

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne et Démocratique Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale

كلية علوم الطبيعة والحياة

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie et Contrôle des populations d'insectes

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

**Contribution à l'étude des Collemboles urbains et semi-urbains
de la wilaya de Constantine**

Présenté par : NAITRABAH saadia chiraz
SEDRATI ouissem

Le 21/06/2023

Jury d'évaluation :

Président du jury : HAMRA KROUA Salah (Prof - UFMC 1).

Encadrant : BRAHIM BOUNAB Hayette (MCA -UFMC 1).

Examineur : BENDJABALLAH Mohamed (MCB -UFMC 1).

Année universitaire

2022- 2023

Remerciements

Avant tout, on remercie le bon dieu qui nous a donné de l'aide et de la patience pour atteindre nos objectifs.

Nos remerciements s'adressent tout d'abord à **Dr. BRAHIM BOUNAB Hayette** qui nous a fait l'honneur de diriger notre travail. Nous lui serons toujours reconnaissants pour le temps qu'elle nous a consacré, sa patience et ses remarques pertinentes.

Nous adressons nos vifs remerciements à Monsieur le Professeur **HAMRA - KROUA SALAH** pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent aussi à **Mr. BENDJABALLAH MOHAMED**, pour son aide qui a été précieuse durant notre travail, sa patience, sa gentillesse et sa générosité envers nous.

Dédicace

À la mémoire de mon grand-père en hommage (malgré ton absence, tu es toujours présent dans mon cœur, que dieu te récompense avec grâce et sa miséricorde et te garde dans son vaste paradis) à mes chers parents, pour leurs sacrifices et leurs amour, leurs tendresse leurs soutien et leurs prières.

A ma sœur et mon frère pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A tous mes amis qui ont contribué de près ou de loin et surtout à mon cher binôme **SEDRATI WISSEM** qui s'est donnée à fond pour ce travail, et sans oublier mes chers camarades de travail : **lyna, warda, fadhila** je vous dis merci.

Chiraz

Dédicace

À ma très chère maman **Meriem** qui m'a entouré toujours d'amour, d'affection et qui a tout fait pour ma réussite toi aussi mon cher papa **Azzedine** tu as toujours été là à mes côtés pour me soutenir et m'encourager que dieu vous protège pour moi.

Je rajoute une autre dédicace à mes chères sœurs **Lynda Amina** et **Lyna** ainsi que mes deux frères adorés **Wassim** et **Anis**, ma chère **Maisoun** et ma **tante Nora**, merci d'être toujours à mon aide je vous aime tous.

Sans oublier mon adorable binôme **Chiraz nait rabah** pour sa patience et sa compréhension. Et aussi mes chères amies

LYNA, WARDA et FADHILA.

Wissem

SOMMAIRE :

Introduction	1
Chapitre I : Données générales sur les collemboles	
1. Position systématique des collemboles.....	2
2. Morphologie des collemboles.....	5
2.1. Morphologie externe	6
2.1.1 La tête.....	6
2.1.2 Les antennes	7
2.1.3 Les pièces buccales	8
2.1.4 Les yeux	9
2.1.5 Le thorax.....	10
2.1.6 L'abdomen.....	10
3.2 Anatomie externe et physiologie	12
3.2.1 Le tégument	12
4. Anatomie interne	13
4.1 Système nerveux.....	13
4.2 Système digestif.....	14
4.3 Système respiratoire	15
4.4 Système circulaire.....	16
4.5 Système musculaire.....	16
4.6 Système excrétoire	16
5. Reproduction et développement	17
5.1 La reproduction.....	17
5.2 Appareil génital male	17
5.3 Appareil génital femelle	17
5.4 La fécondation.....	18

5.5 Développement embryonnaire.....	18
5.6 Développement post-embryonnaire	18
6. Ecologie des collemboles	19
6.1 Milieu et habitat.....	19
6.2 Adaptation	19
6.2.1 Adaptation morphologique	19
6.2.2 Adaptation physiologiques aux milieux extrêmes	20
6.2.2.1 Adaptation au froid.....	20
6.2.2.2 Adaptation à la sécheresse	20
6.2.2.3 Adaptation à l'inondation	21
7. Influence des facteurs abiotiques	21
7.1 Température et humidité	21
7.2 Porosité et aération du sol.....	22
7.3 Le couvert végétale	22
7.4 Les facteurs biotiques	23
7.4.1 Le régime alimentaire.....	23
7.4.2 Parasites et prédateurs... ..	23
7.4.3 Le rôle des collemboles	23
8. Les collemboles d'Algérie	24

Chapitre II : Présentation des localités de récoltes et méthodes d'études

1. Présentation des localités de travaille.....	29
1.1 Localité de Boussouf.....	29
1.2 Localité d'El Khroub	30
1.2.1 Le relief	31
1.3 Le climat de la région de Constantine.....	32
2. Précipitations... ..	32

2.1 La température.....	33
2.2 La végétation	33
3. Etude faunistique	33
3.1 Techniques de prélèvement des échantillons.....	33
3.2 Extraction des collemboles.....	34
3.3 Tri et dénombrement des collemboles	34
4. Identification des collemboles	36
4.1 Fixation	36
4.2 Éclaircissement.....	37
4.3 Montage entre lame et lamelle.....	37
5. Observation	39

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Composition faunistique.....	42
2. Etude statistique.....	46
2.1. Abondances des ordres de Collemboles.....	46
2.1.1. localité de Boussouf	46
2.1.2. localité de Bounouara	46
2.1.3. localité des quatre chemins	47
2.2. localité de Ain kedjew	48
3. Discussion	53
Conclusion	56
Références Bibliographiques.....	57

Liste des tableaux

Tableau 1. Liste des espèces des collemboles identifiées dans les différentes localités.....	41
---	----

LISTE DES FIGURES

Figure .1 : Les quatre ordres de Collemboles (Anonyme 2017).....	2
Figure 2 : Schéma des quatre ordres de collemboles (Anonyme 2023).....	5
Figure 3 : Morphologie externe des entomobryomorphes (Anonyme 2014).....	6
Figure 4 : Morphologie externe des poduromorphes (Anonyme 2014).....	6
Figure 5 : Morphologie du Collembole <i>Orchesellaquinquefasciata</i> : juvénile (montage-photo P.Falatico)(Anonyme 2018).....	8
Figure 6 : Pièce buccale d'un collembole (Anonyme. 2018)	9
Figure 7 : Plaques oculaires des collemboles (Anonyme 2017).....	10
Figure 8 : Détail du tube ventral ou collophore. (Photo M.Blaise)(Anonyme 2017)	11
Figure 9 : Profile d'un collembole <i>poduromorphedu</i> genre <i>ceratophysella</i> (hypogastrura)(Anonyme 2017).....	12
Figure 10 : Systèmes nerveux thoracique et abdominaux d'un Tomoceridae(<i>Arthropléone</i>) et d'un Sminthuridae (<i>Symphyleone</i>)(Anonyme 2014)	13
Figure 11 : Schéma du système digestif des collemboles (Anonyme 2014).....	15
Figure 12 : Carte des localités de récoltes (Mapbox, 2023).....	29
Figure 13 : Point de récolte dans la localité de Boussouf (Mapcarta, 2023).....	30
Figure 14 : Point de récolte de la localité d'El Khroub (Mapcarta, 2023)	31
Figure 15 : Point de récolte de la localité d'Ain Kedjew (Mapcarta, 2023).....	31
Figure 16 : Extraction des collemboles par la méthode sèche (Appareil de Berlèse-Tullgren, 2016)	34
Figure 17 : Loupe binoculaire De marque « Carl Zeiss » à grossissement X32 (Photo originale).....	35

Figure 18 : Brosse de Cassagnau (Photo originale)	35
Figure 19 : Tubes étiquetés (Photo original)	36
Figure 20 : Les ordres des collemboles	40
Figure. 21 : Répartition en pourcentage des différents ordres des collemboles	
Identifiés	42
Figure.22 : Pourcentages des différentes familles de collemboles identifiés	42
Figure 23 : Répartition des collemboles identifiés par localité.....	43
Figure 24 : Répartition en pourcentages des familles de Poduromorpha	44
Figure 25 : Proportion des familles d'Entomobryomorpha.....	44
Figure 26 : Proportion des familles de Symphypleona	45
Figure 27 : Fréquences absolues des familles, genre et espèces des collemboles...	45
Figure 28 : Abondance par ordre de Collemboles dans la localité de Boussouf ...	46
Figure 29 : Abondance par ordre de Collemboles dans la localité de Bounouara ...	47
Figure 30 : Abondance par ordre de collemboles dans la localité des Quatre chemins.....	48
Figure 31 : Abondance par ordre de Collemboles dans la localité d'Ain kedjaw	49

Résumé

La présente étude consiste à relever plusieurs échantillons d'habitats urbains et semi urbains (litière ; mousse..) ; provenant de quatre localités dans la région de Constantine (Bounouara, Bossouf, Ain kedjew, Les quatre chemins) qui sont ensuite analysés au laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes.

