un organe spécialisé pour la production et le dépôt de spermatophores. Ce mécanisme permet aux mâles de déposer leurs spermatozoïdes sous forme de spermatophores, que les femelles collectent pour assurer la fertilisation (Massoud, 1971).



**Figure 16.** Orifice génital mâle de *Tetrodontophora bielanensis* (Deml, 2008)

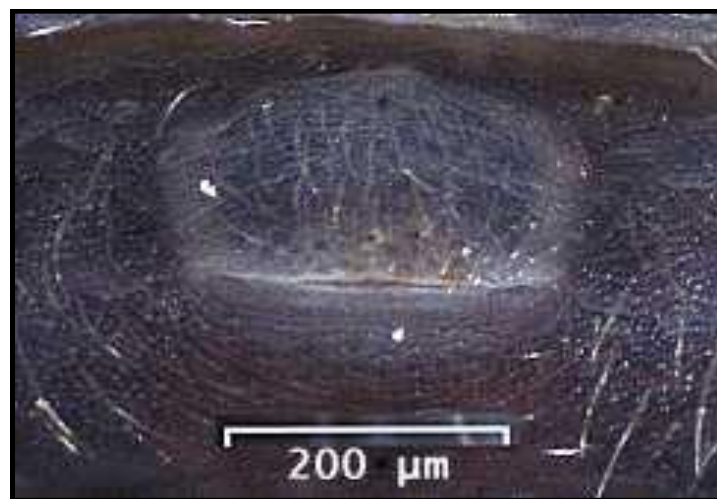


## 4.2. L'appareil génital femelle

L'appareil génital femelle des collemboles est une structure interne située sur le cinquième segment abdominal, jouant un rôle essentiel dans la reproduction. Il comprend une paire d'ovarioles tubulaires où se développent les ovocytes, reliées à un oviducte unique qui conduit les ovules vers l'extérieur via le gonopore, une ouverture ventrale souvent entourée de structures cuticulaires spécialisées facilitant l'oviposition (Hopkin, 1997 ; Deharveng, 1983).

Un élément clé de cet appareil est la spermathèque, qui permet le stockage des spermatozoïdes après la récupération des spermatophores déposés dans l'environnement par les mâles, rendant possible une fécondation différée selon les conditions du milieu (Fanciulli et al., 2001).

Cette adaptation assure une meilleure flexibilité reproductive, en particulier dans les habitats édaphiques ou cavernicoles où les ressources sont limitées et la rencontre des partenaires incertaine (Deharveng, 1983). De plus, certaines espèces possèdent des glandes annexes sécrétant des substances protectrices qui améliorent la viabilité des embryons et limitent les infections microbiennes (Hopkin, 1997). Ainsi, la structure et le fonctionnement de l'appareil génital femelle chez les collemboles sont des adaptations remarquables qui optimisent leur reproduction et leur survie dans des environnements variés, jouant un rôle clé dans la dynamique des populations et le maintien des écosystèmes édaphiques (Panina et al., 2019).



**Figure 17.** Orifice génital femelle de *Tetrodontophora bielanensis* (Deml, 2008)

### 4.3. Le spermatophore

Chez les Collemboles, la fécondation est indirecte et repose sur la production de spermatophores, structures gélatineuses déposées sur le substrat par les mâles. La femelle récupère ces spermatophores via son gonopore, souvent après une reconnaissance chimique ou tactile (D’Haese, 2003).

Certaines espèces développent des stratégies compétitives, comme la destruction des spermatophores rivaux, tandis que d’autres optimisent leur dépôt en formant des réseaux complexes (Hopkin, 1997). Ce mode de reproduction, adapté aux milieux édaphiques et cavernicoles, permet une fécondation différée et maximise le succès reproducteur dans des environnements aux ressources limitées (Deharveng, 1983).



**Figure 18.** Spermatophores de *Orchesella sp.* (Lebeaux, 2010)

### 4.4. La fécondation

La fécondation chez les Collemboles est un processus indirect et externe, où les mâles déposent des spermatophores dans l’environnement, que les femelles récupèrent ensuite pour fertiliser leurs ovocytes. Ce mode de reproduction favorise l’adaptabilité des espèces à divers habitats, notamment édaphiques et cavernicoles (McKee et al., 2017). La spermathèque joue un rôle essentiel en permettant le stockage et l’utilisation différée des spermatozoïdes, optimisant ainsi les chances de fécondation en fonction des conditions environnementales (Potapov et al., 2017).

Les facteurs écologiques, tels que la pollution des sols et la présence de contaminants, influencent significativement le succès reproducteur des Collemboles, comme l'ont montré plusieurs études sur leur sensibilité aux nanoparticules et aux pesticides (Joimel et al., 2022).

#### 4.5. La ponte

Les collemboles, petits arthropodes du sol, présentent une diversité de stratégies de ponte adaptées à leurs environnements variés. La ponte, ou oviposition, consiste en une séquence de comportements caractéristiques, observés chez différentes espèces. Par exemple, chez *Sminthurus viridis*, la femelle dépose ses œufs sur le substrat et les recouvre d'une enveloppe protectrice, souvent constituée de matières fécales, pour les protéger de la dessiccation et des prédateurs (Tiegs, 1942).

Les femelles déposent généralement leurs œufs dans des environnements humides et riches en matière organique, tels que les sols forestiers et les litières de feuilles. Ces conditions favorisent le développement des œufs. Selon (Hopkin, 1997), dans un sol riche en matière organique, la densité des collemboles peut atteindre jusqu'à 10 millions d'individus par mètre carré.

#### 4.6. Les œufs

Les œufs des collemboles sont généralement de petite taille, mesurant entre 0,12 et 0,20 mm, bien que certaines espèces, comme *Pogonognathellus longicornis*, puissent produire des œufs atteignant jusqu'à 0,37 mm de diamètre (Uzel, 1898). Ils sont souvent translucides et protégés par une enveloppe qui leur confère une certaine résistance aux prédateurs et aux conditions environnementales défavorables (Tiegs, 1942). Le temps d'incubation des œufs varie selon les espèces et les conditions du milieu, notamment la température et l'humidité. En général, l'incubation peut durer de quelques jours à plusieurs semaines. Par exemple, chez *Folsomia candida*, elle est de 7 à 12 jours à une température de 20–22 °C, tandis que chez *Orchesella cincta*, elle varie de 10 à 14 jours à 20 °C.



**Figure 19.** *Folsomia candida*, lot d'œufs (Bernard, 2006)

#### **4.7. Parthénogenèse**

La parthénogenèse, mode de reproduction asexuée où les femelles engendrent des descendants sans fécondation mâle, est observée chez certaines espèces de collemboles. Ce mécanisme est particulièrement avantageux dans des environnements où les partenaires sexuels sont rares ou les conditions environnementales défavorables, permettant une reproduction rapide et efficace, et favorisant ainsi la colonisation de nouveaux habitats, y compris des milieux perturbés ou pollués. Par exemple, la parthénogenèse est courante chez de nombreuses espèces de collemboles, contribuant à leur succès écologique dans divers environnements (Petersen, 1971). De plus, certaines bactéries endosymbiotiques, telles que *Wolbachia*, peuvent influencer ce mode de reproduction en induisant la parthénogenèse chez leurs hôtes, ce qui permet aux collemboles de s'adapter rapidement à des environnements changeants en maintenant des lignées clonales stables (Petersen, 1971).

### **5. Développement**

#### **5.1. Développement embryonnaire**

Le développement embryonnaire chez les collemboles commence immédiatement après la fécondation de l'œuf et se poursuit jusqu'à l'éclosion du jeune individu. Il se déroule entièrement à l'intérieur de l'œuf, généralement déposé dans le sol ou dans la litière. Ce développement est influencé par plusieurs facteurs, notamment la température et l'humidité du milieu (Hopkin, 1997).

Chez les collemboles, comme chez la plupart des hexapodes primitifs, l'embryogenèse est superficielle : après la fécondation, les divisions nucléaires se produisent dans le cytoplasme périphérique du zygote, formant un blastoderme (Dallai, 2003).

La gastrulation se fait par invagination, suivie de la formation d'un embryon allongé appelé germ band, sur lequel se développent progressivement les segments corporels (Anderson, 1973 ; Dallai, 2003).

Les appendices corporels — antennes, pièces buccales, pattes, furca — se forment durant la phase embryonnaire, de même que la segmentation du corps (Machida et Ando, 1998). À la fin de l'embryogenèse, le jeune collembole est déjà morphologiquement semblable à l'adulte, mais il est plus petit et sexuellement immature. Certaines espèces comme *Folsomia candida* ont un embryon qui se développe en environ 10 à 14 jours à température ambiante (Marshall et Kevan, 1962).

## 5.2. Développement post-embryonnaire

Le développement post-embryonnaire commence après l'éclosion de l'œuf. Le juvénile qui en sort, a déjà l'aspect général de l'adulte, mais il est plus petit, parfois dépourvu de certaines soies sensorielles, et sexuellement immature (Hopkin, 1997 ; Christiansen et Bellinger, 1998). Les collemboles présentent un développement amétabole, ce qui signifie qu'ils n'ont pas de métamorphose radicale : ils n'ont ni stade nymphal ni transformations majeures.

Au lieu de cela, ils grandissent par une série de mues successives (Christiansen, 1964). La première mue survient généralement quelques heures ou quelques jours après l'éclosion. Au fil des mues, plusieurs caractères morphologiques peuvent apparaître ou se perfectionner : développement des organes reproducteurs, apparition de soies secondaires, pigmentation, etc. Chez certaines espèces comme *Orchesella cincta*, la maturité sexuelle peut être atteinte après 6 à 8 mues (Hopkin, 1997).

Fait remarquable : les collemboles continuent à muer même après avoir atteint l'âge adulte (comportement appelé épimétabolie), ce qui est rare chez les hexapodes (Kristensen, 1981). Selon la disponibilité alimentaire et les conditions environnementales, certaines espèces peuvent vivre plusieurs mois et effectuer jusqu'à 40 mues au cours de leur vie (Hopkin, 1997).

## **6. Adaptation des collemboles**

### **6.1. Adaptation morphologique**

#### **6.1.1. L'écomorphose chez les collemboles**

L'écomorphose désigne l'ensemble des transformations morphologiques que subissent les collemboles pour s'adapter aux conditions écologiques spécifiques de leur milieu de vie (Thibaud, 2018). Ces adaptations touchent la forme du corps, la taille, la pigmentation, la longueur des pattes, le développement des antennes et de la furca (organe de saut). Par exemple, les espèces dites épigées, qui vivent à la surface du sol comme *Entomobrya nivalis*, présentent un corps allongé, pigmenté, avec de longues pattes et une furca bien développée, ce qui facilite la mobilité et le saut dans des milieux exposés à la lumière. À l'inverse, les espèces endogées, qui vivent dans le sol, comme *Folsomia candida*, sont dépigmentées, aveugles, et leur furca est souvent atrophiée, car la locomotion rapide n'est pas nécessaire dans un milieu souterrain sombre et stable. Ces différences morphologiques sont donc directement liées à la pression de sélection exercée par les conditions environnementales locales (Thibaud, 2018 ; Salmon et al., 2022).

#### **6.1.2. L'épitoquie chez les collemboles**

Selon (Bourgeois et Cassagnau, 1973) ainsi que (Cassagnau, 1985, 1990), cités par (Hamra-Karoua, 2005), l'épitoquie chez les collemboles désigne un ensemble de modifications morphologiques transitoires liées à la reproduction. Ces transformations, qui apparaissent au moment de la mue imaginale (M1), sont généralement réversibles et ne concernent qu'un seul sexe chez certaines espèces. Ainsi, chez *Coloburella zangherii*, l'épitoquie est observée uniquement chez les mâles, tandis que chez *Hypogastrura schaefferi*, elle concerne les femelles. Dans d'autres cas, comme chez *Hypogastrura socialis*, les deux sexes peuvent être affectés. Les modifications comprennent le raccourcissement des soies périanales, la réduction ou la disparition du mucron et des épines anales, ainsi que la disparition du sac antennaire exsertile. Ces changements sont déclenchés par une augmentation du taux de l'hormone juvénile et sont étroitement liés aux processus de vitellogenèse chez la femelle ou à la production de spermatophores chez le mâle. En systématique, l'épitoquie peut compliquer l'identification des individus, car elle altère temporairement des caractères morphologiques utilisés dans la classification.

### 6.1.3. La cyclomorphose chez les collemboles

La cyclomorphose est un type d'adaptation morphologique saisonnière observée chez certaines espèces de collemboles, qui modifient leur morphologie en fonction des saisons ou des conditions environnementales cycliques (Salmon et al., 2022). Ces transformations sont réversibles et peuvent toucher la taille du corps, la densité ou la répartition des soies, ou encore la forme des appendices sensoriels. Par exemple, chez certaines espèces du genre *Protaphorura*, on observe une augmentation de la taille corporelle en hiver, période plus froide, ce qui est interprété comme une réponse adaptative pour réduire les pertes d'eau et de chaleur. Inversement, une taille plus petite en été permettrait une meilleure mobilité dans des sols plus secs et plus durs. Ces changements saisonniers permettent à l'espèce de maintenir une performance écologique optimale tout au long de l'année. La cyclomorphose est donc une forme de plasticité phénotypique favorisant la résilience écologique des collemboles (Salmon et al., 2022).

## 6.2. Adaptations physiologiques aux facteurs du milieu

### 6.2.1. Adaptation au froid chez les collemboles

Les collemboles ont développé plusieurs stratégies physiologiques pour survivre dans des environnements froids. Certaines espèces sont capables d'entrer en diapause, un état de dormance où leur métabolisme est considérablement ralenti. Cette adaptation leur permet de survivre à des températures extrêmement basses en réduisant leur consommation d'énergie. De plus, certaines espèces produisent des antigels, des molécules qui empêchent la formation de cristaux de glace dans leurs cellules et tissus. Ces substances sont essentielles pour protéger les collemboles contre les dommages cellulaires causés par le gel. Ces mécanismes permettent aux collemboles de survivre dans des habitats tels que les montagnes ou les régions polaires (Zhang et al., 2012).

### 6.2.2. Adaptation à la sécheresse chez les collemboles

Les collemboles, bien qu'étant des organismes fortement dépendants de l'humidité, ont développé plusieurs stratégies physiologiques et comportementales pour faire face à des conditions de sécheresse. Certaines espèces, comme *Folsomia candida*, sont capables d'entrer en cryptobiose, un état de dormance métabolique leur permettant de survivre à une dessiccation prolongée (Wiles et Goto, 2004). D'autres, comme *Orchesella cincta*, possèdent une cuticule plus épaisse et une composition lipidique particulière qui limite la

perte en eau (Bayley et Holmstrup, 1999). Les collemboles peuvent également modifier leur comportement en se réfugiant dans les microhabitats plus humides du sol, tels que les couches profondes de la litière ou les fissures du sol (Hopkin, 1997). Ces adaptations leur permettent de maintenir leurs populations même dans des environnements soumis à des stress hydriques importants, comme c'est souvent le cas dans les sols méditerranéens ou semi-arides.

### **6.2.3. Adaptation à l'inondation chez les collemboles**

Certaines espèces de collemboles vivant dans des habitats aquatiques ou proches de l'eau, comme les bords de rivières, ont développé des adaptations leur permettant de survivre aux inondations. Ces adaptations incluent la capacité de survivre dans des conditions de faible oxygénation en produisant des structures spécialisées, telles que des trachéides (canaux respiratoires) plus larges pour augmenter l'absorption d'oxygène. De plus, certaines espèces sont capables de se déplacer activement sur l'eau en utilisant des structures hydrophobes, ce qui leur permet de flotter et de se déplacer dans des environnements inondés sans se noyer (Baker et al., 2008).

### **6.2.4. Adaptation aux milieux halophiles chez les collemboles**

Les collemboles vivant dans des milieux halophiles, tels que les zones côtières ou les sols salins, ont développé des adaptations pour survivre à la forte salinité. Ces adaptations comprennent la capacité à excréter l'excès de sel via des glandes spécialisées ou des structures excrétoires. Certaines espèces de collemboles produisent également des composés osmorégulateurs qui aident à maintenir l'équilibre osmotique interne en dépit de l'environnement salin extérieur. Ces adaptations sont cruciales pour survivre dans des milieux où les conditions osmotiques peuvent changer rapidement (Rusek, 1998).

### **6.2.5. Adaptation aux milieux humides chez les collemboles**

Les collemboles vivant dans des milieux humides, tels que les marais ou les forêts tropicales, ont développé des adaptations physiologiques pour gérer l'excès d'humidité. Ces espèces possèdent des structures spécialisées pour évacuer l'eau excédentaire, telles que des canaux de drainage sous la cuticule. De plus, certaines espèces ont des mécanismes de régulation de l'humidité interne, leur permettant de maintenir un équilibre hydrique stable malgré les conditions ambiantes très humides. Ces adaptations permettent aux collemboles



de prospérer dans des environnements où l'humidité relative est constamment élevée (Feng et al., 2010).

#### **6.2.6 Adaptation aux milieux extrêmes « cavernicoles » chez les collemboles**

Les collemboles cavernicoles, vivant dans des environnements souterrains extrêmes, ont développé des adaptations spécifiques à la vie dans l'obscurité totale et dans des conditions d'humidité et de température constantes. Ces espèces sont souvent dépigmentées, ce qui est une adaptation à l'absence de lumière, et ont des yeux très réduits ou complètement atrophiés. Leur physiologie est également adaptée à la faible disponibilité en nourriture, avec des métabolismes lents et une capacité à survivre avec peu de nutriments. En outre, ces collemboles ont développé des organes sensoriels très sensibles aux stimuli chimiques, comme l'organe post-antennaire, qui leur permet de détecter les traces de matière organique ou d'autres individus dans leur habitat souterrain (Rusek, 2003).

### **7. Ecologie des Collemboles**

#### **7.1. Habitats et formes de vie**

Les collemboles sont des microarthropodes ubiquitaires qui colonisent divers habitats terrestres, avec une préférence marquée pour les milieux riches en matière organique et humides. Ils sont particulièrement abondants dans les sols forestiers et les litières, où ils participent activement à la décomposition de la matière organique et à la régulation des communautés microbiennes (Hopkin, 1997).

