



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة والحياة

**Département : Biologie Animale**

**قسم : بيولوجيا الحيوان**

**Mémoire présentée en vue de l'obtention du Diplôme de  
Master Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Biologie et contrôle des populations d'insectes**

Intitulé :

---

**Contribution à l'étude des Collemboles (Hexapoda ; Collembola)  
dans deux localités de la wilaya de Constantine (Chettabah et  
Djebel El Ouahch)**

---

**Présenté et soutenu par : ABED Abir**

**Le : 16/07/2019**

**BOUKELOUA Hafssa**

**Jury d'évaluation :**

**Président du jury : HAMRA KROUA Salah (Prof- UFM Constantine 1).**

**Rapporteur : BRAHIM BOUNAB Hayette (MCB- UFM Constantine 1).**

**Examineurs : SAOUACHE Yasmina (MCB- Université Constantine 3 -Salah Boubnider-).**

*Année universitaire  
2018- 2019*

## **Remerciements**

*Au terme de ce travail, nous remercieront avant tout Dieu le tout puissant qui a éclairé nos chemins tout au long de nos études.*

*En premier lieu nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche.*

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

*Nos remerciements les plus respectueux vont à Monsieur le Professeur HAMRA-KROUA Salah pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de nos profondes reconnaissances.*

*Nous adressons toutes nos gratitude à Mme. SAOUACHE Yasmina, Vous avez fait preuve de simplicité en acceptant d'être l'un des juges de notre mémoire. Pour tout ceci, on tient à vous exprimer nos sincères remerciements et notre parfaite reconnaissance.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à BENDJABALLAH MOHAMED, pour son aide, sa gentillesse et ses orientations.*

***Je dédie ce travail à :***

*Mes très chers parents et ma petite sœur Aya qui m'ont beaucoup soutenu et encouragé, et qui m'ont accompagné toute au long de mes sorties sur terrain.*

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Ma petite sœur Aya la lumière de ma vie.*

*Mes très chers frères, Housseem, Aymen et Raouf, avec qui je partage des moments de ma vie au fil du temps.*

*Mon support moral, ma deuxième mère..ma tante Layla.*

*En fin je dédie ce travail à tous mes enseignants qui se sont donnés à fond, afin de m'assurer une bonne formation.*

***ABIR.***

Je dédie du fond du cœur ce modeste travail à toutes les personnes que  
j'aime et en particulier :

Ma famille, Mon très cher père Djamel, pour ses encouragements  
incessants et son soutien moral aux moments difficiles. Celui qui s'est  
toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde.

A Ma très chère mère Souad, qui m'a toujours apportée son amour, son  
sacrifice, son soutien et son confiance

A Mes chères sœurs : Sara, Amina et sa petite famille

A Mes chers frères: Yahia, Mohamed el Fateh

Et surtout à mon frère Salah Eddine d'être toujours à mes côtés pour me  
soutenir

Merci infiniment ma famille rien n'aurait été possible sans vous.

A mon encadreur bien sûr : " Dr. Brahim Bounab Hayette" qui a fait tout  
son possible pour nous aider et nous orienté dans l'élaboration de notre  
mémoire.

A mes chères amies et en particulier : Nedjma, Abir, Amel et Chanez

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit  
possible, je vous dis merci.

Boukeloua Hafssa.....



## Résumé

De nombreux échantillons (litière, mousse et bois mort) provenant de deux localités de la wilaya de Constantine (Djebel El Ouahch et Chettabah) sont analysés au laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes. Un effectif total de plus de **13460** individus ont été extraits suite à l'emploi des techniques courantes d'extraction des collemboles.

L'étude taxonomique révèle la présence d'un total de 40 espèces de collemboles appartenant à **4** ordres, **11** familles et **26** genres.

Du point de vue diversité la plus grande proportion appartient à l'ordre des **Entomobryomorpha** et de **Poduromorpha** avec **43 % (22 espèces)**. L'ordre des **Symphyleona** est représenté par un taux de **10% (5 espèces)** et les **Neelipleona** avec seulement **4% (2 espèces)**.

Les résultats du dénombrement des individus de collemboles, indiquent que l'ordre des **Entomobryomorpha** est le plus abondant dans les 2 localités prospectées avec **8542** individus, soit **85,42%**. Ils sont suivis par les **Poduromorpha** avec **4080** individus du total dénombrés, soit **40,80%**, les **Symphyleona** avec **656** individus soit **6,56%**, les **Neelipleona** avec **182** individus, soit **1,82%**.

Parmi les deux localités prospectées, c'est de Chettabah que provient l'essentiel du total identifiées, soit **55%** (28 espèces identifiées), la région de Djebel El Ouahch occupe le deuxième rang avec un taux de **45%** (23 espèces identifiées).

La diversité biologique du pays demeure encore mal connue et les résultats obtenus ne reflètent pas la diversité d'un territoire aussi vaste et diversifié que l'Algérie ce qui nécessite d'élargir la prospection à d'autres régions habitats et structures géologiques.

**Mot clé** : Collemboles, biodiversité, inventaire, Djebel El Ouahch, Chettabah, Constantine.

## Summary

Several samples of different habitats (litter, moss and rotten wood) from two localities in the Constantine region (Djebel el Ouahch and Chettabah) were analyzed in the laboratory of Biosystematics and Ecology of Arthropod. A total of more than **13460** specimens were recovered using common techniques for springtails extraction.

The taxonomic study reveals the presence of a total of **40** species of collembola belonging to **4** orders, **11** families and **26** genera.

Diversity wise, the highest proportion belongs to the Order of the Entomobryomorpha and Poduromorpha both counted **22** species or **43%**. The order of the Symphypleona is represented with 5 species meaning 10%, the order of the Neelipleona only with **2** species or **4%**

The results of the collembolan individuals counting indicates that the order of the Entomobryomorpha is the most abundant in the both localities prospected with **8542** individuals, or **85,42%**. Followed by Poduromorpha with **4080** individuals of total counted, or **40, 80%**, Symphypleona with **656** individuals or **6,56%**, Neelipleona represented by **182** Individuals, 1,82%.

Among both locations surveyed, it is from the Chettabah forest that most of the species harvested and identified are found **55%** (28 species were identified), the region of Djebel El Ouahch occupies second place with **45%** (23 species were identified).

Our country's biological diversity is far from being well known, our results don't reflect the richness of such vast and wealthy territory as Algeria, which makes it necessary to expand our prospecting and explorations to other regions, different habitats and geological structures.

**Key words:** Springtails, Biodiversity, Inventory, Chettabah, Djebel El Ouahch, Constantine

## ملخص

تم تحليل العديد من العينات المأخوذة من موقعين في منطقة قسنطينة (جبل الوحش ، وشطابة) في مختبر بيولوجيا و إيكولوجيا المفصليات. أكثر من 13460 فردا تم استخراجها باستخدام التقنيات المعروفة.

الدراسة التصنيفية كشفت وجود 26 نوعا ينتمون ل 4 رتب، 11 عائلة و 40 جنسا من حيوانات الكولومبولا.

من ناحية التنوع لدينا رتبة Entomobyomorpha و Poduromorpha يمثلان معا الرتب الأكثر تنوعا بنسبة 43% (تم التعرف على 22 فرد ) تليهما بنسبة Symphypleona بنسبة 10% (تم التعرف على 5 أفراد) وفي المرتبة الاخيرة رتبة Neelipleona.4% (تم التعرف على فرد واحد).

نتائج العد لأفراد الكولومبولا ، تشير إلى أن رتبة Entomobyomorpha ، هي الأكثر وفرة في المواقع التي شملها المسح مع 8542 فردا، أي 42,85% من المجموع، رتبة Poduromorpha ب 4080 فردا أي ما يعادل 80,40% تليها رتبة Symphypleona مع 656 فردا أي ما يعادل 56,6% اخر ا رتبة Neelipleona مع 182 فردا أي 1,82% منطقة شطابة تمثل 55% من العينات الكلمبولوجية التي جمعت (تم التعرف على 28 فردا) تليها منطقة جبل الوحش في المرتبة الثانية ب 45% (تم التعرف على 23 فردا)

من بين المنطقتين التي شملتهما الدراسة تعتبر شطابة المنطقة التي أتى منها معظم الأنواع التي تم جمعها بنسبة 55% (تم التعرف على 28 فرد).

تتبعها في المرتبة الثانية منطقة جبل الوحش بنسبة 45% (تم التعرف على 23 فرد).

لا يزال التنوع البيولوجي في البلاد غير معروف ولا تعكس النتائج التي تم الحصول عليها تنوع إقليم شاسع ومتنوع مثل الجزائر ، مما يستلزم توسيع نطاق الاستكشاف ليشمل مناطق وهياكل جيولوجية أخرى.

**الكلمات المفتاحية :** الكولومبولا؛ التنوع البيولوجي؛ شطابة؛ جبل الوحش؛ قسنطينة

## SOMMAIRE

	<b>Pages</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Données générales sur les Collemboles</b>	
1. Morphologie générale .....	3
1- La tête.....	4
1.1-Les antennes.....	5
1.2- La zone oculaire.....	6
1.3- Pièces buccale .....	7
1.4-La région céphalique.....	8
2 -Corps et appendices .....	9
2.1-Le thorax ... ..	10
2.2-L'abdomen.....	12
3-Anatomie externe .....	13
3-1- Le tégument... ..	13
3-2- Les Soies, les sensilles, les trichobothries et les écailles.....	14
3-2.1- Les Soies.....	14
3-2.2- Les sensilles... ..	16
3-2.3- les écailles... ..	16
3-2.4- les trichobothries.....	17
3-2 .5- les Epines.....	17
3-2.6- les Pseudocelles .....	18
4 - Anatomie interne.....	19
4.1- Système nerveux .....	19
4.2- Le système digestif.....	19
4.3- Le système respiratoire .....	19
4.4- Système circulatoire.....	21
4.5- Système musculaire.....	21
4.6- Système endocrinien .....	21
4.7- Système excréteur .....	22
5- Reproduction et développement.....	23
5-1- Reproduction chez les Collemboles .....	23
5-1.1- L'appareil génital des mâles .....	23

5-1.2- L'appareil génital des femelles.....	24
5-1.2- La ponte .....	24
5-1.3- L'œuf .....	25
6- Développement .....	26
6-1- Développement embryonnaire.....	26
6-2- Développement post-embryonnaire.....	27
6-3- Cycle vital, longévité.....	27
6-4- Cycle d'intermue des adultes.....	27
7- Adaptations des Collemboles.....	28
7 -1.1-Ecomorphose .....	28
7 -1.2-Epitoquie.....	28
7 -1.3-Cyclomorphose .....	29
7-2 -Adaptations physiologiques aux facteurs du milieu.....	29
7-2.1- Adaptation au froid.....	29
7-2.2 -Adaptation à la dessiccation .....	29
7-2.3 -Adaptation à l'inondation.....	29
7-2.4 -Adaptation aux milieux halophiles.....	30
7-2.5- Adaptation aux milieux humides.....	30
7-2-6 -Adaptation aux milieux extrême le « cavernicole ».....	30
8- Ecologie des Collemboles.....	31
8-1- Habitats et formes de vie .....	31
8-2- Régime alimentaire.....	33
8-3- Rôles écologique des collemboles.....	33
8-4- Prédateurs et parasites des Collemboles.....	33
9- Influence des facteurs du milieu sur la vie des Collemboles.....	34
9-1- Température.....	34
9-2- Humidité .....	34
9-3- La lumière.....	35
9-4- Vie subaquatique .....	36
10- Densité de population, biomasse et distribution .....	36
11- Paléontologie des Collemboles.....	36
12- Taxonomie et systématique.....	37
13- Systématique actuelle des collemboles.....	37

14- Etat des connaissances sur les collemboles d'Algérie .....	43
----------------------------------------------------------------	----

## **Chapitre II : Présentation des localités de récoltes et méthodes d'étude**

1- Présentation des localités de récoltes .....	43
1.1- La région de Chettabah .....	43
1.1-1-Situation géographique .....	44
1.1-2- La géologie .....	45
1.2- La région Djebel Ouahch .....	45
1.2-1-Situation géographique .....	45
1.2-2- Relief et pédologie .....	46
1.2-3- Hydrologie .....	46
1.2-4- La végétation de la région de Djebel Ouahch.....	47
1-1-3-Caractéristiques climatiques .....	47
2- Méthode d'échantillonnage .....	48
2- 1-L'échantillonnage .....	48
2.1.2-L'extraction sur appareil de Berlese .....	49
3.1- Principe de la technique .....	49
3.2- L'extraction des Collemboles .....	49
3.3-Tri et dénombrement .....	50
4- Identification des collemboles .....	51
4.1-Fixation .....	51
4.2- Eclaircissement .....	52
4.3-Montage et conservation .....	52
4.4-Observation .....	53
5- Clé des ordres des collemboles... ..	53
6- Clé des familles des collemboles... ..	54

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

1-Composition faunistique des collemboles de la région de Chettaba et Djebel el Ouahch.	63
2- Aire de distribution .....	69
3-La classification morpho-écologique .....	70
4- Discussion .....	70
Conclusion.....	76
Références bibliographiques. ....	77

<b>Tableau 01:</b> Classification actuelle des collemboles modifiée .....	<b>36</b>
<b>Tableau 02 :</b> Hiérarchie taxonomique moderne des collemboles selon Deharveng (2004)...	<b>36</b>
<b>Tableau 03 :</b> Liste des collemboles identifiés dans les différentes localités d'étude .....	<b>61</b>

<b>Liste des figures</b>	<b>pages</b>
<b>Figure 1</b> : Aspects de différents types morphologiques des Collemboles.....	<b>03</b>
<b>Figure 2</b> : Morphologie du Collembole <i>Orchesella quinquefasciata</i> .....	<b>04</b>
<b>Figure 3</b> : <i>Dicyrtomina ornata</i> avec gros plans sur quelques spécificités anatomiques.....	<b>05</b>
<b>Figure 4</b> : plaque oculaire d'un gomphiocephalus hodgsoni.....	<b>06</b>
<b>Figure 5</b> : La zone buccale d'Heteromurus major .....	<b>07</b>
<b>Figure 6</b> : Les antennes, la zone oculaire, l'aire céphalique et les pièces buccales des Collemboles.....	<b>08</b>
<b>Figure 7</b> : Patte des Collemboles ( <i>Isotoma</i> ) .....	<b>09</b>
<b>Figure 8</b> : Schéma montrant les segments abdominaux chez les collemboles.....	<b>10</b>
<b>Figure 9</b> : Les attributs abdominaux ventraux d'un Collembole Poduromorpha Hypogastruridae : tube ventral-rétinacle-furca.....	<b>11</b>
<b>Figure 10</b> : Détail de la furca de <i>Ceratophysella</i> .....	<b>12</b>
<b>Figure 11</b> : Ultrastructure épicuticulaire basique chez les Collemboles Notez les aberrations pentagonales et heptagonales occasionnelles de la matrice hexagonale .....	<b>13</b>
<b>Figure 12</b> : Les soies selon la structure .....	<b>13</b>
<b>Figure 13</b> : <i>Heteromurus sp</i> , corps couvert d'écailles avec quelques franges de grandes soies notamment en avant du mésothorax .....	<b>14</b>
<b>Figure 14</b> : Les sensilles .....	<b>15</b>
<b>Figure 15</b> : Ecailles et soies d'Heteromurus major.....	<b>15</b>
<b>Figure 16</b> : « Epines anales » de <i>Superodontella tayaensis</i> de Guelma .....	<b>16</b>
<b>Figure 17</b> : Pseudocelle de <i>Protaphorura armata</i> .....	<b>17</b>
<b>Figure 18</b> : Système nerveux de <i>Smynthurus signatus</i> (= <i>Allacma fusca</i> ) .....	<b>18</b>
<b>Figure 19</b> : Système digestif d'un collembole .....	<b>19</b>
<b>Figure 20</b> : Le système respiratoire .....	<b>19</b>
<b>Figure 21</b> : Croquis repris à partir de « Le petit collembole illustré » .....	<b>21</b>
<b>Figure 22</b> : Schéma de la parade nuptiale des collemboles. La femelle portant le mâle par accrochage de leurs antennes .....	<b>22</b>
<b>Figure 23</b> : Orifice génital mâle de <i>Tetodontophora bielensis</i> .....	<b>22</b>
<b>Figure 24</b> : Orifice génital femelle de <i>Tetodontophora bielensis</i> .....	<b>23</b>
<b>Figure 25</b> : Œufs d' <i>Isotomurus sp</i> . Montrant la tache oculaire .....	<b>24</b>
<b>Figure 26</b> : <i>Neelus murinus</i> , moins de 0,5 mm.....	<b>29</b>

<b>Figure 27:</b> Schéma de la diversité des biotopes dans lesquels évoluent les collemboles.....	<b>30</b>
<b>Figure 28:</b> Carte géographique montre des localités d'études (Google Earth).....	<b>43</b>
<b>Figure 29:</b> Localisation de la zone de Djebel El Ouahch .....	<b>44</b>
<b>Figure 30 :</b> La répartition des Peuplements forestiers à Djebel El Ouahch.....	<b>45</b>
<b>Figure 31 :</b> Mousse sur sol (Photo originale) .....	<b>46</b>
<b>Figure 32 :</b> Litière (Photo originale).....	<b>46</b>
<b>Figure 33 :</b> Bios mort (photo originale).....	<b>47</b>
<b>Figure34:</b> Extraction de la faune du sol sur appareils de Berlese (photo originale).....	<b>48</b>
<b>Figure 35 :</b> Tri et dénombrement des Collemboles (photo originale) .....	<b>49</b>
<b>Figure 36 :</b> Répartition en pourcentage des différents ordres des collemboles identifié.....	<b>63</b>
<b>Figure 37 :</b> Représentation de la proportion des espèces par ordre dans la région de Chettaba .....	<b>63</b>
<b>Figure 38 :</b> Représentation de la proportion des espèces par ordre dans la région de Djebel El Ouahch .....	<b>64</b>
<b>Figure 39 :</b> Répartition des collemboles identifiés par localité .....	<b>64</b>
<b>Figure 40 :</b> Fréquences absolues des Familles, genres et espèces identifiées .....	<b>65</b>
<b>Figure 41 :</b> Fréquences absolues des Familles, genres et espèces des Collemboles identifiées. .....	<b>66</b>
<b>Figure 42 :</b> Répartition des espèces récoltées sur les différentes familles.....	<b>67</b>
<b>Figure 43 :</b> Aire de distribution des espèces identifiées en pourcentage.....	<b>68</b>
<b>Figure 44 :</b> La classification morpho-écologique des espèces .....	<b>68</b>

# Introduction

## Introduction

Une diversité incroyable existe dans le sol, sous nos pieds sans même que nous la soupçonnions. En effet, la majorité des grands embranchements zoologiques sont représentés dans la faune du sol.

Les Collemboles constituent (avec les Acariens) un groupe fondamental de l'écosystème sol par leur action mécanique de micro fragmentation et leur rôle biologique de saprophage. C'est le groupe le plus important dans les Entognathes ou Aptérygotes : insectes primitifs sans ailes. Connus comme étant les plus anciens des hexapodes fossilisés, ils étaient déjà présents au Dévonien, il y a environ 400 Millions années, donc avant les insectes.

Ils présentent une grande diversité de formes et vivent dans des habitats très variés. Leur rôle majeur réside dans la régulation des microorganismes responsables de la décomposition de la matière organique et du recyclage des nutriments qui seront utilisés par les plantes pour leur développement. Malheureusement, de nombreuses activités humaines peuvent altérer les communautés de Collemboles. Il s'agit par exemple de la pollution du sol par des métaux, des pesticides, ... mais aussi des pratiques humaines comme l'introduction de végétaux exotiques ou l'utilisation de déchets pour fertiliser les sols.

Pour garder l'équilibre de ces écosystèmes l'étude de la biologie des Collemboles est nécessaire, dans ce rapport donc on va sur ligné les traits biologiques de ces microarthropodes ce qui va être fondamentales pour nos futur études future.

Les premières études destinées à la connaissance des Collemboles d'Algérie sont très limitées et anciennes, ça reviens à la fin du 19 ème siècle Lucas, (1846 et 1849) .d'autre travaux ont été réalisés au début du 20 ème siècle par Absolon, (1913), Denis (1922-1925-1935- et 1937) et Handschin (1925,1926 et 1928) cités par (Thibaud et Massoud, 1980).

Les études les plus approfondies sur les Collemboles d'Algérie sont ceux de Cassagnau, (1963) dans la région de Bône (Annaba) offrant une liste de 30 espèces des collemboles, Stomp, (1980) en Kabylie et Thibaud et Massoud, (1980) qui donnent une synthèse bibliographique sur les Collemboles du Maghreb. En 1980, la faune des collemboles d'Algérie comptait un total de 114 espèces.

Récemment, Hamra-Kroua (2005), relance une recherche intéressante sur la biodiversité des Collemboles d'Algérie. à l'issue de la prospection de plusieurs localités de l'est algérien (massif de l'Edough, El Kala, Azzaba, Jijel, Ain M'lila et Constantine) l'auteur

donne une liste de 132 espèces dont 74 sont nouvelles pour l'Algérie et plus 57 parmi elles sont nouvelles pour le reste des pays du Maghreb, d'autres sont nouvelles pour la science dont un nouveau genre.

Suite à quelques récoltes dans deux localités de la wilaya de Constantine: Chettabah et Djebel El Ouahch, quoique limitées dans le temps et dans l'espace, nous nous sommes permis de nous engager à réaliser une étude faunistique. Ce travail préliminaire constituerait l'ébauche d'un projet d'avenir afin de combler les lacunes qui continuent à marquer le patrimoine de la richesse biologique de notre pays et pourrait éveiller la curiosité d'autres chercheurs et les inciter à porter davantage d'attention pour l'étude de ces Arthropodes

# CHAPITRE I

## Données générales

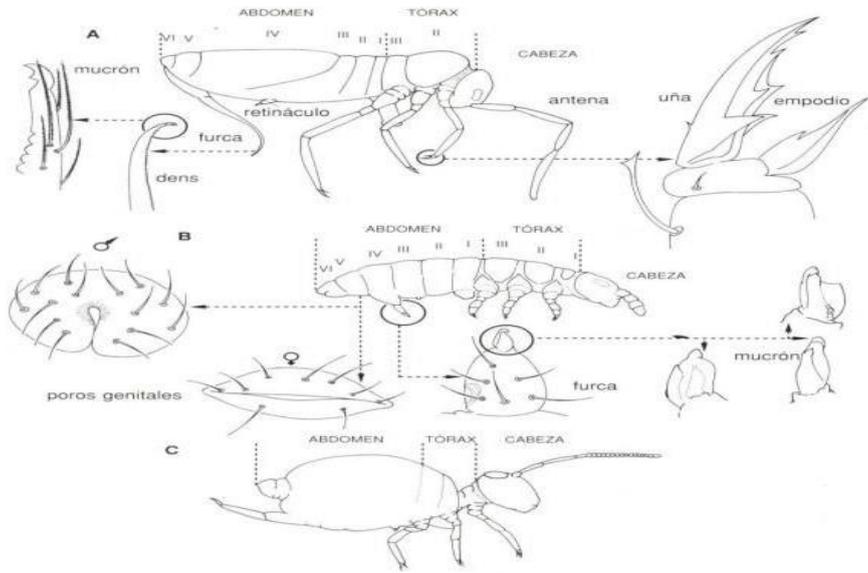
### Sur les Collemboles

Les collemboles constituent une classe distincte de celle des insectes avec lesquels ils sont regroupés dans le sous-embranchement des hexapodes, ils ont colonisé à peu près tous les milieux : terrestres et aquatiques. On les rencontre sous toutes les latitudes et à toutes les altitudes. Certaines espèces ont été trouvées en Antarctique jusqu'à 84° de latitude, à plus de 7000m d'altitude dans l'Himalaya, ou dans les déserts australiens les plus arides. Du grec Kolla = colle; embolon = toupie ou « Springtails » en anglais décrits pour la première fois par Lubbock en 1862. Ils sont répandus dans le sol, la litière de feuilles, les mousses, sous les écorces, le fumier, les grottes ... etc.

Les collemboles sont aujourd'hui largement reconnus comme bioindicateurs de la qualité de sols. De ce fait, ils sont très utilisés dans les programmes internationaux de surveillance de la qualité des sols. La morphologie générale des collemboles semble très diversifiée

### **1 - Morphologie des Collemboles**

Les Collemboles sont des Aptérygotes de petite taille (0,5 à 8 mm, 1 à 2 mm en moyenne), qui possèdent 9 segments post-céphaliques bien individualisés chez les formes primitives, secondairement plus ou moins coalescents. Le corps des Arthropléones (Poduromorphes et Entomobryomorphes) est clairement divisé en trois parties : une tête, un thorax avec trois segments et un abdomen avec six segments. Chez les Neelipleones et les Symphypleones, la structure primaire est la même, mais certains segments thoraciques et abdominaux sont fusionnés pour donner à ces Collemboles un aspect. Dans ce chapitre, nous décrivons la morphologie externe, ainsi que celle des structures et des différents organes sensoriels et ambulateurs qui confèrent aux Collemboles la possibilité d'interagir avec l'environnement extérieur.



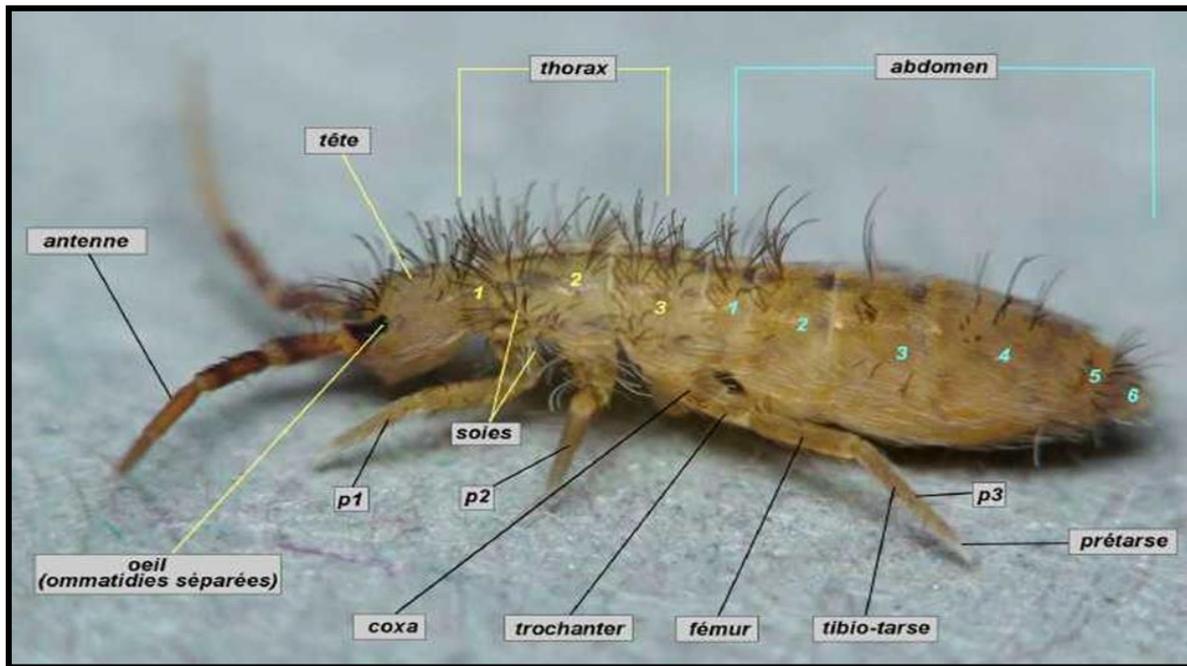
**Figure 1: Aspects des différentes caractéristiques morphologiques des Collemboles (Jordana et al., 1997)**

A: Entomobryomorpha, B: Poduomorpha, C: Symphypleona

Traduction des mots espagnols: cabeza : tête, uña: griffe, empodio: empodium, retináculo: rétina, poros genitales: orifices génitaux (mâle et femelle).

## 1- La tête

La tête des Collemboles Arthropléones est distincte du thorax et surmontée d'une paire d'antennes à 4 segments possédant leur musculature ; un labre impair, un labium pair, une paire de mandibules et une paire de maxilles. Outre les pièces buccales et les antennes, cette dernière est dotée de trois types de récepteurs sensoriels externes intégrés à l'épiderme que l'on classe en fonction de la nature des stimuli qu'ils permettent de recevoir. On y retrouve, les photorécepteurs, les mécanorécepteurs et les chimiorécepteurs, respectivement matérialisés par les plaques oculaires, les sensilles et l'organe post-antennaire (Cassagnau, 1990a).