On a réussi à récolter un total de 5805 individus suite à l'emploi de différentes techniques courantes d'extraction des collemboles.

L'étude taxinomique révèle la présence d'un total de 24 espèces de collemboles appartenant à 3 ordres ; 9 familles et 22 genres.

Parmi les quatre localités prospectées c'est de Bounouara d'où provient l'essentiel du total des récoltés avec 18 espèces identifiées soit 32%.

Les résultats du dénombrement des individus de collemboles ; indiquent que l'ordre des Poduromorpha est le plus abondant dans les 4 localités prospectées avec 2736 individus ; soit 46%, suivis par les Entomobryomorpha avec 2581 individus du total dénombrés ; soit 38%, ensuite les Symphypleona avec 488 individus soit 16% ; les Neelipleona sont absents dans nos échantillons.

Par rapport à la localité c'est Bossouf qui héberge le plus d'individus (3112) soit 53% ce qui représente la moitié des individus recueillis, suivi par Bounouara (2134 individus) soit 36% ; après on retrouve les quatre chemins (432 individus) soit 7% ; et enfin Ain kedjaw (127 individus) avec 2%.

Du point de vue diversité l'ordre des Poduromorpha (11 espèces) est le plus diversifié ; suivi par les Entomobryomorpha (9 espèces) ; les Symphypleona (4 espèces).

Mots clés : Collemboles ; biodiversité ; inventaire ; milieux urbains ; Constantine.

Abstract

The present study consisted in collecting several samples of urban and semi-urban habitats (litter, moss, etc.) from four localities in the Constantine region (Bounouara, Bossouf, Ain kedjew, Les quatre chemins), which were then analyzed in the Biosystématique et Ecologie des Arthropodes laboratory.

A total of 5805 individuals were collected using a variety of common springtail extraction techniques.

The taxonomic study revealed the presence of a total of 24 species of springtails belonging to 3 orders; 9 families and 22 genera.

Of the four localities surveyed, Bounouara accounted for most of the total collected, with 18 species identified (32%).

The results of the counts of springtails indicate that the Poduromorpha order is the most abundant in the 4 localities surveyed, with 2,736 individuals (46%), followed by the Entomobryomorpha order with 2,581 individuals (38%), followed by the Symphypleona order with 488 individuals (16%); the Neelipleona order is absent from our samples.

In terms of locality, Boussoufis is home to the largest number of individuals (3112), i.e. 53%, which represents half of the individuals collected, followed by Bounouara (2134 individuals), i.e. 36%; then we find les quatre chemins (432 individuals), i.e. 7%; and finally Ain kedjaw (127 individuals), i.e. 2%.

In terms of diversity, the order Poduromorpha (11 species) is the most diverse, followed by Entomobryomorpha (9 species) and Symphypleona (4 species).

Key words: Collembola; biodiversity; inventory; urban environments; Constantine.

موجز

تتكون الدراسة الحالية من أخذ عدة عينات من الموائل الحضرية وشبه الحضرية (الأمم المتحدة؛ الطحالب). (؛ قائمة من أربع مناطق في منطقة قسنطينة) بونورة ، بوصوف ، عين كجاو ، المسارات الأربعة (والتي يتم تحليلها بعد ذلك في مختبر علم النظم الحيوية وإيكولوجيا المنصليات).

تم حصاد ما مجموعه 5805 نردا بنجاح بعد استخدام تقنيات حالية مختلفة لتخريج الكولومبول.

تكشف الدراسة التصنيفية عن وجود ما مجموعه 24 نوعا من الكولومبول ينتمي إلى 3 أواخر؛ 9 عائلت و 22 من بين المناطق الأربع التي تم مسحها، بونورا هي المكان الذي يأتي منه الجزء الأكبر من إجمالي جنس المحصول، مع تحديدها 18 نوعا بنسبة 32%.

تتأخر عدد أفراد الكولومبول؛ يشير إلى أن ترتيب البودورومورفا هو الأكثر وفرة في 4 مناطق شملها السطال مع 2736 نردا؛ بنسبة 46%، يليه الحشرات مع 2581 نردا من المجموع المحسوب؛ بنسبة 38%، يليه سيمنديبليون مع 488 نردا بنسبة 16%؛ نيليبليون غائبة في عيناتنا.

بالمقارنة مع المنطقة، فإن بوصوف هي التي تسبب أكبر عدد من الأفراد (بنسبة 53%، وهو ما يمثل نصف الأفراد الذين تم جمعهم، تليها بونورة) 2134 نردا (بنسبة 36%؛ ثم نجد المسارات الأربعة) 432 نردا (بنسبة 7%؛ وأخيرا عين كجاو) 127 نردا (بنسبة 2%).

من وجهة نظر التنوع، فإن ترتيب البودورومورفا (11 نوعا) هو الأكثر تنوعا؛ تليها الحشرات (9 أنواع)؛ سيمنديبليون (4 أنواع).

الكلمات المفتاحية: الكولومبول؛ التنوع البيولوجي؛ المخزون؛ البيئات الحضرية؛ قسنطينة

Introduction

Introduction

Les collemboles sont des petits arthropodes ils étaient anciennement considérés comme des insectes aptérygotes : insectes primitifs sans ailes. Mais aujourd'hui une classe à part ; dans le sous embranchement des Hexapodes ; ces minuscules hexapodes sont connue surtout par leur aptitude adapter à tous les milieux et à tous les biotopes terrestres ; leur apparition remonte au Dévonien il y'a 400 million d'années. Les collemboles sont le groupe d'hexapodes le plus diversifié dans les milieux terrestres où ils jouent un rôle écologie majeur dans le cycle de la matière organique ; dans la dissémination et le contrôle de la microflore du sol.

Les études consacrées à la connaissance des Collemboles d'Algérie sont très limitées et anciennes que l'on divise en trois périodes :

Les premiers travaux remontent à la fin de la deuxième moitié du 19 siècle. Les premiers auteurs ; Lucas (1846 et 1849) citent quelques espèces difficiles à replacer dans la systématique actuelle.

La deuxième période à lieu entre 1920 et 1950 grâce à quelques études taxonomiques valables de Denis (1922 à 1937) et d'autres.

La troisième période qui va de 1963 à 1980 a vu paraître une des études les plus approfondies sur les Collemboles d'Algérie ; réalisée par Cassagnau (1963) dans la région de Bône (Annaba) ; l'auteur dresse une liste de 30 espèces de collemboles dont 21 sont nouvelles pour l'Afrique comptait un total de 144 espèces.

Enfin ; le dernier travail d'envergure est celui réalisé par Hamra-Kroua (2005) ; 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. (Deharveng & Hamra-kroua; 2004);(Deharveng et al; 2007);(Baquero et al; 2009);(Hamra-kroua & al; 2009).

Suite à quelques récoltes dans quatre localités : Boussouf; les quatre chemins ; Ain kejaw; Bounouara; quoique limitées dans le temps et dans l'espace; nous nous sommes permis de nous engager à réaliser une étude faunistique sur les collemboles des milieux urbains et semi urbains. 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 relatives des Insectes, sont des Arthropodes formant une classe au sein de l'embranchement des Hexapodes qui sont des Invertébrés possédant 3 paires de pattes. Les Collemboles sont après les Acariens les Arthropodes les plus nombreux, en espèces et en individus, dans le sol, la végétation et les grottes. Cependant leur petite taille les rend difficiles à observer par un non-spécialiste et, pour cette raison, ils sont encore très méconnus du grand public. Il n'y a pas « d'amateurs » collectionnant ou travaillant sur les Collemboles, seule une centaine de professionnels s'y intéressent de par le monde. Ces Collemboles sont caractérisés par leur tube ventrale ou colophore et par leur organe de saut la furca, et le restes d'appendices abdominaux. En 1873, Lubbock leur donna le nom scientifique de Collobola à beget de la présence de ce tube ventrale-colophore, du grec colle (colle) et embolom (piston). Près de 8.000 espèces sont décrites dans le monde. Il doit en rester, au moins, 5 fois plus à découvrir (Thibaud et A. D'haese ,2010).



Figure .1 : Les quatre ordres de Collemboles (Anonyme, 2017)

1. Position systématique des collemboles

Plusieurs classifications ont été proposées en utilisant divers critères, on en cite celle de Grassi, (1889) qui, en se basant sur la structure des pièces buccales, a divisé les Aptérygotes en deux super-ordres : les *Entotrophes* à pièces buccales complètement cachées, auxquels appartient l'ordre des Collemboles, et les *Ectotrophes* à pièces buccales complètement visibles.