Ces organismes sont surtout présents dans la litière des feuilles, le sol, les mousses et sous les écorces des arbres, où ils jouent un rôle essentiel dans le cycle des nutriments (Ponge, 2000). Leur répartition verticale dans le sol varie en fonction des conditions abiotiques telles que l'humidité et la température. Ainsi, certaines espèces se concentrent dans les horizons supérieurs riches en matière organique, tandis que d'autres colonisent les couches plus profondes du sol (Rusek, 1998).

Les collemboles sont particulièrement abondants dans les écosystèmes tempérés et tropicaux, mais ils sont également présents dans des environnements extrêmes tels que les déserts, les hautes montagnes et les régions arctiques. Certaines espèces ont développé des adaptations spécifiques pour survivre à des conditions hostiles, comme la cryo-protection dans les milieux froids (Cassagnau, 1991).

## 7.2. Régime alimentaire

Le régime alimentaire chez les collemboles n'est pas stricte lié à un type de nourriture. Les collemboles sont, pour la plupart, polyphages en se nourrissant de débris organiques : parenchyme foliaire, bois, excréments et cadavres d'animaux, et surtout de pollens, d'algues, mycélium, spores de champignons et de bactéries, ce sont donc des détritivores. Ils peuvent se nourrir de racines de plantes vivantes et plantules. (Coleman, 2004).

Selon (Jeffery et al., 2010), les collemboles sont principalement fongivores, se nourrissant principalement des hyphes des champignons, et saprophytes, consommant de la matière organique en décomposition. Ils représentent une part significative des organismes vivant dans les matières en décomposition et jouent un rôle essentiel dans la fragmentation de la matière organique, influençant ainsi indirectement le cycle des nutriments du sol et régulant les populations microbiennes.

Le régime alimentaire chez certains groupes des collemboles, ou il rapporte que le squelette externe des microalgues était trouvé dans le tube digestif des Isotomidae des mousses humides, certaines espèces appartenant de ce groupe sont des prédatrices (*Metisotoma grandiceps*), elles ont des pièces buccales bien développées, c'est le cas des *Friesea* qui se nourrissent des protozoaires, des nématodes. Concernant la famille des Neanuridae, ils ont des pièces buccales de type suceur, adaptées à l'absorption de liquide (Hoskins et al., 2015).

## 7.3. Rôles écologiques des collemboles

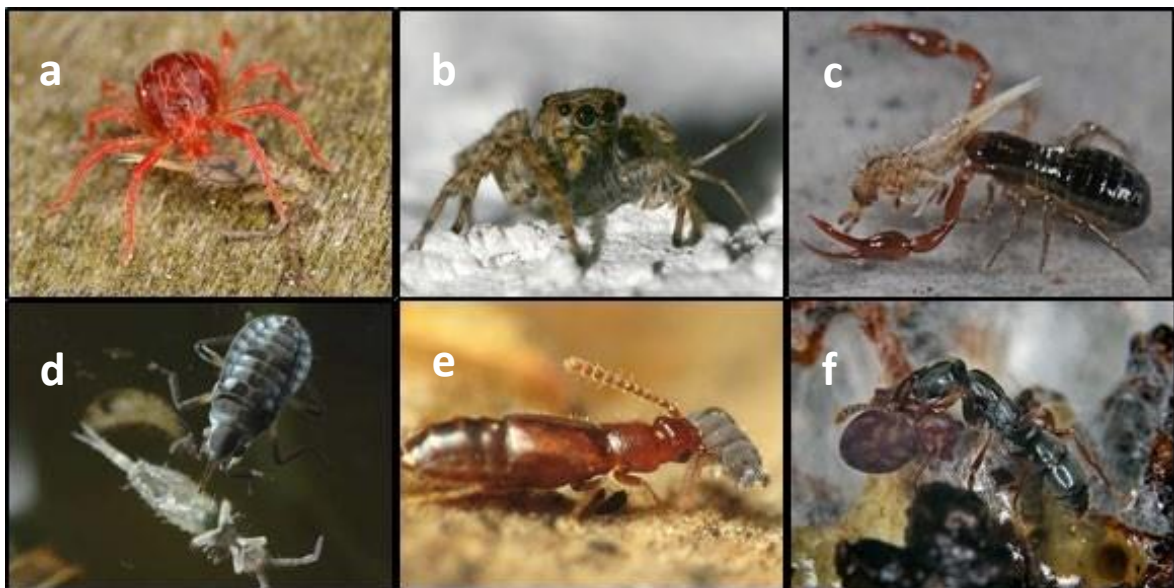
Les collemboles font partie de la faune des sols et sont un maillon essentiel dans la décomposition des végétaux. Ils se nourrissent de détritus verts (essentiellement de feuilles mortes) et de champignons. Munis de solides pièces buccales, ils peuvent broyer des matières relativement dures. Ils interviennent ainsi dans la fragmentation des déchets végétaux et facilitent l'action de biodégradation des bactéries ainsi que le processus de compostage (Anonyme, 2010, in Boucena et Noui, 2021 ).

#### 7.4. Prédateurs et parasites des Collemboles

Les principaux prédateurs des Collemboles sont connus parmi diverses espèces sont : des Myriapodes Chilopodes, des Araignées, des Opilions, des Pseudoscorpions, des Acariens, des insectes Diptères, Coléoptères et Formicidae, ainsi que certains Reptiles, Batraciens et Oiseaux. Ce rôle, important, des Collemboles comme ressource trophique, reste encore trop souvent négligé en écologie.

Rappelons que les Onychiuridae et d'autres Poduromorphes sont épargnés par les prédateurs, grâce à leur production de substances « repoussantes » (auto hémorrhée), substances excrétées à travers des pores cuticulaires, tels les « pseudocelles », ou au niveau des articulations du corps.

Les parasites internes des Collemboles sont des Microsporidies et d'autres Protozoaires, des Grégaires et des Nématodes et des Champignons . (Thibaud, 1970).



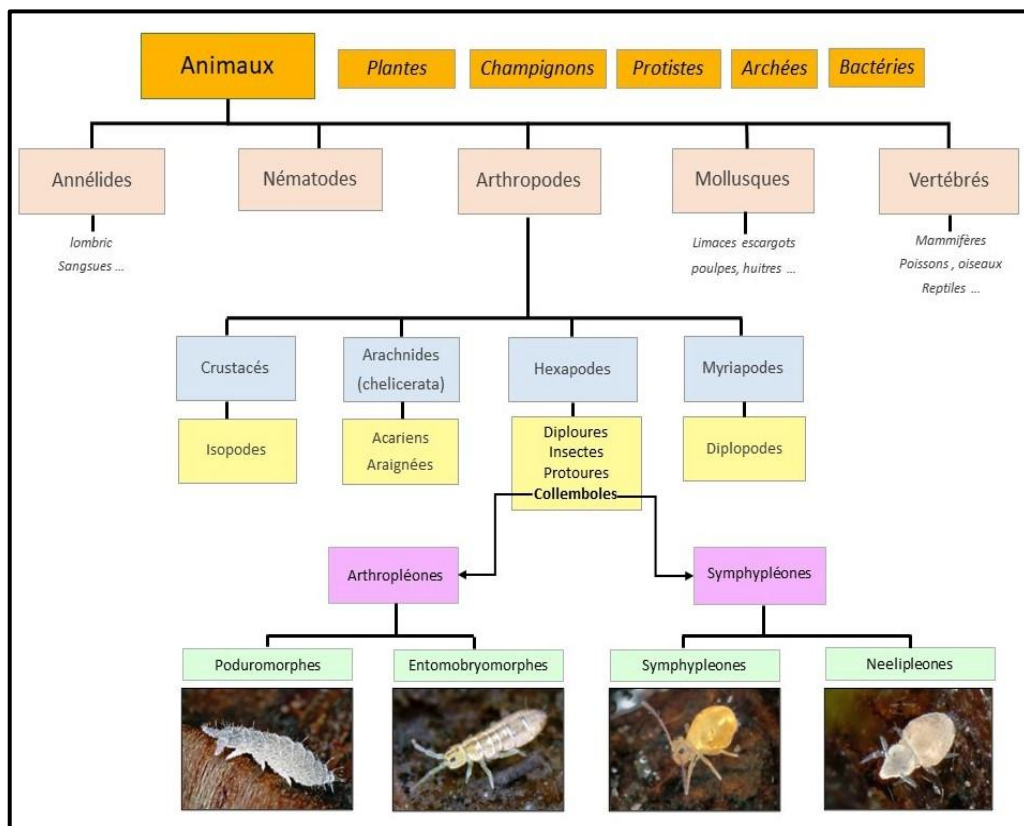
**Figure 20.** Collemboles proies de différents prédateurs

**a:** *Entomobrya nivalis* proie à un Acarien (Barton, 2012), **b:** *Seira domestica* proie à un araignée Salticidae (Accurso, 2008), **c:** *Orchesella cincta* proie à un pseudoscorpion (Baas, 2008), **d:** *Entomobrya multifasciata* proie à une punaise (Visser, 2005), **e:** *Ceratophysella* sp proie à un coleoptere Staphylinidae (Rainer, 2014), **f:** *Dicyrtoma fusca* proie à une fourmis (Garcelon, 2016)

## 8. Taxonomie et systématique des collemboles

Cette partie traitera de la taxonomie (ou taxinomie) et de la systématique des collemboles, deux branches des sciences de la nature qui se complètent. Certains diront même, que la systématique est l'un des prolongements de la taxonomie. De ce fait, il nous apparaît important et indispensable de rappeler brièvement les principes de la taxonomie des collemboles basée essentiellement sur la chétotaxie avant d'entamer la systématique de ce groupe d'hexapode. Nous empruntons à (Hamra Kroua, 2005) la partie taxonomie. Cet auteur a consacré un grand volet pour synthétiser l'essentiel des connaissances sur le tégument et ses ornements ainsi que sur les différents types de phanères qui couvrent le corps des collemboles sur toutes ses parties.

La chétotaxie : nombre et disposition des soies, est d'une importance systématique fondamentale pour l'identification des espèces. (Deharveng, 1983 cité par Hamra Kroua, 2005) a proposé une nouvelle définition de la sous famille des Neanurinae basée sur une nomenclature plus complète de la chétotaxie des différentes parties du corps (labium, l'antenne, les tergites, les sternites et les tibiotarses) (Bendjaballah, 2019).



**Figure 21.** Schéma des quatre ordres de collemboles (Sun et al., 2023)

**Tableau 1.** Ordres et familles de collemboles connus dans le monde

Ordres	Familles
<b>Entomobryomorpha</b> (Börner, 1913)	Oncopoduridae (Carl et Lebedinsky, 1905)
	Tomoceridae (Schäffer, 1896)
	Isotomidae (Schäffer, 1896)
	Protentomobryidae (Folsom, 1937)
	Microfalculidae (Massoud et Betsch, 1966)
	Entomobryidae (Schäffer, 1896)
	Cyphoderidae (Börner, 1906)
	Paronellidae (Börner, 1913)
	Actaletidae (Börner, 1902)
	Coenaletidae (Bellinger, 1985)
	Praentomobryidae (Christiansen et Nascimbene, 2006)
	Oncobryidae (Christiansen et Pike, 2002)
<b>Poduromorpha</b> (Börner, 1913)	Neanuridae (Börner, 1901 sensu D'Haese, 2002)
	Brachystomellidae (Stach, 1949)
	Odontellidae (Massoud, 1967)
	Poduridae (Latreille, 1804)
	Hypogastruridae (Börner, 1906 sensu Deharveng, 2004)
	Paleotullbergiidae (Deharveng, 2004)
	Gulgastruridae (Lee et Thibaud, 1998)
	Onychiuridae (Lubbock, 1867)
	Tullbergiidae (Bagnall, 1935)
<b>Symphyleona</b> (Börner, 1901 ; Massoud, 1971)	Mackenziellidae (Yosii, 1961)
	Sminthuridae (Börner, 1906 sensu Betsch et Massoud, 1970)
	Katiannidae (Börner, 1913 sensu Bretfeld, 1999)
	Spinothecidae (Delamare Deboutteville, 1961 sensu Bretfeld, 1994)
	Arrhopalitidae (Stach, 1956 sensu Betsch et Massoud, 1970)
	Collophoridae (Bretfeld, 1999)
	Sturmiidae (Bretfeld, 1994)
	Sminthuridae (Lubbock, 1862)
	Bourletiellidae (Börner, 1912 sensu Bretfeld, 1994)
	Dicyrtomidae (Börner, 1906 ; Deharveng, 2004)
<b>Neelipleona</b> (Massoud, 1971)	Neelidae (Folsom, 1896)

## 9. Historique des connaissances sur les collemboles d'Algérie

Les recherches sur les collemboles en Algérie ont une longue histoire, débutant au XIX<sup>e</sup> siècle avec les travaux pionniers de (Lucas, 1846, 1849), qui a été le premier à signaler des espèces de collemboles dans le pays. Au XX<sup>e</sup> siècle, plusieurs entomologistes ont contribué à l'enrichissement des connaissances sur cette faune. (Absolon, 1913) a décrit une nouvelle espèce provenant d'une grotte algérienne, tandis que (Denis, 1922, 1924, 1925, 1935, 1937) a mené des études approfondies sur les collemboles d'Afrique du Nord, incluant l'Algérie. (Handschin, 1925, 1926, 1928) a également apporté des contributions significatives à la connaissance des collemboles algériens. Ces travaux ont été suivis par ceux de (Delamare-Deboutteville, 1948, 1953), qui s'est intéressé aux collemboles marins des sables littoraux algériens, et de (Murphy, 1958), qui a décrit une nouvelle espèce dans le pays. (Cassagnau, 1963) a étudié les collemboles du Nord-Constantinois, enrichissant ainsi la taxonomie de ce groupe en Algérie. (Stomp, 1974 ; Jacquemart, 1974 ; Thibaud et Massoud, 1980) ont également contribué à l'inventaire des collemboles algériens. Jusqu'en 1980, environ 104 espèces de collemboles avaient été recensées en Algérie

À partir des années 2000, une nouvelle dynamique de recherche s'est instaurée, principalement sous l'impulsion du professeur Salah Hamra-Kroua. Ses travaux ont permis de relancer l'étude de la biodiversité des collemboles en Algérie. Par exemple, une étude menée dans la région d'Azzaba, au nord-est de l'Algérie, a révélé la présence de 22 espèces de collemboles, dont 4 n'avaient pas été précédemment signalées dans le pays. De plus, une liste annotée des collemboles du massif de Collo, également situé dans le nord-est de l'Algérie, a été établie, enrichissant les connaissances sur la faune locale. Ces recherches ont mis en évidence une affinité méditerranéenne de la faune des collemboles dans cette région, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de la biodiversité et de la biogéographie de ces microarthropodes en Algérie.

Parallèlement, des études ont été menées dans la wilaya de Constantine. (Hamra-Kroua, 2005) a identifié 19 espèces de collemboles dans deux régions de cette wilaya : Djebel Ouahch et la ferme pilote d'El-Baaraouia (Khroub). (Bousbaa et Lekikot, 2017) ont recensé 18 espèces dans des habitats urbains et semi-urbains de la région de Constantine. (Abed et Boukeloua, 2019) ont étudié les collemboles dans deux localités de la wilaya, Chettabah et Djebel El Ouahch, et ont rapporté 38 espèces. (Bendjaballah, 2019) a répertorié 29 espèces au niveau de Chettabah et Sidi Driss. Ces travaux illustrent la richesse et la

diversité des collemboles dans la région de Constantine, tout en soulignant la nécessité de poursuivre les recherches pour une meilleure compréhension de cette faune.

# **Chapitre II :**

## **Matériel et**

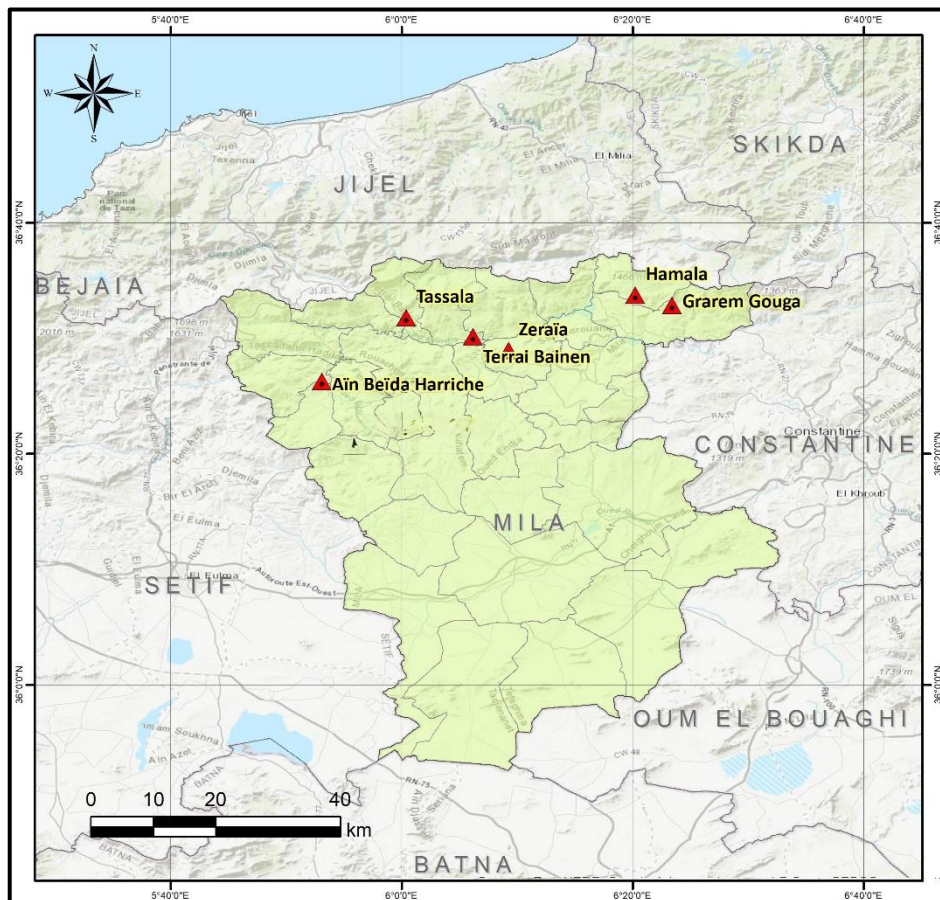
## **méthodes**



## 1. Présentation générale de la Wilaya de Mila

La wilaya de Mila est située dans le Nord-Est de l'Algérie, entre les latitudes 36°10' et 36°40' Nord et les longitudes 6°00' et 6°45' Est. Elle s'étend sur une superficie d'environ 3 486 km<sup>2</sup> et se trouve à la jonction entre les régions telliennes au nord et les Hautes Plaines au sud. Elle est limitée au nord par la wilaya de Jijel, à l'est par Constantine et Guelma, à l'ouest par Sétif, et au sud par Oum El Bouaghi. L'altitude moyenne varie entre 340 mètres et 1 400 mètres au-dessus du niveau de la mer, conférant à la région une grande diversité topographique.