**Figure 2 : Morphologie du Collembole *Orchesella quinquefasciata* (Bellinger & al., 2014)**

### 1.1- Antennes

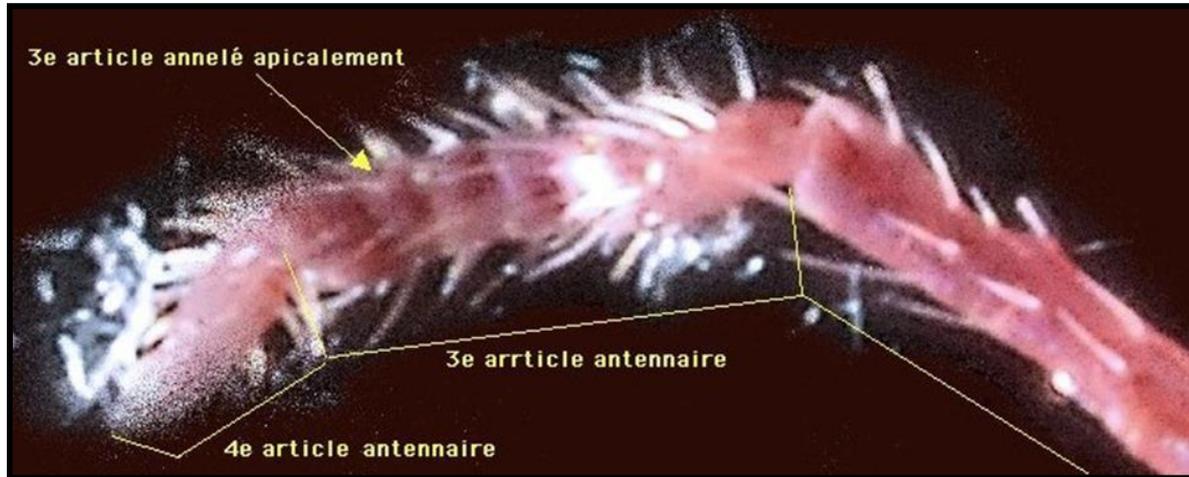
Les antennes des Collemboles se composent de quatre segments de base qui sont dotés d'organes sensoriels. Ils peuvent être très longs pour les Collemboles habitant dans les milieux épigés (atmobios). Chez certaines espèces, certains segments peuvent être divisés en sous-unités qui confèrent à l'antenne une plus grande flexibilité.

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

Les antennes sont richement dotées de structures sensorielles, en particulier sur le dernier segment (Slifer & Sekhon 1978). Les segments antennaires portent des soies normales, qui détectent les courants et les vibrations d'air et des soies chemosensorielles pouvant former des complexes sensoriels (Altner & Altner 1985, Altner & Ernst 1974).

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

Le détail des types de soies antennaires et de leur distribution n'a été établi que chez un petit nombre d'espèces appartenant aux familles Neanuridae (Deharveng 1983, Smolis 2008), Hypogastruridae (André 1988b) et de façon plus partielle chez les Cyphoderidae et le genre *Cyphoderopsis* (Jantarit et al, 2013, 2014).



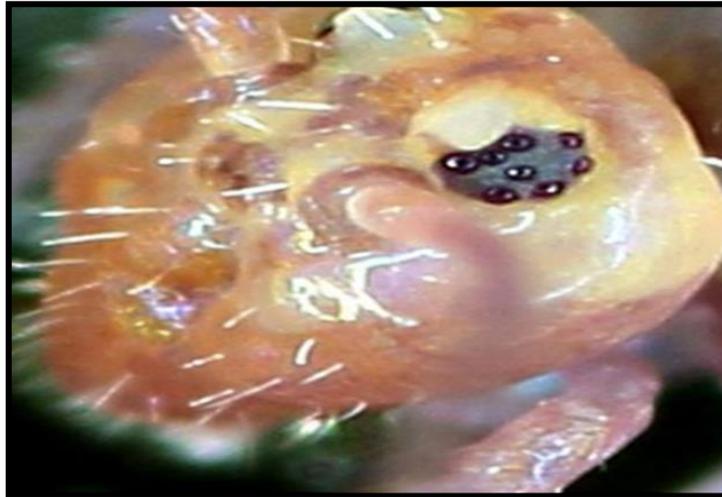
**Figure 3 : *Dicrytomina ornata* avec gros plans sur quelques spécificités anatomiques (Bellinger & al., 2014)**

## 1.2- Zone oculaire

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

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

Figure 4 représente, plaque oculaire d'un *gomphiocephalus hodgsoni*, espèce présente en Antarctique qui est une des rare capable de survivre sous des climats aussi extrêmes. Le diamètre de chaque œil n'excède pas 10 microns ce qui représente la taille critique d'un œil pour être capable de produire une image.



**Figure 4 : Plaque oculaire d'un *gomphiocephalus hodgsoni* (G x 1500)**

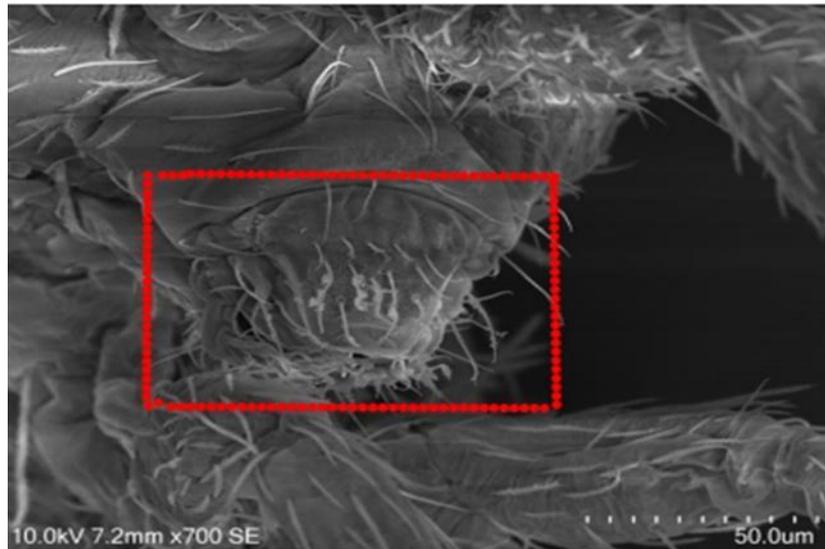
**(Bilodeau, 1998)**

## **1.2- Pièces buccales**

Les pièces buccales des Collemboles se développent dans la cavité buccale de la tête lors de l'embryogenèse (Uemiya & Ando, 1987). Cette entognathie est une caractéristique des Collemboles qui les sépare des insectes. La structure de base des pièces buccales des Collemboles est incarnée par *Folsomia candida* Willem, 1902 (Isotomidae), une espèce étudiée en détail et sur laquelle est basée ce qui suit. Les cinq principales composantes des pièces buccales sont :

- Le labre ou «lèvre supérieure»
- Une paire de mâchoires,
- l'hypopharynx
- le labium : incluant les palpes maxillaires et un lobe externe.

Les pièces buccales sont entourées dorsalement par le labre, ventralement par le labium et latéralement, par des plis pleuraux de cuticule. Chaque mandibule porte une plaque molaire qui a traditionnellement été considérée comme capable de broyer la nourriture, bien que cette hypothèse ait été contestée par Goto (1972).



**Figure 5 : La zone buccale d'*Heteromurus major* (Zoughailech, 2017)**

Notant bien que la structure fine des pièces buccales, et les arrangements des soies sur les parties enveloppantes, sont extrêmement importants pour la taxonomie des Collemboles (Fjellberg 1976). Dans certaines familles, la structure des pièces buccales peut différer sensiblement. Par exemple chez les Neanuridae la plaque molaire est absente sur les mandibules. Les Brachystomellidae ne possèdent pas de mandibules. Les Odontellidae se caractérisent par une réduction du cardo et une articulation directe du stipe sur le fulcre (Deharveng, 1981a).

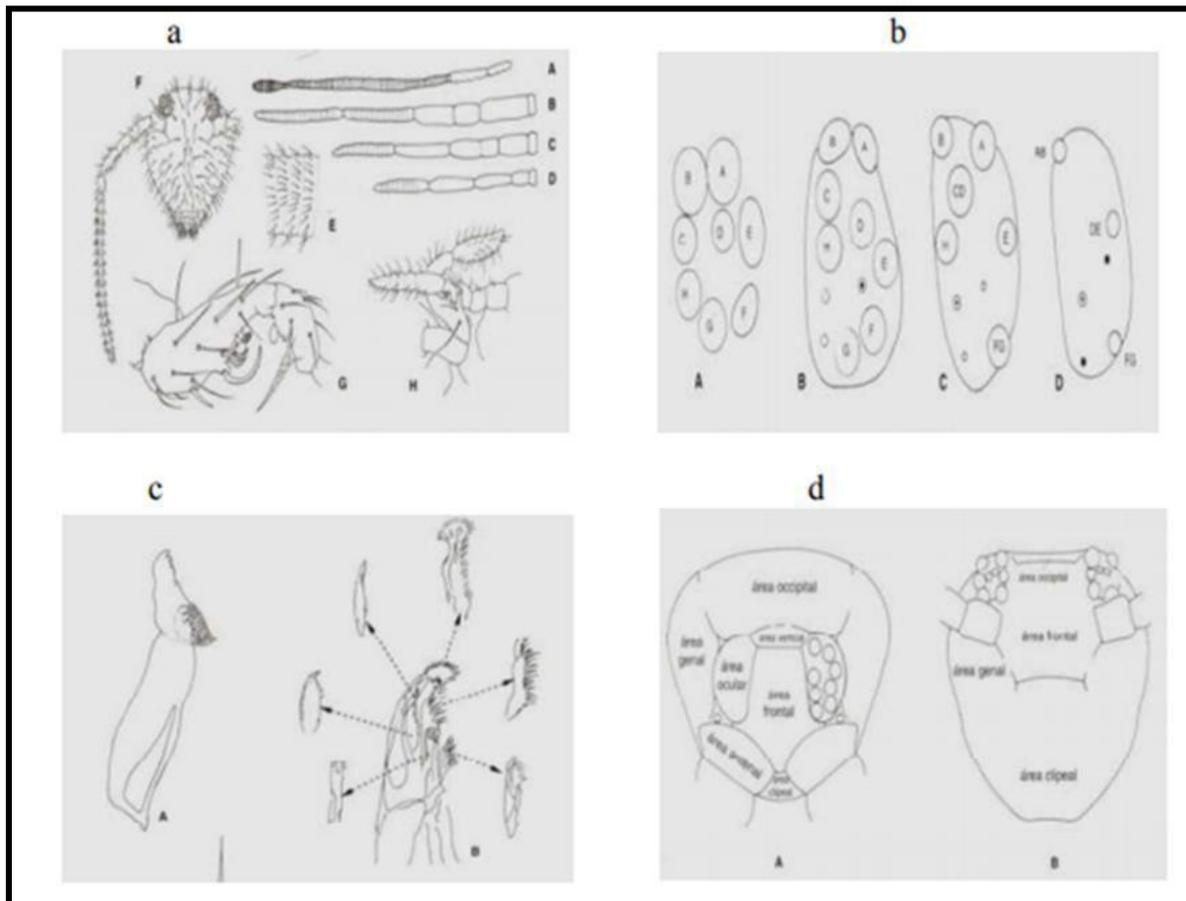
### **1.3- La région céphalique**

Sur la face dorsale de la tête on peut distinguer chez les Neanuridae quatre aires céphaliques: aire centrale, aire postérieure et deux aires latérales symétriques ; sur chacune d'elles sont représentées des groupes de soies ordinaires dont le nombre et la disposition sont d'une grande importance systématique pour l'identification des espèces (Deharveng, 1983). Yosii (1956), Da Gama (1969) cités par Hamra-Kroua (2005), Cassagnau (1974) et Deharveng (1983), ont établi une nomenclature basée sur le nombre et la disposition des soies.

Chaque soie est désignée par une lettre et un numéro :

- La série des soies dorsales d comprend les soies situées d'un côté et de l'autre de la ligne médiane dorsale.
- Les soies sd appartiennent à la partie sub-dorsale, dans la partie postérieure, il y a une ou deux soies v et deux lignes transversales c et p.

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



**Figure 6: Les antennes, la zone oculaire, l'aire céphalique et les pièces buccales des Collemboles (Jordana et al., 1997)**

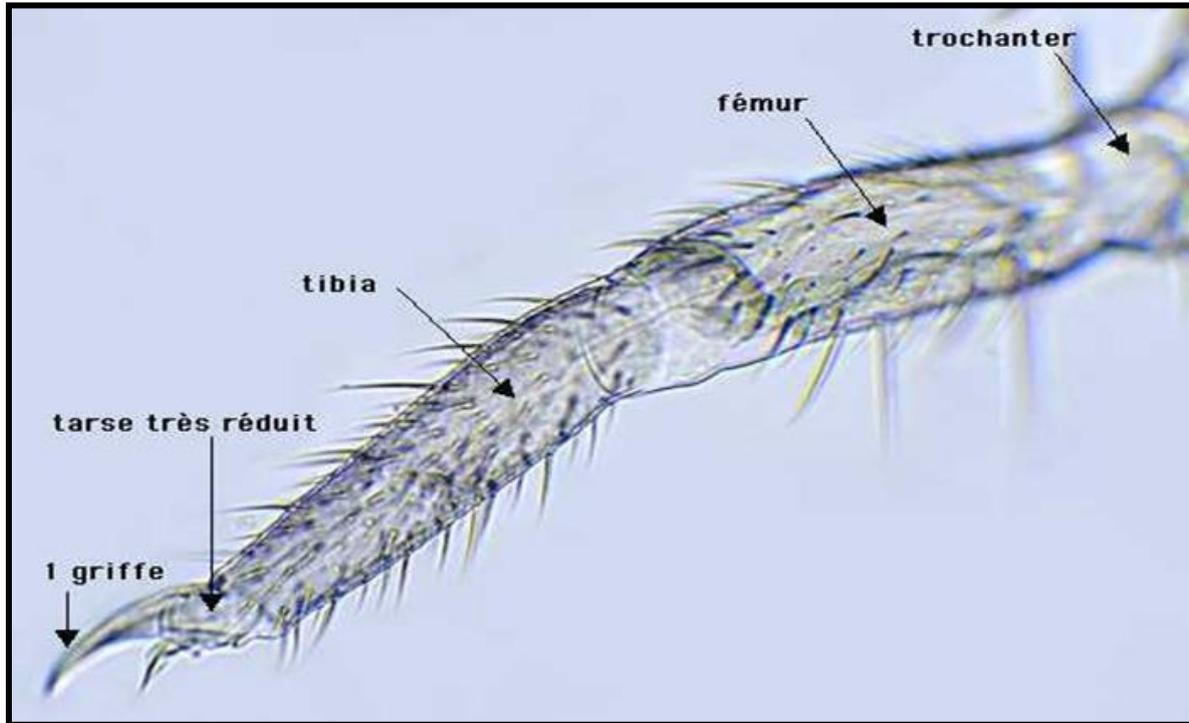
- a: Les différents types d'antennes des Collemboles;
- b: Aires oculaires des Collemboles;
- c: Aires céphaliques des Collemboles;
- d: Pièces buccales des Collemboles.

## 2- Corps et appendices

### 2.1- Thorax

Le thorax est constitué de 3 segments, le premier étant partiellement (Poduromorphes) ou complètement (Entomobryomorphes) régressé. Le développement et la courbure du premier tergite thoracique varie selon les espèces au sein des Entomobryoidea. Chaque

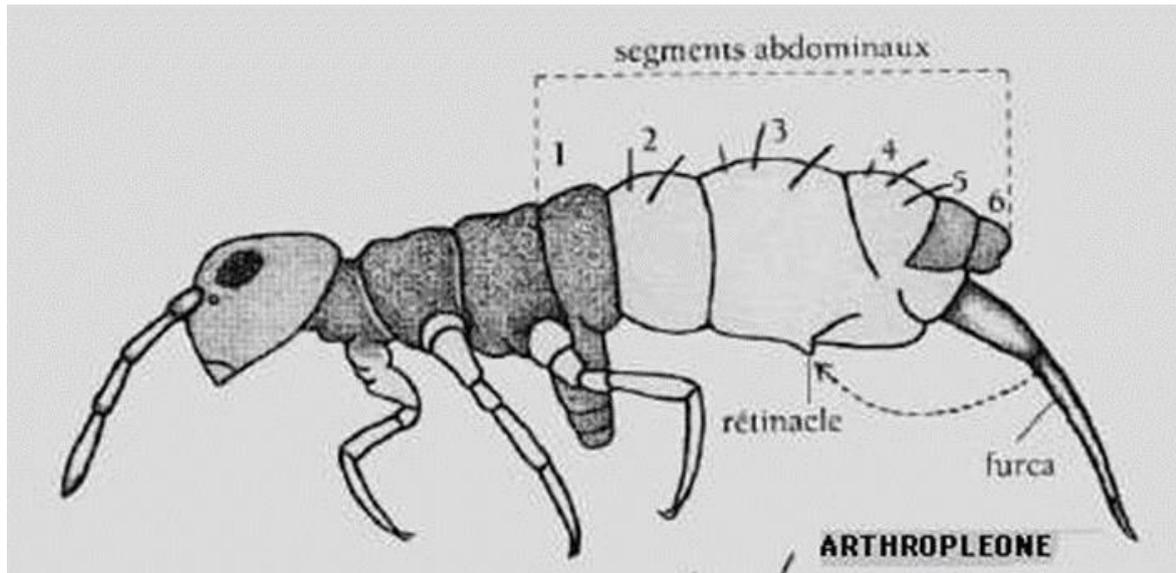
segment thoracique porte ventralement une paire de pattes, chacune des trois paires de pattes sont pourvues de 2 praecoxae, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibiotarse, d'un prétarse à nodule empodial et d'une griffe simple terminale.



**Figure 7 : Patte des Collemboles (*Isotoma*) (Bellinger & al., 2014)**

## 2.2- L'abdomen

L'abdomen comporte généralement 6 segments, mais la soudure des 2 ou 3 derniers tergites est fréquente chez les Isotomidae. Chez les Symphypleones et quelques Neanuridae, c'est tout ou presque tous les segments abdominaux qui peuvent se souder. La longueur relative des tergites est un caractère important au niveau supra-générique chez les Entomobryidae (Zoughailech, 2017)

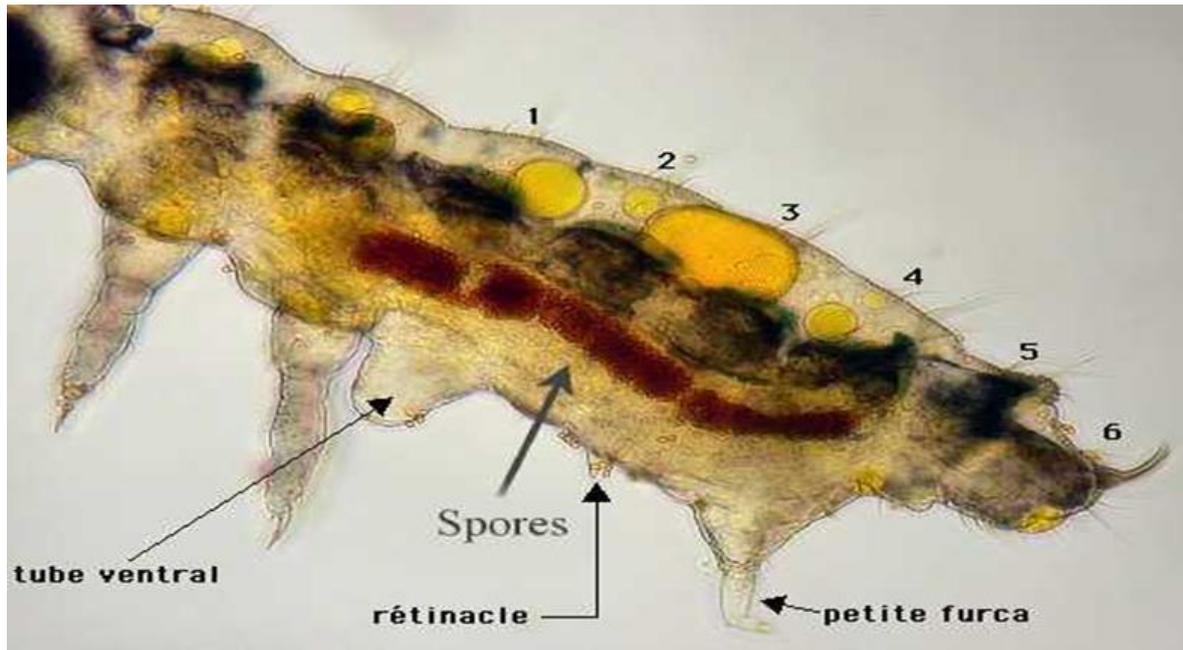


**Figure 8 : Schéma montrant les segments abdominaux chez les Collemboles (Bellinger & al., 2014)**

Certains segments portent des appendices ventraux spécifiques aux collemboles :

- Le premier segment de l'abdomen de tous les Collemboles porte un tube ventral qui joue un rôle extrêmement important dans l'équilibre électrolytique. Les vésicules de cet organe peuvent également être utilisées pour l'adhérence à des surfaces lisses (Pedigo, 1967).

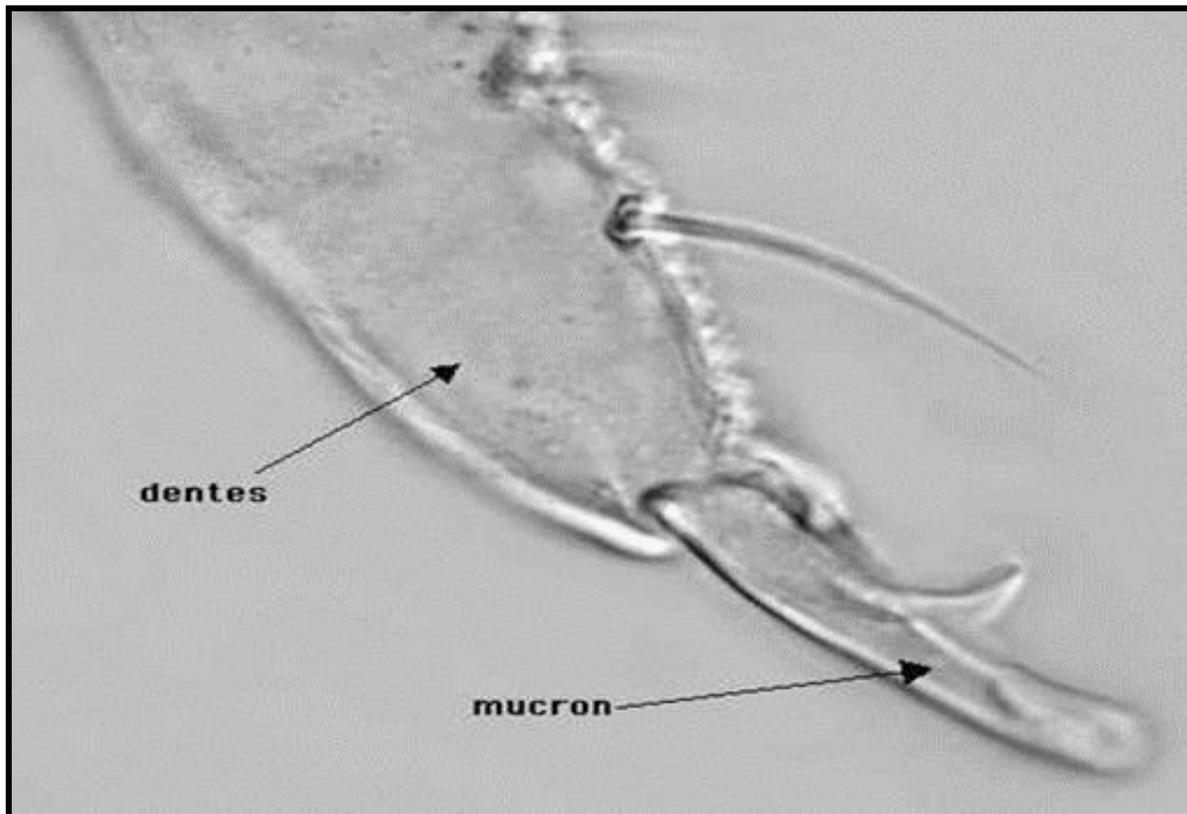
- L'organe de saut ou furca est l'un des caractéristiques propres aux Collemboles. Chez les espèces épigées, la furca est très bien développée, alors que chez certaines espèces euédaphiques vivant dans le sol, elle est très réduite ou complètement absente. La régression de cet organe est en général corrélée à la régression oculaire. L'origine de l'évolution de la furca est une paire d'appendices sur le quatrième segment abdominal. Celles-ci fusionnent pour former le manubrium (Eisenbeis & Ulmer, 1978). Les deux parties distales sont restées séparées et se sont développées pour donner deux dens. Chaque dens porte une courte griffe modifiée ou mucron à son extrémité. Le mucron des Collemboles qui vivent sur l'eau est souvent élargi en une petite palette qui l'empêche de briser la tension superficielle lors d'un saut. La position des soies sur la furca, la forme et le nombre de dents sur le mucron, sont des caractères très importants pour la taxonomie.



**Figure 9 : Les attributs abdominaux ventraux d'un Collembole Poduromorpha Hypogastruridae : tube ventral-rétinacle-furca (Bellinger & *al.*, 2014)**

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

- La furca est normalement maintenue en place par un crochet ou tenaculum (aussi appel rétinacle) sur la face ventrale du troisième segment abdominal. Le saut est réalisé par la flexion rapide de la furca à distance du corps. *Pogonognathellus longicornis* (Müller, 1776) et *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1842) ont un mécanisme de clic impliquant la contraction des muscles internes et la déformation des sclérites abdominaux.



**Figure 10 : Détail de la furca de Ceratophysella (Bellinger & al., 2014)**

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

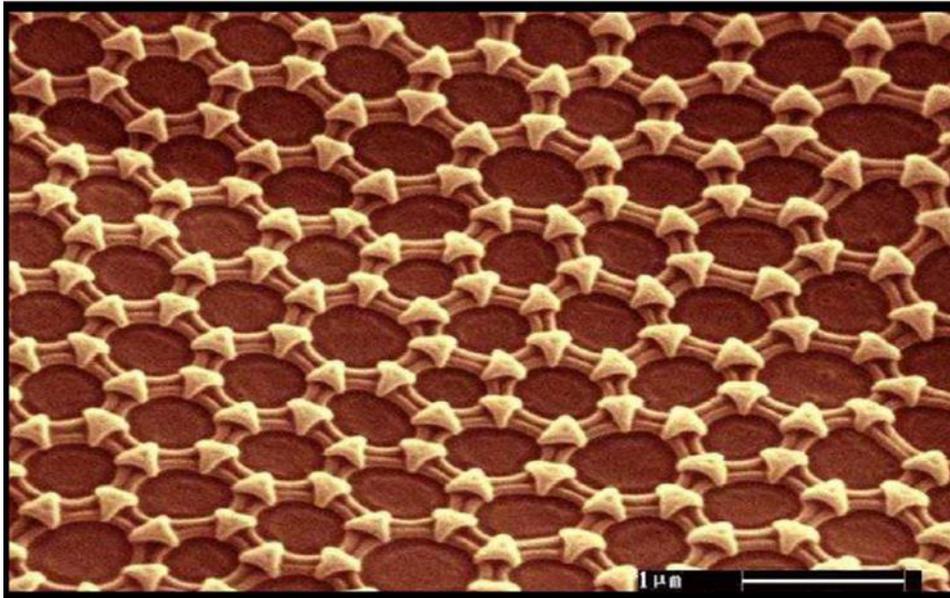
### **3- Anatomie externe**

#### **3.1- Le tégument**

L'épiderme est pourvu de pigments rouges vineux à bleu noir masquant éventuellement les pigments verts, jaunes ou oranges contenus dans les lipides du corps gras. Le pigment épidermique peut se disposer en taches à contours réguliers ou totalement disparaître ainsi que le pigment du corps gras. Le tégument est peu sclérifié, à épicuticule richement ornementée par évolution de granules de base. La cuticule peut être plus ou moins lisse ou granuleuse, la granulation est de trois types:

- Granulation primaire : granules de base groupés en rosettes de 6 éléments.

- Granulation secondaire due à l'hypertrophie ou à la soudure des premiers pour former des plaques réticulaires et les tubercules. Présence de soies de différentes formes, sensorielles et glandulaires, et des ouvertures glandulaires.
- Granulation tertiaire observée notamment chez les Neanuridae, qui résulte du regroupement des granules secondaires sur la face dorsale du corps et de la tête. Chaque granule tertiaire correspond à un tubercule élémentaire, structure utilisée dans la taxonomie de la lignée Neanurienne (Deharveng, 1983a). La chétotaxie (nombre et disposition des soies) de revêtement est d'une importance systématique fondamentale pour l'identification des espèces. Elle est faite de soies tactiles de densité variable, de soies spécialisées, d'écailles, de trichobothries et de sensilles.