En prenant en considération la structure des pièces buccales, les pattes et la segmentation du tégument, Tuxen, (1968) a proposé un autre schéma. Une troisième classification basée sur les structures nerveuses et les neurosécrétions cérébrales des Collemboles a été donnée par Cassagnau, (1971) à l'issue de laquelle l'auteur propos d'élever au rang de sous-classe les Aptérygotes communs ; cette classification est fondée dans ces grandes lignes sur la métamérisation plus ou moins apparente extérieurement et sur la structure des segments.

L'auteur distingue de façon classique les *Arthropléones* à segments abdominaux nettement séparés et les *Symphypléones* caractérisés par la coalescence des segments thoraciques et abdominaux I à IV. Massoud, (1976) a récemment isolé de ces derniers les *Neelipléones*. Au sein des *Arthropléones* on distingue deux ordres : les *Poduromorphes* et les *Entomobryomorpha*.

Poduromorpha : Cet ordre regroupe toutes les espèces dont le corps est allongé et cylindrique ou aplati, le tergite du premier segment thoracique est sclérifié et porte une rangée de soies. Le système rétro-cérébral réduit est un autre caractère typique lié à cet ordre (Cassagnau et Juberhtie, 1967).

Entomobryomorpha : Ils sont caractérisés par leur corps allongé et cylindrique ou aplati, et ils ne possèdent pas un tergite individualisé sur le prothorax (Cassagnau, 1990).

Neelipleona : Il est représenté par une seule famille, Neelidae avec 4 genres. Les membres de cet ordre sont caractérisés par un corps globulaire, le 2^{ème} et le 3^{ème} segment thoracique sont élargis, et les subcoxae et coxae très étendus (Bonet, 1947, Massoud, 1971 et Bretfeld, 1986).

Symphypleana : ils possèdent un corps globulaire comme les Neelipleona, mais ils s'en distinguent par la coalescence des segments thoraciques 1 à 4 (Betsch, 1980, Fjellberg, 1989) (Cité par Amri, 2006).

Les Collemboles ne sont pas considérés, désormais, comme insectes parce qu'ils représentent, eux même une classe, mais les deux classes (Insecta et Collembola) appartiennent à la même super-classe : *Hexapoda*. Cette nouvelle classification est basée sur de nouveaux outils tels :

Chaetotaxie antennaire : C'est un caractère distinctif puissant chez divers groupe, elle est basée essentiellement sur l'arrangement des soies S (soie sensorielle) dénommée ainsi par Deharveng et Lek, (1993).

Chaetotaxietibiotarsale : Elle a tous les attributs d'un bon caractère taxonomique pouvant être utilisé, en raison même de sa diversification du niveau de l'espèce à celui de l'ordre, de son polymorphisme intraspécifique nul ou très limité (Deharveng, 2004).

Pièces buccales (labre et labium) : Beaucoup de problèmes ont été résolus par

L'utilisation de la morphologie des pièces buccales, on donne l'exemple des **Brachystomellidae** qui ont été longtemps séparés des **Neanuridae** par l'absence des mandibules (Jordana et al, 1997). Selon Bellinger et al, (2005) la nouvelle systématique des Collemboles est donnée comme suit :

Super-règne : *Eucarya* Woese, Kandler et Weelis, 1990

Règne : *Animalia* Linnaeus, 1758

Sous-règne : *Eumetazoa* Butshli, 1910

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

Phylum : *Arthropoda* Latreille, 1829

Sous-Phylum : *Pancrustacea* Zrzavy et Stys, 1997

Super-classe : *Hexapoda* Bainville, 1816

Classe : *Collembola* Lubbock, 1870

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

Ordre : *Entomobryomorpha* Börner, 1913

Ordre : *Symphyleona*.

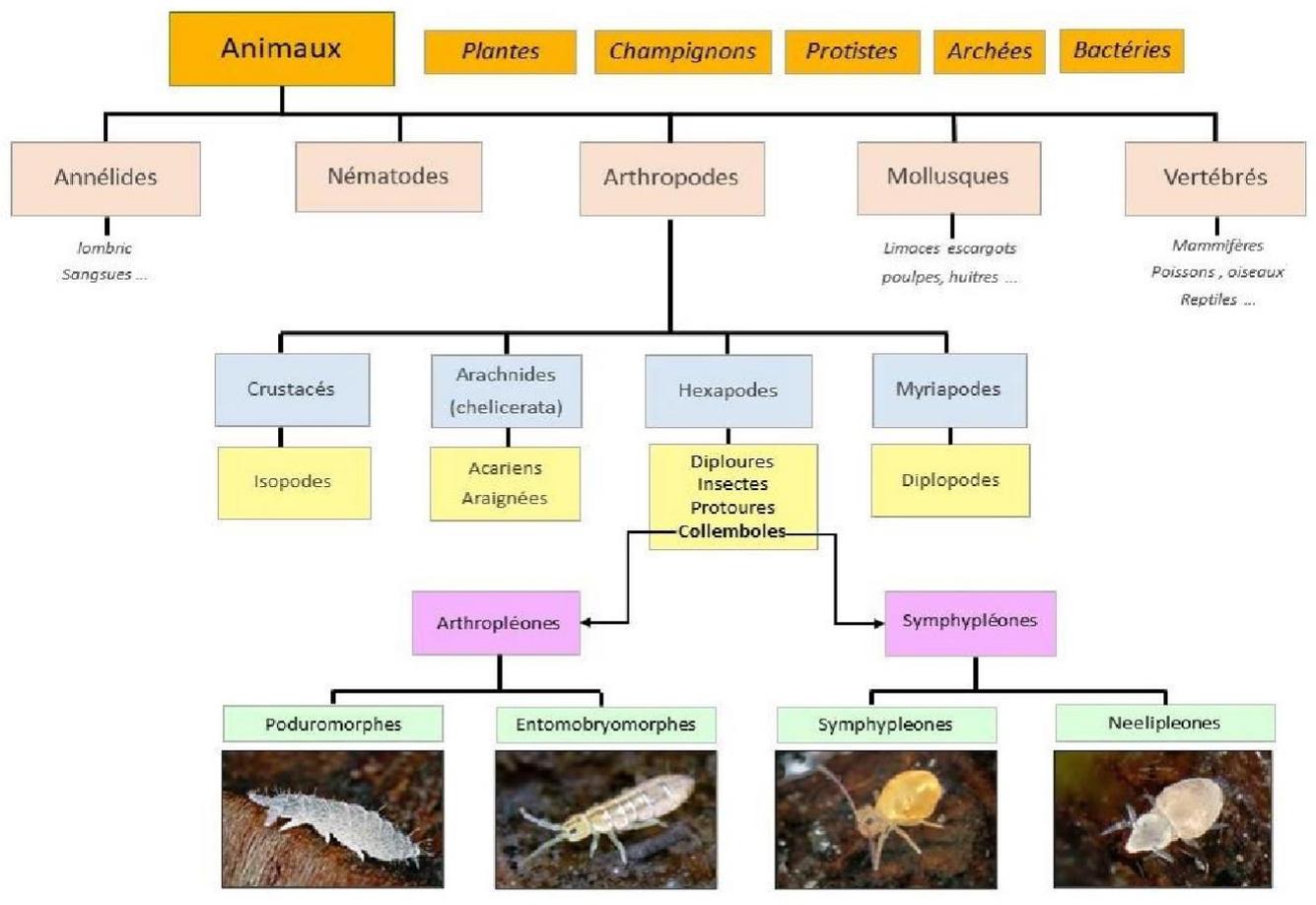


Figure2 : Schéma des quatre ordres de collemboles (Anonyme, 2023)

2. 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 **Arthropleones (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 ont fusionné pour donner à ces Collemboles leur apparence globulaire. 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 (Cité par Zoughailech, 2017).