Dans le cadre de cette étude, six localités situées dans différentes zones de la wilaya de Mila ont été sélectionnées pour l'échantillonnage des collemboles. Ces sites présentent une diversité de conditions écologiques (altitude, végétation, humidité), ce qui permet de comparer les communautés édaphiques en fonction des caractéristiques locales. Les échantillons ont été collectés entre les mois de février et avril 2025, à l'aide de prélèvements manuels de la litière, du sol et de la mousse, de manière aléatoire.



**Figure 22 : Vue satellitaire des stations échantillonnées**

Le tableau suivant présente les coordonnées géographiques des sept stations échantillonnées, le choix de ces stations a été effectué de manière aléatoire, en tenant compte de la diversité des habitats présents dans la wilaya de Mila ainsi que de l'accessibilité du terrain.

**Tableau 02.** Coordonnées géographiques des stations visitées.

Zone	Localité	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Altitude (m)
1	Grarem Gouga	36°32'51.78"N	6°23'23.91"E	518
2	Tassala	36°31'48.28"N	6° 0'22.41"E	493
3	Hamala	36°33'45.43"N	6°20'12.75"E	569
5	Zeraïa	36°28'57.00"N	6° 9'13.76"E	331
6	Terrai Bainen	36°30'8.59"N	6° 6'9.72"E	288
7	Aïn Beïda Harriche	36°26'16.21"N	5°53'3.20"E	567

### 1.1. Relief et géologie de la Wilaya de Mila

La wilaya de Mila possède un relief varié, divisé en plusieurs zones distinctes : **Au nord** : Présence de massifs montagneux avec une altitude atteignant jusqu'à 1600 mètres, surtout dans les zones proches des frontières avec la wilaya de Jijel. **Zones de collines et piémonts** : Situées en dessous des communes limitrophes avec Jijel, ces zones présentent un relief modéré. **Au centre** : On trouve des hautes plaines, relativement étendues. **Au sud** : Présence de massifs montagneux, mais avec une altitude légèrement inférieure, atteignant environ 1400 mètres.

### 1.2. Le climat de la région de Mila

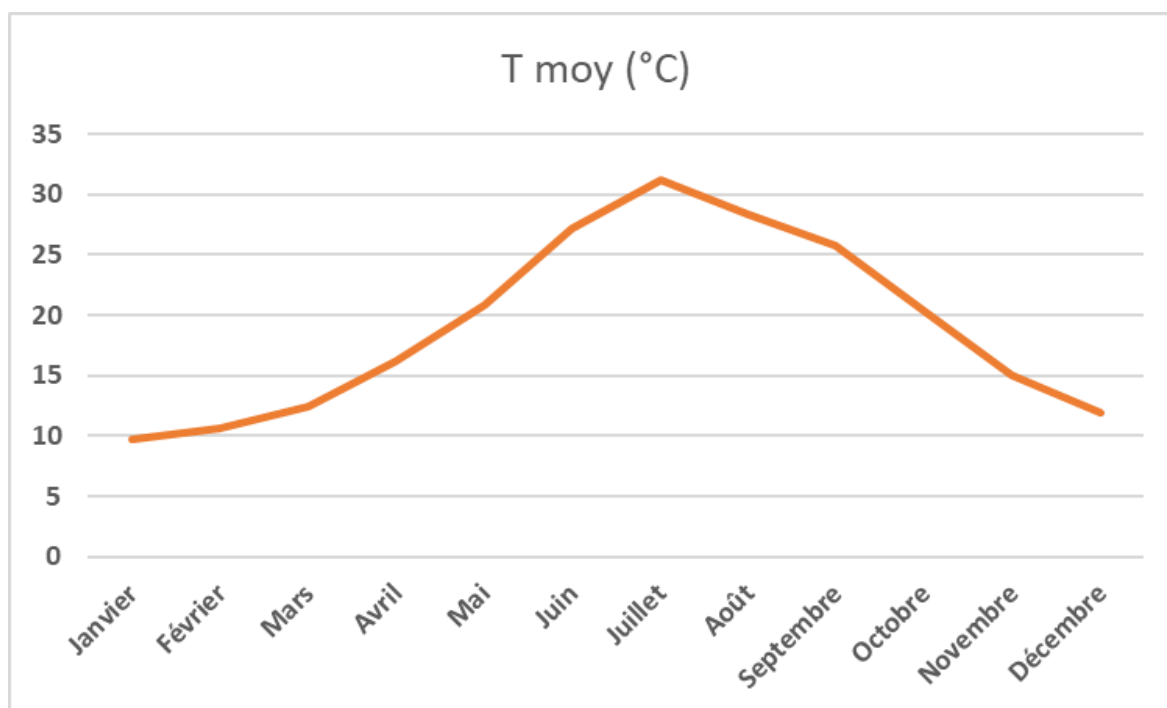
La wilaya de Mila bénéficie d'un climat méditerranéen à tendance semi-continentale. Les hivers sont froids et humides, avec des températures pouvant descendre en dessous de 0°C, notamment dans les zones montagneuses. Les étés sont chauds et secs, avec des températures pouvant dépasser 40 °C dans les régions les plus basses. La pluviométrie annuelle est irrégulière et varie considérablement selon les localités : elle est généralement supérieure à 800 mm dans les régions nordiques, tandis qu'elle peut être inférieure à 400 mm dans les zones méridionales.

### 1.2.1. Les températures

Le tableau (Tab. 03) et la figure (Fig. 23) montrent la température moyenne mensuelle (**T**), la température maximale mensuelle (**TM**) et la température minimale mensuelle (**Tm**) (toutes en °C) dans une période de 10 ans (2015-2024) pour les régions d'étude (Mila). On remarque que le mois le plus froid est Janvier température moyenne de 9°C, tandis que le mois le plus chauds est celui de Juillet avec une température moyenne de 30°C.

**Tableau 03 :** Températures de la wilaya de Mila (2015-2024).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	TM	13	11	17	24	28	31	37	36	29	24	19	17
	T	9	7	12	18	22	26	31	30	23	19	14	11
	Tm	4	3	6	11	17	20	26	23	18	14	8	5
2016	TM	17	17	17	22	26	13	35	34	30	27	19	16
	T	11	12	11	17	21	26	30	28	23	21	14	11
	Tm	5	6	5	11	15	21	24	21	17	15	9	6
2017	TM	11	17	21	22	30	34	37	36	29	23	17	13
	T	7	11	13	16	24	29	31	31	24	19	14	10
	Tm	3	5	6	10	18	23	25	26	20	15	10	6
2018	TM	15	12	17	21	23	29	36	32	30	23	19	16
	T	11	8	12	17	19	25	31	27	26	19	15	12
	Tm	7	4	8	12	15	20	26	23	22	16	11	8
2019	TM	11	14	17	20	22	35	37	35	30	25	16	16
	T	8	10	12	16	18	29	31	30	26	20	13	12
	Tm	5	5	7	11	14	23	25	25	21	16	10	9
2020	TM	14	18	16	21	27	30	35	36	28	23	19	14
	T	10	13	12	16	22	25	30	30	24	19	16	11
	Tm	6	8	8	12	17	21	24	25	20	14	12	7
2021	TM	13	17	17	21	27	34	38	25	35	25	17	16
	T	10	12	12	16	21	28	32	19	28	19	14	12
	Tm	6	7	7	11	16	23	26	14	21	14	11	7
2022	TM	14	16	17	22	29	40	41	38	25	30	21	20
	T	10	11	12	15	22	31	32	30	28	24	17	15
	Tm	5	6	8	9	15	22	23	23	22	18	12	11
2023	TM	13	14	20	23	23	32	42	35	31	28	20	20
	T	9	10	14	16	18	26	34	28	26	22	15	15
	Tm	5	5	8	9	12	19	26	21	20	17	11	11
2024	TM	16	16	20	21	27	35	38	36	36	27	22	13
	T	12	12	14	15	21	27	30	30	30	22	18	10
	Tm	8	8	9	9	15	20	23	23	23	18	13	7



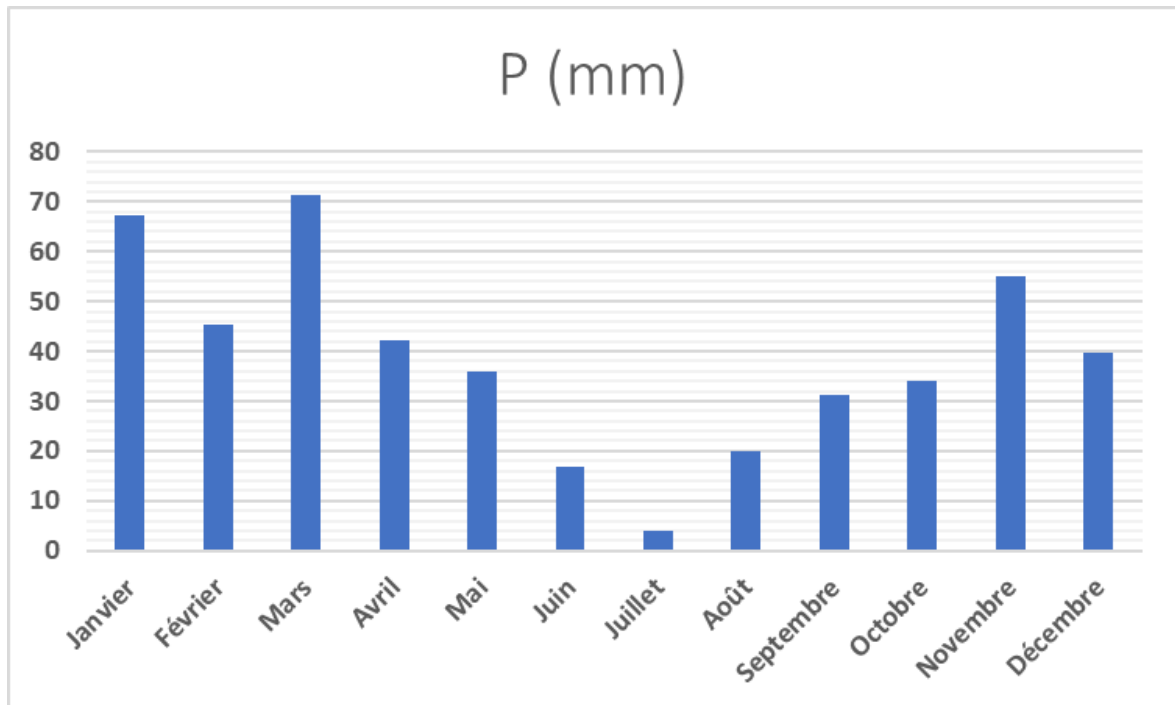
**Figure 23 :** Températures moyenne mensuelles pour la wilaya de Mila au courants des années (2015-2024).

### 1.2.2 Les précipitations

Les valeurs des précipitations totales sur le mois (en mm) de la région toujours pendant les 10 dernières années (2015-2024) sont notées dans le tableau. On remarque que L'année 2019 a été la plus pluvieuse (874 mm), tandis que 2022 et 2023 ont connu des précipitations très faibles, indiquant une tendance à l'aridification. Les pluies se concentrent principalement entre mars et décembre, avec un minimum en été.

**Tableau 04 :** Précipitations de la wilaya de Mila (2015-2024).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
<b>2015</b>	189	139	95	16	28	23	7	56	39	74	64	5	<b>735</b>
<b>2016</b>	64	35	85	82	35	23	9	14	28	53	61	22	<b>511</b>
<b>2017</b>	109	45	3	28	37	32	2	24	11	31	96	72	<b>490</b>
<b>2018</b>	10	64	119	91	16	16	4	9	35	61	37	24	<b>486</b>
<b>2019</b>	136	41	153	60	56	7	9	76	86	68	115	67	<b>874</b>
<b>2020</b>	15	2	108	79	24	27	5	9	92	27	49	132	<b>569</b>
<b>2021</b>	82	62	106	41	98	16	1	5	3	3	45	15	<b>477</b>
<b>2022</b>	18	10	26	10	10	0	1	3	7	3	25	4	<b>117</b>
<b>2023</b>	27	4	5	6	44	20	1	2	1	0	31	31	<b>172</b>
<b>2024</b>	22	52	14	8	12	5	0	3	10	21	27	24	<b>198</b>
<b>Moy.</b>	<b>67,2</b>	<b>45,4</b>	<b>71,4</b>	<b>42,1</b>	<b>36</b>	<b>16,9</b>	<b>3,9</b>	<b>20,1</b>	<b>31,2</b>	<b>34,1</b>	<b>55</b>	<b>39,6</b>	<b>/</b>



**Figure 24** : Variations des moyennes de Précipitations à Mila (2015-2024).

### 1.3. La végétation

La wilaya de Mila, située dans le nord-est de l'Algérie, présente une végétation variée influencée par la diversité de son relief et de son climat. Au nord, dans les zones montagneuses, la végétation est de type forestier avec la présence de chênes zéens (*Quercus canariensis*), de pins d'Alep (*Pinus halepensis*) et de maquis méditerranéen composé de lentisque, romarin et ciste. Vers le centre et le sud de la wilaya, le paysage devient plus steppique, dominé par des espèces adaptées à la sécheresse comme l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) et l'alfa (*Stipa tenacissima*). Les zones agricoles sont également bien développées, avec des cultures de céréales, des oliviers, des figuiers et d'autres arbres fruitiers. Enfin, la végétation ripicole bordant les oueds et les retenues d'eau comprend des roseaux (*Phragmites australis*), des joncs et des saules. Cette diversité végétale crée une mosaïque d'habitats favorables à une faune variée, y compris les collemboles présents dans la litière et les sols.

## 2. Etude faunistique

Notre présent travail est réalisé dans le Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes. Le laboratoire est localisé à Chaabat Erssas au campus de l'Université Frères Mentouri - Constantine 1



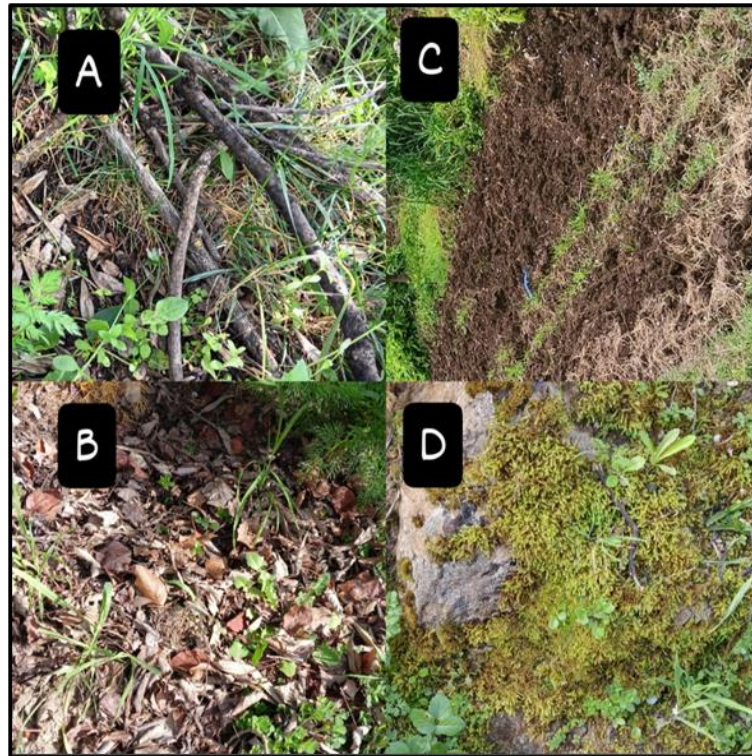
**Figure 25 :** Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes (Photo originale)

Pour réaliser une étude de la faune du sol "faunistique", il est nécessaire de prélever de nombreux échantillons bien représentatifs et de ramener ces échantillons au laboratoire en vue d'une extraction massive des microarthropodes par des techniques appropriées. Le nombre et le volume d'échantillons prélevés est en fonction du type d'étude (écologique ou faunistique), de l'abondance du peuplement, de la dominance et la rareté des espèces, de la dimension et du type de distribution spatiale des individus, (Cancela da Fonseca et Vannier, 1969 cités par Hamra Kroua, 2005).

### 2.1. Techniques de prélèvement des échantillons

L'échantillonnage s'est déroulé d'une manière aléatoire pendant la période humide entre le mois de février et le mois d'avril 2025, nous avons prélevé Seule la couche humide dans différents biotopes (litière forestière, mousse, sol, bois mort ... etc.).





**Figure 26 :** Habitats échantillonnés dans les localités d'étude (photos originales)

**A :** Le bois mort ; **B :** La litière ; **C :** Le sol ; **D :** La mousse sur une roche

Les échantillons sont prélevés à la main et conservés dans des sachets en plastique bien fermés pour éviter l'évaporation (Hamra Kroua, 2005).



**Figure 27 :** Techniques de prélèvement des échantillons (photos originale)

## 2.2. Extraction des collemboles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des collemboles et d'autres microarthropodes ; Extraction par voie sèche, extraction par lavage (extraction par voie humide) et extraction par film graisseux de Aucamp (Pesson, 1971 ; Concela da Fonseca et Vannier, 1969 cité par Hamra Kroua 2005).

Dans la présente étude nous avons utilisé l'extraction par voie sèche ou méthode de Bérlese-Tullgren, c'est une méthode sélective ou dynamique, par laquelle les microarthropodes sont récoltés intacts sans l'intervention d'un opérateur. Il se compose d'un entonnoir équipé d'une grille sur laquelle est déposé l'échantillon à analyser. Une lampe à incandescence, placée au-dessus de l'échantillon, génère de la chaleur et de la lumière, entraînant un assèchement progressif de la litière. Sous l'effet de cette chaleur, les organismes fuient vers le bas, traversent la grille, puis tombent dans un flacon récepteur contenant de l'alcool méthylique à 70 %, utilisé pour leur conservation. La durée d'extraction varie entre 4 et 5 jours, en fonction de l'humidité de l'échantillon.