**Figure 11 : Ultrastructure épicuticulaire basique chez les Collemboles Notez les aberrations pentagonales et heptagonales occasionnelles de la matrice hexagonale. Photo MEB (Borensztajn, 2001)**

### **3.2- Les soies, les sensilles, les trichobothries et les écailles**

Les soies des Collemboles sont développées, nombreuses et diversifiées. Elles ont été classées en quatre catégories : soies ordinaires, soies S (sensilles ou soies sensorielles), trichobothries et écailles (Massoud et Ellis, 1977).

#### **3.2.1- Les soies**

Une soie est une formation cuticulaire correspondant à la partie externe d'un organe sensoriel. Elle comporte une embase, une courte partie basale et une partie distale qui est la plus longue. La partie basale est plus large et dans laquelle on distingue un alvéole à son

point d'insertion, ce dernier est caractérisé par un amincissement de la cuticule qui lui permet sa mobilité et son action mécano-réceptrice sensorielle. Les soies présentent différents aspects. Massoud et Ellis (1977) ont proposé une classification et une nomenclature des phanères des Collemboles européens selon la structure ; la forme, et la taille.

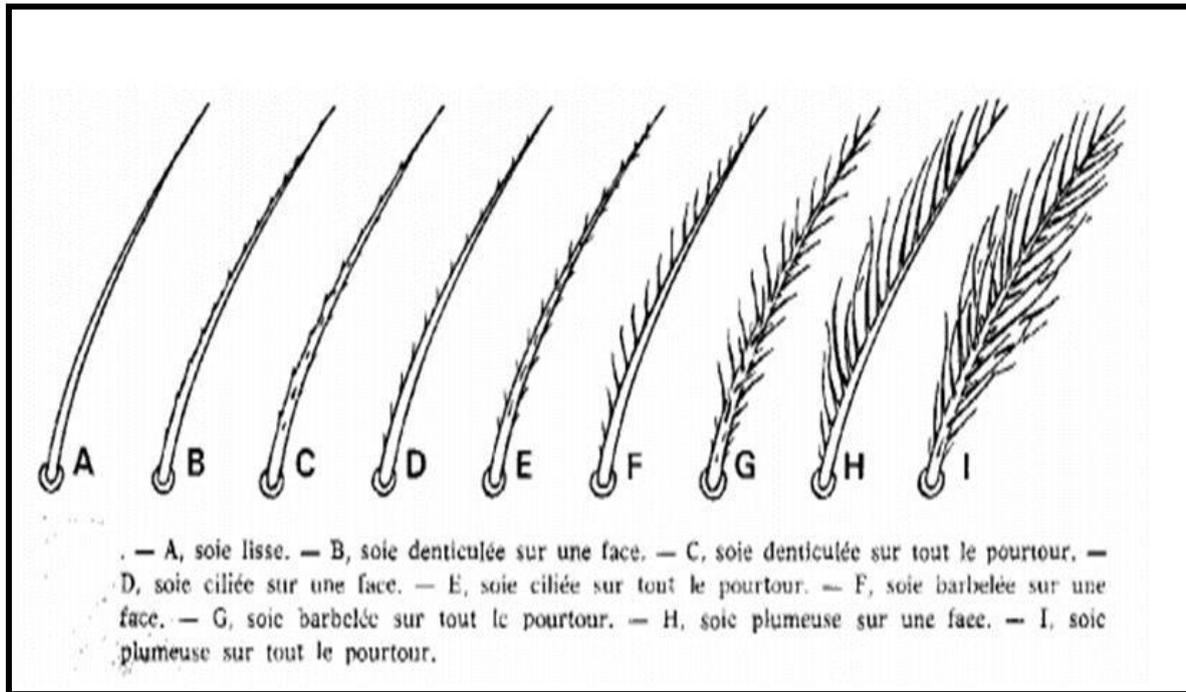


Figure 12 : Les soies selon la structure (Massoud et Ellis, 1977).



Figure 13 : *Heteromurus* sp., corps couvert d'écailles avec quelques franges de grandes soies notamment en avant du mésothorax (Bellinger et al., 2016)

### 3.2.2- Les sensilles

La sensille ou soie sensorielle ou encore S sensu (Deharveng, 1983 cité par Hamra-Kroua, 2005), est un organe constitué d'un complexe cellulaire qui comprend au moins trois

cellules (sensorielle, trichogène et tormogène) et une formation cuticulaire externe prenant des formes variées : soie, bâtonnet, plaque Massoud et Ellis (1977).

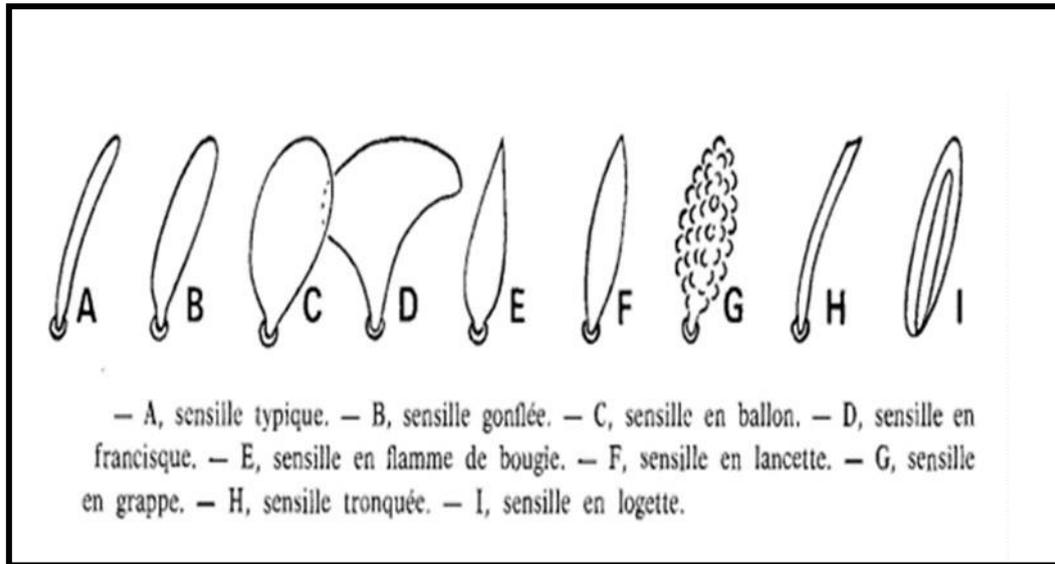


Figure 14 : Les sensilles (Massoud et Ellis, 1977).

### 3.2.3- Les écailles

Chez les Collemboles, l'écaille est un phanère aplati, très mince, généralement pourvu d'une embase enfouie dans le tégument. Ce sont probablement des soies transformées présentant un aspect laminé avec une fine ciliation superficielle, elles produisent des reflets métallisés chez quelques espèces de la famille des Entomobryidae (Fig.12). Elles présentent différents types selon les groupes et l'emplacement sur le corps. Elles peuvent être simples sans striations ou il peut y avoir la présence de stries longitudinales et transversales (Leblalta, 2009).

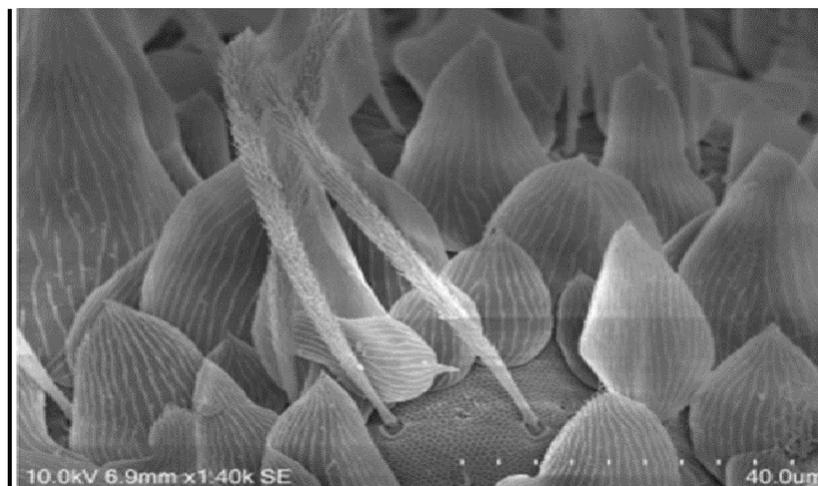


Figure 15 : Ecailles et soies d'*Heteromurus major* (Moniez, 1889)

### 3.2.4- Les trichobothries

Chez les Collemboles, les trichobothries sont des phanères en forme de très fins filaments lisses ou ciliés, d'épaisseur constante sur toute leur longueur. Elles sont constantes chez les Entomobryoidea, Tomoceroidea et Symphypléones, rares chez les Isotomidae (*Isotomurus*), absentes chez les Poduromorphes.

### 3.2.5- Epines

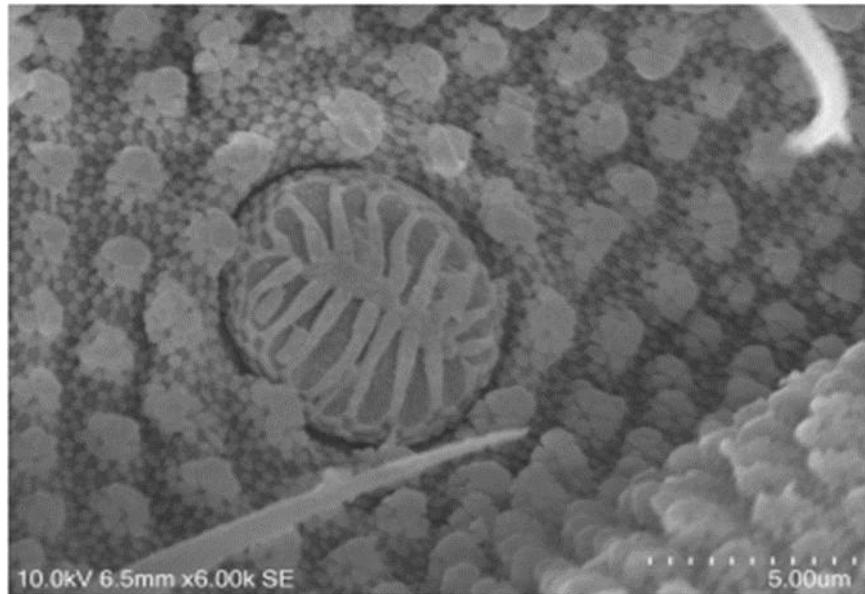
Certaines soies sont modifiées en épines. Les épines peuvent être longues et minces, ou épaisses et courtes, et sont parfois couvertes par de nombreuses petites épines (Palacios-Vargas 1984). Il est à noter que les épines anales présentes chez certains Odontellidae ne sont pas équivalentes aux épines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



**Figure 16 : « Epines anales » de *Superodontella tayaensis* de Guelma (Arbea et al., 2013)**

### 3.2.6- Pseudocelles

Les Onychiuridae possèdent de nombreuses structures circulaires sur la tête, le thorax, l'abdomen et les appendices qui sont connus sous le nom de «pseudocelles» (Pomorski 1998; Weiner 1996) (Fig.14). Lorsqu'ils sont irrités, ces Collemboles secrètent, grâce à des glandes situées sous les pseudocelles, un fluide (Rusek et Weyda 1981).



**Figure 17 : Pseudocelle de *Protaphorura armata* (Tullberg, 1869)**

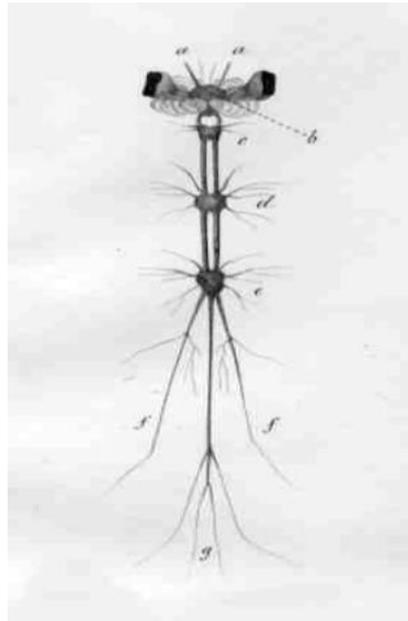
#### **4-Anatomie interne**

##### **4.1-Le système nerveux**

Le système nerveux comprend un complexe céphalique de ganglion supéroesophagiens (b) combiné avec les lobes optiques et un ganglion sub-oesophageal(c), qui forment le cerveau et plusieurs ganglions ventraux dont trois ganglions thoraciques. Chez les Symphypleona les ganglions prothoraciques et mésothoraciques sont fusionnés (Nicolet, 1842).

Les ganglions abdominaux sont fusionnés au ganglion métathoracique (Cassagnau & Juberthie cité par Vandel, 1970), qui s'étend habituellement dans le premier segment abdominal (Brauner1981, cité par Hopkin, 1997).

Les ganglions sont interconnectés longitudinalement par une paire de connecteurs latéraux. Le nerf médian de Leydig, impaire, passe d'un ganglion ventral à l'autre entre les connecteurs latéraux (Cassagnau et Juberthie) cité par Vandel, 1970).



**Figure 18 : Système nerveux de *Smynturus signatus* (=Allacma fusca) d'après (Nicolet, 1842)**

#### **4.2 - Le système digestif**

Le système digestif se compose d'un intestin antérieur, un intestin moyen élargi, et un petit intestin postérieur (Zoughailech, 2017).

Le tube digestif s'ouvre dans la cavité buccale de la capsule céphalique (Nicolet, 1842) Le canal intestinal tubulaire passe directement de la partie antérieure vers la partie postérieure sans aucune circonvolution (Nicolet, 1842). Le canal alimentaire consiste en un intestin antérieur plutôt étroit ou stomodeum, un intestin médian puissant (estomac, ventricules) ou mésentéron et un intestin postérieur étroit (caecum, rectum, intestin) ou proctodéum, l'intestin antérieur et l'intestin postérieur sont tapissés d'une cuticule qui se renouvelle à chaque mue (Thibaud, 1970). L'intestin moyen est couvert par des microvillosités épithéliales qui sont directement mises en contact avec la membrane péritrophique qui est sécrétée par un groupe de cellules postérieures situées entre l'intestin antérieur et l'intestin moyen (Hopkin, 1997).

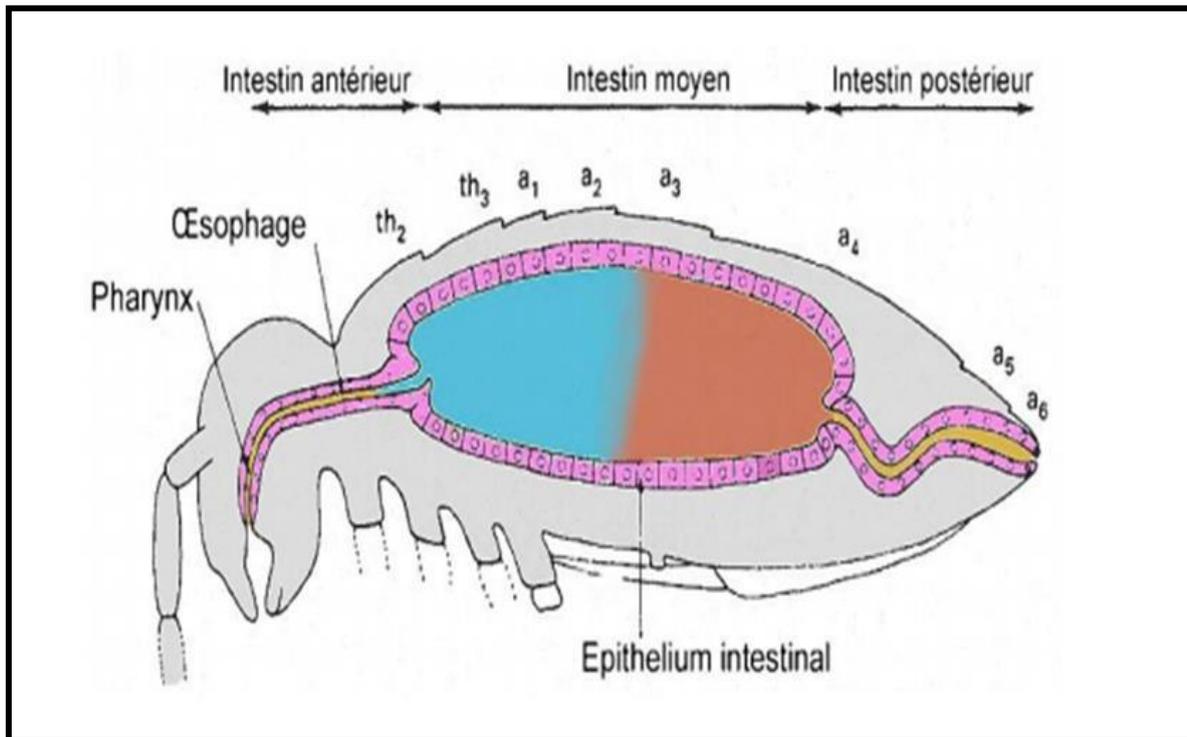


Figure 19 : Système digestif d'un collembole (Bellinger & *al.*, 2014)

#### 4.3- Le système respiratoire

La plupart des collemboles ont une respiration cuticulaire à travers un mécanisme de diffusion de gaz, dans lequel les vésicules de la collophore jouent un rôle important (Palissa, 2000).

Seulement chez les Actaetoidea et certains Symphypleona ont des trachées, qui forment un système ramifié de tubes (Hopkin, 1997) cité par (Brahim Bounab, 2016).

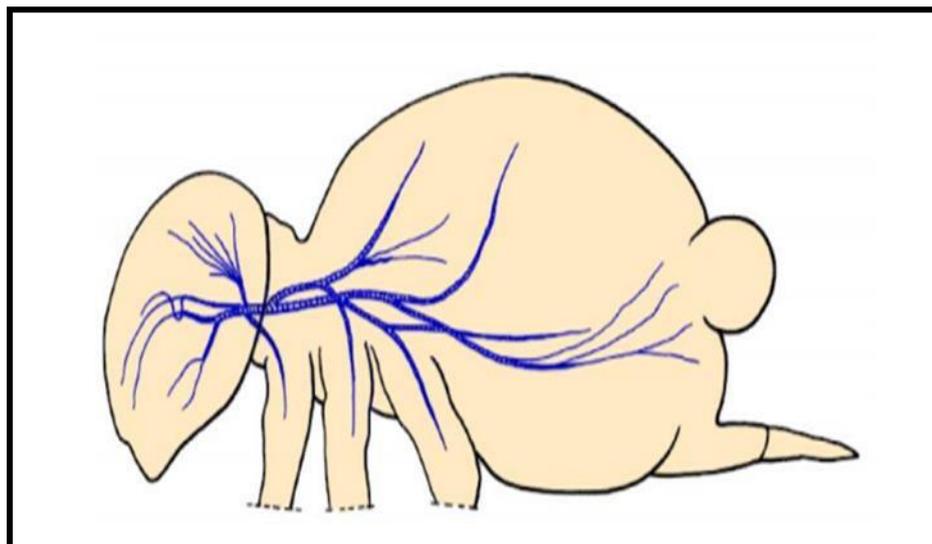


Figure 20 : Le système respiratoire (Bellinger & *al.*, 2014)

#### 4.4- Système circulatoire

Contrairement à la majorité des insectes, il paraît que les collemboles ont des organes circulatoires spécialisés pour pomper le sang dans les antennes (Hopkin, 1997).

La circulation de l'hémolymphe dans la cavité corporelle sont assurées par le vaisseau dorsal (de 60 à 160 pulsations par minute) (Nicolet, 1842).

#### 4.5- Système musculaire

Chaque segment thoracique et abdominal contient une paire ventrale et dorsale de muscles longitudinaux

Les segments mésothoraciques, métathoracique et abdominaux, comportent en outre une configuration de base de segmentation, intersegmentaire dorso-ventro-latérale des muscles quand la furca est présente, un autre muscle rejoint le quatrième segment abdominal pour permet le fonctionnement de la furca (Palissa, 2000).

#### 4.6- Le système endocrinien

Le système de neurosécrétion, qui stocke et libère la substance neurosécrétoire, est du type plus primitif, comme chez les Annélides; elle correspond à deux organes céphaliques suboesophagiens sans cellules sécrétrices appropriées (Juberthie & Cassagnau, 1971). Chez *Neanura*, *Tomocerus*, *Orchesella* et *Bourletiella*, les cellules neuroglandulaires qui produisent la neurohormone, sont situés dans la partie latéro-dorsale du protocérébron et dans la *parsinter cerebralis*, et dans le complexe ganglionnaire super oesophagien.

Le groupe des axones des cellules latéro-dorsales protocérébrales et neuroglandulaires forment le nerf *corporis cardiacus 1*. Les nerfs *corporis cardiacus 1* forment un chiasma: les cellules neuroglandulaires gauches sont reliées aux cellules droites et vice versa.

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

#### 4.7- Système excréteur

Chez les Collemboles, l'absence de tubes de Malpighi indique que le dépôt de minéraux dans l'épithélium de l'intestin moyen remplit une fonction d'excrétion. L'excrétion se fait par le renouvellement de l'ensemble de l'épithélium intestinal, qui se produit à chaque mue (Humbert, 1979) cité par (Brahim bounab, 2016)

Chez les Collemboles les glandes labiaux sont semblables aux glandes antennaires ou reins céphaliques des Crustacés Décapodes, qui possèdent un rôle excréteur incontestable. Ces

glandes ou reins labiaux comprennent un saccule terminal formé d'un épithélium aux cellules aplaties, un labyrinthe, long tube enroulé dont les cellules ont la même caractéristique que les cellules des tubes de Malpighi et un canal évacuateur (Raccaud- Schoeller, 1980) cité par (Leblalta, 2009)

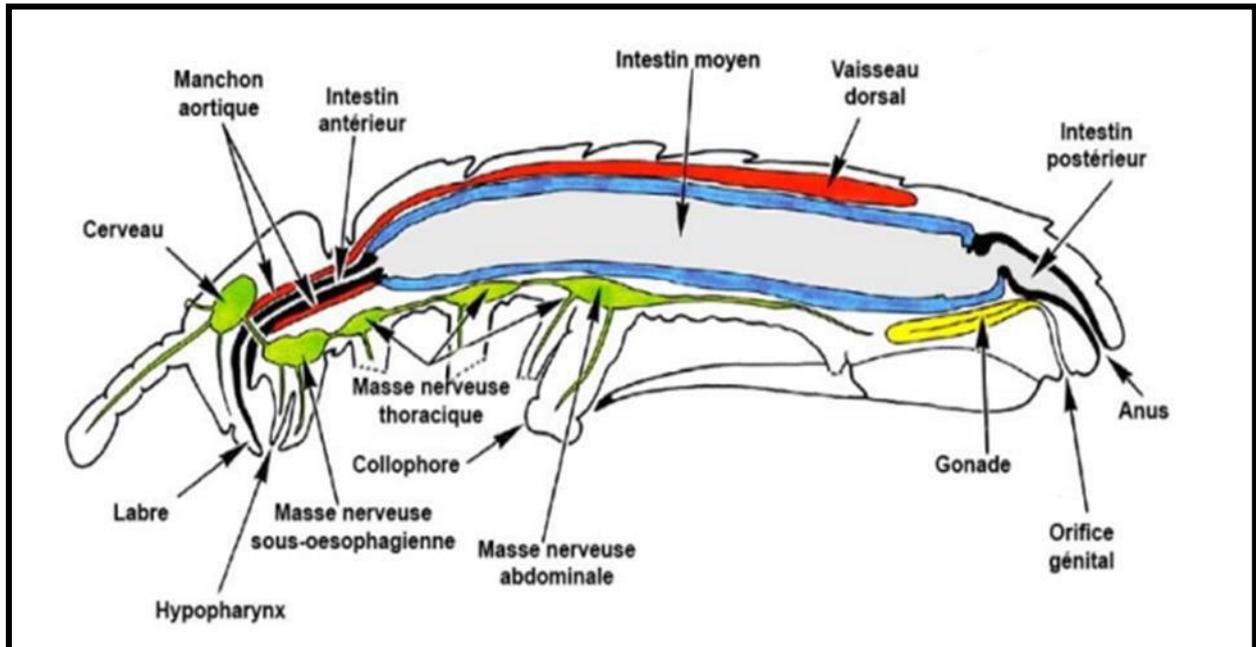
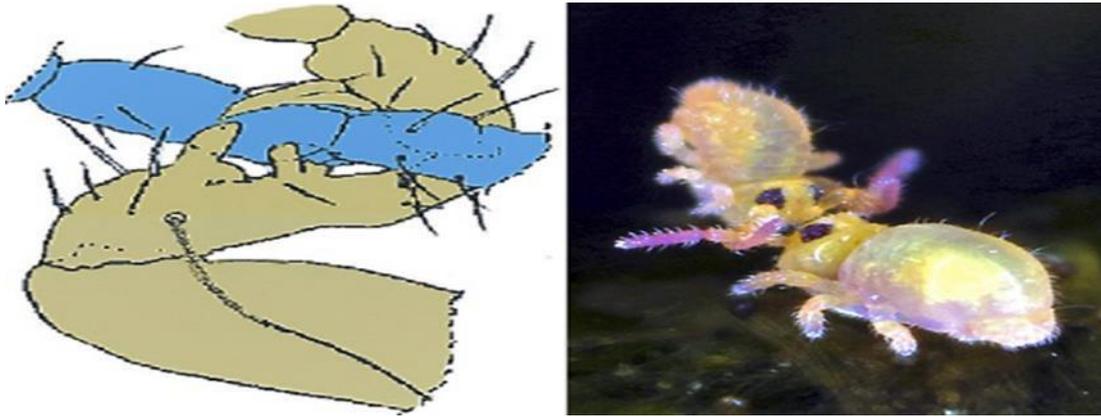


Figure 21 : Croquis repris à partir de « Le petit collembole illustré » (Sacchi, 2011)

## 5- Reproduction et développement

### 5.1- Reproduction chez les Collemboles

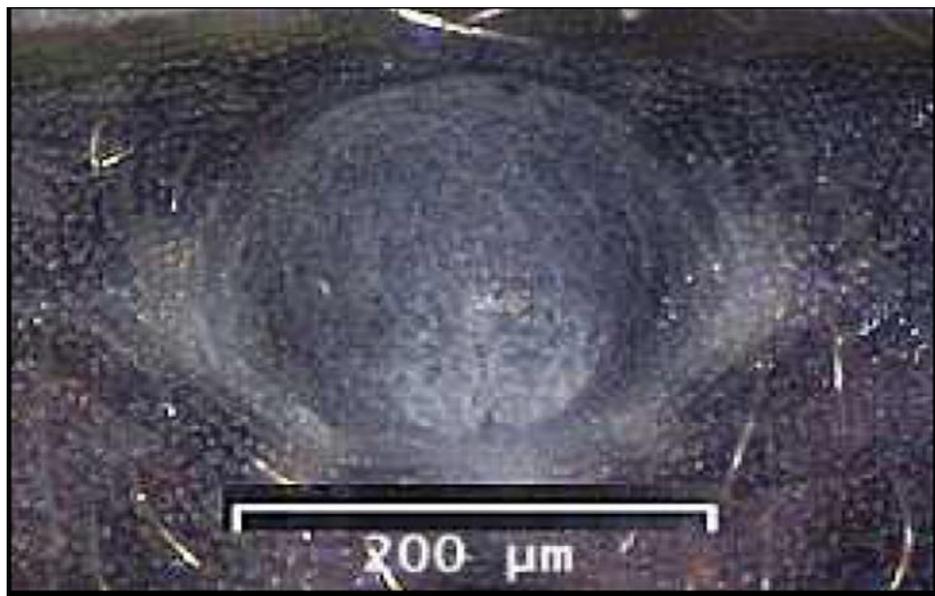
Les sexes sont séparés, En général, il n'y a pas de différence morphologique très importante entre les deux sexes, seule la forme des orifices génitaux diffère (Massoud, 1971). Cependant, chez certaines espèces de Symphypléones les males présentent des caractères sexuels secondaires sur les antennes et l'abdomen. Quant aux femelles elles portent des appendices anaux et des soies élargies. La reproduction se fait sans accouplement.



**Figure 22 : Schéma de la parade nuptiale des collemboles. La femelle portant le mâle par accrochage de leurs antennes (Bellinger & al., 2014)**

### 5.1.1- Appareil génital mâle

Les organes de la génération sont semblables dans les deux sexes (Lubbock, 1873). Chez les mâles, les spermatozoïdes sont produits à partir des testicules jumelés tubulaires, un de chaque côté de l'abdomen, qui sont unis en arrière pour former un canal déférent, qui s'ouvre ventralement entre l'anus et la base de la furca. (Lubbock, 1873).