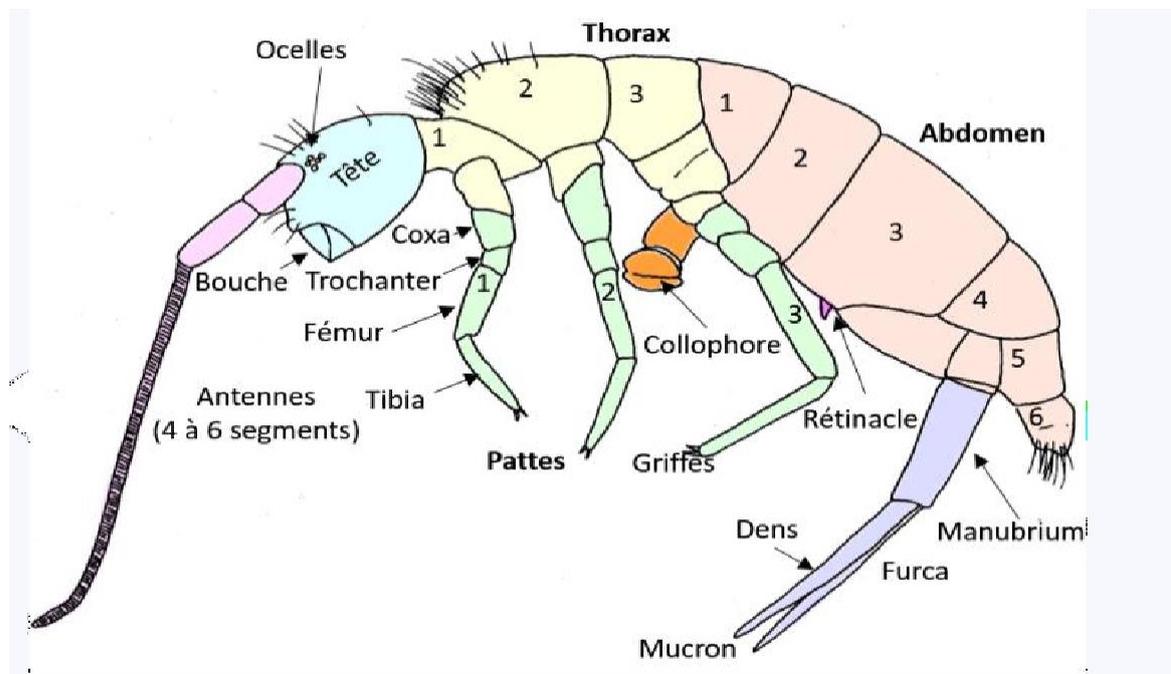


Figure 3 : Morphologie externe des Entomobryomorphes (Anonyme, 2014)

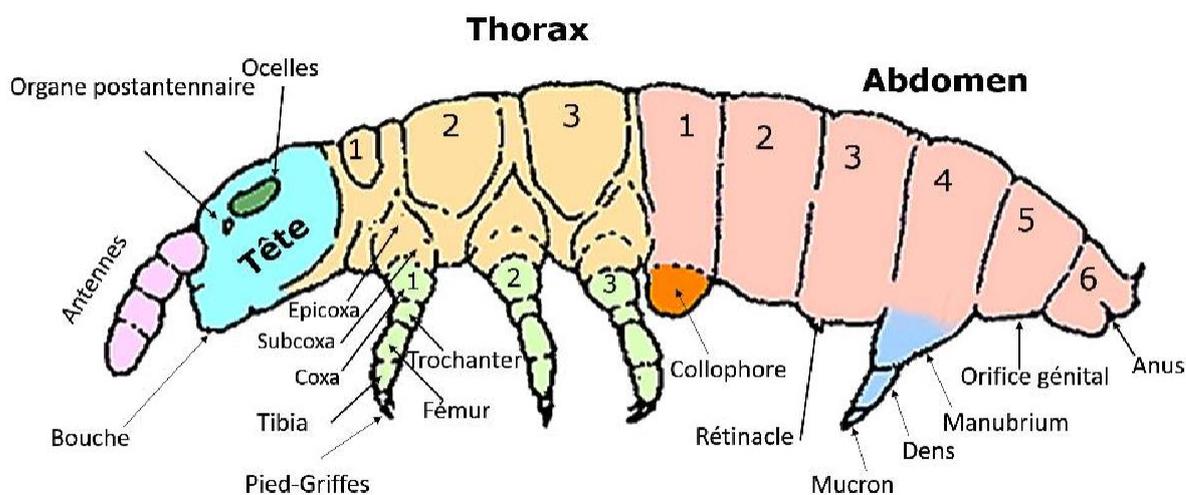


Figure 4 : Morphologie externe des Poduromorphes (Anonyme, 2014)

2.1-Morphologie externe

2.1.1- La tête

La tête est orthognathe ou prognathe portant une paire d'antennes à 4 articles possédant leur musculature propre, le quatrième segment peut secondairement s'allonger en fouet annelé. Un organe photosensible est constitué de deux groupes de 8+8 ommatidies indépendants les unes des autres, la réduction de ces yeux peut aller jusqu'à l'anophtalmie totale. On notera la présence sporadique d'ocelles frontaux sans

Système cornéen. Entre la base de l'antenne et la tache oculaire, se développe l'organe post-antennaire (OPA) susceptible de disparaître secondairement. Les mandibules de type primitif portent une pars apicalis et une pars molaris broyeuse. La maxille possède un lobe externe palpigère et un lobe interne à capitulum apical pourvu de griffes et de nombreuses lamelles. Le labium est court à différenciation digitée constituant le plancher de la poche gnathale. L'appareil buccal peut secondairement évoluer suivant le régime alimentaire, en particulier par étirement des mandibules qui perdent leur pars molaris, ou même peuvent entièrement disparaître, et la transformation du capitulum maxillaire en stylet (régime alimentaire liquide)(Cassagnau (1990) cité par Amri (2006).

2.1.2- Les antennes

Les antennes des Collemboles sont constituées de quatre articles. Le nombre d'articles antennaires peut être porté à cinq articles par division du 1er article, comme c'est le cas chez le genre *Heteromurus*, ou à six articles suite à la division du 1er et 2ème article chez le genre *Orchesella*. Chez quelques espèces d'**Entomobryidae** on observe une segmentation secondaire du 4^{ème} article ou du 3^{ème} et du 4^{ème}. Chez plusieurs espèces de **Symphyléones** on peut observer l'apparition de plusieurs sous-segments sur le 4^{ème} article. D'autres structures caractérisent souvent les antennes de quelques **Symphyléones** comme "l'organe de fixation" que l'on rencontre chez la majorité des *Sminthurididae* qui consiste en un accroissement d'épines sur les tubercules basales des articles antennaires II et III, de manière que l'articulation entre les articles et les épines forment une sorte de tenaille chez le mâle.

Les antennes portent des soies et des sensilles, à grande valeur systématique, cette valeur taxonomique est majeure chez les groupes à réduction *chaetotaxique*, comme les **Poduromorpha**, **Neelipleona**, **Isotomidae** et plusieurs **Entomobryomorpha**:

- Article antennaire I : on y trouve des soies et chez certains groupes, écailles et sensilles. La présence de certaines soies comme la soie p chez les **Hypogastruridae** a une valeur systématique.
- Article antennaire II: chez quelques *Sminthurididae* males, cet article peut présenter des épines, tubercules et autres formations caractéristiques ainsi que quelques sensilles.

- Article antennaire III: en plus des épines et des tubercules décrits chez les **Sminthurididae** sur le 2ème article, il existe toujours un organe sensoriel formé par quatre sensilles, deux paquets centraux (bâtonnets sensoriels), deux masses cylindriques situées latéralement et une microsensilleventro-latérale. Cet organe sensoriel est présent chez tous les Collemboles. Il présente une morphologie caractéristique chez *Acherongia* et de quelques sous-familles comme les **Onychiurinae** et **Tullbergiinae**.

- Article antennaire IV: il porte une vésicule apicale à valeur systématique. A côté des soies ordinaires il existe des soies sensorielles, courtes et de forme spéciale et des microsensilles. Chez le sous-genre *Ceratophysella* existe une invagination caractéristique située entre les articles antennaires III et IV (Cité par Brahim Bounab 2016).

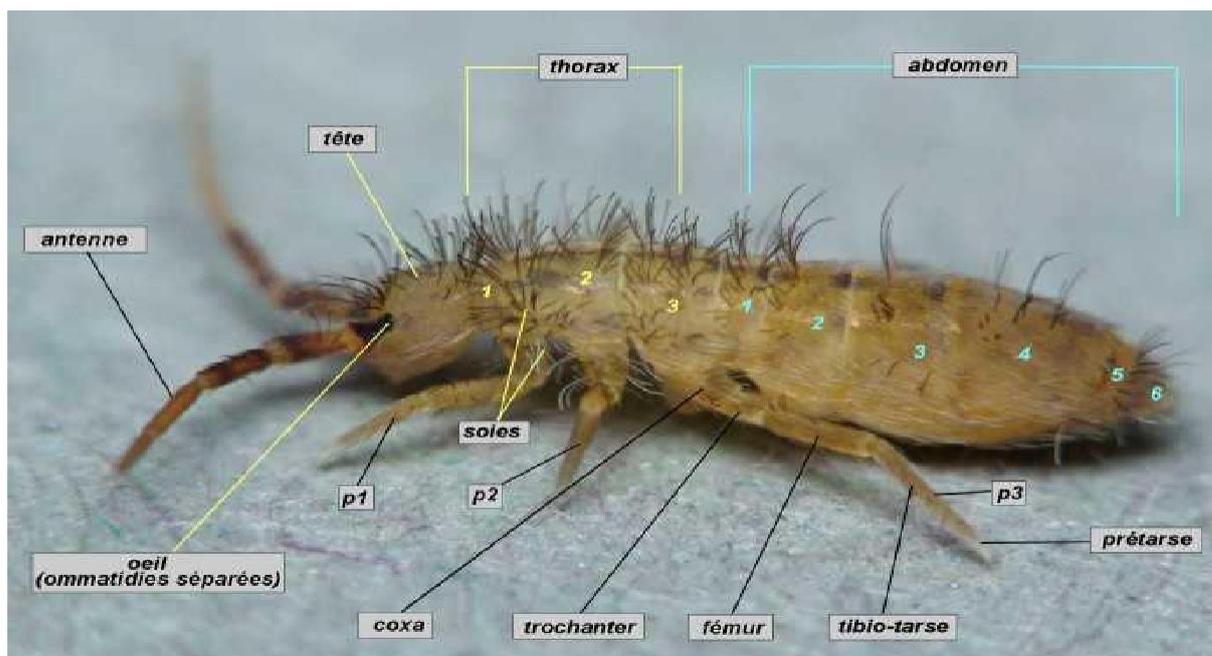


Figure 5 : Morphologie du Collembole *Orchesella quinquefasciata* : juvénile(montage-photo P.Falatico) (Anonyme, 2018)