**Figure 28 :** Extraction des collemboles par la méthode sèche.



### 2.3. Tri et dénombrement des collemboles

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 faunistiques tels que les acariens, les araignées, Les pseudoscorpions, les larves et adultes de petits insectes, à l'aide d'une brosse appelée (la brosse de Cassagnau): une tige en matière plastique très fine (0,5mm) montée sur un mandrine métallique. Une fois tous les Collemboles sont séparés des autres Microarthropodes, on procède au dénombrement qui permet de déterminer le nombre total d'individus de Collemboles présents dans chaque échantillon. Les collemboles sont conservés dans des tubes étiquetés contenant de l'alcool à 70%.



**Figure 29 :** Loupe binoculaire à grossissement X32 (Photo originale).



**Figure 30 : Brosse de Cassagnau (Photo originale).**



**Figure 31 : Tubes étiquetés (Photo original).**

## 2.4. Identification des collemboles

L'identification au niveau de l'ordre et de la famille est réalisée sous loupe binoculaire à l'aide de clés d'identification qui donne les caractéristiques morphologiques générales des ordres, familles et quelques genres de collemboles. Plusieurs clés d'identification ont été utilisées. L'identification au niveau spécifique est différente à celle des ordres et familles, un montage entre lame et lamelle est nécessaire pour pouvoir visualiser certains détails microscopiques (Pièces buccales, chaetotaxie antennaire, ...etc.). L'identification au niveau de l'espèce doit être réalisée par un spécialiste en taxonomie dans le cas d'espèces difficiles à classer.

# **Chapitre III :**

## **Résultats et**

## **Discussion**

## I. Résultats

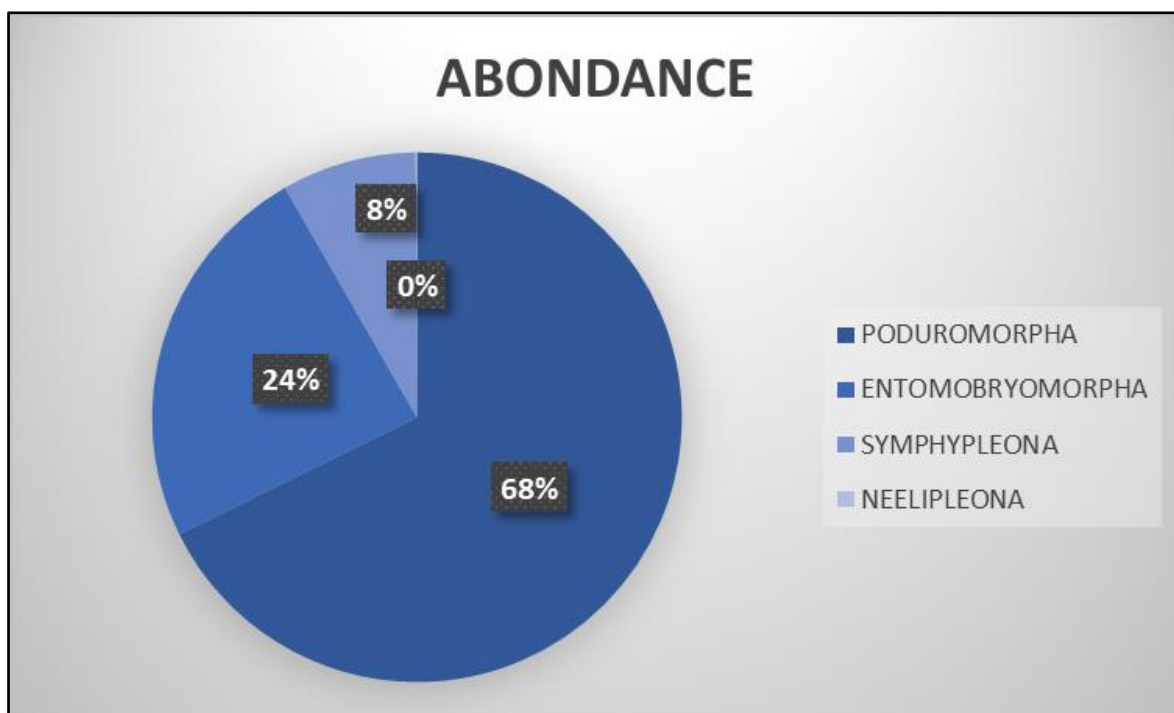
### 1. Dénombrement des collemboles

Nous présentons dans le tableau qui suit (Tableau 5) le nombre de collemboles récoltés (pour chacun des quatre ordres) dans chaque type d'échantillon et dans chaque région, ainsi que les proportions (en %) des individus récoltés pour chaque ordre (Fig 32).

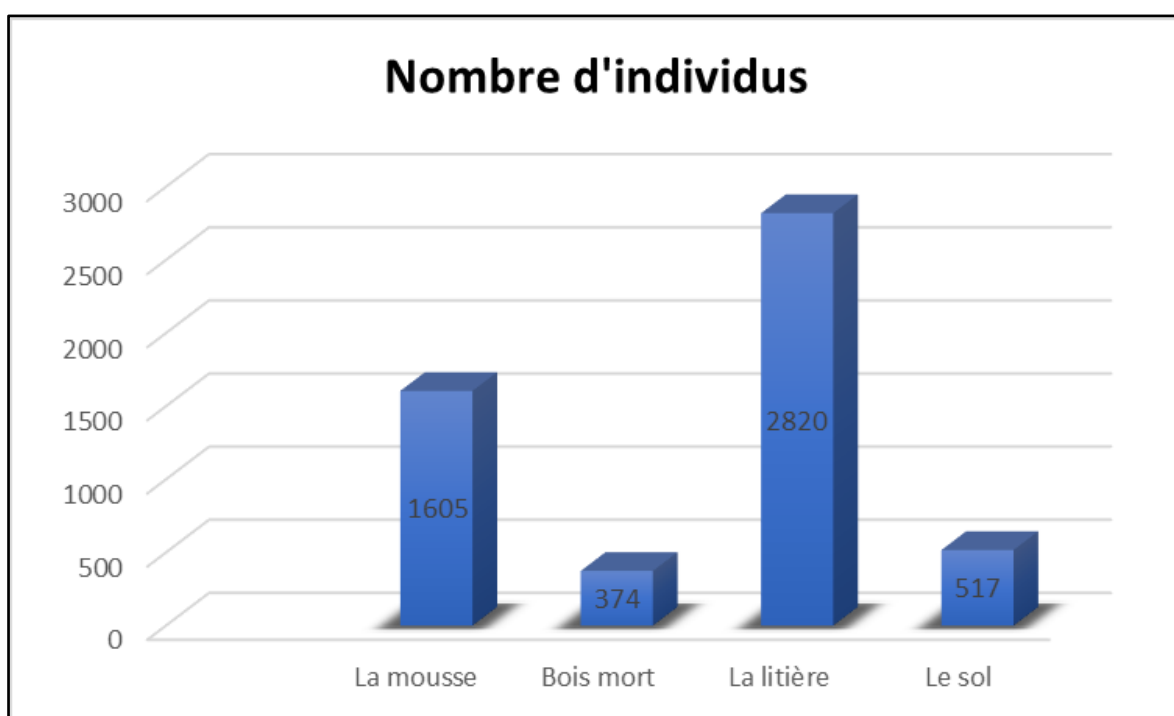
Notre récolte compte au total 5202 collembole. On observe la dominance de l'ordre des Poduromorpha (68%) avec 3524 individus, suivi par Entomobryomorpha (24%) avec 1248 individus, ensuite Symphypleona (8%) avec 428 individus, et finalement l'ordre des Neelipleona (0.04%) avec seulement 2 individus.

**Tableau 5.** Nombre de collemboles récoltés dans chaque Type d'échantillon pour chacun des quatre ordres.

Localités	biotope	Nombre d'échantillons	PODUR.	ENTOMOBRYO.	Symphy.	Neeli.
<b>Grarem Gouga</b>	Mousse	2	34	20	0	0
	Sol	4	4	0	5	2
	Litière	1	50	6	5	0
<b>Tassala Lemtai</b>	Mousse	2	50	12	1	0
	Sol	2	5	3	0	0
	Litière	1	0	0	0	0
	Bois mort	1	50	18	0	0
<b>Hamala</b>	Mousse	5	385	192	74	0
	Sol	5	29	32	39	0
	Litière	4	219	123	84	0
	Bois mort	2	11	18	0	0
<b>Zeraïa</b>	Sol	1	16	13	4	0
<b>Terrai Bainen</b>	Mousse	2	92	47	11	0
<b>Aïn Beïda Harriche</b>	Mousse	2	532	155	0	0
	Sol	6	306	99	8	0
	Litière	6	1647	363	161	0
	Bois mort	1	94	147	36	0
<b>Total</b>		47	3524	1248	428	2



**Figure 32.** Proportions (en %) du nombre d'individus récoltés par chaque ordre.



**Figure 33.** Le nombre d'individus récoltés pour chaque type d'échantillon.

L'histogramme dans cette figure démontre le nombre d'individus récoltés par chaque type d'échantillon, La Litière est la plus riche en individus avec **2820** collemboles, suivi par La Mousse avec **1605** individus, ensuite Le sol avec **517** individus et finalement Le Bois Mort avec le moins d'individus récoltés (**374**).

## 2. Composition faunistique des collemboles

Nous présentons dans le tableau 6 la liste des espèces identifiées dans notre travail en démontrant les six régions où ils ont été récoltés (Grarem Gouga, Tassala Lemtai, Hamala, Zeraïa, Terrai Bainen, Aïn Beïda Harriche). Les espèces sont classées selon l'ordre, la famille et la sous famille. Le tableau définit ainsi le type d'adaptation biologique et l'aire de distribution.

**Tableau 6.** Liste des espèces de collemboles identifiées.

**Abréviations :** **A** : Atmobios ; **E** : Euédaphon ; **H** : Hémiedaphon ; **C** : Cosmopolite ; **W** :

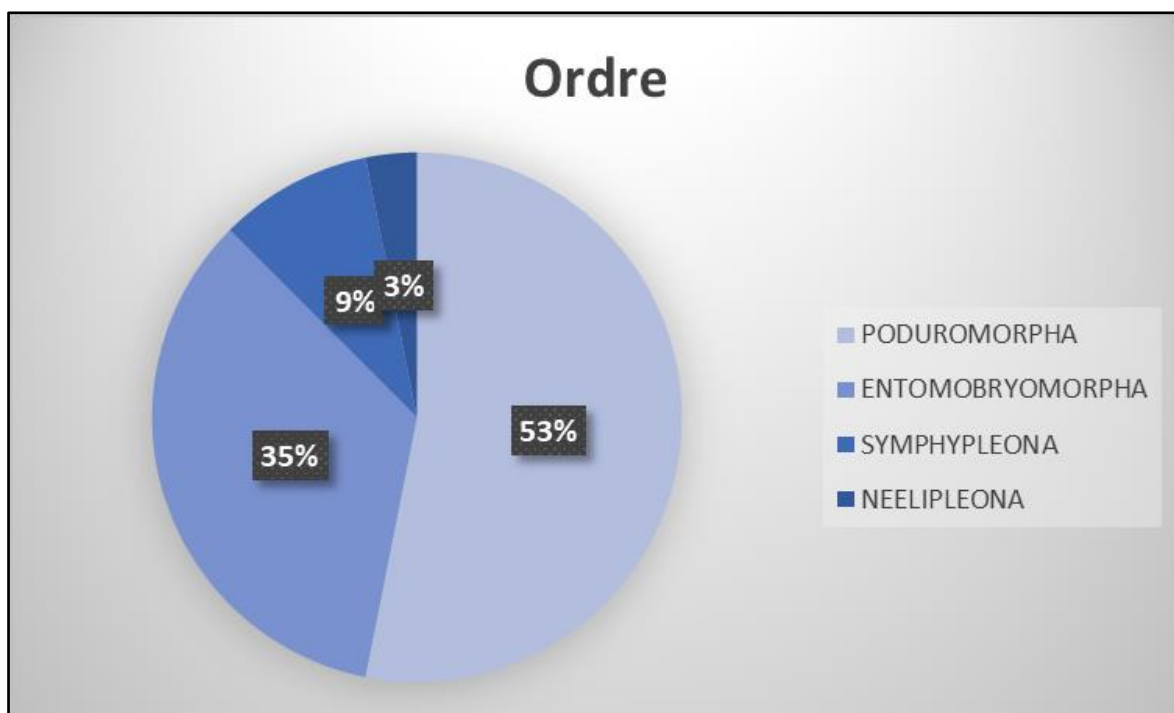
Large distribution ; **Eu** : Européenne/Euroméditerranéenne ; **En** : Endémique ; **N/A** :

Non applicable (forme non identifiée à l'espèce).

		Grarem Gouga	Tassala Lemtai	Hamala	Zeraïa	Terrai Bainen	Aïn Beïda Harriche	Type biologique	Aire de distribution
	<b>Ordre I : PODUROMORPHA</b>								
	<b>01. Hypogastruridae</b>								
<b>01</b>	<i>Ceratophysella denticulata</i>	X	X	X	X			H	C
<b>02</b>	<i>Ceratophysella gibbosa</i>	X	X	X				H	C
<b>03</b>	<i>Ceratophysella tergilobata</i>	X		X	X	X	X	H	W
<b>04</b>	<i>Hypogastrura H. pityusica</i>			X				H	Eu
	<b>02. Brachystomellidae</b>								
<b>05</b>	<i>Brachystomella curvula</i>	X		X		X		E	Eu
<b>06</b>	<i>Brachystomella sp.</i>			X				N/A	N/A
	<b>03. Neanuridae</b>								
	<b>a. Frieseinae</b>								
<b>07</b>	<i>Friesea afurcata</i>	X		X		X		H	Eu
<b>08</b>	<i>Friesea mirabilis</i>			X				H	C
<b>09</b>	<i>Friesea sp.</i>		X		X	X	X	N/A	N/A
	<b>b. Neanurinae</b>								
<b>10</b>	<i>Bilobella aurantiaca</i>	X	X	X	X	X	X	E	W
<b>11</b>	<i>Protanura pseudomuscorum</i>	X		X		X		H	W
<b>12</b>	<i>Protanura sp.</i>		X		X		X	N/A	N/A
	<b>c. Pseudachorutinae</b>								
<b>13</b>	<i>Pseudachorutella asigillata</i>	X		X				H	W
<b>14</b>	<i>Pseudachorutes sp.</i>		X					N/A	N/A

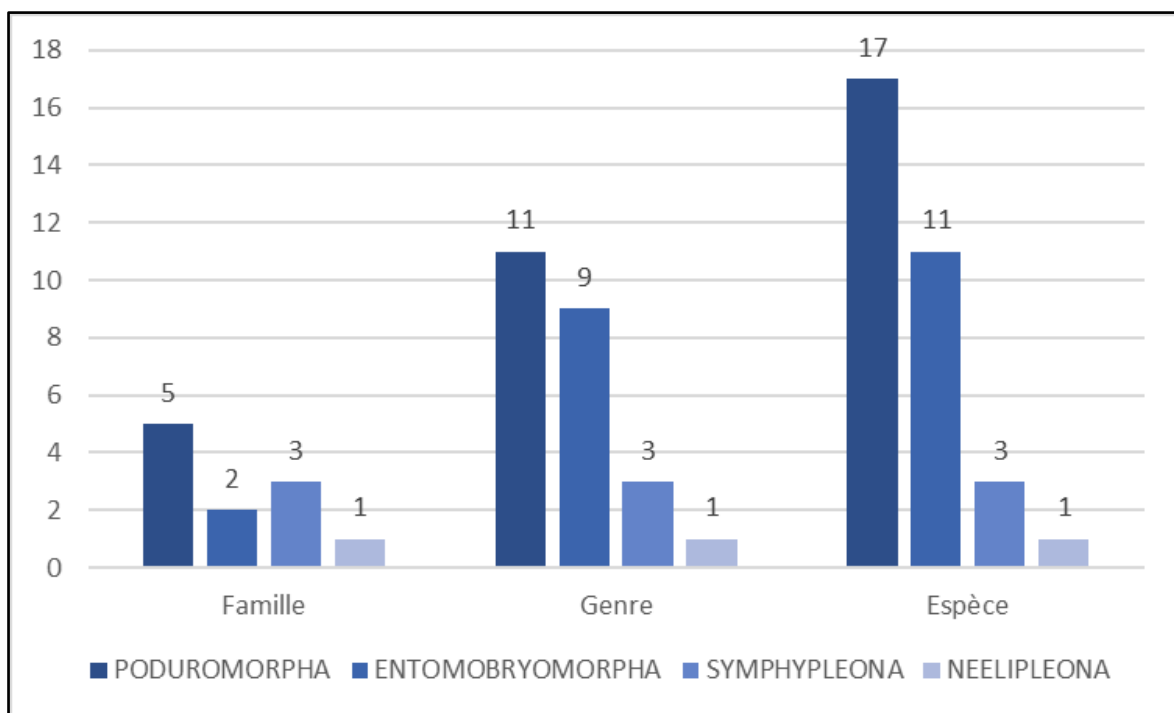
		Grarem Gouga	Tassala Lentai	Hamala	Zeraïa	Terrai Bainen	Aïn Beïda Harriche	Type biologique	Aire de distribution
	<b>Ordre I : PODUROMORPHA (suite)</b>								
	<b>04. Onychiuridae</b>								
15	<i>Protaphorura armata</i>	X	X	X	X	X	X	E	W
16	<i>Deuteraphorura sp.</i>	X		X				E	N/A
	<b>05. Tullbergiidae</b>								
17	<i>Mesaphorura sp.</i>			X		X		E	N/A
	<b>Ordre II : ENTOMOBRYOMORPHA</b>								
	<b>06. Isotomidae</b>								
18	<i>Hemisotoma thermophila</i>	X	X	X	X	X	X	H	C
19	<i>Isotomiella minor</i>			X		X		E	W
20	<i>Parisotoma notabilis</i>	X	X	X	X	X	X	H	W
21	<i>Proisotoma minuta</i>	X				X		H	C
	<b>07. Entomobryidae</b>								
22	<i>Entomobrya numidica</i>	X						A	En
23	<i>Heteromurus major</i>	X	X	X	X	X	X	A	N/A
24	<i>Lepidocyrtus sp.</i>	X				X		N/A	N/A
25	<i>Orchesella cincta</i>	X		X				H	W
26	<i>Orchesella quinquefasciata</i>			X				A	Eu
27	<i>Orchesella sp.</i>		X			X		N/A	N/A
28	<i>Seira domestica</i>							H	C
	<b>Ordre III : SYMPHYPLEONA</b>								
	<b>08. Dicyrtomidae</b>								
29	<i>Dicyrtomina ornata</i>	X				X		A	Eu
	<b>09. Katiannidae</b>								
30	<i>Sminthurinus aureus</i>			X				H	Eu
	<b>10. Sminthurididae</b>								
31	<i>Sphaeridia pumilis</i>	X	X	X	X	X		H	C
	<b>Ordre IV : NEELIPLEONA</b>								
	<b>11. Neelidae</b>								
32	<i>Megalothorax minimus</i>	X						E	W
	<b>Total : 32 espèces</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>8</b>		

On compte au total : **32** espèces réparties sur **4** ordres, **11** familles, (**3** sous-familles pour la famille des Neanuridae) et **24** genres.