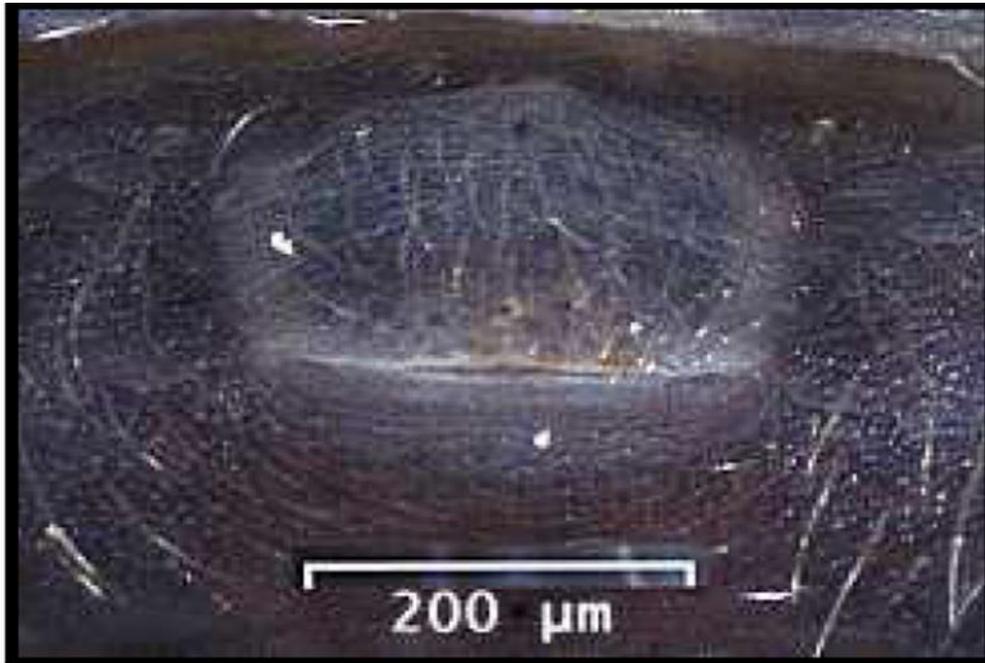


**Figure 23 : Orifice génital mâle de *Tetrodontophora bielensis* (Bellinger & al., 2014)**

### 5.1.2-Appareil génital femelle

Chez les femelles, les œufs sont produits à partir de paires de grands ovaires tubulaires, un ovaire de chaque côté de l'abdomen, qui sont en arrière unis pour former un vagin, qui s'ouvre le ventre immédiatement entre l'anus et la base de la furca (Lubbock, 1873).

Les ovaires ne sont pas composés d'ovarioles discrètes (Hopkin, 1997). Chaque ovaire est divisé en deux régions principales, le germanarium qui contient la chaîne-comme des amas de cellules germinales, et le vitellarium où la cellule centrale de chaque chaîne se différencie en un ovocyte et est nourrie par des cellules nourricières de chaque côté (Hopkin, 1997) cité par (Brahim Bounab, 2016).



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

### **5.1.2- La ponte**

Les œufs sont fécondés dans la femelle en utilisant le sperme stocké. La plupart des espèces passent deux à trois minutes pour pondre un œuf. Les œufs peuvent être pondus le plus souvent par paquet de 8 à 80 ou individuellement, dans le sol, la litière ou sur les œufs déjà déposés par d'autres femelles de la même espèce. En laboratoire, la capacité de ponte d'une femelle *Sinella curviseta*, par exemple, atteint en moyenne 8 dépôts de 50 œufs, soit 400 œufs au cours de son cycle de vie. Après la ponte, les œufs sont soumis à une forte prédation, y compris par les collemboles eux-mêmes.

### **5.1.3-L'œufs**

Les œufs sont sphériques, d'un diamètre moyen de 0,1 à 0,3 mm, avec une paroi lisse ou ornementée selon les taxa. Les œufs sont parfois enrobés d'excrément comme chez les *Dicyrtomina* (Dicyrtomidae) pour résister à la dessiccation du biotope. Les œufs de certaines

espèces, surtout épigées, sont des formes de résistance pour passer les périodes climatiques difficiles (Thibaud & D'Haese, 2010).



Figure 25 : Œufs d'*Isotomurus sp.* Montrant la tache oculaire (Van Duinen, 2017)

## 6- Développement

### 6.1 -Développement embryonnaire

Les œufs sont pondus soit isolément (Entomobryomorphes, Symphypléones), soit en groupes dans de petites cavités du substrat (majorité des cas), soit, chez des espèces à fort effectif, en pontes collectives pouvant rassembler plusieurs milliers d'œufs (Isotomidae, Hypogastruridae). Chez les Symphypléones, la tendance à un mode de vie épigée (atmobios) entraîne l'enrobage des œufs par la femelle à l'aide d'excréments. Le développement de l'œuf est court chez la plupart des formes édaphiques mais chez les épigés, les œufs d'hiver peuvent voir leur développement différer pendant plusieurs mois. Il est vraisemblable que ces arrêts correspondent à des diapauses embryonnaires, mais il faut avouer que nous manquons de données dans ce domaine. Quant à la durée du développement embryonnaire lui-même, il est bien entendu conditionné par l'optimum thermique intrinsèque de l'espèce et la température extérieure. Krzysztofowicz & Kisiel (1986) donnent pour l'Onychiuridae *Tetodontopora bielensis* en conditions naturelles un chiffre de six mois (de novembre à avril). Les Isotomidae édaphiques semblent avoir les développements les plus rapides: une

semaine chez *Isotomurus palustris* à 25°, 8 à 9 jours à 26° chez *Folsomia candida* (Snider & Butcher 1973). Les Neanurinae semblent avoir les développements les plus lents.

## 6.2- Développement post-embryonnaire

Les Collemboles sont des « amétaboles », c'est-à-dire qu'ils ne subissent pas de métamorphose. De l'œuf sort un jeune, le 1er stade, presque identique morphologiquement à l'adulte, mais plus petit. Selon les espèces, il continuera à grandir pendant 2 à 12 mues juvéniles pour parvenir à la maturité sexuelle, puis continuera à muer sa vie durant. La chétotaxie se développe petit à petit par addition de soies à chaque mue juvénile jusqu'au stade adulte. La durée du développement post-embryonnaire est très variable selon les espèces et les conditions du milieu : de 1 semaine jusqu'à 5 mois, en général de 1 à 2 mois. La croissance linéaire est discontinue, puisqu'elle est conditionnée par les mues alors que la croissance pondérale est plus continue (Arvernsis, 2010).

## 6.3-Cycle vital, longévité

Le cycle vital, c'est-à-dire la durée de vie allant de l'œuf à l'œuf est, selon les espèces, de 2 mois à 1 an. La longévité est, selon les espèces, de 3 mois à 3 ans. Ces durées sont de plus en plus longues au fur et à mesure que l'on passe des espèces épigées aux espèces hémiedaphiques, puis aux espèces troglobies. Signalons que les Collemboles, comme de nombreux autres Arthropodes, stockent de moins en moins d'eau et de plus en plus de graisse dans leurs tissus au fur et à mesure de leur croissance et de leur vieillissement.

## 6.4 -Cycle d'intermue des adultes

L'existence de mues chez l'adulte est un caractère primitif que les Collemboles partagent avec les autres « Aptérygotes » et avec certains Myriapodes, Arachnides et Crustacés. Lors de ces mues adultes, ni la taille, ni la morphologie ne changent, sauf dans les cas d'épitoquie (Thibaud et D'Haese, 2010). La durée du CIM, période allant de la mue  $n$  à la mue  $n+1$ , varie, selon les espèces, de 4 jours à 2 mois, en général de 1 semaine à 1 mois. Durant sa vie adulte un Collembole peut muer une vingtaine à une soixantaine de fois selon les espèces et les conditions du milieu. Chaque intermue peut se diviser en 3 périodes :

- Première période de jeûne, courte (1jour), juste avant l'exuviation, le nouveau mésentéron n'étant pas encore fonctionnel
- Période d'alimentation, beaucoup plus longue (26 à 30 jours), le mésentéron étant alors fonctionnel

- Deuxième période de jeûne (3 à 7 jours), correspondant à la dégénérescence du vieux mésentéron et à la formation de la nouvelle cuticule et du nouveau mésentéron.

Ceci explique pourquoi les Collemboles ont une alternance régulière de périodes de jeûne et de périodes d'alimentation et, ce, durant toute leur vie. Ceci est important en écologie, car un Collembole doit donc être considéré comme « inactif » dans le système saprophage pendant près de 20 à 30% de sa durée de vie

Ce phénomène n'est pratiquement jamais pris en considération dans les études d'écologie globale... Les Isotomidae semblent avoir les CIM les plus courts, puis les Hypogastruridae et les Entomobryidae, ensuite les Tomoceridae et, enfin, les Neanuridae et les Onychiuridae dont les CIM sont aussi les plus divers en durée (Fiellberg, 1976).

## **7- Adaptations des Collemboles**

### **7.1- Adaptations morphologiques**

#### **7.1.1-Ecomorphose**

Sous certaines conditions climatiques, hautes températures et basse hygrométrie, surtout au printemps dans les régions méditerranéennes, certaines espèces d'Hypogastruridae et d'Isotomidae peuvent avoir une activité nutritionnelle et respiratoire réduites lors d'un ou plusieurs stades juvéniles. Ils développent alors des modifications morphologiques et chétotaxiques, comme une régression des pièces buccales et du mucron, et un développement d'épines surnuméraires sur leur abdomen. Ils présentent aussi des modifications internes, telles une atrophie du tube digestif et des gonades, et une accumulation de corps gras et de granules d'excrétion. Cette crise métabolique temporaire est déclenchée par l'inhibition des corpora allata à produire de l'hormone juvénile. Cette absence plonge l'organisme de ces formes, essentiellement cryophiles, dans un contexte physiologique qui leur permet alors d'échapper aux vicissitudes de la saison chaude et sèche. Toutes ces modifications sont réversibles à la fin de l'écomorphose (Thibaud et D'Haese, 2010).

#### **7.1.2-Epitoquie**

Quand certains de ces changements, tels réductions du mucron et des épines anales, réduction ou agrandissement de certaines soies, se produisent en lien avec le cycle reproducteur, on parle alors d'épitoquie. Le nom d'épitoquie nom donné par Bourgois et Cassagnau (1973) cités par Hamra-Kroua (2005).

### 7.1.3-Cyclomorphose

Quand certains de ces changements se produisent au cours d'un cycle saisonnier, on parle alors de cyclomorphose. Ceci surtout chez des espèces cryophiles d'*Isotoma* (Isotomidae) qui présentent alors une forme d'été et une forme d'hiver. Un même individu peut passer à travers 2 ou 3 stades et présenter 3 différents morphes, ou « formes » : A active, B active, puis transition vers C cyclomorphique (Fiellberg, 1976).

## 7.2. Adaptations physiologiques aux facteurs du milieu

### 7.2.1- Adaptation au froid

Les Collemboles possèdent d'intéressantes propriétés leur permettant de peupler des régions et des habitats particulièrement froids (Zoughailech, 2017).

La limite de résistance des collemboles varie beaucoup avec les espèces. La plupart ne bougent plus ou meurent en dessous de 0°C, ne survivant que sous forme d'œufs ; d'autres s'enfoncent dans la profondeur du sol.

Il y'a des espèces de Collemboles adaptées à la température très basse tel *Anurophorus subpolaris* qu'on peut retrouver à -50°C au pôle sud (Wise, 1965) cité par (Zoughailech, 2017).

### 7.2.2- Adaptation à la dessiccation

En saison sèche, les Collemboles font face au déficit hydrique du milieu par le phénomène d'anhydrobiose qui est une adaptation spéciale à la dessiccation, c'est le cas de certaines espèces de Brachystomellidae (*Brachystomella parvula*) et d'Isotomidae (*Folsomides parvulus* et *Isotomurus palustris*), ces dernières fabriquent des « logettes » et peuvent se « dessécher » plusieurs mois et reprendre ensuite leur activité si le milieu se réhydrate (Thibaud et D'Haese, 2010).

### 7.2.3- Adaptation à l'inondation

Quand le milieu édaphique est saturé par une nappe liquide, la plupart des espèces sont refoulées vers la surface. Cependant certains individus demeurent en profondeur et résistent aux conditions de vie subaquatique. La survie de ces organismes est liée à la teneur en oxygène dont ils disposent en profondeur. Les individus enfermés dans des bulles d'air conservent une respiration de type terrestre adaptée aux basses tensions en oxygène (Zinkler et Rusbeck, 1986).

#### 7.2.4- Adaptation aux milieux halophiles

Les espèces des milieux halophiles aussi bien de type interstitiel qu'atmosphère semblent capables de réguler la concentration de leur milieu intérieur par rapports aux fluctuations des concentrations de l'eau de mer et même de supporter quelques temps le contact de l'eau douce, lors de pluies par exemple. Chez *Anurida maritima*, l'accroissement de l'énergie nécessaire à l'osmorégulation pourrait tirer son origine de l'élévation de la température du corps favorisée par l'activité diurne et la couleur bleue sombre des animaux (Cassagnau, 1990) cité par (Amri, 2006)

#### 7.2.5- Adaptation aux milieux humides

Généralement Les collemboles sont très hygrophiles, ils préfèrent les milieux humides mais il en qui grimpent aux plantes, qui vivent dans les habitations (*Lepidocyrtinus domesticus*), ou même que l'on rencontre sur des rochers très secs (*Entomobrya pulchella*). Sont physiquement adaptées à leur habitat. Ces derniers ont souvent le corps recouvert d'écailles ou de soie, ce qui permet de réduire les pertes en eau. Chaque espèce de collembole a son humidité préférentielle (Kuhnelt, 1961) cité par (Zoughailech, 2017).

#### 7.2.6- Adaptation aux milieux extrême le « cavernicole »

En Europe, sur près de 2.000 espèces de Collemboles connues, 15% environ peuvent être considérées comme troglobies, c'est-à-dire vivant exclusivement dans les grottes, et 13% environ comme trogliphiles ou guanobies, c'est-à-dire vivant soit dans les grottes ou le guano des grottes, soit à l'extérieur. Citons quelques espèces parmi les troglobies les plus spectaculaires : - Hypogastruridae : *Ongulogastrura longisensilla* d'une grotte froide d'altitude des Pyrénées-Atlantiques (France) ; *Bonetogastrura balazuci* d'une grotte d'Ardèche (France). - Onychiuridae : *Ongulonychiuru scolpus* d'un gouffre froid d'altitude des Picos de Europa (Espagne). - Entomobryidae : *Bessoniella procera* de deux grottes des Pyrénées-Atlantiques (France) ; *Verhoeffiella longicornis* des grottes du karst Dinarique (Croatie). - Tomoceridae : *Tritomurus falcifer* de grottes de Haute-Garonne (France) ; *Tomocerus problematicus* de grottes des Pyrénées Centrales (France). - Arrhopalitidae : *Arrhopalite sboneti* de grottes d'Espagne.

Les espèces troglobies présentent un certain nombre de caractères morphologiques dits « troglomorphes » : dépigmentation et régression oculaire, allant souvent jusqu'à l'anophtalmie. Mais ces deux caractères se rencontrent aussi chez certaines espèces édaphiques. On observe également un allongement spectaculaire de leurs appendices :

antennes, pattes, et surtout de leurs griffes, et de leurs sensilles. Cependant, comme chez de nombreux autres Arthropodes, la seule connaissance de l'habitat et l'examen de la morphologie ne permettent pas de faire une distinction nette entre les espèces troglobies et les autres. Seule une connaissance précise de la Biologie et de l'Ecophysiologie des espèces permet de les classer (Thibaud, 1986) cité par (Arvensis, 2010).



**Figure 26 : *Neelus murinus*, moins de 0,5 mm (Bellinger & al., 2014)**

## **8- Ecologie des Collemboles**

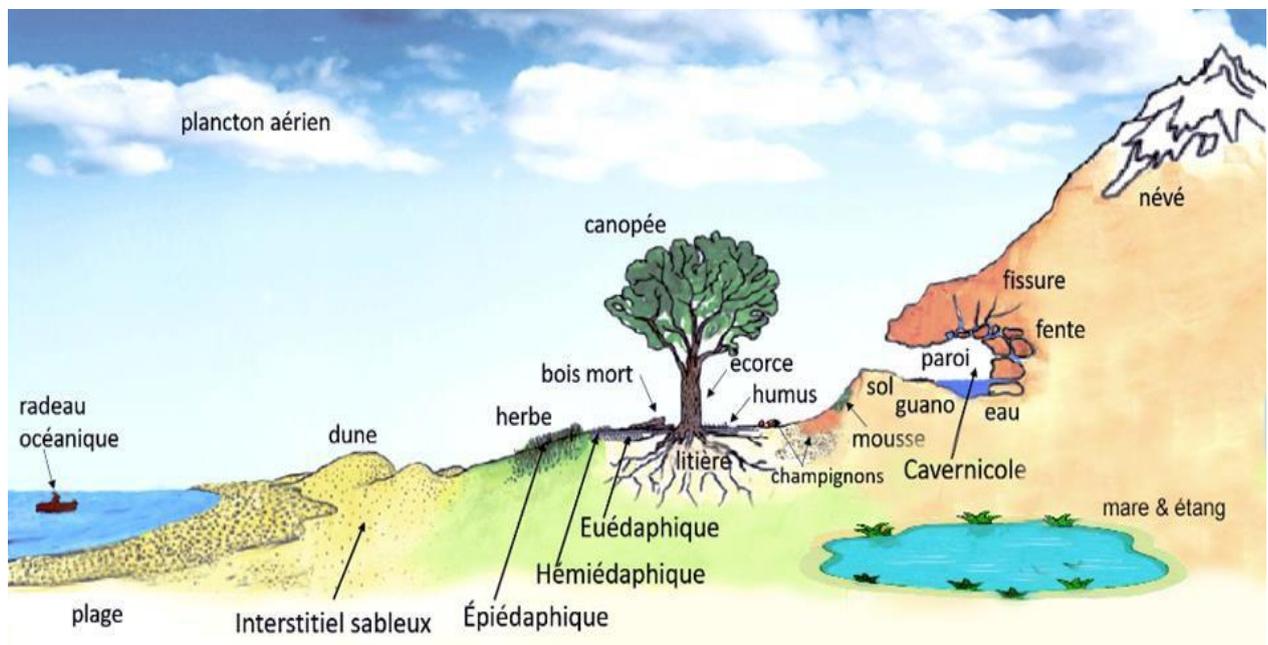
### **8.1- Habitats et formes de vie**

Les Collemboles ont envahi tous les biotopes terrestres de notre planète. On les rencontre ainsi des bords de mer jusqu'aux neiges éternelles à plus de 7.700 m et même en Antarctique. Ils sont présents sous tous les climats et sous toutes les latitudes. Ils vivent le plus souvent en forêt dans la litière, l'humus, les premiers centimètres du sol et dans la végétation. Certains se sont adaptés à la vie cavernicole, d'autres à la vie dans l'interstitiel sableux et dans les déserts. Certains Entomobryoides et Symphypléones se sont « émancipés » du sol humide et ont envahi le milieu épigé aérien

On peut distinguer les :

- épiédaphiques, vivant au-dessus du sol, sur la végétation : Entomobryoides et Symphypléones. Ils sont bien pigmentés, avec yeux, antennes, pattes et furca bien développés. Ces biotes occupent aussi la canopée, où ils sont, ici encore, l'un des groupes dominants (6 à 7 %).

- hémiedaphiques, vivant dans la litière et les premiers centimètres du sol (humus) : Poduromorphes (ex. type les Hypogastrura) et Isotomides. Ils présentent des caractères morphologiques intermédiaires entre les précédents et les suivants.
- euédaphiques, vivant dans le sol profond : Onychiurides. Ils sont dépigmentés, avec yeux, antennes, pattes et furca réduits et, même souvent absents pour les yeux et la furca.
- interstitiels sableux, vivant dans les sables littoraux et continentaux : Certaines espèces d'Hypogastruridae, de Neanuridae, de Tullbergiidae, d'Isotogastruridae et d'Isotomidae. Ils sont pochant des euédaphiques, et sont donc dépigmentés, avec des appendices assez courts, très souvent sans yeux et sans furca. Mais ils possèdent un corps souvent très souple leur permettant de s'insinuer entre les grains de sable sans en démolir la structure.
- troglobies, ou cavernicoles « vrais », vivant exclusivement dans les grottes : Les espèces des genres *Bonetogastrura*, *Typhlogastrura*, *Ongulogastrura*, *Ongulonychiurus*, *Bessoniella*, *Tritomurus*, *Verhoeffiella*, *Troglopedetes*, *Pseudosinella*, *Arrhopalites*. Ils sont eux aussi dépigmentés et sans yeux, mais avec des appendices souvent allongés et les griffes des pattes et les sensilles très longues et fines. Cependant, leur adaptation à la vie cavernicole est surtout biologique et écophysiological, comme nous le verrons plus loin (Arvernsis, 2010).



**Figure 27 : Schéma de la diversité des biotopes dans lesquels évoluent les collemboles (Bellinger & al., 2011)**

## 8.2- Régime alimentaire

Ils sont, pour la plupart, polyphages principalement détritivores. Ils se nourrissent de débris organiques parenchyme foliaire, bois en décomposition, excrément et cadavre d'animaux, et surtout de pollens, d'Algues, de mycélium et spore de Champignons et de Bactéries.

Certaines espèces, spécialement les troglobies, sont limivores : elles absorbent des limons argileux, enrichis par des Bactéries et des Champignons en substances azotées et en facteurs de croissance. De rares espèces sont carnivores, telles des *Friesea* et des *Metisotoma*. Ils mangent ainsi des Nématodes, des Tardigrades et des Rotifères (Arvernsis, 2010)

Ou même des prédateurs. Chez *Sinella coeca* et *Sinella pouadensis*, l'adulte mange ses propres œufs, même s'il y a assez de provisions (Thibaud, 1970).

## 8.3- Rôles écologique des collemboles

Les collemboles jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique, contribuant à l'équilibre écologique de la microfaune en permettant la dissémination et la régulation des populations de champignons et de bactéries. Indispensables à la circulation des nutriments vitaux pour les plantes (Arvernsis, 2010)

Ce sont aussi des « fragmenteurs » secondaires qui réduisent peu à peu la taille des éléments organiques soit directement, soit par l'intermédiaire des déjections des fragmenteurs primaires (Isopodes, Diplopodes, larves d'Insectes). Sous l'action microbienne, leurs milliards de crottes ou fèces diffusent dans les sols des nutriments organo-argileux indispensables au développement de la végétation... et donc aussi du notre (Arvernsis, 2010)

Les collemboles jouent toujours un rôle non négligeable en tant que marqueurs écotoxicologiques, comme par exemple *Folsomia candida* qui possède, entre autres, la particularité de bien se reproduire en laboratoire. En outre, le développement, la biologie et la reproduction de cette espèce ont fait l'objet de nombreuses études. C'est cette bonne connaissance que les scientifiques ont de ce dernier qui a conduit à en faire une espèce "standard". Utilisé dans de nombreuses expériences, il a conduit à l'établissement de la norme ISO 112674 qui détermine la qualité d'un sol en fonction de l'inhibition à la reproduction de cette espèce (Anonyme, 2011).

#### **8.4- 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 Grégarines et des Nématodes. (Thibaud, 1970) cité par (Arvernsis, 2010)

### **9- Influence des facteurs du milieu sur la vie des Collemboles**

#### **9.1- Température**

Températures létales inférieures sont en général de -1 à - 4°C, mais parfois de - 10°C. Il faut souligner que tous les Collemboles sont intolérants à la congélation et, pour surmonter les périodes de gel, les individus abaissent leur point de congélation en maintenant leur milieu intérieur en l'état de « Pour les œufs, les jeunes et les adultes des espèces de Collemboles européennes : Les surfusions », c'est-à-dire à l'état liquide, afin d'éviter la formation de cristaux de glace pouvant endommager leurs tissus. Certaines espèces d'Onychiuridae et d'Isotomidae, vivant sur le continent Antarctique *Cryptopygus antarcticus*, au Spitzberg ou sur les glaciers, peuvent abaisser leur point de congélation jusqu'à - 30°C et ceci grâce à la production d'un « agent antigel » dans leurs tissus. Les températures létales supérieures vont de 25 à 30°C, selon les espèces, mais pour certaines, plus rares, jusqu'à 50°C. En Europe, l'optimum thermique va de 8 à 16°C. Sous les Tropiques, l'optimum thermique est plus élevé, il va de 22 à 32°C. Les Collemboles sont donc des animaux plutôt eurythermes, c'est-à-dire à assez large tolérance thermique. Les durées du développement et du CIM des adultes diminuent au fur et à mesure que la température augmente et, ce, jusqu'à la température létale supérieure (Arvernsis, 2010)

#### **9.2- Humidité**

L'optimum hygrométrique pour les Collemboles est de 90 à 100% d'Humidité Relative de l'air (HR). Ce sont donc des animaux sténogobies, c'est-à-dire à faible tolérance au déficit hygrométrique de l'air. Rappelons que la majorité des espèces de Collemboles ont

une respiration cutanée. Cette perméabilité cuticulaire permet donc les échanges respiratoires et facilite les transferts hydriques corporels.

Seuls les Entomobryomorphes Actaletidae et la plupart de Symphypléones ont un système respiratoire trachéen, une cuticule et une hémolymphe spéciale, ce qui leur a permis de vivre hors du sol dans la strate aérienne herbacée. La plupart des Collemboles édaphiques répondent au dessèchement du substrat seulement après le point de flétrissement permanent ( $pF = 4,2$ ) : Ce sont donc des animaux eurydrobies. Ils fuient le substrat avant que le point d'hygroscopie maximale ne soit atteint, c'est-à-dire après le départ de l'eau capillaire et au moment où il règne encore dans les interstices du substrat une HR de l'air de près de 100%. C'est l'impossibilité pour ces animaux d'utiliser l'eau du substrat qui détermine leur fuite. Même soumis à un fort dessèchement le sol en profondeur constitue donc toujours un excellent milieu protecteur grâce à ses réserves hydriques utilisables par ces biotes. Les Collemboles du sol sont donc plus aptes à lutter contre la dessiccation que ne le pensaient les anciens auteurs. Il ne faut pas confondre en effet « résistance au dessèchement du substrat » et « résistance à un déficit hygrométrique de l'air ambiant ». Enfin, certaines espèces de Brachystomellidae (*Brachystomella parvula*) et d'Isotomidae (*Folsomides parvulus* et *Isotomurus palustris*) développent une adaptation spéciale à la dessiccation, l'anhydrobiose. Ils fabriquent des « logettes » et peuvent se « dessécher » plusieurs mois et reprendre ensuite leur activité si le milieu se réhydrate (Arvernsis, 2010).

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

### 9.3- La lumière

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

### 9.4- Vie subaquatique

Chez certains taxa, surtout des édaphiques et des troglobies, des œufs immergés dans l'eau se développent normalement et éclosent sous l'eau. Cette possibilité des œufs à survivre sous l'eau confère à certaines espèces de Collemboles une grande résistance aux inondations et un pouvoir de dissémination par les eaux. Les jeunes et les adultes de ces mêmes espèces

peuvent vivre plus d'un mois sous l'eau. Ils finissent, le plus souvent, par mourir quand se produit leur mue, ne pouvant alors se débarrasser de leur exuvie. Beaucoup d'espèces de Collemboles, surtout celles du sol et des grottes, ont donc une possibilité de vie sub-aquatique. Ceci nous permet de mieux imaginer la vie de ces Hexapodes dans les forêts marécageuses du Carbonifère. A l'apparition de la forêt feuillue, à la fin du Crétacé inférieur, au sol couvert d'humus, les Collemboles ont alors colonisé le sol et le sous-sol en occupant les niches disponibles. Cette expansion a été possible grâce à leur polyphagie, à leurs caractères physiologiques et à leurs facultés d'adaptation écologique. Ce sont, pour certains, de véritables « fossiles vivants », encore appelés espèces « panchroniques », dont les larges aptitudes écophysiological leur ont permis de traverser les ères géologiques tout en conservant le faciès de leurs lointains ancêtres. (Arvernsis, 2010)

### **10- Densité de population, biomasse et distribution**

La densité des Collemboles est très variable selon les biotopes. Quand ils sont présents, cette densité varie de 1.000 à 1.000.000 d'individus au m<sup>2</sup> avec des moyennes de 10.000 à 100.000. Par exemple, dans une forêt de chênes sessiles en Ile-de-France, on trouve : litière : 6.000 individus au m<sup>2</sup>, 0 - 5 cm : 20.000 individus au m<sup>2</sup>, - 5 - 10 cm : 2.000 individus au m<sup>2</sup> = soit un total de 28.000/m<sup>2</sup>. La majorité des Collemboles vivent dans la litière et les couches superficielles des sols forestiers et dans la végétation. Selon les espèces : Le poids frais d'un Collembole adulte varie de 0,2 à 1,5 mg. Le poids sec d'un Collembole adulte varie de 0,05 à 0,3 mg. La biomasse, pour 50.000 individus/m<sup>2</sup>, varie de 10 à 75 g / poids frais. La biomasse, pour 50.000 individus/m<sup>2</sup>, varie de 2,5 à 15 g / poids sec. La biomasse des Collemboles du sol représenterait ainsi de 1 à 10% de la biomasse de la faune du sol. Le métabolisme de leurs populations serait, elle aussi, de 1 à 10% du métabolisme de la faune édaphique. Les Collemboles représenteraient de 0,4 à 3% de l'énergie des écosystèmes terrestres. Certaines espèces de Collemboles ont une répartition au « hasard », souvent en agrégats. Ceci pouvant s'expliquer par l'hétérogénéité des sols et donc des sources de nourriture et, aussi, par le fait que leurs œufs sont pondus en tas et que ces biotes se déplacent assez peu. 30 à 40 espèces de Collemboles peuvent parfois coexister dans le même biotope. (Arvernsis, 2010)

### **11-Paléontologie des Collemboles**

Collemboles sont les premiers Hexapodes à apparaître dans les archives fossiles au début du Dévonien, Au Paléozoïque, deux espèces disparues sont signalées: *Rhyniella*

*praecursor* du Dévonien inférieur en *Rhynie Chert* au Nord d'Ecosse, il y a 397 à 391 millions d'années, et *Permobrya mirabilis* datant du Permien supérieur en l'Afrique du Sud (D'Haese, 2003). Cité par (Brahim bounab, 2016)

Cette espèce, *Rhyniella praecursor*, a été décrite à partir de spécimens qui appartiendraient au moins à trois groupes différents : Hypogastruridae, Neanuridae et Isotomidae. Exception faite de ces fossiles remarquables, on connaît aussi un Isotomidae trouvé dans l'ambre du Canada qui daterait du Crétacé. D'autres gisements d'ambre ont fourni des fossiles beaucoup plus récents (éocène) au Canada, au Liban, au Mexique, en République Dominicaine et en Pologne, ces fossiles appartiennent à des genres actuels, voir même à des espèces actuelles. Les Collemboles constituent généralement 3,5 % de toutes les espèces trouvées dans l'ambre (Arvernsis, 2010).