2.1.3- Les pièces buccales

Les pièces buccales des Collemboles se développent dans la cavité buccale de la tête lors de l'embryogenèse (Uemiy& Ando 1987b). Cette entognathie est une caractéristique des Collemboles qui les sépare des insectes. La structure de base

Pièces buccales des Collemboles est incarnée par *Folsomia candida* Willem, 1902 (*Isotomidae*), une espèce étudiée en détail et sur laquelle est basée ce qui suit. Les cinq principales composantes des pièces buccales sont le labre (ou «lèvre supérieure»), une paire de mâchoires, l'hypopharynx et le labium incluant les palpes maxillaires et un lobe externe. Les pièces buccales sont entourées dorsalement par le labre, ventralement par le labium et latéralement, par des plis pleuraux de cuticule. Chaque mandibule porte une plaque molaire qui a traditionnellement été considérée comme capable de broyer la nourriture, bien que cette hypothèse ait été contestée par Goto (1972) (cité par Zoughailech 2017).

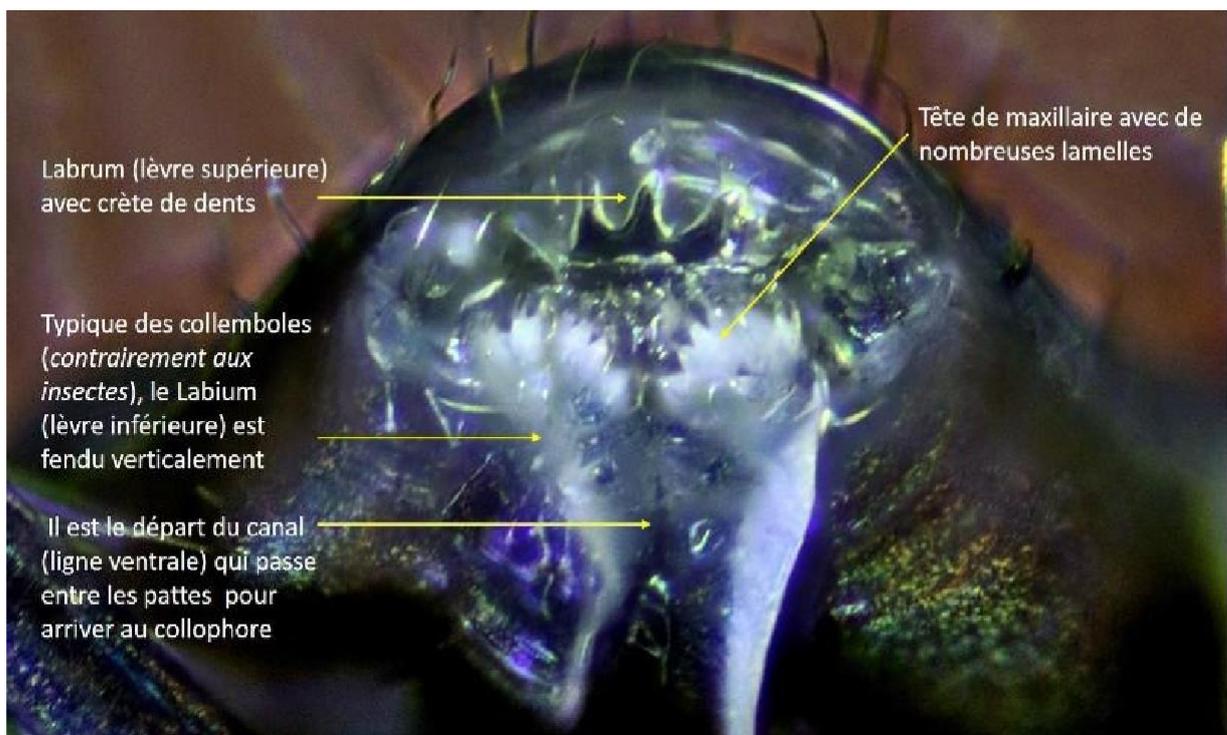


Figure 6 : Pièce buccale d'un collembole (Anonyme, 2018)

2.1.4- Les yeux

Chaque œil est composé d'un maximum de huit ommatidies simples. Les espèces vivant dans les milieux épigés montrent rarement une réduction de ce nombre, mais les Collemboles des sols et des grottes ont généralement des yeux réduits ou sont aveugles (Barra, 1973). La structure des ommatidies est très similaire à celles des crustacés (cité par Zoughailech, 2017)

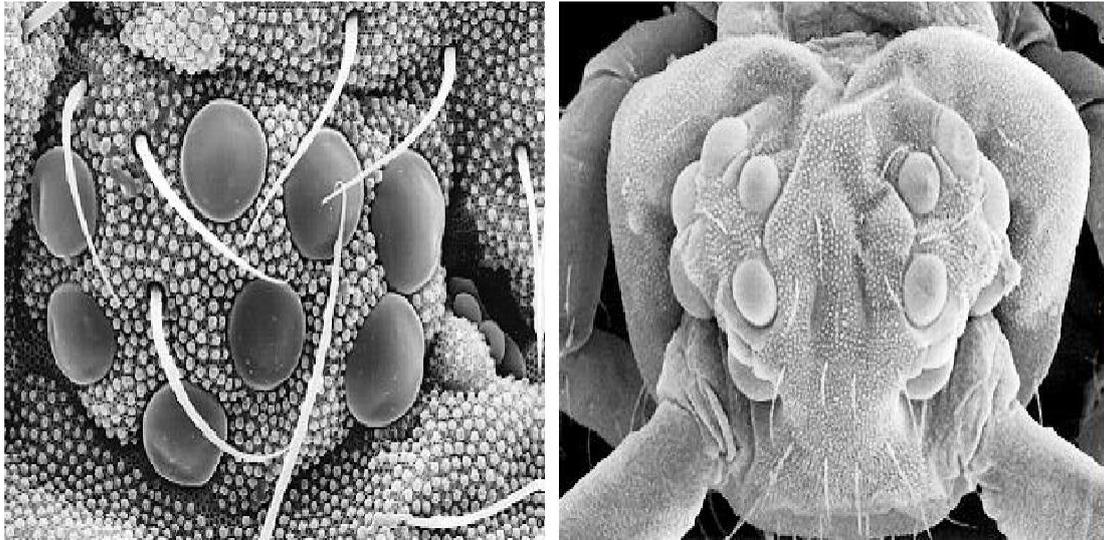


Figure 7 : Plaques oculaires des collemboles (Anonyme, 2017)

2.1.5- Le thorax

Le thorax possède trois segments inégaux, le premier toujours plus au moins réduit. Les pattes sont pourvues de deux praecoxa, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tribiotarse, d'un prétarse à nodule empodial et d'une griffe terminale (Cassagnau, 1990).

2.1.6- L'abdomen

L'abdomen comporte généralement six segments (cas unique chez les arthropodes) dont trois portent un appendice :

- le premier segment porte un appendice ventrale appelé tube ventrale ou collophore qui joue un rôle important dans l'équilibre hydro-électrolytique. Il sert à aspirer les liquides et à adhérer aux surfaces lisses (Hopkin, 1997). Selon Bilodeau (1998) cet organe maintient l'équilibre en eau du corps en absorbant l'humidité de son environnement et facilite, pour les espèces aquatiques, l'adhésion à la surface de l'eau et leur stabilisation.
- le deuxième segment abdominal ne comporte aucun appendice,
- le troisième segment est pourvu d'un rétinacle ou tenaculum qui sert de goupille d'arrêt à la furca,
- le quatrième segment porte cette furca, organe de saut emblématique des Collemboles, qui leur permet de fuir devant les prédateurs. Selon Thibaud (2006),

Chez certains genres comme *Acherontiella*, cet organe présente une régression ou une disparition correspondant à leur mode vie édaphique ou interstitiel.