**Figure 34.** Proportions (en %) des espèces récoltées par chaque ordre.

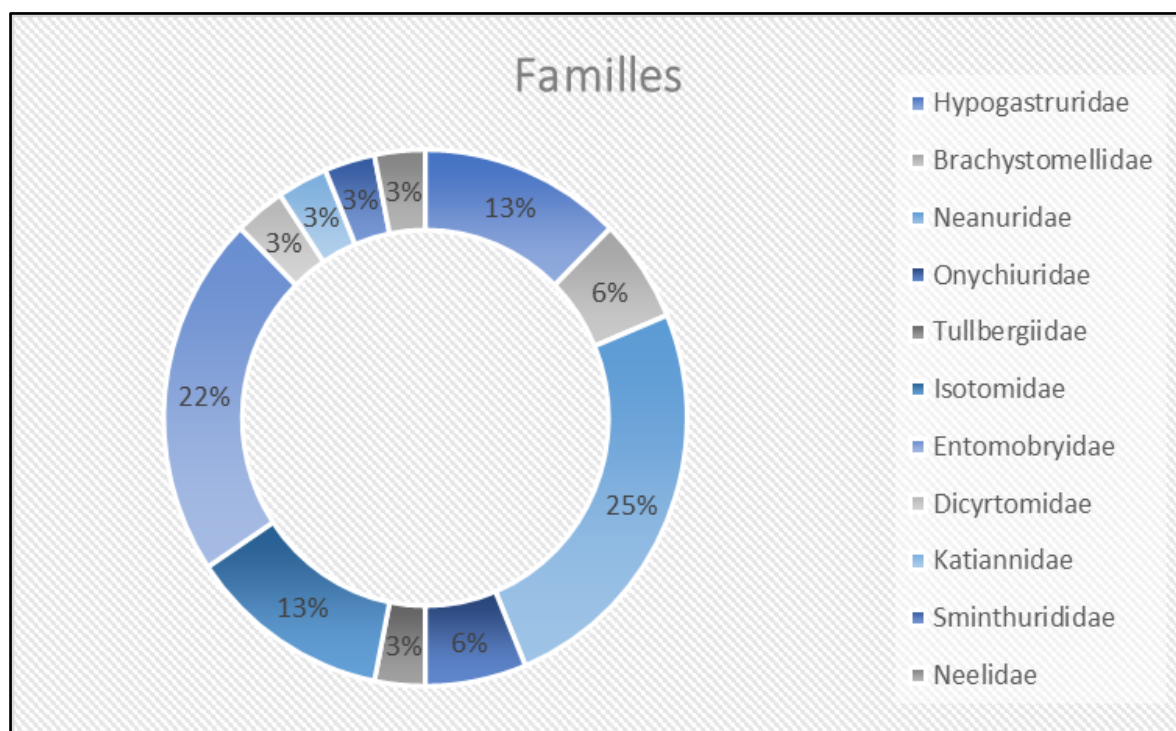
L'ordre Poduromorpha possède **53%** du nombre total avec **17** espèces (chez qui la richesse spécifique est la plus élevée). Les **11** espèces d'Entomobryomorpha représentent **35%**, Symphypleona possède **9%** avec **3** espèces, et Neelipleona représente **3%** avec **1** seule espèce.



**Figure 35.** Fréquence absolue des familles, genres et espèces par chaque ordre.

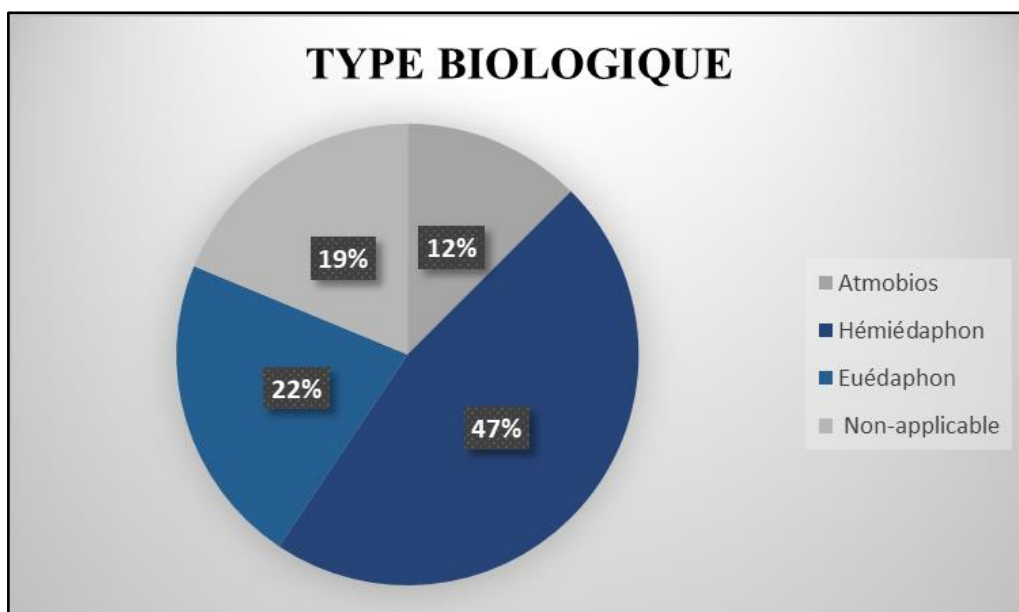


La figure 35 représente la fréquence absolue des familles, genres et espèces récoltés pour chaque ordre. L'ordre des Poduromorpha est le plus diversifié avec **5** familles, **11** genres et **17** espèces. En deuxième position on trouve Entomobryomorpha avec **2** familles, **9** genres et **11** espèces, La troisième position les Symphypleona sont présentes avec **3** familles, **3** genres et **3** espèces. Et finalement les neelipléones (Neelipleona) sont les moins diversifiés, une seule (famille, espèce et genre).



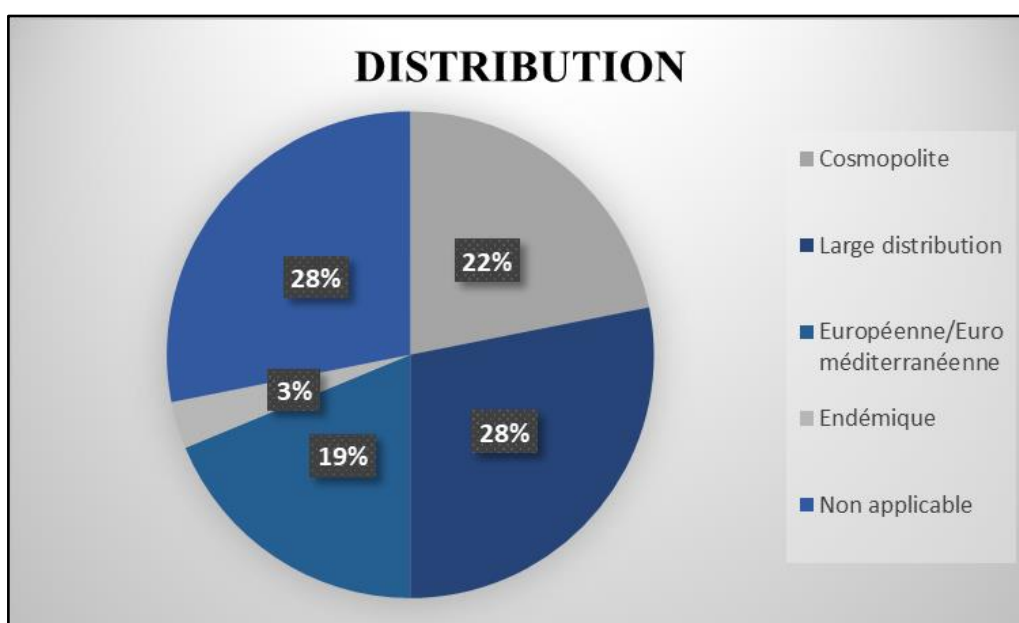
**Figure 36.** Proportion (en %) des espèces récoltées par famille.

Concernant les familles, comme il est présenté dans la figure précédente, La famille des Neanuridae est la famille la plus diversifiée en termes de nombres des espèces (**8** espèces) soit **25%** de l'effectif total récolté. Suivie par Entomobryidae, de **7** espèces et **22%** de proportion. Hypogastruridae et Isotomidae, viens en troisièmes place les deux ont **4** espèces et **13%** de proportion. Onychiuridae et Brachystomellidae (**6%**) avec **2** espèces pour chacune. Tullbergiidae, Dicyrtomidae, Katiannidae, Sminthuridae et Neelidae partagent la même proportion (**3%**) avec une seule espèce pour chacune d'entre elles.



**Figure 37.** Proportion (en %) des types biologiques (modes d'adaptation) des espèces récoltées.

Cette figure représente la proportion des espèces selon leurs types biologiques. Les Hémiédaphon sont les plus présents, il y en a **15** espèces représentent **47%** de l'effectif totale. Les espèces euédaphiques (**6** espèces) représentent **22%** de l'effectif total. Et finalement le type le moins présent chez nos espèces est le type Atmobios, avec **4** espèces soit **12%** de proportion.



**Figure 38.** Proportions (en %) de la distribution biogéographique des espèces récoltées.

Cette figure représente les proportions de la distribution des espèces collectées. Les espèces qui ont une large distribution sont les plus nombreuses, on trouve **9** espèces avec **28%** de proportion. En deuxième position se trouve les espèces cosmopolites on compte **7** espèces (**22%** du total des espèces présentes). Après en troisième position on trouve les espèces européennes/euroméditerranéennes il y a (**19%** du total des espèces) avec **6** espèces, après il y a une seule espèce endémique de l'Algérie (*Entomobrya numidica*) qui représentent **3%** du nombre total. Le reste des espèces (**28%**) sont des espèces non identifiées des genres mentionnés, donc on ne peut pas connaître leurs distribution exacte (Non-applicable comme mentionné dans le tableau 6 et dans le graphe).

### 3. Etude taxonomique

Pour chaque espèce recensée, une synthèse de la diagnose est présentée, accompagnée de sa distribution géographique générale ainsi que de l'ensemble des citations issues des travaux antérieurs sur les collemboles en Algérie.

#### Ordre I : PODUROMORPHA Börner, 1913

##### 01. Familia Hypogastruridae Börner, 1906

##### 01. Genre *Ceratophysella* Börner, 1932

##### 01. *Ceratophysella denticulata* (Bagnall, 1941)

**Diagnose :** est une espèce de petite taille, mesurant entre 0,8 et 1,5 mm, généralement de couleur sombre à reflets bleuâtres. Elle se caractérise par la présence d'un organe post-antennal (PAO) bien développé et un mucro en forme de cuillère, typique du genre *Ceratophysella*. Les épines anales, longues et robustes, sont insérées sur une papille proéminente à l'extrémité de l'abdomen. La chaétotaxie abdominale est également distinctive, avec les soies p2 de l'abdomen IV plus longues que les p1, un critère propre au « groupe communis ». La furca est bien développée chez les individus non reproducteurs, mais elle subit des modifications morphologiques chez les reproducteurs, tout comme le mucro, les ongles et certaines soies. Ces changements s'accompagnent d'un assombrissement de l'abdomen chez le mâle et d'un gonflement abdominal chez la femelle.

**Citations d'Algérie:** Citation from Edough: Hamra-Kroua (2016: 85); Brahim-Bounab (2017: 83); Zoughailech (2017: 135 as *Ceratophysella gr. denticulata*). Citations from Algeria outside Edough: Cassagnau (1963: 198) ; Thibaud & Massoud (1980: 515) ;

Stomp (1983: 191); Ait-Mouloud et al. (2007: 151); Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009: 34); Hamra-Kroua (2016: 85); Brahim-Bounab (2017: 83); Bendjaballah (2020: 81).

**Distribution :** Cosmopolitan (Fjellberg, 1998).

### **02. *Ceratophysella gibbosa* (R.S.Bagnall, 1940)**

**Diagnose :** est une espèce de collembole de petite taille, reconnaissable à sa coloration bleue uniforme, visible aussi bien sur le corps que sur les antennes et les pattes. Cette pigmentation constitue l'un des principaux caractères diagnostiques de l'espèce. La chaétotaxie dorsale, notamment au niveau de l'abdomen IV, présente une disposition spécifique des soies, permettant de la distinguer d'espèces proches. La furca est bien développée, bien que les détails du mucro ne soient pas toujours décrits précisément dans la littérature accessible. Les spécimens identifiés en Algérie correspondent morphologiquement aux formes européennes, ce qui confirme l'identification fiable de l'espèce dans la région. Ce taxon est généralement retrouvé dans les litières forestières humides et les sols riches en matière organique.

**Citations d'Algérie:** Citation from Edough: Hamra-Kroua (2016: 85); Brahim-Bounab (2017: 83); Zoughailech (2017: 135). Citations from Algeria outside Edough: Baquero et al. (2009: 68); Brahim-Bounab (2017: 83); Zoughailech (2017: 135); Bendjaballah et al. (2018: 392); Bendjaballah (2020: 81).

**Distribution :** Holarctic (Thibaud et al., 2004).

### **03. *Ceratophysella tergilobata* (P.Cassagnau, 1954)**

**Diagnose :** est un petit collembole mesurant généralement entre 0,8 et 1,3 mm, avec une pigmentation sombre homogène. L'espèce se reconnaît à une chaétotaxie dorsale spécifique, notamment sur l'abdomen IV, conforme à sa description originale. La furca et le mucro sont bien développés, bien que les descriptions détaillées de leur structure soient rares dans la littérature accessible.

**Citations d'Algérie:** Citation from Edough: Hamra-Kroua (2016: 85); Brahim-Bounab (2017: 83); Zoughailech (2017: 135). Citations from Algeria outside Edough: Cassagnau (1963: 198); Thibaud & Massoud 1980: 515); Brahim-Bounab (2017: 83); Zoughailech (2017: 135); Bendjaballah et al. (2018: 394); Bendjaballah (2020: 81).

**Distribution:** Mediterranean, Japan, Southeast Asia (Thibaud et al., 2004).

## **02. Genre *Hypogastrura* C.Bourlet, 1839**

### **04. *Hypogastrura (Hypogastrura) pityusica* W.N.Ellis, 1974**

**Diagnose :** Espèce appartenant au sous-genre *Hypogastrura*, caractérisée par des antennes à sensilles peu différenciées. L'article antennaire III présente un organe sensoriel typique du genre, tandis que l'article IV porte deux soies dorso-externes et trois dorso-internes. L'organe postantennal est composé de quatre vésicules allongées. La tête porte 8+8 yeux bien développés. La chaetotaxie du corps est conforme à celle illustrée pour l'espèce, avec des soies souvent finement denticulées. Les tibiotarses montrent une soie légèrement plus longue à l'apex, non épaissie, caractéristique du genre. L'empodium est muni d'une lame peu développée. Le tube ventral possède 4+4 soies, et le tenaculum 4+4 dents. La furca est représentée avec un dens portant six soies et un mucron doté d'une lame externe allongée. Les épines anales sont implantées sur des papilles de même taille que les épines elles-mêmes.

**Distribution :** Méditerranéenne. (Bellinger et al., 2014).

## **02 Famille Brachystomellidae Stach, 1949**

### **03. Genre *Brachystommella* Agren, 1903**

#### **05. *Brachystommella curvula* Gisin, 1948**

**Diagnose :** La taille est de 0.5 à 0.6 mm. Coloration bleue. L'article antennaire IV avec 6 Sensilles fines. Les maxilles sont globuleuses avec 7 dents. OPA de forme circulaire, avec 4 à 6 vésicules (lobes). Tibiotarses I, II, III avec respectivement 19, 19 et 18 soies. Appendice empodial absent. Griffes avec une dent interne et une paire de dents latérales. Tube ventral avec 3 paires de soies. Rétinacle avec 3+3 dents. Furca bien développée. Dens avec 6 soies, mucron court.

**Citation d'Algérie :** Hamra-Kroua (2005: 85) ; Brahim-Bounab et al. (2016: 968) ; Brahim-Bounab (2017: 84) ; Bendjaballah (2019: 81) et Brahim-Bounab et al. (2020: 05).

**Distribution générale :** Euro-Méditerranéenne (Fjellberg, 1998).

**Famille. 03 Neanuridae Börner, 1901**

**01. Sous-famille Frieseinae Massoud, 1967**

**04. Genre *Friesea* Dalla Torre, 1895**

**07. *Friesea afurcata* (Denis, 1926)**

**Diagnose :** Cette espèce a un corps d'environ 1,1 mm, de coloration bleuâtre et des granulations tégumentaires relativement fines. L'article antennaire IV avec 6 sensilles. Mandibules avec 8 dents. Segment abdominal VI porte de 4 à 6 épines anales, droites et lisses. Tibiotarses I, II, III avec 17, 17 et 16 soies pointues. Griffes avec une petite dent interne. Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle et furca absents, l'emplacement de la furca présente 4 à 6 microchètes.

**Citations d'Algérie :** Hamra Kroua, (2005 :85 comme *Friesea ladeiroi*) ; Hamra Kroua et Deharveng (2010 :62 comme *Friesea ladeiroi*) ; Brahim-Bounab et al. (2014 :42 comme *Friesea ladeiroi*) ; Brahim-Bounab et al. (2017 :967 comme *Friesea ladeiroi*) ; Bendjaballah et al. (2018 :395) ; Bendjaballah (2019: 98) et Brahim-Bounab et al. (2020 :08).