## **12- Taxonomie et systématique**

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 basé 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)

## **13- Systématique actuelle des collemboles**

Les collemboles ne sont plus considérés comme insectes mais plutôt un groupe de même rang (classe). Il faut noter aussi que les protoures et les diploures sont actuellement considérés comme classes séparées l'une de l'autre.

Dans une tentative d'organiser une combinaison entre les deux systèmes de classification - l'école linnéenne et l'école cladistique – la classification donnée ci-après essaye de faire le plan entre système cladistiques récent et système de classification conventionnels. Notez qu'il est jamais possible de combiner les deux systèmes d'une façon absolue à 100% (Bellinger, et *al.*, 2017).

La hiérarchie taxonomiques est principalement basée sur celle de Bretfeld (1994, 1999), D'Haese (2002) et Deharveng (2004). La systématique des taxons supérieurs présentée ci-dessous correspond à certaines des opinions les plus «récentes» (Tableau.1).

**Tableau 1 : Classification actuelle des collemboles modifiée (Bellinger et *al.*, 2017)**

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

**Tableau 2 : Hiérarchie taxonomique moderne des collemboles selon Deharveng (2004)**

	<b>Ordre : Entomobryomorpha</b>	<b>Ordre : Symphypleona</b>	<b>Ordre : Neelipleona</b>
<b>Hypogastruroidea</b>	<b>Isotomoidea</b>	<b>Arrhopalitidae</b>	<b>Neelidae</b>
<b>Gulgastruridae</b>	<b>Isotomidae</b>	<b>Bourletiellidae</b>	
<b>Hypogastruridae<sup>a</sup></b>	<b>Anurophorinae<sup>a</sup></b>	<b>Dicyrtomidae</b>	
<b>Pachytullbergiidae</b>	<b>Isotominae<sup>a</sup></b>	<b>Dicyrtominae</b>	
<b>Paleotullbergiidae</b>	<b>Pachyotominae</b>	<b>Pterothricinae</b>	

<b>Neanuroidea</b>	<b>Tomoceroidea</b>	<b>Katiannidae</b>	
<b>Brachystomellidae</b>	<b>Oncopoduridae</b>	<b>Mackenziellidae</b>	
<b>Neanuridae</b>	<b>Tomoceridae</b>	<b>Sminthuridae</b>	
<b>Caputanurinae</b>	<b>Entomobryoidea</b>	<b>Sminthurinae</b>	
<b>Frieseinae</b>	<b>Cyphoderidae</b>	<b>Sphyrothecinae</b>	
<b>Morulininae</b>	<b>Entomobryidae</b>	<b>Sminthurididae</b>	
<b>Neanurinae</b>	<b>Entomobryinae</b>	<b>Spinothecidae</b>	
<b>Pseudachorutinae<sup>a</sup></b>	<b>Lepidocyrtinae</b>	<b>Sturmiidae</b>	
<b>Uchidanurinae<sup>a</sup></b>	<b>Orchesellinae</b>		
<b>Odontellidae</b>	<b>Seirinae</b>		
<b>Onychiuroidea</b>	<b>Microfalculidae</b>		
<b>Onychiuridae</b>	<b>Paronellidae</b>		
<b>Tetrodontophorinae</b>			
<b>Tullbergiidae</b>			
<b>Austraphorurinae</b>	<b>Incertaedis</b>		
<b>Stenaphorurinae</b>	<b>Actaletidae</b>		
<b>Tullbergiinae</b>	<b>Coenaletidae</b>		
<b>Incertaedis</b>			
<b>Acherongia</b>			
<b>Isotogastruridae</b>			
<b>Poduridae</b>			

**a : taxons para ou polyphylétiques possibles**

Nous rapportons ci-après la liste des superfamilles, familles et sous-familles appartenant aux quatre ordres de collemboles. Le nombre de genres et d'espèces pour chaque

famille est représenté entre parenthèse tel qu'ils sont donnés par Janssens et Christiansen dans Zhang (2011). D'après ces mêmes auteurs, la classe Collembola inclut 33 familles, 762 genres et 8,130 espèces. Les familles ayant des représentants dans la faune algérienne sont notées d'un Astérisque (\*), les familles éteintes sont notées par le symbole (†).

**Classe Collembola Lubbock, 1870**

**Ordre Poduromorpha Börner, 1913 sensu D'Haese, 2002**

**Superfamille Neanuroidea Börner, 1901 sensu D'Haese, 2002**

**\* Famille Neanuridae Börner, 1901 sensu Deharveng, 2004 (161 genres, 1417 espèces)**

**Sous-famille Caputanurinae Lee, 1983**

**Sous-famille Frieseinae Massoud, 1967**

**Sous-famille Morulinae Yosii, 1961 sensu Cassagnau, 1983**

**Sous-famille Neanurinae Börner, 1901, sensu Cassagnau, 1989**

**Sous-famille Pseudachorutinae Börner, 1906**

**Sous-famille Uchidanurinae Salmon, 1964 sensu Greenslade, 2015**

**\* Famille Brachystomellidae Stach, 1949 (18 genres, 129 espèces)**

**\* Famille Odontellidae Massoud, 1967 (13 genres, 131 espèces)**

**Superfamille Poduroidea Latreille, 1804 sensu Palacios-Vargas, 1994**

**Famille Poduridae Latreille, 1804 (1 genre, 1 espèce)**

**Superfamille Hypogastruroidea Börner, 1906 sensu Deharveng, 2004**

**\* Famille Hypogastruridae Börner, 1906 (39 genres, 682 espèces)**

**Famille Paleotullbergiidae Deharveng, 2004 (1 genre, 1 espèce)**

**Superfamille Gulgastruroidea Lee & Thibaud, 1998**

**Famille Gulgastruridae Lee & Thibaud, 1998 (1 genre, 1 espèce)**

**Superfamille Onychiuroidea Lubbock, 1867**

**\* Famille Onychiuridae Lubbock, 1867 (51 genres, 567 espèces)**

**Sous-famille Onychiurinae Börner, 1901**

**Sous-famille Tetrodontophorinae Stach, 1954**

**Sous-famille Lophognathellinae Stach, 1954**

\* **Famille Tullbergiidae Bagnall, 1935 (32 genres, 215 espèces)**

*Incertaesedis:*

**Famille Isotogastruridae Thibaud & Najt, 1992 (1 genre, 7 espèces)**

**Famille Pachytullbergiidae Stach, 1954 (3 genres, 3 espèces)**

**Ordre Entomobryomorpha Börner, 1913**

**Superfamille Tomoceroidea Schäffer, 1896**

\* **Famille Oncopoduridae Carl & Lebedinsky, 1905 (2 genres, 52 espèces)**

\* **Famille Tomoceridae Schäffer, 1896 (16 genres, 149 espèces)**

**Sous famille Lepidophorellinae Absolon, 1903**

**Sous famille Tomocerinae Schäffer, 1896**

**Superfamille Isotomoidea Schäffer, 1896**

\* **Famille Isotomidae Schäffer, 1896 (108 genres, 1346 espèces)**

**Sous-famille Proisotominae Stach, 1947**

**Sous-famille Anurophorinae Börner, 1901**

**Sous-famille Isotominae Schäffer, 1896**

**Sous-famille Pachyotominae Potapov, 2001**

† **Famille Protentomobryidae Folsom, 1937 (1 genre, 1 espèce)**

**Superfamille Entomobryoidea Schäffer, 1896**

**Famille Microfalculidae Massoud & Betsch, 1966 (1 genre, 1 espèce)**

\* **Famille Entomobryidae Schäffer, 1896 (56 genres, 1678 espèces)**

**Sous-famille Nothobryinae Soto-Adames et al., 2008 sensu Zhang et Deharveng, 2015**

**Sous-famille Orchesellinae Börner, 1906 sensu Zhang et Deharveng, 2015**

**Sous-famille Heteromurinae Absolon et Kseneman, 1942 sensu Zhang et Deharveng, 2015**

**Sous-famille Bessoniellinae Soto-Adames et al., 2008 sensu Zhang et Deharveng, 2015**

**Sous-famille Entomobryinae Schäffer 1896, sensu Zhang et Deharveng, 2015**

**Sous-famille Seirinae Yosii, 1961 sensu Zhang et Deharveng, 2015**

**Sous-famille Lepidocyrtinae Wahlgren, 1906 sensu Zhang, et Deharveng, 2015**

**\* Famille Cyphoderidae Börner, 1906 (13 genre, 141 espèces)**

**Famille Paronellidae Börner, 1913 (39 genres, 511 espèces)**

*Incertaesedis :*

**Famille Actaletidae Börner, 1902 (2 genres, 10 espèces)**

**Famille Coenaletidae Bellinger, 1985 (1 genre, 2 espèces)**

**† Famille Praentomobryidae Christiansen & Nascimbene, 2006 (2 genres, 2 espèces)**

**† Famille Oncobryidae Christiansen & Pike, 2002 (1 genre, 1 espèces)**

**Ordre Neelipleona Massoud, 1971**

**\* Famille Neelidae Folsom, 1896 (5 genres, 33 espèces)**

**Ordre Symphypleona Börner, 1901 sensu Massoud, 1971**

**Famille Mackenziellidae Yosii, 1961 (1 genre, 1 espèce)**

**\* Famille Sminthurididae Börner, 1906 sensu Betsch et Massoud, 1970 (10 genres, 145 espèces)**

**\* Famille Katiannidae Börner, 1913 sensu Bretfeld, 1999 (118 genres, 205 espèces)**

**Famille Spinothecidae Delamare Deboutteville, 1961 sensu Bretfeld, 1994 (3 genres, 6 espèces)**

**\* Famille Arrhopalitidae Stach, 1956 sensu Betsch & Massoud, 1970 (2 genres, 131 espèces)**

**Famille Collophoridae Bretfeld, 1999 (1 genre, 8 espèces)**

**Famille Sturmiidae Bretfeld, 1994 (1 genre, 2 espèces)**

**\* Famille Sminthuridae Lubbock, 1862 sensu Deharveng, 2004 (27 genres, 245 espèces)**

**Sous-famille Sminthurinae Lubbock, 1862 sensu Deharveng, 2004**

**Sous-famille Songhaicinae Sánchez-García et Engel, 2016**

**Sous-famille Sphyrothecinae Betsch, 1980**

**\* Famille Bourletiellidae Börner, 1912 sensu Bretfeld, 1994 (36 genres, 245 espèces)**

**\* Famille Dicyrtomidae Börner, 1906 sensu Deharveng, 2004 (8 genres, 200 espèces)**

**Sous-famille Dicyrtominae Richards, 1968 sensu Bretfeld, 1999**

**Sous-famille Ptenothricinae Richards, 1968 sensu Bretfeld, 1999**

#### **14- Etat des connaissances sur les collemboles d'Algérie**

Pendant les 15 dernières années, de 2003 jusqu'à ce jour, la connaissance de la biodiversité des sols d'Algérie a fait plus de progrès que durant tout le siècle précédent.

Les Collemboles groupe d'hexapodes le plus diversifié dans les milieux terrestres ont fait l'objet d'intenses prospections grâce à l'importante contribution apportée par Hamra-Kroua (2005).

Les résultats de ces recherches révèlent une diversité insoupçonnée, notamment la description de 10 nouvelles espèces.

Les travaux systématiques antérieurs à ceux initiés par Hamra Kroua remontent au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle où quelques espèces de ce groupe ont été signalées, mais difficiles à classer dans la systématique actuelle.

Nous pouvons aujourd'hui diviser ces travaux sur trois (03) périodes :

Avant 1900 : avec la seule contribution de Lucas, qui cite sept espèces.

Entre 1900 et 1950 : c'est à cette période que les premières déterminations spécifiques valables sont rencontrées grâce essentiellement aux travaux de Denis et de Handschin.

De 1950 jusqu'au début des années 2000: avec les travaux de Delamare- Deboutteville, Murphy, Stomp, Stomp et Thibaud et d'autres. Deux travaux ont marqué cette dernière période, celui de Cassagnau (1963) sur la faune du nord constantinois et la synthèse bibliographique de Thibaud et Massoud (1980).

# CHAPITRE II

## Présentation des localités de récoltes et méthodes d'étude

## **I- Présentation des localités de récoltes**

Le présent travail a été réalisé dans deux localités de la wilaya de Constantine ; Chettabah et Djebel El Ouahch. Les localités ont été prospectées pendant 4 mois, de Février au Mai.

### **1.1-La région de Chettabah**

#### **1.1.1-Situation géographique**

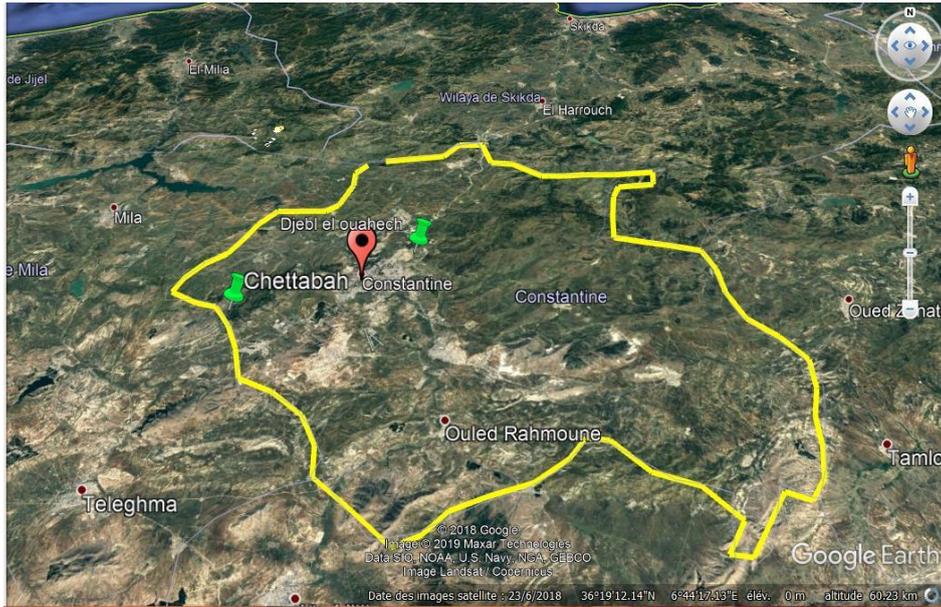
Le massif de Chettabah est une grande entité montagneuse constitué par de nombreux massifs importants, le Djebel Aougab, le Djebel Frikitia et le Djebel Guarnechouf dans son extrémité SW et par le Djebel Zouaoui et le Djebel Karkara dans son extrémité NE. Ces massifs suivent le développement général des reliefs de la région NE-SW. Ce massif est formé par des terrains allant du Jurassique supérieur au Crétacé inférieur.

Il s'agit d'un ensemble montagneux bien individualisé qui présente une morphologie morcelée avec des vastes plaines recouvertes de dépôts plio-quadernaires. L'altitude moyenne varie entre 500 m et 800 m et dépasse parfois les 1000m.

La région de Chettabah est caractérisée par un climat Subhumide à hiver froid Deux principaux types de climats règnent dans la région (Cote. M 1974). Au NW s'étend la « poche » de Constantine-Mila, caractérisée par un climat subhumide à hiver doux, été sec et chaud, une partie SW caractérisée par un climat semi-aride à hiver froid, un été sec et chaud. Les précipitations annuelles varient entre 350 à 550 mm/ans.

La forêt de Chettabah est située au Sud- Ouest de Constantine, au Sud d'Ibn Ziad, au Nord d'Ain Smara et à l'Est de Oued Athmania. La zone d'étude se trouve sur la carte topographique de Constantine Echelle 1/ 200.000 feuille N° 17 et plus ou moins localisée entre les coordonnées 36° 18', 36° 21' latitude Nord et 6° 26', 6° 30' longitude Est. La forêt de Chettabah s'étale sur une superficie de 2398 ha 94a et 30ca.

Les coordonnées géographiques sont 36°19'41" N et 6°27'4" E en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 36.3281 et 6.45111 (en degrés décimaux).



**Figure 28: Carte géographique montre des localités d'études (Google Earth)**

### **1.1.2- La géologie**

On peut dire que la zone est formée essentiellement, de roches sédimentaires composées surtout de sédiments tendres (schistes et marnes) et de sédiments rigoureux (calcaire et grés).

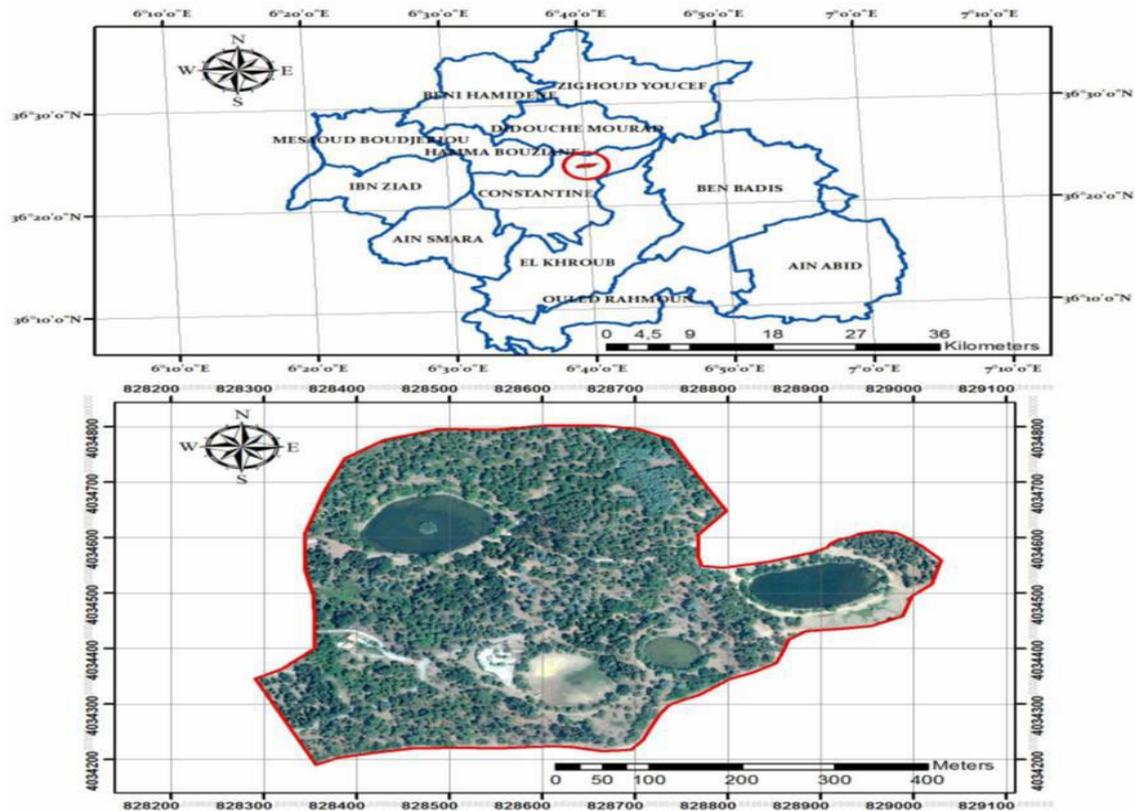
### **1.1.3-La végétation de la région de Chettabah**

Les essences dominantes sont le Chêne vert (*Quercus ilex*) et Pin d'Alep (*Pinus halepensis*). La répartition de la végétation se fait suivant les conditions écologiques locales : altitude, topographie, substrat, bioclimat, étages. La flore de Chettabah constitue essentiellement par : *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea media*, *Juniperus oxycedrus*, *Crataegus azarolus*, *Cistus villosus*, *Ampelodesma mauritanica*, *Astragalus armatus*, *Asparagus acutifolius*, *Calycotomespinosa*.

## **1.2- La région de Djebel Ouahch**

### **1.2.1-Situation géographique**

Djebel Ouahch se situe au nord-est de la wilaya de Constantine (36° 36'N, 6° 62'E), à environ sept kilomètres de la ville de Constantine. Le site s'étend sur une superficie de 45,54ha et culmine à 1200 m d'altitude.



**Figure29: Localisation de la zone de Djebel El Ouahch**

### 1.2.2-Relief et pédologie

Le relief varie en escalier, avec des pentes moyennes à fortes. Par contre, au sud, s'observe une topographie plus calme avec des pentes moyennes plus faibles. Le constantinois se caractérise par de grands massifs Karstifiés, émergeant en horst d'un ensemble de terrain à dominance marneuse (Coiffait, 1992).

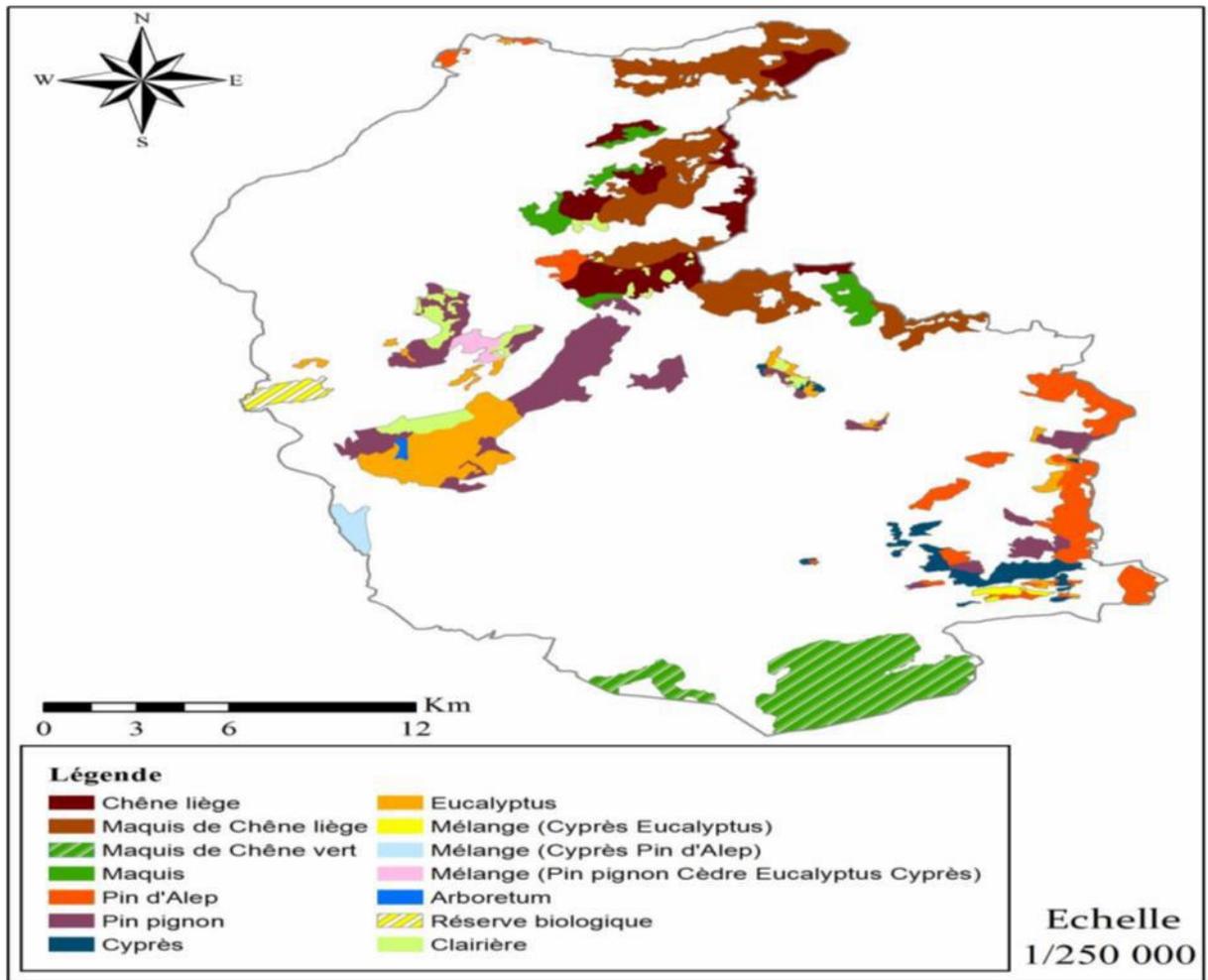
Sur le plan pédologique, les principaux types de sol rencontrés au niveau de Djebel Ouahch sont les sols minéraux bruts (9%), les sols peu évolués (20%), les vertisols (1%), les sols calcimagnésiques (20%) et les sols isohumiques (50%).

### 1.2.3- Hydrologie

Constantine est traversée par deux oueds, Boumerzoug qui prend naissance au Djebel Fortas pour se diriger vers Constantine où il rejoint au niveau des Arcades Romaines, le Rhumel qui prend source dans la région d'El Eulma.

### 1.2.4- La végétation de la région de Djebel Ouahch

Les forêts jouent un rôle primordial dans la protection des terres contre toute forme d'érosion et de dégradation. Dans la région de Djebel Ouahch elles couvrent une superficie de 15.207,67 ha en occupent 23% de la superficie total de la région .Cet écosystème est très diversifié et réparti sur plusieurs massifs tels que les forêts de, Draa Ennaga, Djebel Ouahch, El Mridj, El Hambli, Tarfana et Kef Lekhel avec une importante richesse.



**Figure 30 : La répartition des Peuplements forestiers (D Jeha, 2017).**

Les forêts dominent la strate arborée avec 59%. Tous les peuplements à base de pin pignon, de pin d'Alep d'eucalyptus et de cyprés, sont introduit par divers reboisements d'origine artificielle. A l'exception des peuplements naturels de Chêne liège.

Le maquis occupe 41% de la surface forestière. Il est composé essentiellement par :

- Des maquis arborés de chêne liège (Tarfana, Hadadj, Guettoucha).
- Des maquis dégradés à base de Diss, de Calycotome, et d'Asphodèl au niveau de la commune de Zighoud Youcef.

Les terrains de parcours situés sur des espaces ouverts, sont caractérisés par des espèces à haute valeur fourragère qui sont des espèces de pâturages naturels qui sont le support d'un élevage bovin (*Dactylis glomerata*, *Leontodonhis pidulus*, *Leontodontuberosus*, *Anagallisarvensis*, *Cynodondactylon*, *Medicago minima*, *Trifolium campestris*, *Geraniumdissectum*).

D'autres espèces, caractérisent ces parcours comme le *DissAmpelodesmamauritanicum*, le Calycotome épineux *Calycotomespinosa* et l'Asphodèle *Asphodellusmicrocarpus* qui est une espèce indicatrice d'un pacage très important (Djouadi & Khorief, 2000).

### 1.1.3- Caractéristiques climatiques

Comme l'ensemble de l'aire méditerranéenne, la région de Constantine est caractérisée par des précipitations irrégulières et soumises à l'alternance bien marquée d'une saison sèche et d'une saison de pluies.

## 2- Méthode d'échantillonnage

### 2.1-L'échantillonnage

L'échantillonnage se fait d'une manière aléatoire pendant la période humide entre le mois de Février et Avril. L'échantillon est un volume de sol de 200 cm<sup>3</sup> de litière, soit l'équivalent d'une surface de 20 cm<sup>2</sup> environ. Nous avons prélevé dans différents biotope (litière forestière, mousse, bois mort, le sol, et les milieux humides). L'échantillon est prélevée à la main. Seule la couche humide est prélevée. Les échantillons prélevés sont mis dans des boites en plastiques bien fermées pour éviter l'évaporation.