- le cinquième segment porte le port génital (transversal chez les femelles et longitudinal chez les mâles),
- le sixième segment, dépourvu d'appendice, comprend sur son extrémité ventrale l'orifice anal.



Figure 8 : Détail du tube ventral ou collophore. (Photo M.Blaise)(Anonyme, 2017)

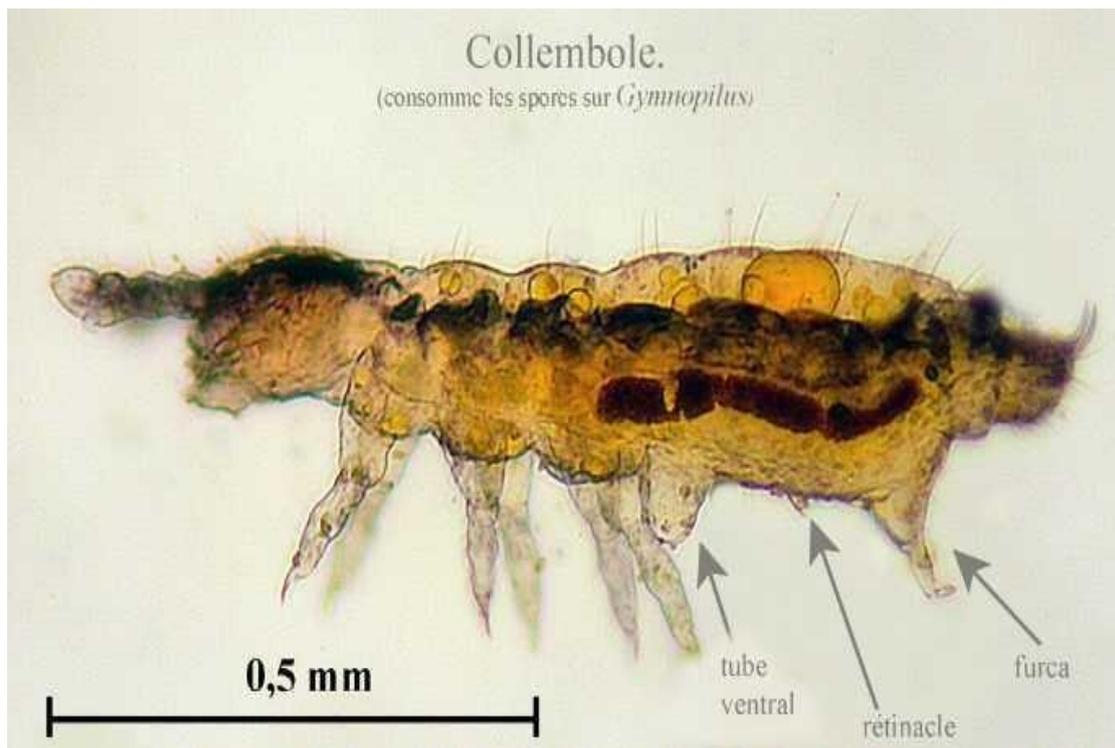


Figure 9 : Profile d'un collembole *poduromorph* du genre *ceratophysella*(*hypogastrura*)(Anonyme, 2017)

3.2-Anatomie externe et physiologie

3.2.1- Le tégument

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

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

Granulation secondaire due à l'hypertrophie ou à la soudure des premiers pour former des plaques réticulaires et les tubercules. Présence de soies de différentes formes, sensorielles et glandulaires, et des ouvertures glandulaires.

Granulation tertiaire observée notamment chez les **Neanuridae**, qui résulte du regroupement des granules secondaires sur la face dorsale du corps et de la tête.

Chaque granule tertiaire correspond à un tubercule élémentaire, structure utilisée dans la taxonomie de la lignée **Neanurienne** (Deharveng, 1983).

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**.

4. Anatomie interne

4.1- Le système nerveux

Le système nerveux comprend un complexe céphalique des ganglions sous œsophagiens, qui forment le cerveau, et trois ganglions thoraciques ventraux (Nicolet, 1842), les ganglions abdominaux fusionnent avec le ganglion métathoracique qui s'étend jusqu'au premier segment abdominal (Brauner, 1981)(cité par Hopkin, (1997).

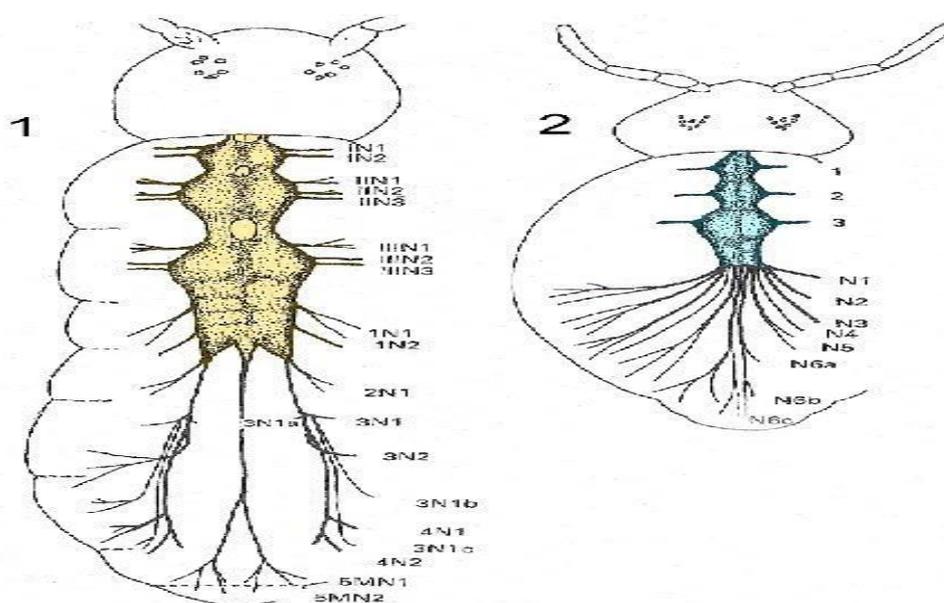


Figure 10 : Systèmes nerveux thoracique et abdominaux d'un Tomoceridae (*Arthropleone*) et d'un Sminthuridae (*Symphypleone*) (Anonyme, 2014)

4.2. Système digestif

Les collemboles sont dotés d'un système digestif constitué d'un intestin divisé en trois parties distinctes qui permettent respectivement d'ingérer de digérer et d'évacuer les aliments, comme le montre le croquis ci-dessous³ qui représente la coupe d'un collembole *Arthropleone*. L'intestin antérieur débute après le pharynx et se prolonge par un œsophage qui achemine les aliments vers l'intestin moyen. Les contractions de ce réseau musculaire permettent de malaxer les aliments et de les évacuer vers l'intestin postérieur dont la jonction avec l'intestin moyen est dotée d'un sphincter. L'intérieur de l'intestin moyen est tapissé de cellules digestives qui secrètent des enzymes capables d'absorber les produits de la digestion. Le pH mesuré dans la zone centrale et postérieure de l'intestin avoisine pH 6, ce qui correspond à un milieu très légèrement acide. Ces dernières prennent forme au niveau du rectum après que l'eau contenue à la sortie de l'intestin moyen ait été absorbée par les cellules l'intestin postérieur. L'analyse du contenu de l'intestin moyen révèle la présence de bactéries et de champignons qui constituent à eux seuls une part importante de l'alimentation des collemboles. Les chercheurs pensent également que l'intestin moyen peut contenir d'autres bactéries qui vivent en symbiose et sont capables de fabriquer certaines enzymes que le collembole ne produit pas naturellement.(cité par Garcelon, 2014)