**Distribution générale :** Européenne (Deharveng, 2013).

**08. *Friesea mirabilis* (Tullberg, 1871)**

**Diagnose :** Couleur bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Trois épines anales. 8+8 cornéules. Furca sans mucron et trois soies. Tibiotarses I, II et III avec 17, 17 et 16 soies (18, 18 et 17 chez *F. mirabilis mirabilis*). Les macrosetae sur l'abdomen V et VI non clavés. Griffes sans dents. **Citations d'Algérie :** Hamra-Kroua (2005: 85) ; Hamra-Kroua et Deharveng (2010: 62) ; Brahim Bounab et al. (2014: 42); Brahim-Bounab (2016: 84); Zoughailech (2017: 135); Brahim-Bounab et al. (2017: 967); Bendjaballah (2019: 81) ET Brahim- Bounab et al. (2020:10).

**Distribution générale :** Cosmopolite (Deharveng, 2013).

**02. Sous-famille Neanurinae Börner, 1901**

**05. Genre *Bilobella* E Caroli, 1912**

**10. *Bilobella aurantiaca* (Caroli, 1912)**

**Diagnose :** Cette espèce a une longueur de 1,5 à 2,5 mm avec une coloration jaune–orange. Segment abdominal VI caché par le tergite abdominal V. Article antennaire IV avec 8 sensilles. Tubercule céphalique anteno-frontal avec 3 paires de soies. La région

ventrale de la tête avec 6 paires de soies. Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aiguës. Griffes sans dents. Appendice empodial absent. Tube ventral avec 4 paires de soies. Vestige furcal à 4 microchètes.

**Citations d'Algérie :** Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud et Massoud (1980: 516) ; Hamra Kroua & Allatou (2003: 22) ; Hamra Kroua (2005: 86) ; Deharveng et al. (2007: 57) ; Ait Mouloud et al. (2007: 151) ; Baquero et al. (2009: 68) ; Hamra-Kroua et Deharveng (2010: 62) ; Arbea et al. (2013: 178) ; Zoughailech (2017: 71) ; Bendjaballah et al. (2018: 397) et Brahim- Bounab et al. (2020: 10).

**Distribution générale :** Méditerranéenne (Arbea et Jordana, 1997).

## 06. Genre *Protanura* Börner, 1906

### 11. *Protanura pseudomuscorum* (Börner, 1903)

**Diagnose :** Longueur de corps est 1,5 –3,0 mm de couleur bleu gris. Segment abdominal VI visible dorsalement. Tubercules avec granules tertiaires rares et développés. Article antennaire IV avec 8 sensilles épaisses. Articles antennaires I et II avec 7 et 12 soies ordinaires. Labium avec 11 paires de soies. La mandibule présente 9 dents. Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aiguës. Griffes avec une dent interne. Appendice empodial absent. Tube ventral avec 4 paires de soies. Vestige furcal pourvu de 8 à 10 mésochètes.

**Citations d'Algérie :** Denis (1925: 254) ; Handschin (1928: 15) ; Cassagnau (1963: 198) ; Thibaud et Massoud (1980: 516) ; Hamra-Kroua (2005: 86) ; Deharveng et al. (2007: 58); Hamra-Kroua et Deharveng (2010: 62); Brahim-Bounab (2016: 84); Zoughailech (2017: 136); Brahim-Bounab et al. (2017: 967); Bendjaballah et al. (2018: 398, Fig. 8); Bendjaballah (2019: 82) et Brahim-Bounab et al. (2020: 12).

**Distribution générale :** Méditerranéenne (Arbea et Jordana, 1997).

## 03. Sous-famille Pseudachorutinae Börner, 1906

### 07. Genre *Pseudachorutella* J. Stach, 1949

#### 13. *Pseudachorutella asigillata* (C.Börner, 1901)

**Diagnose :** La taille du corps est de 02 mm avec une couleur bleue. Mandibules avec 2 ou 3 dents. Maxilles styliformes, avec 2 lamelles libres sur le tiers distal. Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aiguës. Appendice empodial absent. Griffes avec une dent

interne. Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle avec 3 dents de chaque côté. Furca bien développée, dens avec 6 soies et mucron moins long que la moitié de la largeur de la dens, unguiculus absent.

**Citations d'Edough :** Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62) ; Brahim-Bounab et al. (2014 : 42, 2017 : 967) ; Hamra-Kroua (2016 : 86) ; Brahim-Bounab (2017 : 84) ; Zoughailech (2017 : 136). Citations d'Algérie en dehors d'Edough : Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36 comme *Pseudachorutella assigillata*) ; Baquero et coll. (2009 : 68) ; Brahim-Bounab et al. (2014 : 42, 2017 : 967) ; Hamra-Kroua (2016 : 86) ; Brahim-Bounab (2017 : 84) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah (2020 : 82).

**Distribution générale :** Paléarctique (Fjellberg, 1998).

#### **Famille 04. Onychiuridae Massoud, 1967**

#### **09. Genre *Protaphorura* K. Absolon, 1901**

#### **15. *Protaphorura armata* (Tullberg, 1869)**

**Diagnose :** Cette espèce a une longueur entre 1,1-1,6 mm et de couleur blanche. Antennes plus courtes que la diagonale de la tête. Article antennaire IV est sans masse apicale. Ant. I avec 10 soies. Tête dépourvue de cornéules. Les griffes sont sans dents et unguiculus atteignant la pointe d'unguis. Les épines anales sont courbées et minces.

**Citations d'Algérie :** Denis (1937: 87, comme *Onychiurus armatus*) ; Cassagnau (1963: 198, comme *O. armatus sensu stricto*) ; Stomp (1974:112, comme *O. armatus*) ; Thibaud & Massoud (1980: 516, comme *P. armata*) ; Stomp (1983: 192, comme *O. armatus*) ; Hamra Kroua (2005: 86, comme *P. armata*) ; Ait-Mouloud et al. (2007: 151, comme *P. armata*) ; Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009: 36 ) ; Baquero et al. (2009: 68 ) ; Arbea et al. (2013: 178 ) ; Brahim-Bounab (2016: 83) ; Zoughailech (2017 ; 136) ; Bendjaballah et al. (2018 : 402) ; Bendjaballah (2019: 82) et Brahim-Bounab et al. (2020 :17).

**Distribution générale :** Cosmopolite (Fjellberg, 1998).



**Ordre II : ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913**

**Famille 06 : Isotomidae Schaeffer, 1896**

**12. Genre *Hemisotoma* R.S. Bagnall, 1949**

**18. *Hemisotoma thermophila* (Axelson, 1900)**

**Diagnose :** La longueur de cette espèce est environ 1 mm, de couleur grisâtre. Corps cylindrique, avec une longue furca. Griffes sans dents. Abd. IV plus long qu'Abd. III. Tenaculum avec 4+4 dents et 1 soie. Furca s'étendant jusqu'au milieu de Abd.II. Manubrium avec 1 paire de soies subapicales. Face postérieure de la dens avec 3 paires de soies.

**Citation d'Algérie :** Citation d'Edough : Hamra-Kroua (2016 : 86 sous le nom de *Cryptopygus thermophilus*) ; Zoughailech (2017 : 136). Citations d'Algérie en dehors d'Edough : Cassagnau (1963 : 198 sous le nom d'*Isotomina thermophila*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 517 comme *I. thermophila*) ; Hamra-Kroua & Allatou (2003 : 22 sous le nom de *Cryptopygus thermophilus*) ; Aït-Mouloud et al. (2007 : 151) ; Baquero et coll. (2009 : 68) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36 comme *C. thermophilus*) ; Hamra-Kroua (2016 : 86 comme *C. thermophilus*) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah (2020 : 83).

**Distribution :** Cosmopolite (Potapov, 2001)

**13. Genre *Isotomiella* Bagnall, 1939**

**19. *Isotomiella minor* (Schäffer, 1896)**

**Diagnose :** La taille de cette espèce est entre 0,7 et 1,1 mm, de couleur blanche. Ant. IV avec 6 soies olfactives grosses et ovales. OPA et yeux sont absents. Griffes sans dents. Empodium plus long que la moitié de la griffe. Face antérieure du manubrium dépourvue de soies dans la moitié basale et avec 10 ou 12 soies. Tenaculum avec 4+4 dents et 1 soie. Furca est très longue et mince. Dens 2,5 à 3 fois plus longues que le manubrium. Abd. V+VI fusionnées, avec de chaque côté 1 soie sensorielle d'une longueur à peu près égale à celle de la griffe.

**Citations d'Algérie :** Cassagnau (1963: 198) ; Thibaud et Massoud (1980: 517) ; Hamra Kroua et Allatou (2003: 22) ; Hamra-Kroua (2005: 86) ; Ait-Mouloud et al. (2007: 151) ; Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009: 36) ; Baquero et al. (2009: 68) ;

Zoughailech (2017 ; 136) ; Bendjaballah et al. (2018: 403, Fig. 12) ; Bendjaballah (2019: 83) et Brahim Bounab et al. (2020 :19).

**Distribution générale :** Holarctique (Potapov, 2001).

#### **14. Genre *Parisotoma* Bagnall, 1940**

##### **20. *Parisotoma notabilis* Schäffer, 1896**

**Diagnose :** Taille du corps est 1,0 mm, sa couleur est gris brunâtre. Forme du corps mince, abdomen s'élargissant vers la pointe et furca qui est longue. La tache oculaire avec 3–4 ocelles. OPA grand et ovale. Ant.I avec deux sensilles ventro-apicales courtes. Tête avec 4 + 4 soies post labiales. Manubrium avec généralement 2 + 2 soies ventro-apicales courtes. Dens avec 7 soies dorsales. Mucron a 3 dents.

**Citations d'Algérie :** Hamra-Kroua (2005: 87) ; Ait-Mouloud et al. (2007: 151) ; Baquero et al. (2009:68) ; Porco et al. (2012: 1) ; Zoughailech (2017: 137) ; Bendjaballah et al. (2018: 404) ; Bendjaballah (2019: 125) et Brahim-Bounab et al. (2020 : 20).

**Distribution générale :** Cosmopolite (Potapov, 2001).

#### **15. Genre *Proisotoma* Börner, 1901**

##### **21. *Proisotoma minuta* (Tullberg, 1871)**

**Diagnose :** La taille du corps est 1,3 mm. Couleur brun grisâtre. Forme du corps mince et cylindrique avec des téguments qui sont lisse. Ocelli 8+ 8 et OPA est allongé. Tête avec 4 + 4 soies post-labiales. Ant.I a15 soies. Tube ventral a 4 + 4 soies latérales et 5–6 soies caudales. Griffes sans dents. Tenaculum avec 4+4 dents et 1 grosse soie. Dens a 6 soies et manubrium en avant avec 1 paire de grosses soies.

**Citations d'Algérie :** Cassagnau (1963: 198) ; Thibaud et Massoud (1980: 518) ; Hamra Kroua (2005: 87) ; Ait-Mouloud et al. (2007: 151) ; Zoughailech (2017: 137) ; Bendjaballah et al. (2018: 405) ; Bendjaballah (2019: 83) et Brahim-Bounab et al. (2020 :21).

**Distribution générale :** Cosmopolite (Potapov, 2001).

**Famille 07 : Entomobryidae Schäffer, 1896**

**16. Genre *Entomobrya* Rondani, 1861**

**22. *Entomobrya numidica* E.Baquero, S.Hamra-Kroua & R.Jordana, 2009**

**Diagnose :** Longueur du corps est jusqu'à 2,3 mm sans antennes. Le pigment jaune est présent sur les 3/4 postérieurs du segment abdominal IV. Les ocelles 8+8. Antennes sont longues. Papilles labrales froissées ou ondulées. Tibiotarse sans soies différenciées. Unguis a quatre dents internes. Plaque manubriale porte quatre soies et deux pseudopores. Mucron avec les deux dents de taille similaire. Les épines anales sont présentes.

**Citations d'Algérie :** (Baquero et al., 2009).

**Distribution générale :** Endémique (Baquero et al., 2009).

**17. Genre *Heteromurus* Wankel, 1860**

**23. *Heteromurus major* (Moniez, 1889)**

**Diagnose :** La longueur est 3 mm et de coloration jaunâtre avec un pigment violet diffus, écailles brun fumeux dans l'alcool. Deux yeux de chaque côté, zones oculaires noires. Les 3 derniers articles antennaires sont violets. Face interne du tibiotarse III avec seulement 1 soie lisse sur la face subapicale. Soie sensorielle des tibiotarses élargie en forme de spatule à l'extrémité. Partie non annelée de la dens 5-10 fois plus longue que le mucron.

**Citations d'Algérie :** Handschin (1928: 7) ; Cassagnau (1963: 198) ; Thibaud et Massoud (1980: 518) ; Hamra-Kroua et Allatou (2003: 23) ; Hamra-Kroua (2005: 87) ; Ait-Mouloud et al. (2007: 151) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009: 36) ; Baquero et al. (2009: 68) ; Zoughailech (2017: 72) ; Bendjaballah et al. (2018: 405) ; Bendjaballah (2019: 134) et Brahim-Bounab et al. (2020 :23).

**Distribution générale :** Euro-Méditerranéenne (Mari-Mutt, 1980).

**19. Genre *Orchesella* R.Templeton, 1836**

**25. *Orchesella cincta* (C.Linnaeus, 1758)**

**Diagnose :** Taille du corps est plus de 3,0 mm. Se caractérise par un disque dorsal sombre sur l'Abd.III et une partie blanche d'Abd.II. Corps avec une couverture dense de soies

ciliées et de longs macrochètes. Ocelle sont 8+8. OPA est absente. Antennes sont longues. Mandibules sont normales et fortes. Maxille avec un capitule a 3 dents. Rétinaculum avec 4 + 4 dents et une soie. Mucron porte deux dents et une épine. Griffes sont fines et bord intérieur de l'unguis avec une dent au milieu.

**Citations d'Algérie :** Handschin (1928: 7) et Hamra-Kroua (2005: 129).

**Distribution générale :** Holarctique (Fjellberg, 2007).

## **26. *Orchesella quinquefasciata* (Bourlet, 1843)**

**Diagnose :** Cette espèce a un corps de 4,0 mm ou plus. Le motif de couleur est irrégulier, ses bandes transversales ou longitudinales qui servira à identifier cette espèce. Coloration de fond est jaune à brun clair, pigment brun à violet. Antennes avec 2 bandes foncées sur les articles proximaux, articles distaux clairs jusqu'aux extrémités. Se distingue des autres espèces du même genre par des bandes longitudinales dorso-latérales d'Abd. II et III convergeant vers l'arrière.

**Citations d'Algérie :** Hamra-Kroua et Allatou (2003: 23) ; Hamra-Kroua (2005: 87) ; Zoughailech (2017: 137) ; Bendjaballah et al. (2018: 408) ; Bendjaballah (2019: 84) et Brahim-Bounab et al. (2020: 20).

**Distribution générale :** Holarctique (Fjellberg, 2007).

## **20. Genre : *Seira* Lubbock, 1869**

### **28. *Seira domestica* (Nicolet, 1842)**

**Diagnose :** La taille de cette espèce est 2,6–3,8 mm. Les spécimens sont blanc-pâles avec pigment orange à bleuâtre sur la moitié distale de l'Ant. II jusqu'à l'apex de l'Ant.IV. Les écailles sont présentes sur chaque base de segment antennaire, de tête, de thorax, abdomen, pattes, collophore et manubrium. Palpe maxillaire avec appendice apical lisse et faiblement cilié. Unguis a dent médiane plus grosse, dent apicale plus petite que les dents basales. Unguiculus à des lamelles acuminées. Tibiotarsus III à des soies internes lisses.

**Citations d'Algérie :** Denis (1924 : 248) ; Thibaud et Massoud (1980 : 519) ; Ait-Mouloud et al. (2007 :151) ; Zoughailech (2017: 72) ; Bendjaballah et al. (2018 :408) et Bendjaballah (2019: 139).

**Distribution générale :** Euro-Méditerranéenne (Cipola et al., 2018).

**Ordre III : SYMPHYPLEONA Börner, 1901**

**Famille 08. Dicyrtomidae Börner, 1906**

**21. Genre *Dicyrtomina* Börner, 1903**

**29. *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1842)**

**Diagnose :** Cette espèce a une longueur de 2,8 mm. Couleur de corps est brunâtre. Elle possède une pigmentation dorsale et une tache postérieure sombre en forme de rectangle homogène. Les côtés et la partie dorsale antérieure du grand abdomen ont des taches brunes violets et des bandes transversales obliques, laissant une ligne médiane dorsale étroite non pigmentée. Tête avec des marques sombres sur la face arrière et entre les yeux et les antennes. Antennes brunâtres et les parties distales des pattes sombres. L'Ant.IV est très court.

**Citations d'Algérie :** Bretfeld (2001: 101) ; Hamra Kroua (2005 : 87) ; Bendjaballah et al. (2018: 409) et Bendjaballah (2019: 84).

**Distribution générale :** Euro-Méditerranéenne (Bretfeld, 1999).

**Famille 09. Katiannidae Börner, 1913**

**22. Genre *Sminthurinus* Börner, 1901**

**30. *Sminthurinus aureus* (Lubbock, 1862)**

**Diagnose :** Cette espèce est de couleur jaune orangé parfois avec des taches plus claires sur le corps. Abd.V, incorporé dans un abdomen plus large. Ant.III avec une papille dorsale souvent divisée en 4 papilles plus petites ou presque absentes. Palpe labial à 5 soies proximales et base labiale avec 4 soies latérales. Tête porte 2+ 2 soies postlabiales. Dens sans soies ventrales, avec une soie externe. Mucron a un bord intérieur dentelé, bord extérieur lisse ou avec quelques dents.

**Citations d'Algérie :** Bretfeld (2001: 128) ; Hamra-Kroua (2016: 87) ; Zoughailech (2017: 138) et Brahim-Bounab et al. (2020: 24).

**Distribution générale :** Paléarctique (Bretfeld, 2001).

**Famille 10. Sminthurididae Börner, 1906**

**23. Genre *Sphaeridia* Linnaniemi, 1912**

**31. *Sphaeridia pumilis* (Krausbauer, 1898)**

**Diagnose :** Cette espèce a un corps jusqu'à 0,5 mm, mâles plus petits. Grands spécimens ont faible pigmentation rouge grisâtre. Mâles avec organe de serrage sur l'Ant. II–III et Ant.IV non subdivisées. Griffes seulement avec des minuscules dents souvent indistinctes. Dens plus longues que le mucron et avec 4 soies dans la partie basale.