Figure 31 : Mousse sur sol (Photo originale).



Figure 32 : Litière (Photo originale).



**Figure 33 : Bios mort (photo original).**

### **2.1.2-L'extraction sur appareil de Berlese**

L'analyse des résultats a été faite au niveau du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes.

La méthode la plus utilisée dans l'extraction des Collemboles et la méthode de Berlese appelée aussi 'Extraction par voie sèche', c'est une méthode sélective ou dynamique, par laquelle les microarthropodes (Acariens, Collemboles et larves de petits insectes ptérygotes) sont récoltés sans l'intervention directe d'un opérateur. Cette méthode a été utilisée par Hamra-Kroua (2005), Brahim Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2018) et a donné un rendement satisfaisant.

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

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

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

### **3.2- L'extraction des Collemboles**

- L'appareil de Berlese est formé d'une sorte d'entonnoir sur lequel on place un tamis ou une cuvette en toile métallique à maille de 2 à 4 mm sur laquelle on dispose l'échantillon. Un tube de récolte renfermant de l'alcool éthylique à 70° ferme la base de l'entonnoir.
- L'échantillon est desséché progressivement à l'aide d'une lampe à filament d'une puissance de 25 ou 40 watts, située au-dessus du tamis. Les Collemboles, fuyant la sécheresse, quittent

l'échantillon à travers les mailles du tamis et finissent par tomber dans l'entonnoir et le tube de récolte.

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



**Figure 34:Extraction de la faune du sol sur appareils de Berlese (photo originale).**

### **3.3-Tri et dénombrement**

Les Collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de pétri pour entamer le tri qui s'effectue sous la loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les Collemboles des autres Microarthropodes et à l'aide de la brosse de Cassagnau. Nous procédons au comptage afin de déterminer le nombre total d'individus de Collemboles dans chaque échantillon. Les collemboles sont conservés dans des tubes étiquetés contenant de l'alcool à 70%.



**Figure 35: Tri et dénombrement des Collemboles (photo originale).**

#### **4- Identification des Collemboles**

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

L'identification au niveau de l'espèce est plus compliquée parce qu'on est besoin de voir des caractères plus détaillés, cela nécessite une préparation entre lames et lamelle avant de procéder à l'observation sous microscope à contraste de phase. L'identification au niveau de l'espèce doit être réalisée par un spécialiste en taxonomie.

##### **4.1- Fixation**

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

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

##### **4.2- Eclaircissement**

L'éclaircissement permet de débarrasser l'animal de tous les tissus internes et d'en conserver l'exosquelette chitino-protéique, afin de pouvoir en observer convenablement les

détails de la chétotaxie et d'autres caractères d'intérêt systématique. L'éclaircissement de quelques exemplaires dans l'acide lactique à froid ou à chaud sur plaque chauffante jusqu'à parfaite extension de l'animal pour éviter son éclatement. L'inconvénient de l'acide lactique est de faire disparaître le pigment naturel des espèces. D'autres milieux éclaircissants sont utilisés et leur utilisation a permis d'obtenir de meilleurs résultats (Jordana et al, 1997) cité par Hamra-Kroua (2005).

\* Milieu éclaircissant de Nesbit qui se compose de:

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

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

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

#### **4.3-Montage et conservation**

Après l'éclaircissement, les collemboles sont éliminés de leur gras des tissus et devient transparents, puis le lavage des collemboles avec l'eau distillée et l'alcool pour éliminer les excès de fixateur et autres impuretés. Le montage entre lame et lamelle dans le liquide de Hoyer s'effectue directement dans du liquide éclaircissant s'ils sont propres.

Le liquide de Hoyer se compose de :

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

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

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

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

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

#### 4.4-Observation

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

#### Clé des ordres des Collemboles

1(0). A- Segmentation tergale abdominale distincte (Fig.1a); tronc allongé (Fig.2a)..... 2

B- Segmentation tergale abdominale indistincte (Fig.1b); tronc subglobulaire (Fig.2b)..... 3



Fig.1.

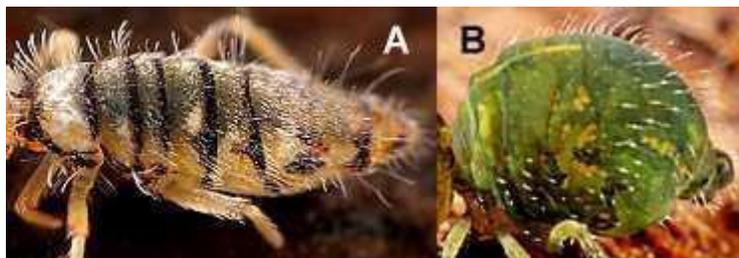


Fig.2.

2(1). A- Tergite prothoracique distinct (Fig.3a)..... **Poduromorpha**

B- Tergite prothoracique indistinct (Fig.3b) ..... **Entombryomorpha**



Fig.3.

3(1). A- Antennes aussi longues ou plus longues que la tête (Fig.4b) ..... **Symphyleona**

B- Antennes plus courtes que la tête (Fig.4a)..... **Neelipleona**

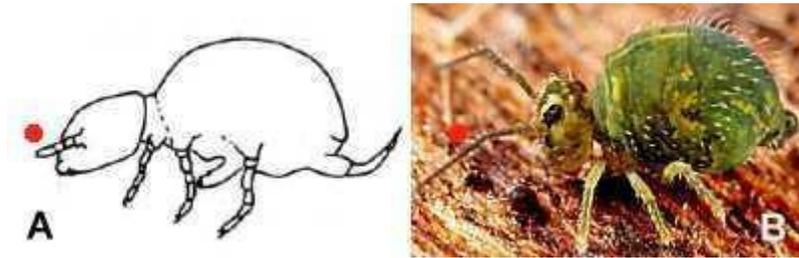


Fig.4.

Nous rapportons aussi la clé permettant d'identifié les différentes familles de collemboles. Elle est conçue et mise à jour par: Christiansen, Greenslade, Deharveng, Pomorski et Janssens, et consultable sur le site « [www.collembola.org](http://www.collembola.org) ».

**Clé des familles de Collemboles**

1(0). A- Corps divisé en deux: une tête et une grande masse composée de l'abdomen ou les segments abdominaux 1-4 et un plus petit morceau constitué des segments abdominaux 5-6(Fig.1c) et du thorax plus ou moins soudé.....2

B- Corps allongé avec au moins deux segments abdominaux séparés par des sutures dorsales (Fig.1 a et b) ..... 12



Fig. 1.

2(1). A- Antennes plus longues que la tête, et/ou les yeux habituellement présents..... 3

B- Antennes plus courtes que la tête et yeux absents ..... **Neelidae**

3(2). A- Corps ellipsoïdal, dens avec 3 soies (Fig.2) ..... **Mackenziellidae**

B- Corps plus ou moins globuleux (Fig.1c), dens avec de nombreuses soies .....4

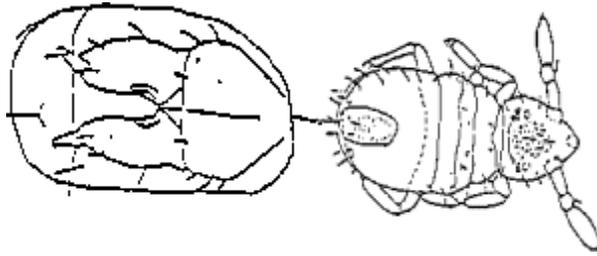


Fig.2.

4(3). A- Sacs creux provenant ventralement de la région cervicale et encerclant le cou.....

**Spinothecidae**

B- Sacs creux dans la région cervicale absents ..... 5

5(4). A- Quatrième segment antennaire beaucoup plus court que le troisième.....

**Dicyrtomidae**

B- Quatrième segment antennaire subégal ou supérieur au troisième..... 6

6(5). A- Femelles avec des appendices sub-anaux, mâles sans deuxième et Troisième segments antennaires modifiés ..... 7

B- Femelles sans appendices sub-anaux, mâles avec deuxième et Troisième segments antennaires modifiés en un organe d'étreinte (Fig.3).....**Sminthurididae**

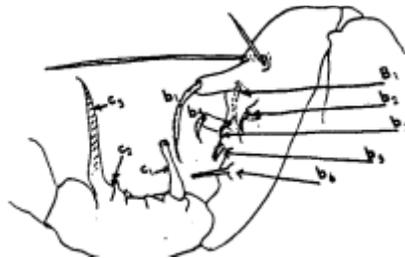


Fig.3.

7(6). A- Quatre ocelles ou moins de chaque côté.....8

B- six Ocelles ou plus par côté..... 9

8(7). A- Quatre Ocelles par côté ..... **Collophoridae**

B- deux ocelle ou moins de chaque côté ..... **Arrhopalitidae**

9(7). A- Organe du trochanter absent ..... 10

B- Organe du trochanter présent (Fig.4)..... 11

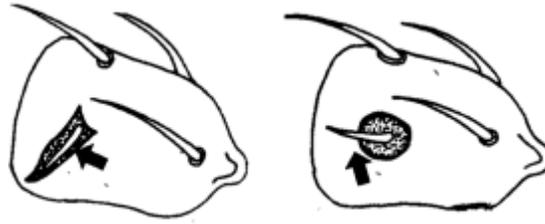


Fig.4.

- 10(9). A- Soies tenaces et épaisses (Fig.5) sur tous les pieds ..... **Bourletiellidae**  
 B- Soies tenaces et épaisses absentes ..... **Sminthuridae**



Fig.5.

- 11(9). A- Trois à six soies tenaces claviforme et minces sur chaque jambe ..... **Katiannidae**  
 B- Soies tenaces non claviforme ..... **Sturmiidae**  
 12(1). A- Protergite absente et souvent non visible dorsalement (Fig.6b) ..... 13  
 B- Protergite distincte (Fig.6a) ..... 27



Fig.6.

- 13(12). A- Tête hypognathe et certains segments abdominaux fusionnés (Fig.7 a et b)..... 14  
 B- Tête prognathe (Fig.7 c) et/ou tous les six segments abdominaux clairement séparé.....  
 15

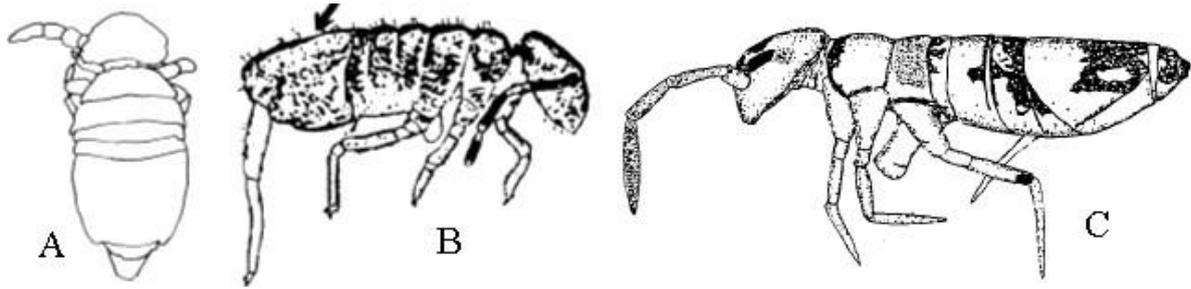


Fig.7.

14(13). A- Segments abdominaux 3 et 4 fusionné (Fig.7a)..... **Coenaletidae**

B- Segments abdominaux 4 et 5 fusionné, segment 6 réduit à des valves anales (Fig.7b).....

**Actaletidae**

15(13). A- Quatrième segment antennaire au moins aussi long que la moitié du troisième, mucro absent ou lorsqu'il est présent avec peu de soies (Fig.8b)..... 16

B- Quatrième segment antennaire moins long que la moitié du troisième, mucro poilu (Fig.8a) ..... **Tomoceridae**



Fig.8.

16(15). A- Dens avec grandes écailles frangées et ciliées (Fig.9)..... **Cyphoderidae**

B- Dens sans grandes écailles frangées et ciliées..... 17



Fig.9.

17(16). A- Épines sur la dens dentées ou ciliées (Fig.10a), mucro subégale ou plus long que la dens..... **Oncopoduridae**

B- Épines sur la dens simples (Fig.10b) ou absentes, mucro absent ou habituellement beaucoup plus court que la dens ..... 18



Fig.10.

18(17). A- Mucro absent ..... **Microfalculidae**  
 B- Mucro présent .....  
 19(18). A- Dens crénelé dorsalement et courbé vers le haut, en ligne avec le manubrium à la base (Fig.11a) ..... 20  
 B- Dens droites et formant habituellement un angle basal obtus avec le manubrium (Fig.11b), généralement non crénelé ..... **Paronellidae**



Fig.11.

20(19). A- Antennes cinq ou six segmentées ..... **Entomobryidae**  
 B- Antennes quatre segmentées ..... 21  
 21(20). A- Troisième segment abdominal nettement plus court que le quatrième ..... 22  
 B- Troisième segment abdominal plus long à légèrement plus court que Quatrième ..... 24  
 22(21). A- Organe du trochanter absent ou rudimentaire ..... 23  
 B- Organe du trochanter présent (Fig.12) ..... **Entomobryidae**

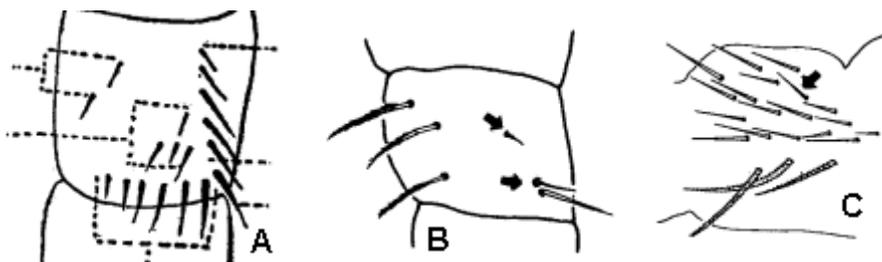


Fig.12.

23(22). A- Organe du trochanter absent ..... **Isotomidae**  
 B- Organe trochantérien rudimentaire avec quelques, quatre ou cinq, soies, et aucun de  
 cescourts et droits .....

**Praentomobryidae**

24(21). A- Écailles absentes ..... 25  
 B- Écailles présentes ..... **Tomoceridae**

25(24). A- Organe postantennaire habituellement absent, organe du trochanter présent sur la  
 surface interne du trochanter (Fig.12a) ..... **Entomobryidae**  
 B- Organe postantennaire habituellement présent, organe du trochanter absent..... 26

26(25). A- Les troisième et quatrième segments antennaires annelés..... **Tomoceridae**  
 B- Les troisième et quatrième segments antennaires non-annelés ..... **Isotomidae**

27(12). A- Dens absente ou vestigiale ou lorsqu'elle est présente relativement plus courte  
 et non baguée (Fig.13b)..... 28  
 B- Dens plus de 3 fois plus longue que le manubrium, avec anneaux de granules  
 distaux(Fig.13a) .....

**Poduridae**



Fig.13.

28(27). A- Organe apical du quatrième segment antennaire absent ou sans beaucoup  
 de projections émoussées ..... 29  
 B- Organe apical du quatrième segment antennaire avec beaucoup de projections émoussées  
 (Fig.14)..... **Gulgastruridae**



Fig.14.

- 29(28). A- Organe de sens du complexe du troisième segment antennaire avec au moins six éléments, 4-5 papilles externes et 1-3 structures de sens internes (Fig.15a) ..... 30  
 B- Organe de sens du troisième segment antennaire avec au plus deux ou trois papilles protectrices et deux structures sensorielles internes (Fig.15b), ou avec un organe divisé en section dorsale et ventrale, portant chacune plus de 2 structures ..... 32

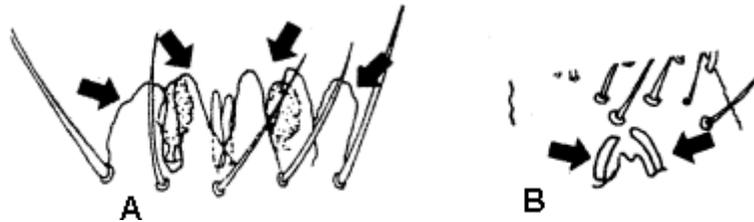


Fig.15.

- 30(29). A- Abdomen avec des projections latérales (Fig.16).....**Pachytullbergiidae**  
 B- Abdomen sans projections latérales .....31

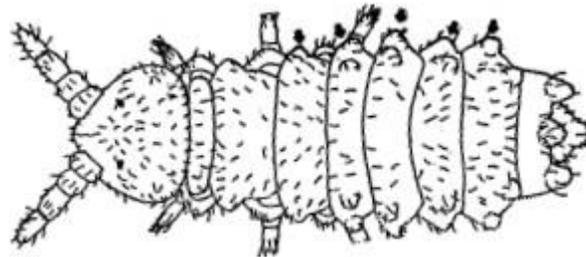


Fig.16.

- 31(30). A- Organe postantennaire absent ..... **Hypogastruridae**  
 B- Organe postantennaire présent .....**Onychiuridae**

- 32(29). A- Pseudocelles absentes ou visibles seulement sous microscope électronique à balayage..... 33  
 B- Pseudocelles présent, au moins sur la base antennaire (Fig.17) et/ou sur la face dorsale du cinquième segment abdominal ..... **Tullbergiidae**

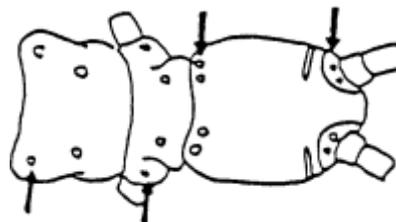


Fig.17.

- 33(32). A- Tergite prothoracique avec papilles mais pas de soies (Fig.18) **Isotogastruridae**

**B-** Tergite prothoracique avec soies mais pas de papilles ..... 34

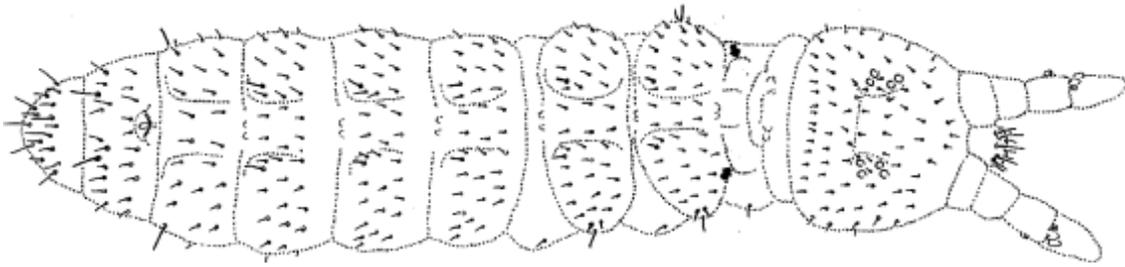


Fig. 18.

34(33). A- Mandibules absentes ..... **Brachystomellidae**

B- Mandibules présentes ..... 35

35(34). A- Plaque molaire sur la mandibule absente (Fig. 19 b et c) ..... 36

B- Plaque molaire sur la mandibule présente (Fig. 19a) ..... 37

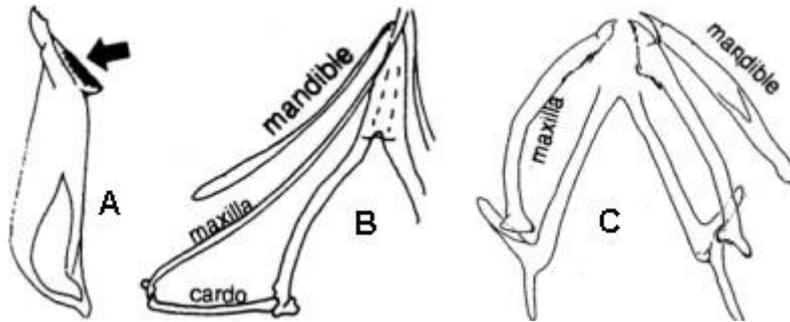


Fig. 19.

36(35). A- Mucro jamais tri-lamellé, entre le stipe et le point d'appui (fulcrum) de la maxille il y a un cardo individualisé (Fig. 19b) ..... **Neanuridae**

B- Mucro souvent tri-lamellé (Fig. 20), entre le stipe et le point d'appui (fulcrum) de la maxille il n'y a pas de cardo individualisé (Fig. 19c) ..... **Odontellidae**

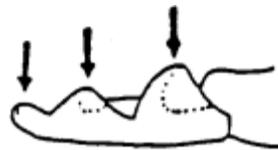


Fig. 20.

37(35). A- Organe postantennaire petit -environ 4 à 6 micron- ou absent ..... 38

B- Organe postantennaire présent, taille normale ..... 39

38(37). A- Organe postantennaire absent, abdomen semi-ovoïde, sixième segment abdominal plus court que le cinquième (Fig. 21a) ..... **Hypogastruridae**

B- organe postantennaire petit, abdomen cylindrique, sixième segment abdominal plus long que le cinquième (Fig.21b)..... **Paleotullbergiidae**

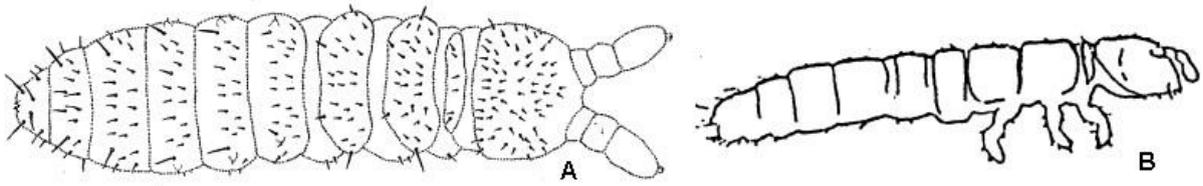


Fig.21.

39(37). A- Organe postantennaire allongé (Fig.22) ..... **Pachytullbergiidae**

B- Organe postantennaire non allongé ..... **Hypogastruridae**

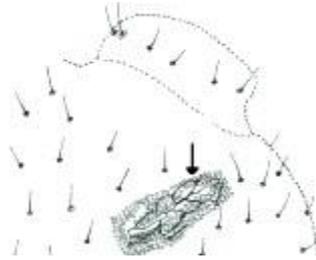


Fig.22.

# CHAPITRE III

## Résultats et Discussion

### 1- Composition faunistique

Nous donnons dans le tableau 3 la liste des collemboles identifiés dans le présent travail par ordre, famille et sous famille, leur distribution biogéographique et leur type d'adaptation morpho-écologique.

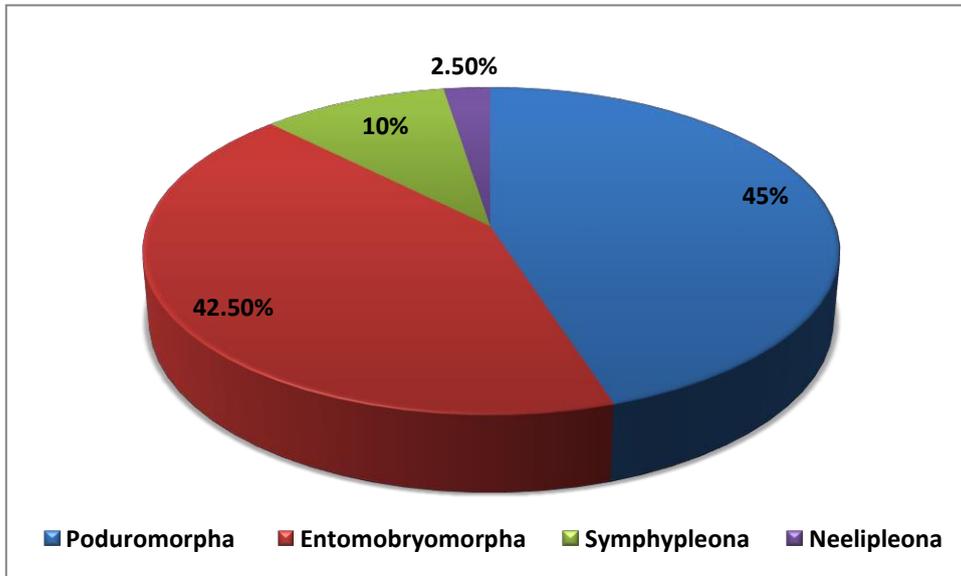
**Tableau 03 :** Liste des collemboles identifiés dans les différentes localités d'étude, leur aire de distribution et leur type biologique.

	Espèce	Chetaba	Djebel el Ouahch	Aire de distribution	Type biologique
	<b>I. PODUROMORPHA</b>				
	<b>01. Hypogastruridae</b>				
1	<i>Ceratophysella armata</i>		x	W	H
2	<i>Ceratophysella denticulata</i>	x	x	C	H
3	<i>Ceratophysella gibbosa</i>		x	C	H
4	<i>Xenylla mediterranea</i>	x		Eu	H
	<b>02. Brachystomellidae</b>				
5	<i>Brachystomella parvula</i>	x		W	H
	<b>03. Neanuridae</b>				
	<b>a. Frieseinae</b>				
6	<i>Friesea afurcata</i>		x	Eu	H
7	<i>Friesea laouina</i>		x	En	E
8	<i>Friesea major</i>	x		En	H
	<b>b. Neanurinae</b>				
9	<i>Bilobella aurantiaca</i>	x	x	W	E
10	<i>Protanura pseudomuscorum</i>		x	W	H
	<b>c. Pseudachorutinae</b>				
11	<i>Pseudachorudina sp</i>	x		N/A	N/A
12	<i>Pseudachorutella asigillata</i>	x		W	H
13	<i>Pseudachorutes sp</i>	x		N/A	N/A
	<b>04. Onychiuridae</b>				
14	<i>Deuteraphorura sp</i>		x	N/A	N/A
15	<i>Protaphorura armata</i>	x	x	W	E
16	<i>Protaphorura sp</i>		x	N/A	N/A
	<b>05. Tullbergiidae</b>				
17	<i>Mesaphorura critica</i>	X		Eu	E
18	<i>Mesaphorura sp</i>	x	x	N/A	N/A

	<b>II. Entomobryomorpha</b>				
	<b>06. Isotomidae</b>				
19	<i>Folsomia penicula</i>		x	W	H
20	<i>Folsomides parvulus</i>	x		C	E
21	<i>Hemisotoma thermophila</i>	x	x	C	H
22	<i>Isotomiella minor</i>	x	x	W	E
23	<i>Isotomurus palustris</i>	x		W	H
24	<i>Isotomurus sp.</i>	x		N/A	N/A
25	<i>Parisotoma notabilis</i>	x	x	W	H
26	<i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>		x	En	H
27	<i>Proisotoma minuta</i>	x		C	H
	<b>07. Entomobryidae</b>				
28	<i>Entomobrya multifasciata</i>	x		W	H
29	<i>Entomobrya sp</i>		x	N/A	N/A
30	<i>Entomobryidae sp.</i>	x	x	N/A	N/A
31	<i>Heteromurus major</i>	x	x	N/A	A
32	<i>Lepidocyrtus sp</i>	x		N/A	N/A
33	<i>Orchesella sp</i>	x		N/A	N/A
34	<i>Pseudosinella alba</i>	x		W	E
35	<i>Seira domestica</i>		x	C	H
	<b>III. Symphypleona</b>				
	<b>08. Dicyrtomidae</b>				
36	<i>Dicyrtomidae sp.</i>	x		N/A	N/A
37	<i>Dicyrtomina ornata</i>		x	Eu	A
	<b>09. Sminthuridae</b>				
38	<i>Caprainea marginata</i>	x	x	W	H
	<b>10. Sminthurididae</b>				
39	<i>Sphaeridia pumilis</i>	x		W	H
	<b>IV. Neelipleona</b>				
	<b>11. Neelidae</b>				
40	<i>Neelus murinus</i>	x	x	W	E
	<b>TOTAL</b>	28	23		

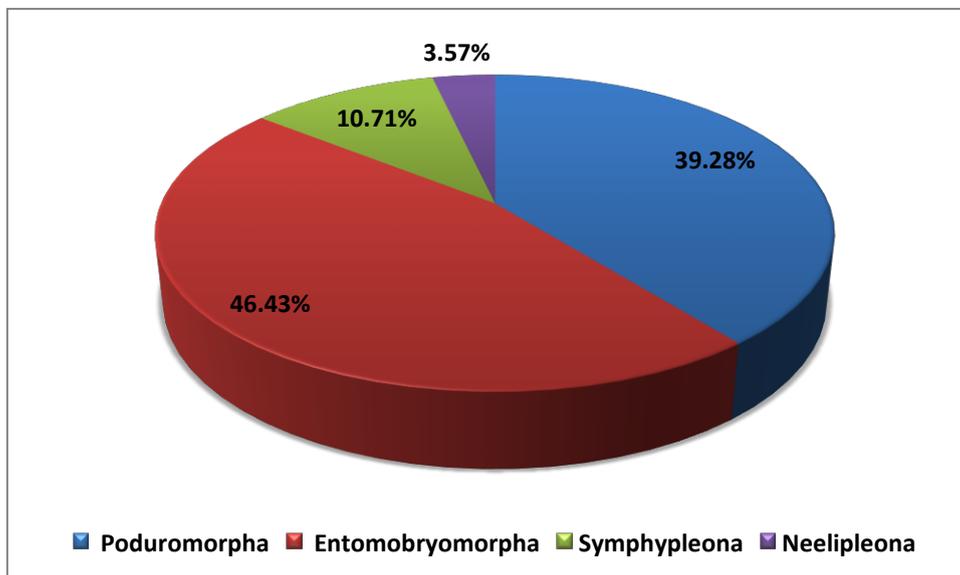
### Abréviation

**C:** Cosmopolite, **W:** large répartition, **Eu:** Européenne/ Euro-méditerranéenne **En:** Endémique. **A:** Atmobios, **H:** Hémiedaphon, **E:** Euédaphon, **N/A:** Non applicable (la forme non identifiée à l'espèce).