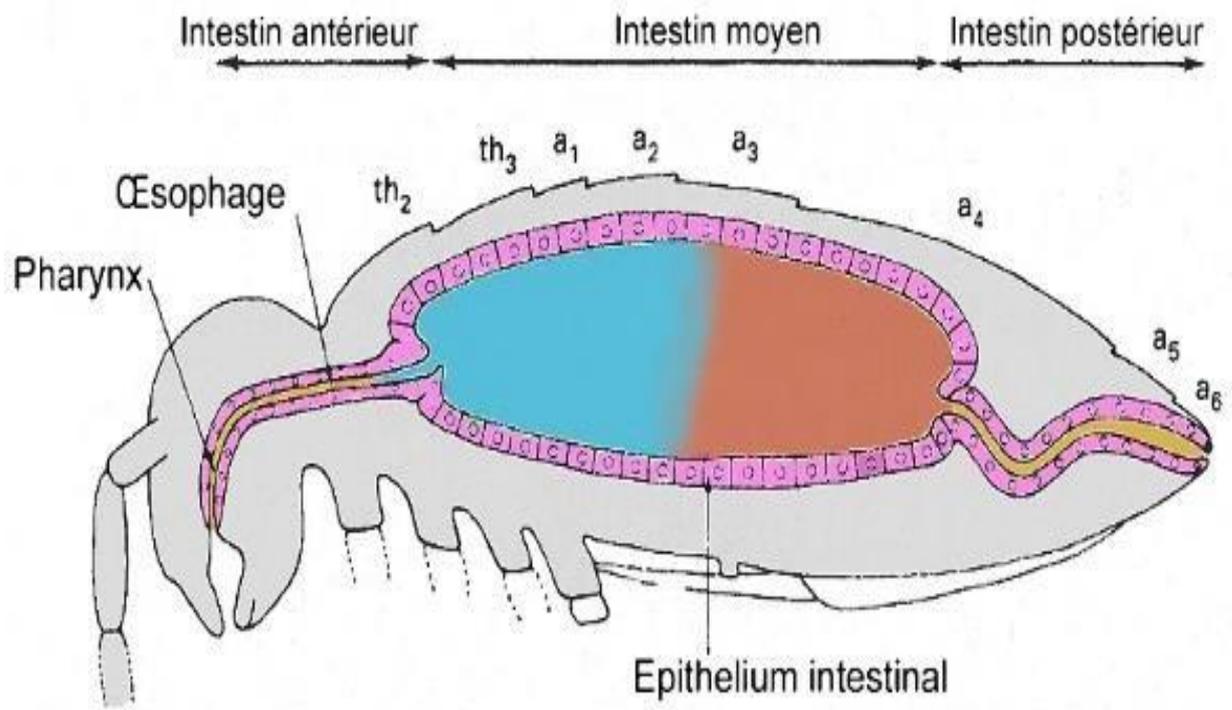


Figure 11 : Schéma du système digestif des collemboles (Anonyme, 2014)

4.3- Système respiratoire

Le processus respiratoire de la majeure partie des collemboles est cutané, seuls les Symphypléones et une douzaine d'espèce de la famille des Actaletidae disposent d'un réseau trachéen, comme le montre le schéma ci-contre⁴. Cette particularité leur confère une meilleure propension à évoluer à l'air libre et les rend moins sensibles à l'hygrométrie ambiante que les autres familles. C'est entre-autre pour cette raison qu'on trouve plus facilement des Symphypléones évoluant au-dessus du niveau du sol, d'autant que ces derniers disposent d'une pellicule fine de cire recouvrant leur cuticule (couche externe comparable à la peau chez les mammifères).

Plutôt que de parler de respiration, il conviendrait d'utiliser le terme d'échanges gazeux. La proportion entre la taille relativement faible du collembole et sa surface corporelle incluant la surface humide du tube ventral joue en faveur de ce mode respiratoire. Chez bon nombre d'espèces, la cuticule n'offre pas d'opposition aux échanges gazeux avec l'extérieur. Les besoins en air varient suivant les différentes familles de collemboles, directement corrélés avec leur niveau d'activité. Par exemple, les besoins sont minimes lorsqu'ils muent ou qu'ils sont affamés ou encore lorsqu'ils se reposent durant l'été ou les périodes de gel. L'hygrométrie et la

Température de l'air ambiant exercent également une influence non négligeable sur les volumes d'échanges nécessaires, plus il fait chaud plus ils consomment. En règle générale, les collemboles vivant au-dessus du sol (épiédaphiques) ont une plus forte consommation d'oxygène que ceux qui vivent dans le sol (euédaphiques). Les **Symphyléones** qui sont évoluent en milieu épiédaphiques ont effectivement besoin de plus d'oxygène car ils doivent parcourir davantage de distances pour trouver des nourritures adaptées. D'autant que leur exposition à l'air libre les soumet à un plus grand nombre de prédateurs auxquels ils ne peuvent faire face qu'en s'enfuyant, ce qui ajoute à leur consommation d'oxygène (cité par Garcelon, 2014).

4.4- Système circulatoire

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

4.5- Système musculaire

Chaque segment thoracique et abdominal renferme une paire de muscles longitudinaux dorso-ventraux, ces muscles ont une disposition particulière, et quand la furca est présente, un autre muscle est rajouté au quatrième segment abdominal pour mettre la furca en action (Palissa et al, 2000).

4.6- Système excrétoire

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

5. Reproduction et développement

5.1- La reproduction

Chez les Collemboles, les sexes sont séparés. Dans la plupart des cas, les orifices génitaux sont situés sur la face ventrale du 5ème segment abdominal et permettent de distinguer le mâle de la femelle. (Massoud, 1971).

5.2- L'appareil génital des femelles

La gonade des femelles est composée d'une paire d'ovaires ventro- latéraux de type méroistique polytrophique à germarium latéral et externe. De courts oviductes terminaux débouchant au vagin impair qui s'ouvre ventralement sur le cinquième sternite au niveau d'une fente génitale transversale. Chaque ovaire est composé de deux parties essentielles : le germarium contenant les ovogonies, et le vitellarium où se déroule la différenciation pour donner naissance à des ovocytes et cellules nourricières. Le nombre de pontes ainsi que le nombre d'œufs par ponte dépendent de très nombreux facteurs. Chez beaucoup de Neanuridae on observe dans la nature ou en élevage une seule ponte par an, par contre, chez les Isotomidae, il n'est pas rare d'observer jusqu'à 10 pontes, à raison d'une ponte tous les quinze jours (Jablonska et al, 1993) (cité par Hopkin, 1997).

5.3-L'appareil génital des mâles

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

5.4- La fécondation

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

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

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

5.5- Développement embryonnaire

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

5.6- Développement post-embryonnaire

Le développement post-embryonnaire des Collemboles est qualifié classiquement de protomorphe et amétabole, le premier stade sortant de l'œuf avec ses 9 segments post-céphaliques définitifs sans possibilités d'anamorphose ultérieure. Les stades

Successifs ne présentent pas de transformations spectaculaires dans l'ontogenèse. Si beaucoup de Collemboles juvéniles ressemblent à ce point aux adultes qu'il est souvent possible de déterminer l'espèce dès la naissance. Un des caractères principaux de ce développement est la persistance de la mue tout au long de la vie de l'animal. Le nombre d'intermues juvénile varie de 3 à 5 chez les **Symphyléones**, de 4 à 6 chez les **Poduromorphes**, de 6 à 7 chez les **Isotomidae**. La durée des intermues, et donc de développement larvaire, est directement conditionnée par la température avec parfois introduction de phases de quiescence ou de diapause dans la nature en période hivernale chez les espèces à développement lent. Bien que le développement soit de type amétabole, des analyses plus approfondies montrent une morphogenèse progressive touchant des structures discrètes, de ce fait, on distingue deux catégories de transformations: des transformations progressives des caractères tégumentaires d'un stade à l'autre, subtilisées au cours de l'ontogenèse, et transformations réversibles, parfois spectaculaires, qui ne relèvent pas de processus ontogéniques, de déterminismes hormonaux passagers eux-mêmes tributaires des cycles biologiques ou des conditions mésologiques (cité par Cassagnau, 1990).

6. Ecologie des collemboles

6.1- Milieu et habitat

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

6.2- Adaptation

6.2.1. Adaptation morphologique

Les grands traits de la classification des Collemboles correspondaient aux tendances adaptatives nées de la divergence entre les peuplements interstitiels et le milieu épigé. Selon Gisin, (1943), Dajoz, (1980) et Cassagnau, (1990) proposent une classification de type biologique associant morphologie et milieu, devenue classique, mais souvent

Appliquée sans discernement en particulier au niveau des caractères régressifs (yeux, pigments, furca) pour lesquels il est indispensable de bien distinguer des caractères anciens de lignée. La classification de Gisin peut se résumer ainsi :

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

hemiedaphon : pigment bien développé, antennes moyennes

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

6.2.2- Adaptations physiologiques aux milieux extrêmes

6.2.2.1- Adaptation au froid

Les Collemboles sont connus depuis longtemps comme susceptibles de peupler des régions et des biotopes particulièrement froids. Dans les Pyrénées on a trouvé des populations actives de *Tetracanthella* sur les rochers glacés (-15°C en hiver), à 2000m d'altitude. *Cryptopygus antarcticus* supporte des températures de -27°C. De telles performances ne sont possibles que grâce aux propriétés « antigel » du milieu intérieur à base de cryoprotecteurs comme le glycérol, manitol, tréhalose, fructose. La résistance semble être accrue par la vacuité du tube digestif et la possibilité de l'instauration d'un métabolisme anaérobie (Cassagnau, 1990).