**Citations d'Algérie :** Cassagnau (1963: 199) ; Thibaud et Massoud (1980: 520) ; Bretfeld (2001: 129) ; Hamra Kroua (2005: 87) ; Ait-Mouloud et al. (2007: 151) ; Baquero et al. (2009: 68) ; Zoughailech (2017: 137) ; Bendjaballah et al. (2018: 410) ; Bendjaballah (2019: 84) et Brahim-Bounab et al. (2020: 25).

**Distribution générale :** Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

**Ordre IV : NEELIPLEONA Massoud, 1971**

**Famille 11. Neelidae Folsom, 1896**

**24. Genre *Megalothorax* Willem, 1900**

**32. *Megalothorax minimus* Willem, 1900**

**Diagnose :** La taille de cette minuscule espèce est jusqu'à 0,4 mm. Couleur blanchâtre, parfois avec une légère pigmentation rougeâtre. Mandibules sont apicalement aplaties avec 6–7 petites dents. Ant.IV avec environ 9 longues sensilles. Griffes portent de dents courtes et une longue empodium. Rétinacle a 3+3 dents et manubrium avec 1+1 soies. La partie distale postérieure de la dens pourvue de 3 épines. Unguis a une paire de dents basales.

**Citations d'Algérie :** Hamra Kroua (2005: 88) ; Ait-Mouloud et al. (2007: 151) ; Bendjaballah (2019: 84) et Brahim-Bounab et al. (2020: 25).

**Distribution générale :** Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

#### 4. Discussion

Notre étude s'intéresse à la pédofaune de la wilaya de Mila, en particulier aux collemboles, un groupe encore très peu étudié dans cette région. Bien que la biodiversité édaphique de certaines régions du Nord-Est algérien ait été partiellement explorée, la wilaya de Mila reste largement méconnue du point de vue de sa composition faunistique, notamment pour les microarthropodes du sol. Cette lacune justifie pleinement l'intérêt de notre travail, qui s'inscrit dans la continuité des efforts entrepris par l'équipe d'entomologie de l'université des Frères Mentouri Constantine, comme en témoignent les études récentes menées dans des régions proches (Bendjaballah, 2019 ; Lachi, 2023 ; Brahim-Bounab et al., 2014).

Nous avons concentré notre échantillonnage sur six localités bien définies de la wilaya de Mila : Grarem Gouga, Tassala, Hamala, Zeraia, Terrai Bainen, et Aïn Beïda Harriche, couvrant une diversité d'habitats (zones forestières, semi-naturelles et agroécosystèmes). Cette approche nous a permis d'établir un inventaire actualisé des collemboles litéricoles présents entre février et avril 2025. Étant donné le manque de références spécifiques à Mila, nous avons choisi de comparer nos résultats aux principales études réalisées dans les régions voisines ou englobant partiellement Mila.

Les quatre ordres sont présents dans notre inventaire, à savoir les **Poduromorpha**, **Entomobryomorpha**, **Symphyleona** et **Neelipleona**, ce qui témoigne de la diversité écologique des habitats explorés dans la wilaya de Mila. L'étude a permis de recenser **5202** individus de collemboles, répartis en **32** espèces, **24** genres, **11** familles et **4** ordres, ce qui révèle une richesse faunistique remarquable pour une région encore peu étudiée. L'ordre des **Poduromorpha** domine très largement la faune récoltée avec **3524** individus, soit **68%** de l'effectif total. Ce groupe est particulièrement représenté par les familles **Onychiuridae**, **Neanuridae** et **Hypogastruridae**, bien connues pour leur adaptation à la vie dans le sol et la litière. Les **Entomobryomorpha** viennent en second avec **1248** individus **24%**, comprenant principalement des espèces atmobiotiques et hémiedaphiques, souvent retrouvées dans les couches supérieures de la litière ou sur la végétation basse. Les **Symphyleona** représentent **428** individus, soit **8%**, tandis que les **Neelipleona** ne sont représentés que par **2** individus **0,04 %**, ce qui confirme leur rareté relative dans les écosystèmes échantillonnés. La forte dominance des **Poduromorpha**, notamment d'espèces comme *Bilobella aurantiaca* et *Friesea afurcata*, suggère un sol forestier relativement

stable, riche en matière organique et en humidité. Le nombre important de familles (**11**) et de genres (**24**) montre par ailleurs une variabilité taxonomique élevée, indicatrice d'une diversité d'habitats et d'un gradient écologique favorable à l'installation de niches spécialisées. Cette structure faunistique, marquée par la prédominance des espèces hémiedaphiques et euédaphiques, reflète un bon état de conservation écologique des sites étudiés, notamment dans les stations forestières telles que Hamala et Aïn Beïda Harriche.

Ces résultats peuvent être comparés à ceux obtenus par (Lachi, 2023), qui a exploré entre autres Tassadane Haddada et Grarem Gouga, deux stations de la même wilaya, où il a identifié une richesse faunistique notable, incluant des espèces également retrouvées dans cette étude telles que *Bilobella aurantiaca*, *Friesea afurcata* et *Ceratophysella gibbosa*. Par ailleurs, l'étude de Bendjaballah (2019), menée à Beni Haroun, rapporte également la présence d'espèces communes aux litières forestières subhumides de Mila, notamment des représentants des genres *Protaphorura*, *Hypogastrura* et *Isotoma*, présents dans notre inventaire, suggérant ainsi un noyau faunistique régional commun. Cette convergence est renforcée par l'article de (Brahim-Bounab et al., 2014), qui mentionne aussi Beni Haroun comme localité abritant une diversité élevée de **Poduromorpha**, parmi lesquels *Friesea mirabilis*, *Proisotoma minuta* et *Neanura muscorum* sont des espèces signalées. Bien que certaines différences spécifiques soient observées d'une étude à l'autre, probablement liées à la saison, aux méthodes d'échantillonnage ou aux types de microhabitats, ces comparaisons confirment la richesse et la cohérence écologique de la faune collembologique dans les forêts de la wilaya de Mila. Ainsi, l'ensemble des données disponibles montre que les localités forestières de Mila, bien que peu prospectées jusque-là, constituent un réservoir important de biodiversité édaphique dans le Nord-Est algérien.



# Conclusion

L'inventaire réalisé dans plusieurs localités de la wilaya de Mila a permis de mettre en lumière une diversité spécifique remarquable des collemboles litéricoles, un groupe encore largement sous-exploré dans cette région. À travers 5202 individus récoltés, répartis en 32 espèces, 24 genres, 11 familles et appartenant aux quatre ordres (**Poduromorpha**, **Entomobryomorpha**, **Symphyleona** et **Neelipleona**), cette étude confirme la richesse et la complexité de la faune édaphique locale. La prédominance marquée des **Poduromorpha** (68%) reflète des conditions édaphiques favorables, notamment dans les stations forestières humides et peu perturbées comme **Hamala** et **Aïn Beïda Harriche**. L'analyse fonctionnelle montre une forte représentation des espèces **hémiedaphiques** et **euédaphiques**, bioindicatrices de sols riches en matière organique et bien structurés. La litière s'est révélée être le **microhabitat** le plus favorable, tant en termes d'abondance que de diversité, soulignant son rôle central dans la conservation de la biodiversité du sol.

En confrontant ces résultats avec ceux obtenus dans des études antérieures menées dans la même wilaya — notamment les travaux de (**Lachi, 2023**) à **Grarem Gouga** et **Tassadane Haddada**, de (**Bendjaballah, 2019**) à **Beni Haroun**, et de **Brahim-Bounab et al. (2014)** à **Beni Haroun**, il apparaît un noyau faunistique commun dominé par des espèces typiques des forêts méditerranéennes, telles que *Friesea afurcata*, *Bilobella aurantiaca* ou encore *Protaphorura armata*. Ces convergences attestent non seulement de la cohérence écologique de la faune collembologique dans la région, mais aussi de la valeur bioindicateur de ces espèces dans l'évaluation de l'état des écosystèmes forestiers.

Ce travail constitue ainsi une contribution originale et précieuse à la connaissance de la biodiversité des collemboles en Algérie, en enrichissant les données faunistiques d'une région encore peu explorée. Il souligne la nécessité de poursuivre les inventaires dans d'autres localités de la wilaya de Mila, mais aussi d'approfondir les analyses écologiques (structure des communautés, facteurs abiotiques, interactions biologiques) pour mieux comprendre les dynamiques de ces populations. Enfin, les résultats obtenus appellent à une meilleure valorisation et protection des milieux forestiers de la région, qui abritent une diversité faunique aussi discrète que précieuse, mais potentiellement vulnérable face aux pressions environnementales croissantes.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

**Abderrezak et Frites, (2019).** Contribution à l'étude des Collemboles (Hexapoda ; Collembola) dans trois localités du Nord-est Algérien. Mémoire de master. Univ. Frères Mentouri Constantine. 60p.

**Abed A., Boukeloua H., (2019).** Contribution à l'étude des Collemboles (Hexapoda ; Collembola) dans deux localités de la wilaya de Constantine (Chettabah et Djebel El Ouahch). Mémoire de Master. Univ. Mentouri, Constantine. 79p.

**Absolon K., (1913).** Uber eine neue subterrane Collembole (Insecta Apterygota) : *Acherontiella onychiuriformis* N.G.N.SP. Aus den hohlen Algiers. *Zoologie expérimentale et générale* 5 : p.1-5.

**Ait Mouloud S., Lek-Ang S. et Deharveng L., (2007).** Fine scale changes in biodiversity in a soil - water ecotone: Collembola in two peat-bogs of Kabylia (Algeria). *Vie et milieu*. 57 (3) : p.149-157.

**Amri, C. (2006).** Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien : Inventaire et dynamique saisonnière. Mémoire Magister de l'Université Mentouri Constantine, Algérie, 108p.

**Arbea J.I. et Jordana R., (1997).** Familia Neanuridae, in Ramos M. A. et al. (eds), Collembola, Poduromorpha. Fauna Iberica, vol. 8. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, p.272-477.

**Arbea J.I., Brahim-Bounab H. and Hamra Kroua S., (2013).** Collembola Poduromorpha from Guelma Province (Northeastern Algeria), with description of a new *Superodontella* species (Collembola: Odontellidae). *Zootaxa*, 3709 (2) : p.177–184.

**Arbea J.I., Brahim-Bounab H. et Hamra Kroua S., (2013),** Collembola Poduromorpha from Guelma Province (Northeastern Algeria), with description of a new *Superodontella* species (Collembola: Odontellidae). *Zootaxa*. 3709 (2) : p.177–184.

**Aroui L. et Tebib L., (2023).** Contribution à la connaissance de la biodiversité des entomobryomorphes du massif de Sidi Rgheiss, wilaya d'Oum El Bouaghi. Mémoire de master. Univ. Mentouri Constantine. 58p.

**Auclerc A., (2017).** Les Myriapodes diplopodes. (En ligne). Ephytia, Inrae. Date de consultation : 12/05/2024. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/25153/jardibiodiv-Myriapodes-diplopodes>

**Bachelier G., (1978).** La faune des sols, son écologie et son action. *Initiation-Documentation-Techniques*, 83 O.R.O.S.T.O.M. 225p.

**Baquero E., Hamra Kroua S. et Jordana R., (2009).** New species of *Entomobrya* from northern Algeria (Collembola: Entomobryidae). *Entomological news*. 120 (1): p.65-75.

**Bellinger, P.F., Christiansen, K.A. et Janssens, F. (1996-2024).** Checklist of the Collembola of the World. (En ligne). Date de consultation : 05/03/2024. <http://www.collembola.org>

**Bellini B. C., Weiner W. M. et Winck B. R., (2023).** Systematics, ecology and taxonomy of Collembola: Introduction to the special issue. *Diversity*, 15(2). 221p.

**Bendjaballah M., (2019).** Biodiversité des microarthropodes litéricoles (Hexapoda ; Collembola) de quelques localités du Nord-Est algérien. Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine. 241p.

**Bendjaballah M., Zoughailech A., Brahim-Bounab H., Hamra-Kroua S., Bedos A. et Deharveng L., (2018).** Annotated checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of the Collo massif, northeastern Algeria. *Zoosystema*, 40 (16), p.389-414.

**Benjaballah M., (2012).** Contribution à la connaissance de la faune des Diplopodes (Diplopoda ; Arthropoda) de quelques localités du nord Est Algérien. Mémoire de Master. BECPI. Univ. Frères Mentouri Constantine. 60p.

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

**Bonato L., Chagas Junior A., Edgecombe G.D., Lewis J.G.E., Minelli A., Pereira L.A., Shelley R.M., Stoev P. et Zapparoli M. (2016).** ChiloBase 2.0 - A World Catalogue of Centipedes (Chilopoda). (En ligne). Date de consultation : 24/04/2024. <https://chilobase.biologia.unipd.it/>

**Boukachabia A., (2016).** Contribution à l'étude bioécologique, biogéographique et physiologique des Myriapodes dans l'Est Algérien. Impact d'un régulateur de croissance le RH-0345 sur le cycle reproducteur de *Scolopendra morsitans* (Myriapoda, Chilopoda). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba. 152p.

**Boulemaiz A. et Chelbi A., (2020).** Contribution à la mise à jour de l'inventaire des chilopodes (Arthropoda, Myriapoda) d'Algérie. Mémoire de master. Univ Frères Mentouri Constantine. 86p.

**Bounar. R, (2014).** Etude des potentialités biologiques, cartographie et aménagement de la chaîne des Babors dans la démarche du développement durable. Thèse de doctorat. Faculté Ferhat Abbas.Setif-1. 118p.

**Bounechada M. et Fenni, M., (2012).** Les Alticinae (Coleoptera, Chrysomelidae) de la région de Sétif: Un moyen de lutte biologique contre les mauvaises herbes des cultures. *Agriculture*, 3, p.37-41.

**Bousbiat A. M. et Ghadab R., (2020).** Contribution à la mise à jour de l'inventaire des Diplopodes (Arthropoda ; Myriapoda) d'Algérie. Mémoire de master. Univ. Frères Mentouri Constantine. 55p.

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

**Brahim-Bounab H., Bendjaballah M. et Hamra Kroua S., (2017).** Some Poduromorpha (Hexapoda: Collembola) of Northeastern Algeria. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (4), p.966-971.

**Brahim-Bounab H., Bendjaballah M. et Hamra-Kroua S., (2017).** Some Poduromorpha (Hexapoda: Collembola) of Northeastern Algeria. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5 (4) : p.966-971.

**Brahim-Bounab H., Bendjaballah M., Hamra-kroua S., Lachi N., Bedos A. et Deharveng L., (2020).** Checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of the Edough massif, northeastern Algeria. *Zootaxa*, 4853 (1), p.51-78.

**Brahim-Bounab H., Zoughailech A. et Hamra Kroua S., (2014).** The Collembola Poduromorpha Families: Neanuridae and Odontellidae of some localities of Northeastern Algeria. *Sciences & Technologie C.*, 39. p.40-45.

**Brahim-Bounab H., Zoughailech A. et Hamra-Kroua S., (2014).** The Collembola Poduromorpha Families: Neanuridae and Odontellidae of some localities of Northeastern Algeria. *Sciences & Technologie C.* 39: p.40-45.

**Bretfeld G., (1997).** Redescription and new descriptions of *Sphaeridia* species (Insecta, Collembola) from Algeria, Gambia, Peru, and Spain. *Abh. Ber. Naturkundemus, Gorlitz* 69, 3: p.1-14.

**Bretfeld G., (2001).** Symphypleona from Northwest and West Africa, collected in the years, 1979-1986, by Johans Mertens, Gent. *Senckenbergiana biologica*, 80, p.87-131.

**Bretfeld, G. (1963).** Zur Anatomie und Embryologie der Rumpfmuskulatur und die abdominalen Anhänge der Collembolen. *Zoologische Jahrbücher für Anatomie*, **80**, 309-84.

**Bretfeld, G. (1999).** Synopses on Palaearctic Collembola. Volume 2: Symphypleona.

**Brewer M. S., Sierwald P., Bond J. E., (2012).** Millipede taxonomy after 250 years: classification and taxonomic practices in a mega-diverse yet understudied arthropod group, *PloS one* 7(5): e37240.

**Brölemann H.W., (1930).** *Eléments d'une faune des myriapodes de France. Chilopodes. Faune de France*, Le chevalier (ed), Paris : 405p.

**Brölemann H.W., (1935).** Myriapodes Diplopodes (chilognathes I). *Faune de France*, 29 : p.1-369.

**Bueno-Villegas J., Sierwald P., et Bond JE. (2004).** Diplopoda, p.569–599 In Llorente-Bousquets JE, Morrone JJ, Yáñez-Ordóñez O, Vargas-Fernández I [eds.], *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, Volume IV. UNAM-CONABIO, Mexico.

**Cassagnau P. et Juberthie C., (1970).** Structures nerveuses, neurosécrétion et organes endocrines chez les Collemboles. Neurosécrétion dans la chaîne nerveuse d'un

Entomobryomorpe, *Orchesella Kervillei* Denis. Endocrinologie., C. R. Acad. Sc. Paris, t.270, (29 juin 1970), Série D, p.3268-3271.

**Cassagnau P., (1961).** *Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales Les biocénoses des collemboles.* Paris : Hermann. 235p.

**Cassagnau P., (1963).** Les Collemboles d'Afrique du Nord avec une étude de quelques espèces du Nord-Constantinois. *Bul. Soc. Hist Nat. Toulouse.* 95 (1-2), p.197-206.

**Cassagnau, P. (1990).** Des hexapodes vieux de 400 millions d'années : les collemboles. I. biologie et évolution, II. Biogéographie et écologie. *L'Année biologique*, 29(1), p.1-37.

**Cassagnau, P. (1993)** Les Collemboles Neanurinae de l'Himalaya.III. Genre *Nepalimeria*. *Revue Suisse de Zoologie*, 100, p.91-112.

**Christiansen K., (1964).** Bionomics of collembola. *Annual review of entomology*, 9(1), p.147-178.

**Cipola N. G., Arbea J., Baquero E., Jordana R., Morais J. W. et Bellini B. C., (2018).** The survey of Seira Lubbock, 1870 (Collembola, Entomobryidae, Seirinae) from Iberian Peninsula and Canary Islands, including three new species. *Zootaxa*, 4458 (1), p.1-66.