**Figure 36: Répartition en pourcentage des différents ordres des collemboles identifiées**

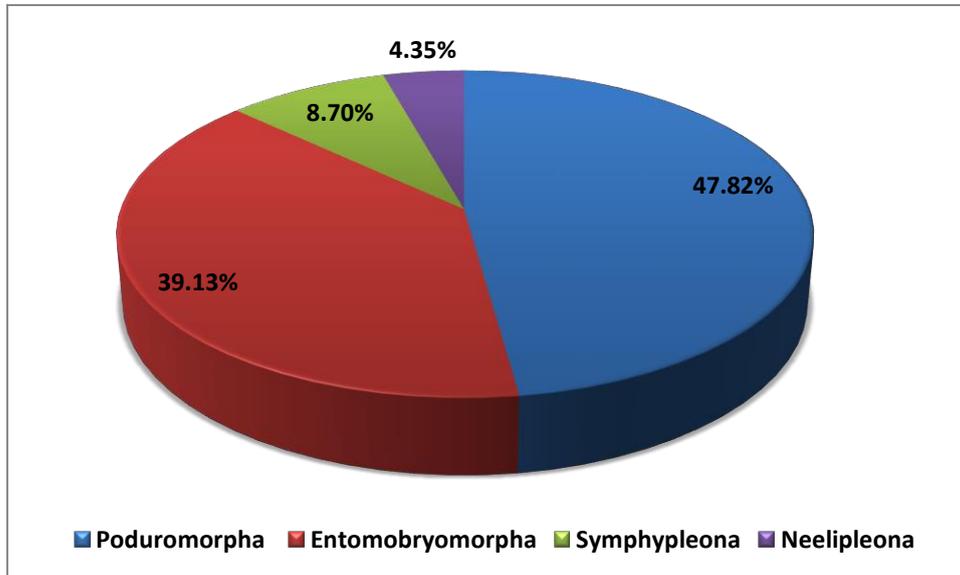
Sur un ensemble de plus de 13460 individus, nous avons recensés 40 espèces. L'ordre des Poduromorpha est le mieux représenté avec 18 espèces soit 45% des espèces identifiées, l'ordre des Entomobryomorpha occupe le deuxième rang avec 17 espèces soit 42,5% du total identifiées. Les Symphypleona et les Neelipleona avec 4 espèces et une seule espèce soit 10% et 2,5% respectivement.



**Figure 37 : Représentation de la proportion des espèces par ordre dans la région de Chettaba.**

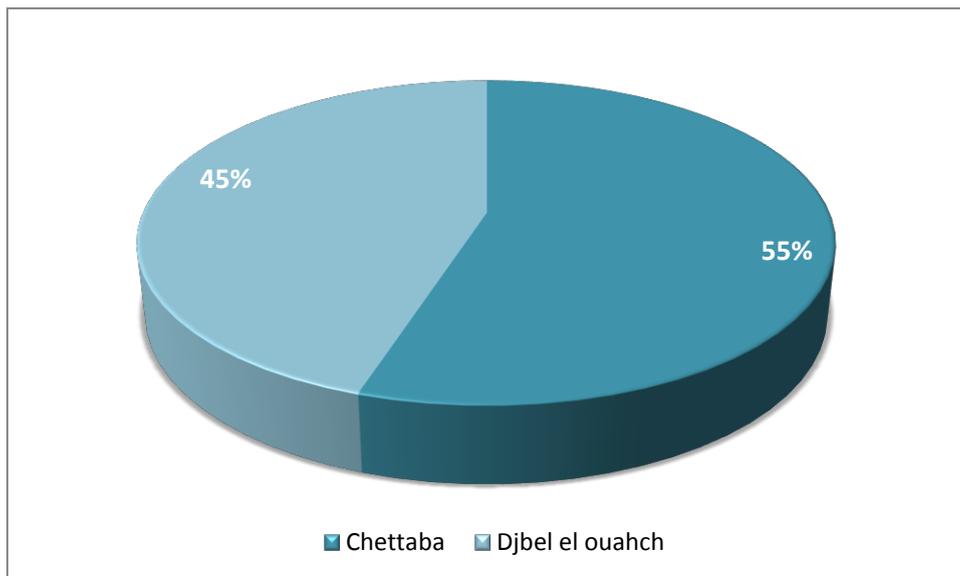
La figure illustre la proportion en pourcentage des espèces identifiées à Chettaba, la plus grande proportion des espèces de Chettaba appartient à l'ordre des Entomobryomorpha avec

13 espèces soit 46%, les Poduromorpha avec 11 espèces soit 39%. L'ordre de Symphypleona est représenté par 2 espèces (11%) et de Neelipleona avec seulement une seule espèce (4%).



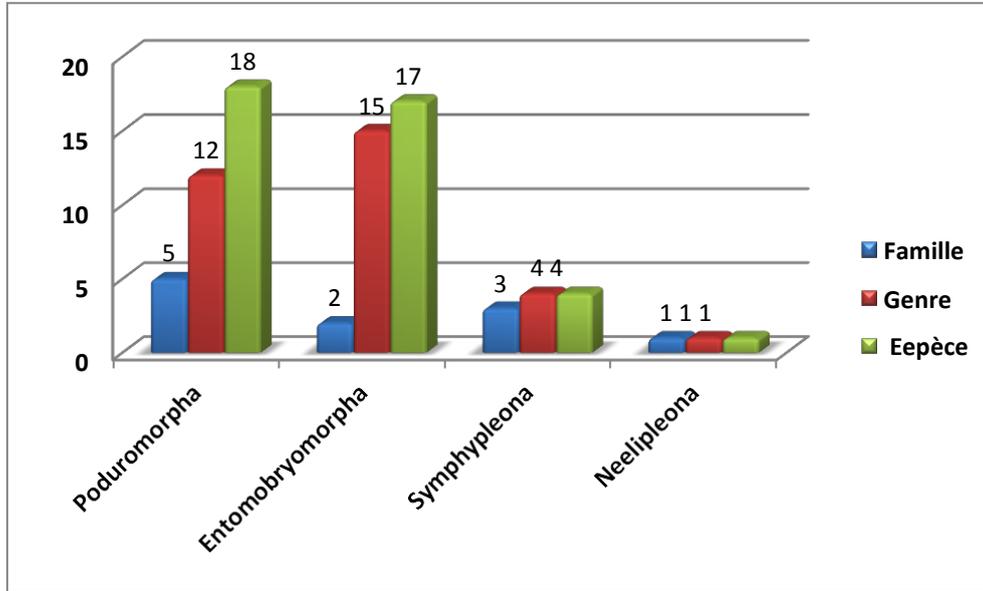
**Figure38 : Représentation de la proportion des espèces par ordre dans la région de Djebel el Ouahch.**

La plupart des espèces identifiées dans la région de Djebel el Ouahch citées dans le tableau 3 appartiennent à l'ordre des Poduromorphes avec 11 espèces soit 47,82 %. L'ordre d'Entomobryomorpha occupe le deuxième rang (9 espèces) avec un taux de 39,13%. L'ordre des Symphypleona est représenté par 2 espèces soit 8,70 %, l'ordre des Neelipleones avec une seule espèce qui représente 4,35 % du total.



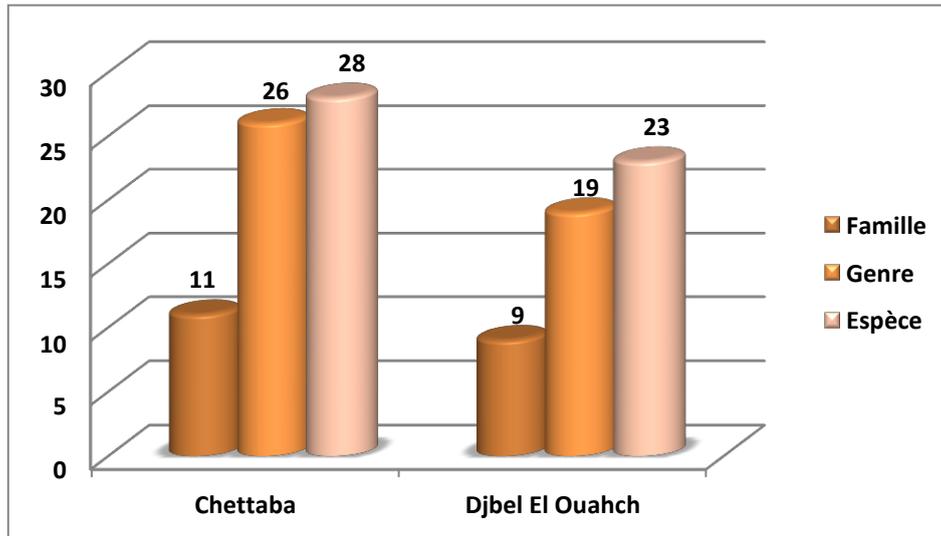
**Figure39 : Répartition des collembolés identifiés par localité.**

Dans la figure nous représentons la proportion des espèces de collemboles identifiés dans les deux localités Chettaba et Djebel el Ouahch. La région de Chettaba est la plus diversifiée avec 28 espèces ce qui représente 55% du total identifiés. La région de Djebel el Ouahch occupe le deuxième rang avec un taux de 45% (23 espèces).



**Figure 40 : Fréquences absolues des Familles, genres et espèces identifiées.**

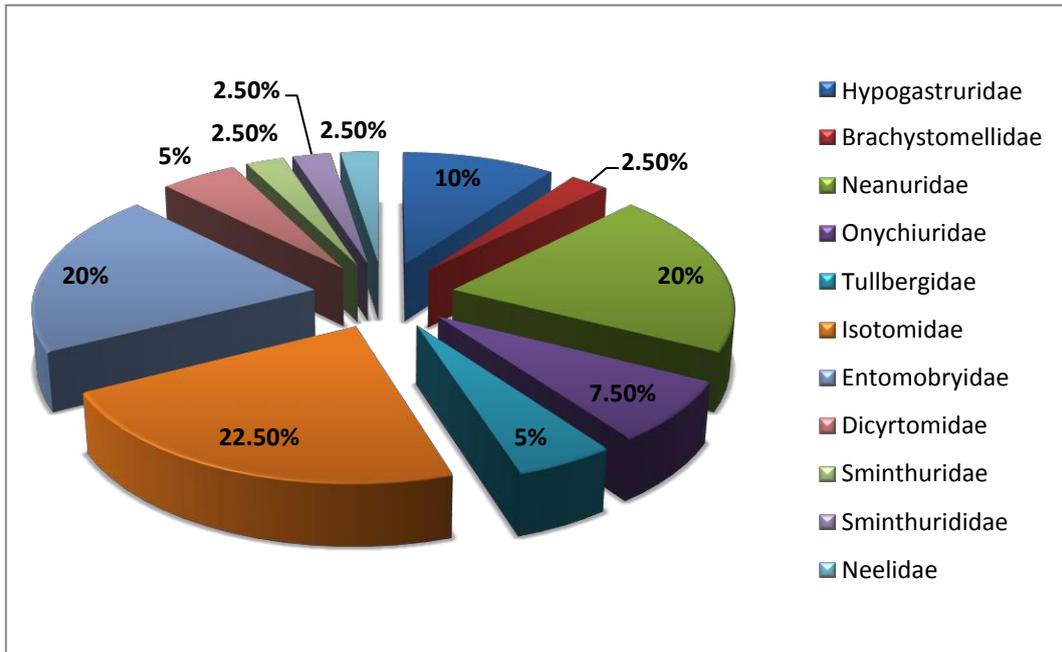
La figure 26 illustre les fréquences absolues des familles, genres et espèces identifiées pour chaque ordre. L'ordre des Poduromorpha est représenté par 05 familles, 12 genres et 18 espèces, les Entomobryomorpha sont représentés par 02 familles, 15 genres et 17 espèces, les Symphypleona par 03 familles, 04 genres et 04 espèces et les Neelipleona par une seule famille, un seul genre et une seule espèce.



**Figures 41 : Fréquences absolues des Familles, genres et espèces des Collemboles identifiées.**

La figure 27 représente le nombre des familles, genres et espèces des collemboles identifiées dans les deux localités d'étude. La figure montre que la région de Chettabah est la plus diversifiées avec 11 familles, 26 genres et 28 espèces de Collemboles. La région de Djebel el Ouahch est moins diversifiés avec 9 familles, 19 genres et 23 espèces de collemboles.

Il faut tenir compte que certaines espèces sont rencontrées dans les deux localités et que d'autre sont trouvées que dans une seul localité. Il faut signaler aussi que plusieurs échantillons en été envoyer au Muséum National d' Histoire Naturel -Paris- et en Espagne pour l'identification.

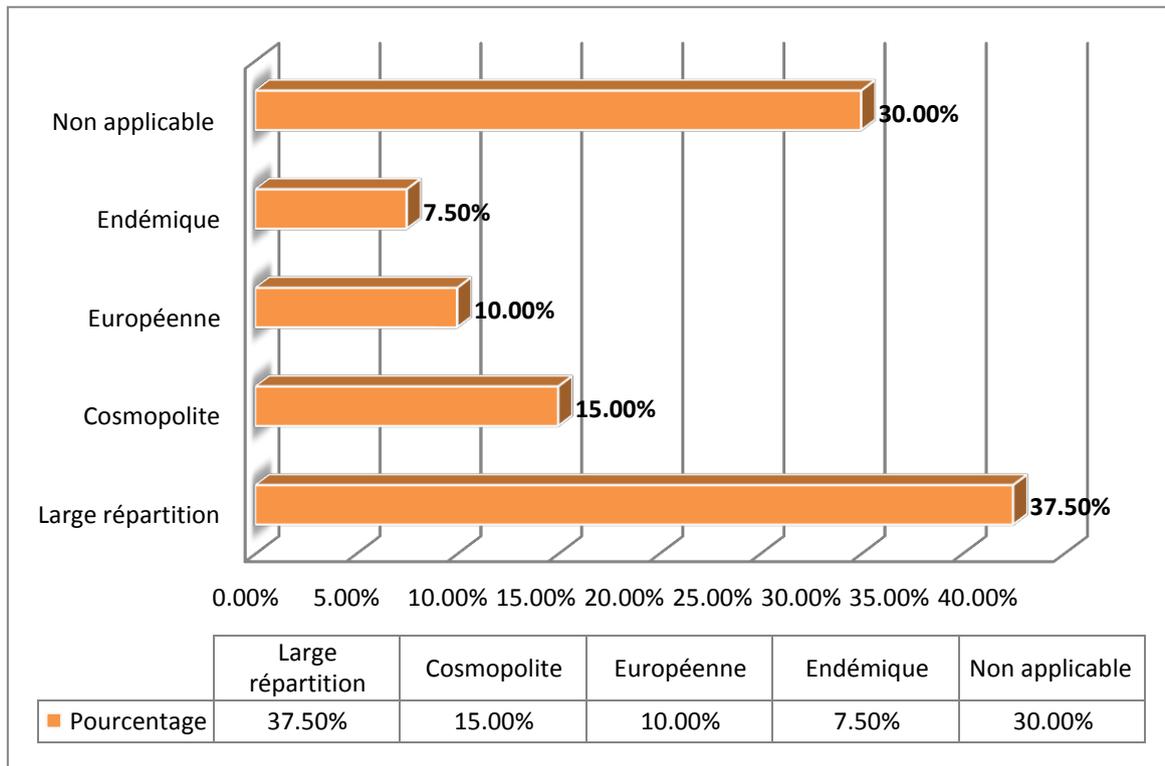


**Figure 42: Répartition des espèces récoltées sur les différentes familles.**

La famille des Isotomidae est la mieux représentée avec 9 espèces réparties sur 08 genres, soit 22.5% du total d'espèces identifiées. Elle est suivie par la famille des Neanuridae avec 8 espèces réparties sur 03 sous familles et 06 genres, soit 20% du total d'espèces identifiées avec la famille des Entomobryidae qui cumule 8 espèces appartenant à 7 genres, soit 20%. La famille des Hypogastruridae occupe la 4<sup>ème</sup> position avec 4 espèces réparties sur 2 genres soit 10%. La famille des Onychiuridae (avec 03 espèces appartenant à 02 genres) soit 7.5%. La famille des Tullbergiidae (avec 02 espèces d'un seul genre) et la famille des Dicyrtomidae (avec 02 espèces appartenant à 02 genres) représentent 5% chacune. Les familles: Brachystomellidae, Sminthuridae, Sminthurididae et Neelidae chacune avec une seule espèce identifiée, soit 2.5%.

## 2- Aire de distribution

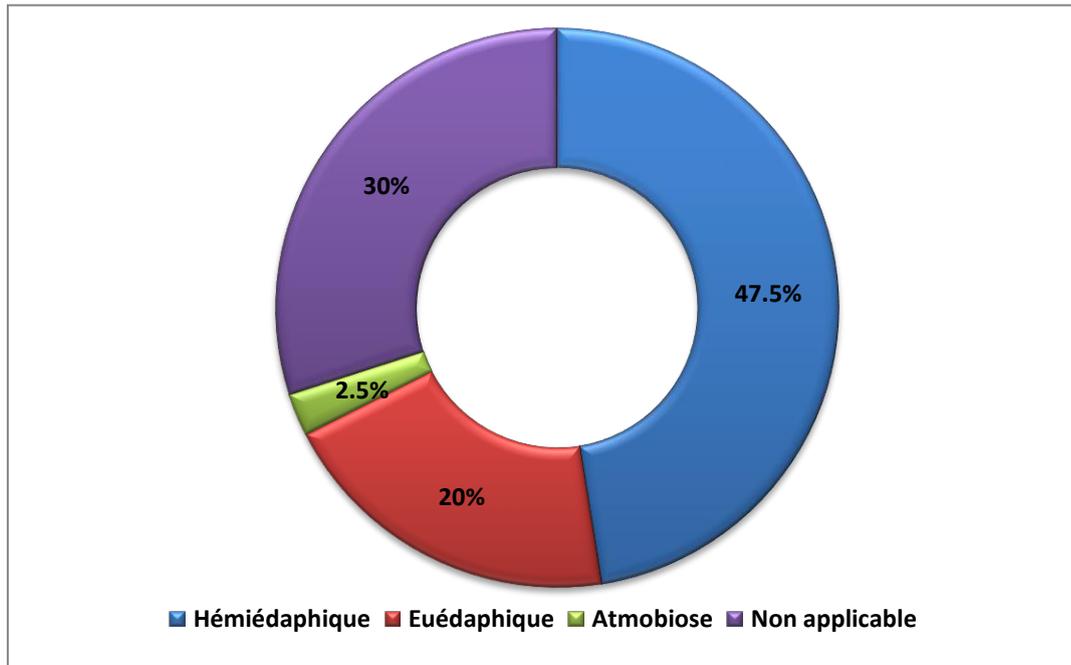
La figure au-dessous montre le pourcentage des différents airs de distribution des espèces identifiées, Les espèces à large répartition prennent la première place avec 37.5%. 30% des espèces sont non encore identifiées jusqu'au niveau de l'espèce, dans la troisième place viennent les espèces cosmopolite avec 15%. 10% sont européenne/euro-méditerranéenne. La part de l'endémisme est de l'ordre de 7.5%.



**Figure 43 : Aire de distribution des espèces identifiées en pourcentage.**

### 3- Classification morpho-écologique

La figure qui suit illustre la proportion en pourcentage des espèces identifiées dans les deux localités d'étude en fonction de leur forme biologique. Elle montre une légère prédominance des hemiéduques représentés par 18 espèces (47.5 %) sur les formes non encore identifiées jusqu'au niveau de l'espèce avec 11 espèces soit 30%. Les euédaphons avec 8, soit 20%. Les atmobios sont les moins abondants avec 2 espèces, soit 2.5%.



**Figure 44 : La classification morpho-écologique des espèces**

#### 4- Discussion

L'inventaire des Collemboles d'Algérie comprenait 190 espèces d'après la dernière synthèse des travaux sur le sujet de Thibaud parue en 2013. La première étude d'envergure sur le Nord-est Algérien, signalait seulement 30 espèces dont 21 nouvelles pour l'Afrique du Nord, et 2 nouvelles pour la science (Cassagnau 1963). Ces valeurs relativement faibles s'expliquent par le caractère quelque peu dégradé des milieux échantillonnés, ainsi que par la difficulté d'accès, à cette époque, aux formations boisées des massifs de la région. Dans sa thèse d'état, Hamra Kroua (2005) identifiait **113** espèces réparties sur 15 familles et 57 genres dont 49 sont signalés pour la première fois en Afrique du nord, dans plusieurs localités du Nord-est Algérien. Après le travail de Hamra Kroua d'autres travaux sur la faune collemologique algérienne ont été effectués Amri (2006), Leblalta (2009), Brahim Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2018). Les travaux des auteurs précités permettent d'enrichir le patrimoine national de la biodiversité.

L'analyse de plusieurs dizaines d'échantillons prélevés dans les deux localités (Chettabah et Djebel el Ouahch) dans la région de Constantine, révèle la présence de 40 espèces sur un ensemble de 13460 individus récoltés entre les mois de Février et Mai 2019.

Par localité, c'est Chettabah qui présente la plus importante diversité avec respectivement : 4 ordres, 11 familles, 26 genres et 28 espèces de Collemboles. a été

prospectée pour la première fois par Hamra kroua en 2005. L'autre cite seulement 6 espèces, 5 genres, 4 familles appartiennent à 2 ordres des collemboles (Poduromorpha et Entomobryomorpha).

La région de Djebel el Ouahch occupe le 2ème rang avec respectivement : 4 ordres, 9 familles, 19 genres et 23 espèces de Collemboles identifiées. La région a été déjà prospectée par Bendjaballah dans son travail en 2018, ce travail montre la présence de 3 ordres, 10 familles, 16 genres et 17 espèces de collemboles.

Signalons qu'on n'a pu identifier qu'une partie des spécimens récoltés, une autre partie des spécimens a été envoyée à des spécialistes à l'étranger pour les identifier, ce qui nous donne la possibilité de nouvelles découvertes.

Par ordre de Collembole, la présentation des Poduromorpha dans notre matériel dépasse légèrement celle des Entomobryomorpha avec 18 espèces réparties sur 12 genres appartenant à 5 familles, ce qui représente 45% du total identifiés. Tous les travaux réalisés confirment la diversité exceptionnelle de l'ordre des Poduromorpha. Hamra Kroua (2005) cite 57 espèces réparties sur 26 genres appartenant à 5 familles, récoltées dans sept localités. Brahim Bounab (2016) cite 49 espèces trouvées dans cinq localités du Nord-Est algérien. Elles appartiennent à 3 superfamilles, 5 familles, 4 sous-familles et 27 genres. Zoughailech (2017) cite 31 espèces réparties sur 21 genres appartenant à 6 familles. Bendjaballah (2018) cite 43 espèces réparties sur 20 genres appartenant à 6 familles.

Pour les Entomobryomorpha sont représentées par 2 familles, 15 genres et 17 espèces, soit 42,5%. Hamra Kroua (2005) cite 41 espèces réparties sur 4 familles et 18 genres. Bendjaballah (2018) cite 5 familles, 20 genres et 33 espèces.

Les Symphypleona sont représentés par 3 familles, 4 genres et 4 espèces, soit 10%. Le nombre d'espèces identifiées est faible et ces résultats sont incomparables à celles de données par Hamra Kroua (2005) qui donne une liste de 12 espèces et Bendjaballah (2018) qui cite 11 espèces.

L'ordre des Neelipleona est faiblement représenté avec une seule espèce. Hamra Kroua (2005) cite 3 espèces appartenant à 2 genres de la famille des Neelidae.

La famille des Hypogastruridae est représentée par 4 espèces réparties sur 2 genres, soit 10% du total identifié. Hamra kroua (2005) ne cite qu'une seule espèce dans la région de Djebel El Ouahch ; *Ceratophysella cf. denticulata* on ne sait pas s'il s'agit vraiment de *C. denticulata* ou une autre espèce (l'autre cite 14 espèces réparties sur 7 genres au total).

Bendjaballah (2018) cite aussi une seule espèce dans la région de Chettabah; *Ceratophysella denticulata* (l'auteur cite 9 espèces de 5 genres).

La famille des Brachystomellidae est représentée par une seule espèce *Brachystomella parvula*. Ces résultats sont conformes aux résultats de Hamra kroua (2005), Bendjaballah (2018) dans leurs travaux sur les régions de Djebel El Ouahch et Chettabah respectivement (les auteurs cite 3 espèces au total, c'est le cas aussi de Brahim Bounab en 2016).

La famille des Neanuridae est représentée par 3 sous-familles, 2 genres et 8 espèces. Cette famille montre toujours une diversité assez important au sein de l'ordre des Poduromorpha, elle représente à chaque fois la famille la mieux représentée. Parmi les 26 espèces citées dans les différentes localités du Nord-Est algérien, une seule espèce *Bilobella aurantiaca* a été trouvée dans la région de Djebel El Ouahch auparavant par Hamra Kroua (2005). Deux sur 19 espèces citées par Bendjaballah (2018) sont citées dans la région de Chettabah ; *Bilobella aurantiaca* et *Pseudachorutes assigillata*. La sous familles des Frieseinae est complètement absent dans les travaux précités et représentée par 3 espèces du même genre dans le présent travail.

La famille des Onychiuridae est représentée par 03 espèces réparties sur 02 genres, soit 7,5% du total des espèces identifiées. Hamra Kroua (2005) et Bendjaballah (2018) dénombre 9 et 6 espèces respectivement. Seulement *Protaphorura armata* dans la région de Chettabah.

La famille des Tullbergiidae est représentée par 02 espèces du même genre *Mesaphorura*, soit 5%.

La famille des Isotomidae est la mieux représentée parmi les familles des collemboles identifiées dans le présent travail avec 08 genres et 09 espèces, 05 parmi eux sont déjà signalées par Hamra Kroua (2005) et Bendjaballah (2018).

La famille des Entomobryidae occupe le deuxième rang avec 7 genres et 08 espèces. Bendjaballah (2018) dans son travail sur la région de Chettabah cite seulement 02 espèces dans cette région parmi 16 espèces recensées ; *Heteromurus major* et *Pseudosinella alba*. Dans notre étude, cette famille ainsi que les Isotomidae contiennent d'autres espèces très intéressent non encore identifiées. Toutes les espèces de cette famille citée dans le présent travail sont nouvelles pour la région de Djebel El Ouahch.

Hamra Kroua (2005) signale la présence d'une seule espèce de la famille des Dicyrtomidae (*Dicyrtomina ornata*) c'est la même espèce identifiées dans le présent travail ainsi que le travail de Bendjaballah (2018) (auteur cite 02 autres espèces).

La famille des Sminthuridae est représentée par une seule espèce *Caprainea marginata*. Hamra Kroua (2005) et Bendjaballah (2018) dénombrent 03 espèces réparties sur 3 genres.

La famille des Sminthurididae est aussi représentée par une seule espèce *Sphaeridia pumilis*. Hamra Kroua (2005) et Bendjaballah (2018) dénombrent 02 espèces réparties sur 02 genres.

La famille des Neelidae vient en dernier avec une seule espèce *Neelus murinus*. Cette famille est nouvelle pour nos deux localités Chettaba et Djebel El Ouahch.

Parmi les 23 espèces citées dans la région de Djebel El Ouahch, 17 sont nouvelles pour la région *Ceratophysella armata*, *Ceratophysella gibbosa*, *Xenylla mediterranea*

Sur un total de 40 espèces on a 11 espèces communes entre Djebel El Ouahch et Chettabah. *Ceratophysella denticulata*, *Bilobella aurantiaca*, *Protaphorura armata*, *Mesaphorura sp*, *Hemisotoma thermophila*, *Isotomiella minor*, *Parisotoma notabilis*, *Entomobryidae sp*, *Heteromurus major*, *Caprainea marginata*, *Neelus murinus*.

La liste des espèces de Djebel El Ouahch donnée par Hamra Kroua (2005) et qui comporte 6 espèces est enrichie par 17 espèces de différents ordres de collemboles. Ces espèces sont déjà connues d'Algérie.

La faune collembologique de Chettabah récemment donnée par Bendjaballah (2018) est enrichie aussi par la présence de 9 espèces de plus.

La structure de la faune est liée aux différents types de milieux échantillonnés et à la méthode de récolte des relevés. Ainsi la proportion élevée des hemiédaphons 47,5% (19 espèces) est due au nombre important d'échantillons de litière, mousse et bois mort, où ils se retrouvent dominants de part leur morphologie adaptée à ces milieux non interstitiels. La proportion des hemiédaphons Poduromorphes (9 espèces sur 18), Entomobryomorphes (8 espèces sur 17), et Symphypléones (2 espèces sur 4). Le taux élevé des espèces non encore identifiées jusqu'au niveau de l'espèce marquées sp. nous donne la possibilité de s'attendre à des nouvelles découvertes Les éléments euédaphiques et édaphique sont représentés par 8 et 2 espèces, soit 20% et 2,5% respectivement.

Les espèces à large distribution représentent 37,5%, soit 15 espèces. Les formes non encore identifiées jusqu'au niveau de l'espèce représentent 30%, soit 12 espèces. Les espèces cosmopolites, européennes/ euro-méditerranéennes représentent 15% et 10% soit 6 et 4 espèces respectivement. La part de l'endémisme est de l'ordre de 7,5%, soit 3 espèces.

Les résultats du dénombrement des individus de collemboles, indiquent que l'ordre des **Entomobryorpha** est le plus abondants dans les 2 localités prospectées avec **8542** individus, soit **85,42%** Ils sont suivis par les **Poduromorpha** avec **4080** individus du total dénombrés, soit **40,80%**, les **Symphyleona** avec **656** individus soit **6,56%**, les **Neelipleona** avec **182** individus, soit **1,82%**.

# Conclusion

## **Conclusion**

Depuis le début des années 2000, et même avant, l'étude de la biodiversité des collemboles d'Algérie a fait de grand progrès grâce essentiellement à la contribution de Hamra Kroua (2005). L'auteur signale la présence de 113 espèces dont 56 sont nouvelles pour le pays et nous ouvre la porte pour se lancer dans le défi d'étudier un groupe d'arthropodes longtemps négligé par les zoologistes algériens.

Un total de 40 espèces a été identifié dans les deux localités de la région de Constantine. Elles se répartissent sur 11 familles et 26 genres de quatre ordres connus des collemboles.

Cette étude constitue un premier élément de base pour une meilleure connaissance de la faune collembologique des stations étudiées. Cependant la liste obtenue ne reflète pas la diversité réelle des localités d'étude. Les résultats obtenus nous permettent d'ouvrir de grandes perspectives pour une meilleure connaissance de ce groupe zoologique.

Plusieurs indices donnent à penser que nous n'avons récoltés qu'une petite proportion de la faune collembologique des localités d'étude. Tout d'abord, la prospection est restée limitée compte tenu de la taille des massifs étudiés et la courte période d'échantillonnage. Ensuite, les habitats des stations échantillonnées ne représentent qu'une petite partie des habitats existants.

La proportion élevée des spécimens non identifiés, nous permet de s'attendre à de nouvelles découvertes

Des espèces intéressantes qui ont été envoyées à l'étranger pour l'identification, qu'elles peuvent être nouvelles pour l'Algérie ou pour la science qui donne l'importance à cet inventaire préliminaire qui contribue modérément à la connaissance de la faune Collembologique algérienne.

# Références bibliographiques

## B I B L I O G R A P H I E

**Altner H., & Altner I., 1985-** Multicellular antennal sensilla containing a sensory cell with a short dentrite and dense core granules in the insect *Hypogastrurasocialis* (Collembola): intermoult and moulting stages. *Cell and Tissue Research*.241, 119-28.

**Altner H., & Ernst K.D., 1974-** Strukturei gentümli chkeiten antennaler Sensillen bodenlebender Collembolen. *Pedobiologia*, 14. 118-22.

**Amri C., 2006 -** Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien : Inventaire et dynamique saisonnière. Memoire de magister. *Université Mentouri Constantine*. 91p.

**Andre H.M., 1988b-** The phanerotaxy of the genus *Xenylla* (Collembola: Hypogastruridae). With the description of a new species from Ethiopia. *Journal of African Zoology*, 102, 503-27.

**Arbea J.I., 2003-** El genero *Proctostephanus* Börner 1902, en la Peninsula Iberica, condescripcion de unanueva especie de la region mediterranea de Espana (Collembola:Isotomidae). *Bol. SEA*, 32: 5-8.

**Bauer T., & Christian E., 1986-** Flight behaviour of springtails (Collembola) with respect to their habitat. In *Second International Seminar on Apterygota* (ed. R. Dallai), 177-9. University of Siena, Siena.

**Bellinger P F., & Christiansen K A & Janssens F., 1996-2019 -** Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>.

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

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

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

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

**Cassagnau, P., 1953**-Contribution à l'étude d'un collembole *Proctostephanus Stuckeni*. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, 39-58.

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

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

**Deharveng L., 1981a**- La famille des Odontellidae : phylogénèse et taxonomie. *Travaux du Laboratoire d'Ecobiologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse*, 3 (1), 1-21.

**Derradj L., 2014** - Les collemboles (Hexapoda, Arthropoda) Répertoire Mondiale et national des espèces connues. Mémoire de master. *Université Mentouri Constantine*. 80p.

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

**Djeha W I ., 2017**- L'homme et le milieu naturel dans la région de Djebel Ouahch. Mémoire de Master. *Université Mentouri Constantine*. 39p.

**Eisenbeis G., & Ulmer S., 1978**- Zur Funktionsmorphologie des Sprung-Apparates der Springschwänze am Beispiel von Arten der Gattung *Tomocerus* (Collembola : Tomoceridae). *Entomologica Generalis*, 5, 35-55.

**Elalaouimoulay A., & Guerrah A., 2015**- Caractérisation des Carbonates de la Série Néritique de Djebel Chettabah, Ouest de Constantine et leurs intérêts. Mémoire de Master. *Université Laarbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi*. 70p

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

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

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

**Hachiche L., 2014-** Restauration et réhabilitation de la réserve biologique de Djebel El Ouahch (Constantine). Mémoire de Master. *Université Mentouri Constantine*. 50p.

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

**Hopkin S P., 1997-** Biology of the springtails: (Insecta: Collembola) (OUP Oxford).

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

**Jantarit, S., Chutamas S., & Deharveng L., 2013-** The genus *Cyphoderopsis* Carpenter (Collembola: Paronellidae) in Thailand and a faunal transition at the Isthmus of Kra in Troglopedetinae. *Zootaxa* 3721(1):49-70.

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

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

**Massoud Z., & Betsch J. M., 1966c-** Considérations sur l'antenne des Sminthuridinae et description de deux nouvelles espèces de Collemboles interstitiels du genre *Sminthurides* Boerner 1900 (Symphyléones). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Série 2*, 38, 574-85.

**Massoud Z., & Ellis W., 1977-** Proposition pour une classification et une nomenclature cohérente des phanères des Collemboles européens. *Rev Ecol Biol Sol*.

**Meyer-Rochow V.B., Reid W.A., & Gal J., 2005-**An ultrastructural study of the eye of *Gomphiocephalus hodgsoni*, a collembolan from Antarctica. *Polar Biol.*, 28, 111–118. Naturales, CSIC, Madrid, p.1-233.p.305-312.

**Nicolet H., 1842-** Recherches pour Servir á l'Histoire des Podurelles. *Nouv. Mém. Soc. Helvet. Sci. Nat.*, 6, p.1-88

**Pedigo L P., 1967-** Selected life history phenomena of *Lepidocyrtus cyaneus* f. *cinereus Folsom* with reference to grooming and the role of the collophore (Collembola: Entomobryidae). *Entomological News*, 78, 263-7.

**Poinsot N., & Dallai R., 1970-** Ricerche sui Collemboli. XII. Contributoallo studio delgenre *Proctostephanus*. *Redia*, 52, 305-21.

**Potapov M., 2001-**Synopses on Palaearctic Collembola. In: Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkunde museums Goerlitz*, 73, vol. 3, pp. 1e 603.

**Slifer E. H., & Sekhon S.S., 1978-** Sense organs on the antenna of two species of Collembola (Insecta). *Journal of Morphology*, 157, 1-20.

**Smolis A., 2008-** Redescription of four Polish *Endonura* Cassagnau, 1979 (Collembola, Neanuridae, Neanurinae), with a nomenclature of the ventral chaetae of antennae. *Zootaxa*, 1858, 9-36.

**Thibaud J M & Cyrille A., 2010 -** Le petit Collembole illustré. *Arvernensis*, 51-31.

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

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

# ANNEXE

**Tableau.** Liste de quelques points d'échantillonnages prospectés à Chettabah

**Le 11/02/2019**

	<b>Coordonnées Géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité%</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
N° 1	N36°15'48 E6°34'22	2°	86%	833m	Litière chêne vert
N°2	N36°15'48 E6°34'22	2°	86%	833m	Litière chêne vert
N°4	N36°15'48 E6°34'22	2°	86%	833m	Mousse sur sol
N°4	N36°15'48 E6°34'22	9°	80%	830m	Mousse sur sol
N°5	N36°15'48 E6°34'22	11°	69%	820m	Litière
N°6	N36°15'48 E6°34'22	11°	69%	820m	Mousse sur sol
n°7	N36°15'48 E6°34'22	9°	70%	880m	Mousse sur sol
N°8	N36°15'45 E6°29'55	9°	70%	880m	Bois mort
N°9	N36°15'45 E6°29'55	9°	70%	880m	Mousse sur sol
N°10	N36°15'45 E6°29'55	10°	70%	882m	Litière

**Le 15/02/2019**

	<b>Coordonnées Géographique</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité%</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
n° 1	N36°18'6 E6°27'47	14°	31%	773m	Mousse sur sol
n°2	N36°18'6 E6°27'47	14°	35%	773m	Mousse sur sol
n°3	N36°18'6 E6°27'47	14°	35%	773m	Mousse sur sol
n°4	N36°18'6 E6°27'47	14°	35%	773m	Mousse sur sol
n°5	N36°18'6 E6°27'47	14°	35%	773m	Mousse sur sol
n°6	N36°18'6 E6°27'46	12°	69%	780m	Litière
n°7	N36°18'6 E6°27'46	12°	40%	780m	Litière
n°8	N36°18'6 E6°27'46	12°	40%	780m	Litière chêne vert
n°9	N36°18'6 E6°27'46	12°	40%	780m	Litière chêne vert
n°10	N36°18'5 E6°27'45	13°	35%	788m	Litière
n°11	N36°18'5 E6°27'45	13°	35%	786m	Mousse sur pierre
n°12	N36°18'5 E6°27'45	13°	35%	786m	Mousse sur pierre
n°13	N36°18'7 E6°27'44	13°	41%	781m	Bois mort (5

					échantillons)
--	--	--	--	--	---------------

**Le 22/02/2019**

	<b>Coordonnées géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité %</b>	<b>Altitudes (m)</b>	<b>Biotopes</b>
N°1	N36°19'17 E6°28'9	10°	62%	892m	Mousse sur sol
N°2	N36°19'17 E6°28'9	10°	62%	892m	Mousse sur sol
N°3	N36°19'17 E6°28'9	10°	62%	892m	Mousse sur sol
N°4	N36°17'7 E6°36'5	10°	62%	892m	Litière chêne vert
N°5	N36°17'7 E6°36'5	10°	62%	892m	Litière chêne vert
N°6	N36°17'7 E6°36'5	10°	62%	892m	Litière
N°7	N36°17'47 E6°36'5	10°	62%	891m	Litière
N°8	N36°17'47 E6°28'5	10°	62%	891m	Litière
N°9	N36°16'45 E6°29'53	10°	62%	873m	Mousse
N°10	N36°16'45 E6°29'53	10°	62%	873m	Mousse
N°11 N°12 N°13	N36°16'45 E6°29'53	10°	62%	873m	Litière

**Le 16/03/2019**

	<b>Coordonnées géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité %</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Biotopes</b>
N°1	N36°19'55 E6°28'25	17°	37%	960m	Litière
N°2	N36°19'54 E6°28'26	17°	40%	960m	Bois mort
N°3	N36°19'54 E6°28'26	17°	40%	960m	Bois mort
N°4	N36°19'54 E6°28'26	17°	40%	960m	Bois mort
N°5	N36°19'54 E6°28'26	17°	40%	960m	Bois mort
N°6	N36°19'54 E6°28'26	17°	40%	960m	Litière
N°7	N36°19'54 E6°28'25	17°	35%	975m	Litière
N°8	N36°19'54 E6°28'25	17°	35%	975m	Litière
N°9	N36°20'0 E6°28'24	16°	35%	994m	Litière
N°10	N36°20'2 E6°28'23	16°	35%	1004m	Ecorce
N°11	N36°14'30 E6°33'10	16°	35%	1004m	Litière

**Le 24/3/2019**

	<b>Coordonnées géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité %</b>	<b>Altitudes (m)</b>	<b>Biotopes</b>
N°1	N36°19'55 E6°28'21	13°	55%	975m	Mousse sur sol
N°2	N36°19'55 E6°28'21	13°	55%	975m	Mousse sur sol
N°3	N36°19'55 E6°28'21	13°	55%	975m	Mousse sur sol
N°4	N36°17'55 E6°28'21	13°	55%	975m	Mousse sur sol
N°5	N36°11'35 E6°23'23	12°	60%	990m	Litière
N°6	N36°11'35 E6°23'23	12°	60%	990m	Litière
N°7	N36°11'35 E6°23'23	12°	60%	990m	Litière
N°8	N36°8'9 E6°22'26	15°	67%	1008m	Litière
N°9	N36°8'9 E6°22'26	15°	67%	1008m	Litière
N°10	N36°8'9 E6°22'26	15°	67%	1008m	Litière
N°11	N36°8'9 E6°22'26	15°	67%	1008m	Litière
N°12	N36°8'9 E6°22'26	15°	67%	1009m	Mousse sur sol

**Le 13/04/2019**

	<b>Coordonnées géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité %</b>	<b>Altitudes (m)</b>	<b>Biotopes</b>
N°1	N36°18'40 E6°30'2	11°	71%	698m	Mousse sur sol
N°2	N36°18'40 E6°30'2	11°	71%	698m	Mousse sur sol
N°3	N36°15'54 E6°42'23	11°	71%	809m	Mousse sur sol
N°4	N36°15'54 E6°42'23	11°	71%	809m	Mousse sur sol
N°5	N36°15'54 E6°42'23	11°	71%	809m	Mousse
N°6	N36°15'54 E6°42'23	11°	71%	809m	Mousse
N°7	N36°15'54 E6°42'23	11°	71%	809m	Mousse
N°8	N36°15'54 E6°42'23	11°	71%	809m	Mousse
N°9	N36°21'49 E6°37'41	11°	71%	810m	Litière
N°10	N36°8'9 E6°22'26	15°	67%	1008m	Litière

**Le 13/4/2019**

	<b>Coordonnées géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité %</b>	<b>Altitudes (m)</b>	<b>Biotopes</b>
N°14	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	820m	Mousse sur sol
N°15	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	820m	Mousse sur sol
N°16	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	812m	Mousse sur sol
N°17	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	812m	Mousse sur sol
N°18	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	812m	Mousse sur sol
N°19	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	837m	Mousse sur sol
N°20	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	837m	Litière
N°21	N36°15'48 E6°34'22	11°	71%	837m	Mousse

**Tableau.** Liste de quelques points d'échantillonnages prospectés à Djebel El Ouahch

**Le 16/02/19**

<b>Echantillon</b>	<b>Coordonnées Géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité %</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
N° 1	N36°23'39 E6°34'12	12°	26%	812m	Mousse sur sol
N° 2	N36°32'48 E6°34'22	11°	26%	812m	Litière Chêne zen
N° 3	N36°15'44 E6°34'16	11°	27%	812m	Mousse sur sol
N° 4	N36°23'34 E6°37'22	13°	26%	820m	Litière Chêne zen
N° 5	N36°23'39 E6°39'47	13°	26%	820m	Litière
N° 6	N36°23'39 E6°39'44	13°	26%	820m	Litière Chêne vert
N° 7	N36°21'37 E6°38'27	12°	26%	820m	Bois Mort
N° 8	N36°21'37 E6°38'27	13°	23%	820m	Litière Chêne zen
N° 9	N36°19'39 E6°38'27	13°	23%	820m	Mousse sur sol
N° 10	N36°21'37 E6°38'27	13°	23%	820m	Mousse sur roche
N° 11	N36°15'46 E6°36'42	12°	23%	932m	Litière le pin
N° 12	N36°15'40 E6°36'42	12°	26%	932m	Mousse sur sol
N° 13	N36°18'43 E6°37'6	13°	25%	932m	Mousse sur sol
N° 14	N36°15'7 E6°34'37	13°	26%	932m	Litière eucalyptus
N° 15	N36°15'12 E6°34'25	12°	26%	932m	Mousse sur sol
N° 16	N36°18'42 E6°36'22	12°	26%	932m	Bois Mort

**Le 23/02/2019**

<b>Echantillon</b>	<b>Coordonnées Géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité %</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
N° 1	N36°24'5 E6°40'38	10°	62%	846m	Bois Mort
N° 2	N36°15'46 E6°36'40	10°	62%	846m	Mousse sur sol
N° 3	N36°15'46 E6°36'40	9°	62%	846m	Litière
N° 4	N36°24'15 E6°40'40	9°	66%	862m	Litière le pin
N° 5	N36°15'3 E6°34'28	9°	66%	862m	Litière Chêne zen
N° 6	N36°23'35 E6°40'4	9°	66%	862m	Litière Chêne zen
N° 7	N36°23'32 E6°39'3	9°	66%	862m	Mousse
N° 8	N36°22'39 E6°39'13	8°	57%	862m	Bois Mort
N° 9	N36°23'52 E6°39'18	6°	52%	862m	Mousse sur sol
N° 10	N36°22'38 E6°39'14	7°	57%	862m	Mousse sur sol
N° 11	N36°24'15 E6°40'39	7°	57%	862m	Mousse sur sol
N° 12	N36°23'58 E6°4'28	7°	57%	862m	Litière

**Le 02/3/2019**

<b>Echantillon</b>	<b>Coordonnées Géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité%</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
N° 1	N36°23'59 E6°39'28	11°	66%	730m	Mousse sur sol
N° 2	N36°24'10 E6°39'48	11°	66%	730m	Mousse
N° 3	N36°24'0 E6°39'52	12°	58%	730m	Bois Mort
N° 4	N36°24'0 E6°35'47	12°	58%	730m	Litière Chêne zen
N° 5	N36°24'0 E6°39'44	12°	60%	730m	Litière Chêne vert
N° 6	N36°24'2 E6°39'38	12°	62%	880m	Mousse
N° 7	N36°24'49 E6°39'43	13°	51%	880m	Mousse
N° 8	N36°24'20 E6°40'30	13°	51%	880m	Mousse sur sol
N° 9	N36°24'33 E6°40'5	12°	52%	912m	Litière eucalyptus
N° 10	N36°24'18 E6°40'29	12°	52%	912m	Bois Mort
N° 11	N36°23'21 E6°40'15	11°	58%	912m	Mousse sur sol

**Le 16/03/2019**

<b>Echantillon</b>	<b>Coordonnées Géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité%</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
N° 1	N36°22'42 E6°37'40	21°	22%	668m	Mousse sur roche
N° 2	N36°22'41 E6°40'15	19°	24%	668m	Litière
N° 3	N36°23'46 E6°37'39	19°	24%	720m	Mousse sur sol
N° 4	N36°33'47 E6°37'16	18°	24%	720m	Mousse sur sol
N° 5	N36°30'7 E6°35'2	21°	22%	745m	Litière Chêne zen
N° 6	N36°35'4 E6°36'12	21°	22%	754m	Mousse sur sol

**Le 24/03/2019**

<b>Echantillon</b>	<b>Coordonnées Géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité%</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
N° 1	N36°19'51 E6°27'21	13°	55%	806m	Mousse sur roche
N° 2	N36°19'51 E6°27'21	13°	55%	806m	Litière
N° 3	N36°12'41 E6°22'22	11°	62%	851m	Mousse
N° 4	N36°11'56 E6°28'17	11°	62%	851m	Litière
N° 5	N36°18'32 E6°26'28	11°	62%	911m	Mousse
N° 6	N36°18'32 E6°26'28	11°	62%	911m	Mousse sur sol
N° 7	N36°17'21 E6°27'4	12°	65%	911m	Litière
N° 8	N36°17'21 E6°27'4	12°	65%	970m	Bois Mort
N° 9	N36°17'21 E6°27'4	12°	65%	970m	Mousse
N° 10	N36°8'12 E6°23'16	11°	62%	1012m	Bois Mort
N° 11	N36°8'12 E6°23'16	11°	62%	1012m	Bois Mort
N° 12	N36°8'12 E6°23'16	11°	62%	1012m	Litière Chêne zen
N° 13	N36°8'12 E6°23'16	11°	62%	1012m	Mousse sur roche

**Le 02/4/2019**

N° 14	N36°8'12 E6°23'16	11°	62%	1012m	Mousse sur sol
-------	-------------------	-----	-----	-------	----------------

Le 10/4/2019

<b>Echantillon</b>	<b>Coordonnées Géographiques</b>	<b>T°</b>	<b>Humidité%</b>	<b>Altitude(m)</b>	<b>Biotopes</b>
N° 1	N36°41'45 E6°44'8	17°	44%	912m	Mousse sur sol
N° 2	N36°31'45 E6°44'8	14°	44%	912m	Mousse sur sol
N° 3	N36°31'8 E6°44'3	14°	44%	912m	Litière eucalyptus
N° 4	N36°27'26 E6°36'50	14°	44%	912m	Bois Mort
N° 5	N36°27'28 E6°39'54	16°	51%	912m	Mousse sur sol
N° 6	N36°27'28 E6°41'37	13°	51%	941m	Mousse sur sol
N° 7	N36°26'4 E6°32'12	12°	64%	941m	Mousse sur sol
N° 8	N36°25'14 E6°40'21	12°	64%	941m	Mousse sur roche
N° 9	N36°35'4 E6°36'12	11°	71%	970m	Mousse sur sol
N° 10	N36°16'54 E6°42'23	11°	71%	970m	Litière Chêne zen
N° 11	N36°8'9 E6°22'26	11°	71%	970m	Litière eucalyptus
N° 12	N36°18'40 E6°30'2	12°	68%	970m	Mousse sur roche
N° 13	N36°18'40 E6°30'2	12°	68%	970m	Mousse sur sol

**Tableau : dénombrements des échantillons récoltés dans la région de Chettabah**

Date	Ech	Biotope	O. Podur	O. Entomo	O. Symphy	O. Neeli
11/02/2019	n=°9	M/S	119	116	17	10
	n=°7	M/S	2	3	1	0
	n=°8	Bm	334	12	1	0
	n=°10	L	16	17	2	0
	n=°6	M	14	4	3	1
	n=°7	M	63	19	6	2
15/02/2019	n=°1	M	12	8	0	0
	n=°2	M/R	8	48	6	5
	n=°3	M/R	23	9	1	0
	n=°11	M/R	141	64	2	6
22/02/2019	n=°1	M/S	36	6	0	0
	n=°2	M	228	214	20	6
	n=°2	M	60	176	4	3
	n=°1	M	21	16	0	0
	n=°2	M	15	135	5	0
	n=°3	M	30	96	0	0
	n=°10	M	30	144	3	2
	n=°11	L	0	30	0	0
	n=°13	L	42	276	1	0
	n=°12	L	20	84	30	6
	n=°9	M	17	39	12	3
	n=°5	L	20	36	0	0
	n=°7	L	48	348	6	7
	n=°10	M	52	194	4	2
	n=°11	L	0	54	0	0
n=°6	L	9	86	2	0	
n=°13	M	5	9	0	0	
16/03/2019	n=°4	L	14	80	47	0
	n=°8	L	6	12	0	0
	n=°10	Bm	6	36	19	4
	n=°11	L	76	180	42	6
	n=°11	L	144	328	6	4
24/03/2019	n=°2	M	12	162	0	0
	n=°12	M	8	17	0	0
	n=°13	L	6	16	5	1
	n=°15	M	14	8	12	5
13/04/2019	n=°4	M	15	66	0	0
	n=°5	M	12	72	6	3
	n=°18	M	9	32	0	0
	n=°19	M	70	958	3	0
	n=°24	M	19	87	10	0

**Tableau : dénombrement s des échantillons récoltés dans la région de Djebel El Ouahch**

Date	Ech	Biotope	O. Podur	O. Entomo	O. Symphy	O. Neeli
16/02/2019	N=°1	M	14	34	5	0
	N=°3	M	22	384	0	0
	N=°4	L	8	24	0	0
	N=°5	L	320	120	0	0
	N=°7	Bm	531	128	3	2
	N=°12	M	10	29	2	0
	N=°13	M	257	10	24	4
	N=°15	M	42	59	5	5
23/02/2019	N=°2	M	112	162	21	4
	N=°3	L	61	131	33	0
	N=°4	L	29	158	0	0
	N=°5	L	0	98	0	0
	N=°6	L	44	71	30	24
	N=°7	M	13	88	0	0
	N=°8	Bm	96	36	0	0
	N=°9	M	43	73	26	6
	N=°10	M	16	43	8	2
	N=°11	M	48	92	0	0
02/03/2019	N=°1	M	24	55	0	0
	N=°2	M	11	22	26	0
	N=°3	Bm	66	144	11	5
	N=°4	L	5	120	0	0
	N=°5	L	20	46	3	2
	N=°6	M	12	64	12	0
	N=°7	M	46	34	0	0
	N=°8	M	6	7	0	0
	N=°10	Bm	7	1	6	0
	N=°11	M	24	76	4	0
24/03/2019	N=°1	M	0	86	20	12
	N=°3	M	6	42	3	1
	N=°4	L	0	32	13	4
	N=°5	M	0	14	0	0
	N=°9	M	14	105	0	0
	N=°11	Bm	126	0	3	0
	N=°13	M	33	330	0	0
10/04/2019	N=°1	M	15	176	0	0
	N=°2	M	0	62	66	4
	N=°3	L	79	360	19	4
	N=°4	Bm	16	23	1	0
	N=°5	M	28	312	63	7
	N=°6	M	4	111	16	0
	N=°7	M	12	47	19	5

	N=°9	M	22	213	38	13
	N=°10	L	0	30	0	0
	N=°13	M	62	68	0	0

### **Abréviation**

**Ech** : échantillon, **O** : ordre, **M/S** : mousse sur sol, **M/R** : mousse sur roche, **M** : mousse,

**L** : litière, **Bm** : bois mort, **Podur** : Poduromorpha, **Entomo** : Entomobryomorpha, **Symphy** : Symphypleona, **Neeli** : Neelipleona.

## **Contribution à l'étude des Collemboles (Hexapoda ; Collembola) dans deux localités de la wilaya de Constantine (Chettabah et Djebel El Ouahch)**

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

De nombreux échantillons (litière, mousse et bois mort) provenant de deux localités de la wilaya de Constantine (Djebel El Ouahch et Chettabah) sont analysés au laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes. Un effectif total de plus de 13460 individus ont été extraits suite à l'emploi des techniques courantes d'extraction des collemboles.

L'étude taxonomique révèle la présence d'un total de 40 espèces de collemboles appartenant à 4 ordres, 11 familles et 26 genres.

Du point de vue diversité la plus grande proportion appartient à l'ordre des Entomobryomorpha et de Poduromorpha avec 43 % (22 espèces). L'ordre des Symphypleona est représenté par un taux de 10% (5 espèces) et les Neelipleona avec seulement 4% (2 espèces).

Les résultats du dénombrement des individus de collemboles, indiquent que l'ordre des Entomobryomorpha est le plus abondant dans les 2 localités prospectées avec 8542 individus, soit 85,42%. Ils sont suivis par les Poduromorpha avec 4080 individus du total dénombrés, soit 40,80%, les Symphypleona avec 656 individus soit 6,56%, les Neelipleona avec 182 individus, soit 1,82%.

Parmi les deux localités prospectées, c'est de Chettabah que provient l'essentiel du total identifiées, soit 55% (28 espèces identifiées), la région de Djebel El Ouahch occupe le deuxième rang avec un taux de 45% (23 espèces identifiées).

La diversité biologique du pays demeure encore mal connue et les résultats obtenus ne reflètent pas la diversité d'un territoire aussi vaste et diversifié que l'Algérie ce qui nécessite d'élargir la prospection à d'autres régions habitats et structures géologiques.

**Mots clés : Collemboles, biodiversité, inventaire, Djebel El Ouahch, Chettabah, Constantine**

Laboratoire de recherche : **Biosystématique et écologie des arthropodes**

### **Jury d'évaluation :**

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

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

Examineur : **Saouache Yasmina** MCB (Université Constantine 3 –Salah Bounnider-)

Date de soutenance : **16/07/2019**