**Cortet J., Gomot-de Vaufleury A., Poinot-Balaguer N., Gomot L., Texier C., et Cluzeau D., (1999).** The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutants effects. *European Journal of Soil Biology*, 35, p.115-134.

**Deharveng L., (2004).** Recent advances in Collembola systematics 6th International Seminar on Apterygota, Siena, Italy, 2002. *Pedobiologia* 48. p.415-433.

**Deharveng L., Ait Mouloud S. et Bedos A., (2015).** A new species of *Deutonura* (Collembola : Neanuridae : Neanurinae) from Algeria, with revised diagnosis of the genus and key to western Palearctic species. *Zootaxa*, 4000 (4), p.464 - 472.

**Deharveng L., et Hamra-Kroua S., (2004).** Une nouvelle espèce de *Friesea* Dalla Torre 1895, du massif de l'Edough, Nord-Constantinois, Algérie (Collembola, Neanuridae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 109(2) : p.141-143.



**Deharveng L., Hamra Kroua S. et Bedos A., (2007),** *Edoughnura Rara* N.Gen., N.Sp., An enigmatic genus of Neanurinae Collembola from the Edough massif (Algeria). *Zootaxa*, 1652: p.57-61.

**Deharveng L., Zoughailech A., Hamra-Kroua S. et Porco D., (2015).** A new species of *Deutonura* (Collembola: Neanuridae: Neanurinae) from north-eastern Algeria, and characterisation of two intraspecific lineages by their barcodes. *Zootaxa*. 3920 (2): p.281–290.

**Demange J. M., Boulard, M., et Rebière J., (1981).** *Les Mille-Pattes, Myriapodes : généralités, morphologie, ecologie, éthologie, détermination des especes de France*. Boubée.

**Denis J-R., (1924).** Sur les Collemboles du muséum de Paris (1ere partie). *Annales de la Société Entomologique de France*. 93 : p.211-260.

**Denis J-R., (1925a).** Sur les Collemboles du muséum de Paris (2eme partie). *Annales de la Société Entomologique de France*. p.261-290.

**Denis J-R., (1925b).** Sur les Collemboles d’Afrique du Nord (2eme note). *Bulletin de la Société d’Histoire Naturelle d’Afrique du Nord*. 16 : 254-256.

**Denis J-R., (1935).** Sur les Collemboles de l’Afrique du Nord (3eme note). *Bulletin de la Société Entomologique de France*. 16 : p.230-233.

**Denis J-R., (1937).** Sur les Collemboles de l’Afrique du Nord (4eme note). *Bulletin de la Société d’Histoire naturelle d’Afrique du Nord*. 28 : p.85-87.

**Duplan L., (1952).** La région de Bougie. *Publi. Du XIX Congr. Géol. Inter. Mono. Région. 1er série, Algérie* 17 : 40p.

**Edgecombe G. D. et Giribet G., (2007).** Evolutionary biology of centipedes (Myriapoda: Chilopoda). *Annu. Rev. Entomol.*, 52, p.151-170.

**Eisenbeis, G. (1978).** Die Thorakal und Abdominal-Muskulatur von Arten der Springchwanz-Gattung *Tomocerus* (Collembola: Tomoceridae). *Entomologica Germanica*, 4, p.55-83.

**Fjellberg A., (1998).** The Collembola of Fennoscandia and Denmark, Part I: Poduromorpha, *Fauna Entomologica Scandinavica*, Volume 35, 1998, p.1-184.

**Fjellberg A., (2007).** The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part II: Entomobryomorpha and Symphypleona. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 42, p.1-216.

**Geoffroy J. J., (1993).** Clés d'identification des ordres de diplopodes fréquents dans le sol (Myriapoda). *Diplopoda-Millepattia*, 2, p.4-28.

**Gharzouli. R., (2007).** Flore et végétation de la Kabylie des Babors. Etude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post forestiers des djebels Takoucht, Adrar ou-Melal, Tababort et Babor. Thèse de doctorat, université El-Bez. Sétif.

**Giribet G., Edgecombe G. D. et Wheeler W. C. (2001).** Arthropod phylogeny based on eight molecular loci and morphology. *Nature*, 413(6852), p.157-161.

**Grassé P.P., et Doumenc, D., (2000).** Zoologie des invertébrés, Masson science, édition Dunod : p.214-220.

**Grimaldi D. et Engel M.S, (2005).** Evolution of the Insects. (1ère ed). New York, NY, USA: Cambridge University Press. p.1-755.

**Guillot N., (2023).** Les pattes du mille-pattes grandissent de manière inattendue. (En ligne). Date de consultation : 10/05/2024. <https://www.especes-menacees.fr/actualites/les-pattes-du-mille-pattes-grandissent-de-maniere-inattendue/>

**Hamra Kroua S. et Cancela da Fonseca J.P., (2009).** Dynamique saisonnière du peuplement de Collembolles 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*, 31 (1), p.33-43.

**Hamra Kroua S. et Deharveng L., (2010).** Les Neanuridae (Collembola, Arthropoda) du massif forestier de l'Edough (Annaba, Algérie). In : Actes de la VIème conférence internationale Francophone d'Entomologie. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat, 47 (1), 61-65.

**Hamra Kroua S., Allatou D., (2003).** Les Collembolles du Nord-est Constantinois. *Sciences & Technologie*, 20 : p.21-24.

**Hamra Kroua S., Jordana R. et Deharveng L., (2009).** A new *Friesea* of the mirabilis group from Algeria (Collembola: Neanuridae, Frieseinae). *Zootaxa*, 2074 : p.65-68.

**Hamra-Kroua S., et Deharveng L., (2010).** Les Neanuridae (Collembola, Arthropoda) du massif forestier de l'Edough (Annaba, Algérie). In Actes de la VI<sup>ème</sup> conférence internationale Francophone d'Entomologie. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat (Vol. 47, No. 1, pp. 61-65).

**Hamra-Kroua S., (2005).** Les collemboles (Arthropoda, Hexapoda) du nord-est algérien : taxonomie, biogéographie et écologie. Thèse de doctorat. Univ. Mentouri, Constantine. 227 p.

**Handschin E., (1926).** Collembolen aus Algerien. *Zeitschrift für wissenschaftliche insektenbiologie*. 3: p.117-126.

**Handschin E., (1928).** Über Die Von H. Gauthier in den sumpfen Algeriens gessammelten Collembolen. *Archiv für naturgeschichte*, 92. p.1-18.

**Hopkin S., (1997).** *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. New York: Oxford University Press: 330p.

**Humbert W., (1979).** The Midgut of *Tomocerus minor* Lubbock (Insecta, Collembola): Ultrastructure, Cytochemistry, Ageing and Renewal During a Moulting Cycle., *Cell Tissue Res.*, 196, 1979, p.39-57.

**Iorio E. et Ythier E., (2007).** Quelques observations concernant la reproduction d'*Ethmostigmus trigonopodus* (Leach, 1817) (Chilopoda, Scolopendromorpha, Scolopendridae, Otostigminae). *Bulletin d'Arthropoda* 33 : p.3-12.

**Iorio E., (2010).** Les Lithobies et genres voisins de France (Chilopoda, Lithobiomorpha). Révision de plusieurs espèces méconnues et nombreux apports inédits à la connaissance du genre *Lithobius* Leach, 1814. Avec une clé des familles, des genres et de toutes les espèces de l'ordre. *Supplément à R.A.R.E.*, 19 : p.1-104.

**Iorio E., et Geoffroy J.J., (2006).** Etude des Scolopendromorphes français du genre *Cryptops* (Leach., 1814) Première partie : *Cryptops parisi* (Brolemann., 1920) et *C. parisi* var. *cristata* Ribaut, 1925 (Chilopoda, Scolopendromorpha, Cryptopidae). *Bulletin de Phyllie* : 18. p.28-37.

**Iorio E., Labroche A. et Jacquemin G., (2022).** *Les chilopodes (Chilopoda) de la moitié nord de la France* - version 2. 90p.

**Jacquemart S., (1974).** Résultats de la mission anthropologique au Niger, collemboles nouveaux du Sahara. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.* 50(06): p.1-55.

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

**Kammenga J.E., Dallinger R., Donker M.H., Kohler H.R., Simonsen V., Triebkorn R. et Weeks J.M., (2000).** Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessment. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol 164. G.W. Ware (Eds.). 175 Fifth Ave/New York/NY 10010/USA, Springer- Verlag. p.93-147.

**Lachi N., (2023).** Biodiversité des Collemboles (Arthropoda ; Hexapoda) de divers habitats naturels du Constantinois. Thèse de doctorat. Univ. Fr. Mentouri Constantine. 186p.

**Lachi N., Bendjaballah M., Brahim-Bounab H., et Hamra-Kroua S., (2023).** Premières données sur la faune collemboologique (Hexapoda : Collembola) de la Wilaya de Jijel au Nord-est de l'Algérie. *Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology*. 2023-76. p.9-31.

**Lauga-Reyrel F., (1984).** Aspect histophysiologique de l'écomorphose : III. Étude ultrastructurale des modifications cuticulaires d'*Hypogastrura tullbergi* (Collemboles). *Annales des Sciences naturelles, Zoologie*, 3, p.77-100

**Lavelle P., Martin A., Blanchart E., Gilot C., Melendez G. et Pashanas B., (1991).** Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol. *Savanes d'Afrique, terres fertiles* : 12 : p.371-400.

**Lawrence, P. N. (1999).** From whence and whither the Collembola?. *Crustaceana-international journal of crustacean research*, 72(9), p.1110-1122.

**Lewis J. G. E., (1981).** *The biology of centipedes*. Cambridge University Press, Cambridge.

**Lewis J. G. E., (2000).** Centipede antennal characters in taxonomy with particular reference to scolopendromorphs and antennal development in Pleurostigmophora (Myriapoda, Chilopoda). *Fragmenta Faunistica*, Warszawa 43 Supplement: p.87-96.

**Lucas H., (1846).** Aperçu des espèces nouvelles d'insectes qui se trouvent dans nos possessions françaises du Nord de l'Afrique. *Revue de Zoologie*. 9 : p.252-256.

**Maki T., (1938).** Studies on the thoracic musculature of insects. Memoirs of the Faculty of Science and Agriculture, Taihoku Imperial University, 24, p.1-343.

**Manton, S.M. (1977).** The arthropods, Habits, functional morphology and evolution. Clarendon Press, Oxford.

**Mari-Mutt, J. A. (1980).** A classification of the Orchesellinae with a key to the tribes, genera and subgenera (Collembola: Entomobryidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 73(4), p.455-459.

**Massoud Z. et Barra J. A. (1980).** Interpretation ultrastructurale de la microsculpture epicuticulaire des Collemboles Entomobryomorpha ((Apterygotes). *Revue d'ecologie et de biologie du sol*. 17. p.251-60.

**Massoud Z., et Ellis W. N., (1977).** Proposition pour une classification et une nomenclature cohérente des phanères des Collemboles européens. *Revue d'Ecologie et de biologie du Sol*, 14, p.163-79.

**Mathys A. et VandenSpiegel D., (2021).** Diplopodes et autres myriapodes de Mayotte. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgium.

**Minelli A. (Ed.), (2011).** *The Myriapoda*. Leiden : Brill. 530p.

**Minelli A., Foddai D., Pereira L. A. et Lewis J. G. E., (2000).** The evolution of segmentation of centipede trunk and appendages. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 38: p.103-117.

**Murphy D.H., (1958).** *Isotoma vaillanti* sp. n., a new species of Collembola from Algeria. *Journal of Natural History Series* 13. 1(8) : p.524-526.

**Palissa A., in Schwoerbel J. et Zwick P., (2000).** Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Band 10: Insecta. Collembola., Spektrum, Akad. Verlag, p.1-166.

**Pass G., (1991).** Antennal circulatory organs in Onychophora, Myriapoda and Hexapoda : functional morphology and evolutionary implications. *Zoomorphology*, 110, p.145-64.

**Porco D., Potapov M., Bedos A., Busmachiu G., Weiner W.M., Hamra Kroua S. et Deharveng L., (2012).** Cryptic Diversity in the Ubiquist Species *Parisotoma notabilis* (Collembola, Isotomidae): A Long-Used Chimeric Species? *PLOS ONE* 7(9), e46056. p.1-8.

**Redjel k., (2011).** Contribution à la connaissance de la faune des Geophilomorpha et Scutigleromorpha (Chilopoda ; Arthropoda) de quelques localités du nord-est algérien. Mémoire de master. Univ Frères Mentouri Constantine. 59p.

**Rosenberg J., et Müller, C. (2009).** Morphology in Chilopoda a survey. *Soil Organisms*, 81(3), p.1-55.

**Rusek J., (1998).** Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity & Conservation*, 7, p.1207-1219.

**Shear W. A., et Bonamo P. M., (1988).** Devonobiomorpha, a new order of centipeds (Chilopoda) from the Middle Devonian of Gilboa, New York State, USA, and the phylogeny of centiped orders. American Museum of Natural History, 2927.

**Sierwald P., et Bond J. E., (2007).** Current status of the myriapod class diplopoda (Millipedes): Taxonomic diversity and phylogeny. *Annu Rev Entomol* : 52. p.401– 420.

**Stomp N. et Thibaud J.M., (1974).** Description d'une espèce nouvelle de Collembolles (insectes) cavernicoles *Typhlogastrura delhezi* n. sp.. *Annales de Spéléologie*. 29 : p.187-190.

**Stomp N., (1974).** Collembolles cavernicoles d'Afrique du Nord.I. *Insecta. Ann. Speleo* : 29, p.109-120.

**Stomp N., (1983).** Collembolles cavernicoles d'Afrique du Nord. II (Insecta). *Revue suisse de Zoologie*, 90 (1) : p.191-198.

**Talhi H. Z., (2011).** Contribution à la connaissance de la faune des Lithobiomorpha et Scolopendromorpha (Chilopoda ; Arthropoda) de quelques localités du Nord-Est Algérien. Mémoire de master. Univ Frères Mentouri Constantine. 62p.

**Thibaud J. M., Schulz H. J. et Da Gama Assalino M. M., (2004).** Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 4. Hypogastruridae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 75, p.1-287.

**Thibaud J.M. et D'Haese C.A., (2010).** Le petit Collembole illustré. *Arvernsis*. N° 51-52 : p.1-56.

**Thibaud J.M. et Massoud Z., (1973).** Etude de la régression des cornéules chez les Insectes Collemboles. *Annales de Spéléologie*. CNRS 28 : p.159-166.

**Thibaud J.M. et Massoud Z., (1980)** - Etude des Collemboles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. *Revue Suisse de Zoologie*, 87, p.513-48.

**Thibaud J.M., (2013).** Essai sur l'état des connaissances de la diversité des collemboles de l'Empire Africano-Malgache. *Russian Entomol. J*, 22 (4), p.233-248.

**Tuzet O., et Manier J. F., (1953).** Les spermatozoïdes de quelques Myriapodes Chilopodes et leur transformation dans le receptacle seminal de la femelle. *Annales des sciences naturelles, zoologie* (11) 15: p.221-230.

**Uemiya H. et Ando H. (1987).** Embryogenesis of a springtail, *Tomocerus ishibashii* (Collembola, Tomoceridae): external morphology. *Journal of Morphology*, 191(1), p.37-48.

**Verhoef H. A., Witteveen J., Woude H. A. & Joosse E. N. G., (1983).** Morphology and function of the ventral groove of Collembola. *Pedobiologiu*, p.25 - 339.

**Zoughailech A., (2017).** Biodiversité comparée et endémisme des Collemboles (Hexapoda : Collembola) de deux massifs algériens dans un même contexte bioclimatique. Thèse de Doctorat. Université Frères Mentouri, Constantine. 294p.

**Zoughailech A., Hamra Kroua S. et Deharveng L., (2016)** - New species of Pseudachorutes (Collembola : Neanuridae) from Northeastern Algeria. *Zootaxa*, 4158 (4): p.557-568.





<b>Année universitaire : 2024-2025</b>	<b>Présenté par : FERGATI Meysoune TEBBOUCHE Roumeissa</b>
<b>Inventaire des collemboles litéricoles de quelques localités de la wilaya de Mila</b>	
<b>Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie et Contrôle des Populations d'Insectes</b>	
<p><b>Résumé</b></p> <p>Dans le laboratoire de Biosystématique et Écologie des Arthropodes nous avons analysés de nombreux échantillons provenant de six localités de la wilaya de Mila (Grarem Gouga, Tassala Lemtai, Hamala, Zeraïa, Terrai Bainen, Aïn Beïda Harriche), d'après plusieurs biotopes (litière forestière, mousse, sol, bois mort ... etc.), Grâce à cette analyse plus de 5202 individus en été extraits, en utilisant des techniques d'extraction des Collemboles (l'appareil de Berlese).</p> <p>L'inventaire des Collemboles a révélé la présence d'un total de 32 espèces réparties sur 4 ordres, 11 familles, (3 sous-familles pour la famille des Neanuridae) et 24 genres.</p> <p>À travers des résultats du dénombrement des individus de Collemboles indiquant que l'ordre des Poduromorpha est le plus abondant dans les six localités avec une proportion de 68% avec 3524 individus et le plus diversifiée avec 17 espèces , suivi par Entomobryomorpha avec 24% soit 1248 individus et 11 espèces, les Symphypleona avec une proportion de 8% soit 428 individus et le moins diversifié avec 3 espèces seulement, et finalement l'ordre des Neelipleona (0.04%) avec seulement 2 individus et 1 seule espèce.</p> <p>Cette étude a pour but d'avoir un aperçu sur la pédofaune de Mila si méconnue, mais surtout ouvrir les perspectives pour les futurs travaux de recherche concernant cette région vu son potentiel en termes de la biodiversité.</p>	
<b>Mots-clefs :</b> Collemboles, Biodiversité, Mila.	
<b>Laboratoires de recherche :</b> laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes (UC1FM).	
<p><b>Président du jury :</b> Dr. SAOUACHE Yasmina (MCA - UC3 Salah Boubnider).</p> <p><b>Encadrant :</b> Dr. BENDJABALLAH Mohamed (MCB - UC1 Frères Mentouri).</p> <p><b>Examineur(s) :</b> Pr. BENKENANA Naima (Prof. - UC1 Frères Mentouri).</p>	