6.2.2.2- Adaptation à la sécheresse

La dessiccation des habitats en saison sèche, en particulier en région méditerranéenne est supposée être palliée par la capacité de résistance des œufs pondus dans les interstices et capables de reconstituer des populations au retour des précipitations, mais aucune démonstration n'en a été fournie dans la littérature. Poinot (1968, 1974) a mis en évidence un processus original chez *Folsomides variabilis* Palacios-Vargas, 1979, qui correspond à une véritable anhydrobiose, associée à la construction de logettes. Au fur et à mesure de la dessiccation, les individus se contractent, se creusent en gouttière sur la face ventrale, les antennes repliées vers l'arrière. Ils peuvent rester ainsi desséchés plusieurs mois et reprennent leurs activités si l'on procède à la réimbibition du milieu. Un cas comparable a été signalé chez *Isotomurus palustris* (Müller, 1776) avec comportement constructeur, dessiccation et réimbibition possible, mais uniquement chez les jeunes individus

Préalablement entrés en écomorphose (Cassagnau, 1986). Nous n'avons pas détecté dans le matériel de Collo de cas d'anhydrobiose, mais il est vraisemblable qu'il en existe compte tenu des conditions climatiques dans la région durant la saison sèche.

6.2.2.3- Adaptation à l'inondation

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

7. Influence des facteurs abiotiques

7.1- Température et humidité

Ce sont deux facteurs bioclimatiques fondamentaux qui régulent et déterminent la bioécologie des Collemboles. Leur action se porte essentiellement sur la durée du développement embryonnaire et post-embryonnaire, sur la croissance des individus par une action sur l'intermue (Cassagnau, 1990). Chaque espèce possède une température létale pour son activité. La température influence très fortement sur la biologie et le cycle biologique des collemboles. Les fortes températures, liées souvent à une faible humidité de l'air, agissent surtout indirectement en desséchant le milieu. L'humidité est un facteur écologique primordial pour les Collemboles. Son excès comme son déficit sont néfastes. Parmi les Collemboles, il y a ceux qui sont avides d'eau (Hydrobiontes), d'autres recherchent l'humidité (hygrobiontes) et ceux qui sont capables de supporter la sécheresse (xérophiles). Dans le sol, l'humidité est un facteur abiotique qui joue un rôle déterminant dans la survie des Collemboles. Holmstrup et al., (2001) notent que les Collemboles édaphiques hydrophiles perdent 50 % de leur humidité corporelle quand ils sont placés dans un sol sec.

Dans son étude sur la dynamique saisonnière dans un sol agricole non cultivé, Hamra-Kroua (2005), note que la faible teneur en eau observée en saison sèche, de juin à octobre, n'entraîne pas la disparition totale de toutes les espèces du sol, on en rencontre quelques-unes :

Cryptopygus thermophilus, *Heteromurus major*, *Isotomiella minor*, *Acherontiella bouguisi*, *Protaphorura armata*, *Isotomiella sp.* Le renouvellement du peuplement reprend à partir du mois de novembre, ou l'on observe la présence des 17 espèces. Ce repeuplement est dû aux déplacements verticaux et horizontaux sous l'effet de la sécheresse estivale. De l'étude écologique initiée par Hamra-Kroua (2005), l'auteur conclut que l'impact saisonnier, évident en surface, se ressent même dans le sol en profondeur où persistent une teneur en eau suffisante et une température favorable (cité par Brahim Bounab ,2016)

7.2-Porosité et aération du sol

La porosité du sol et le volume des vides du sol permettent la circulation de la faune, de l'eau et de l'air. Pour fuir les contraintes climatiques estivales (haute températures et sol sec), les Collemboles édaphiques migrent verticalement vers les couches profondes où persistent des conditions de température et d'humidité optimales. Un sol à faible taux de porosité offre une mauvaise circulation de la faune (Gobat et al. 1998). Cette explication rationnelle n'a cependant pas de support expérimental à ce jour. La porosité du sol bien que liée en grande partie à sa structure, peut être affectée par d'autres facteurs mécaniques tels que la compaction due au piétinement par l'homme, les animaux ou les engins agricoles (Hermosilla et al. 1978, Massoud et al. 1984). Les auteurs notent qu'il y a des effets immédiats sur les Collemboles qui se traduisent par une forte baisse de l'effectif total, de la richesse et la diversité spécifiques en période estivale.

7.3- Le couvert végétal

Son rôle est fondamental dans l'écologie des collemboles, le milieu forestier héberge une faune caractérisée par des genres de type mésophile qui s'oppose à celle du milieu ouvert sans protection végétal (citer par Brahim Bounab ,2016).

7.4- Les facteurs biotiques

7.4.1- Le régime alimentaire

Généralement, les collemboles sont des polyphages, néanmoins, ils peuvent être saprophages (plantes en décomposition), coprophages (excréments), necrophages (cadavres), mycétophages (champignons), bactériophages (bactéries), ou même des prédateurs. Chez *Sinella coeca* et *Sinella pouadensis*, l'adulte mange ses propres œufs, même s'il y a assez de provisions (Thibaud, 1970). Une étude sur le régime alimentaire des Collemboles a été réalisée par Jan Addison à Canada, cet auteur a procédé à l'examen du contenu de l'estomac des collemboles. Il était généralement admis que les collemboles étaient mycophages, la plupart des Collemboles récoltés se nourrissaient effectivement de champignons, mais qu'ils affichaient des préférences pour certains types de champignons. Certains ne mangeaient que des champignons de couleur foncée, d'autres des champignons de couleur pâle et d'autres encore l'un ou l'autre type. Il a également découvert des espèces qui étaient détritivores (Anonyme, 2005) (cité par Amri, 2006) .

7.4.2- Parasites et prédateurs

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

7.4.3- Le rôle des collemboles

Les Collemboles interviennent de manière relativement importante dans les processus de transformation de la matière organique, la biodégradation, en disséminant et en contrôlant les organismes décomposeurs soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire d'éjections des fragmentaires primaires dans les humus coprogènes (Isopodes, Diplopodes, larves de Ptérygotes). Rappelons que la majorité se nourrit aux dépens de la microflore du sol (algues, bactéries et champignons) et joue ainsi un rôle important dans le maintien de l'équilibre de la

Chaîne alimentaire et, donc, dans l'équilibre des écosystèmes terrestres dans leur ensemble. Ils forment un maillon de la chaîne des décomposeurs du sol. Ce sont aussi des "fragmentaires secondaires". Les Collemboles donnent au sol une structure poreuse pour un meilleur drainage ainsi qu'une meilleure action des microorganismes et des enzymes du sol (Vannier et Kilbertus, 1981); (Cassagnau, 1990).

8. Les collemboles d'Algérie

La systématique des collemboles en Algérie à commencer au 19^{ème} siècle où quelque espèces de ce groupe ont été signalées, mais difficiles à classer dans la systématique actuelle (Cassagnau, 1963 ; Thibaud et Massoud, 1980 ; Hamra Kroua, 2005).

Le premier travail a été réalisé par Lucas (1846). L'auteur décrit 7 nouvelles espèces : *Achorutes affinis*, *Orchesella mauritanica*, *Orchesella luteola* (= *Orchesella villosa* aujourd'hui), *Dicyrtoma alveolus*, *Dicyrtoma cirtanus* (= *Dicyrtoma cirtana* Lucas, 1849 aujourd'hui), *Dicyrtoma oraniensis* et *Sminthurus punctum*. Les mêmes espèces sont citées par le même auteur en 1849.

Au début du 20^{ème} siècle Absolon (1913) décrit une nouvelle espèce cavernicole d'Hypogastruridae : *Acherontiella onychiuriformis*. Les premières déterminations spécifiques valables sont rencontrées entre les années 1920-1940, grâce essentiellement aux travaux de Denis et de Handschin (Thibaud et Massoud, 1980 ; Hamra Kroua, 2005). Denis (1924) cite 6 espèces, dont 2 nouvelles : *Seira obscuriventris*, et *Seira lesnei*, une autre espèce du même genre (*Seira*) appartenant au groupe domestica-subdomestica, deux espèces de *Pseudachorutes* notées sp.A et sp.B et un *Onychiuridae*: *Onychiurus fimetarius*.

Un an après (1925), Le même auteur cite neuf (09) espèces dans deux publications différentes. Denis (1925a) décrit deux espèces du même genre : *Orchesella pseudoluteola* (= *Orchesella villosa*) et *Orchesella lucasi*. Il cite *Sminthurus lesnei* (Carl dans Denis, 1925) (= *Spatulosminthurus lesnei* aujourd'hui), et décrit deux formes de cette espèce sur du matériel algérien : *Sminthurus lesnei forma obscura* et *Sminthurus lesnei forma maculata*. Denis (1925b) cite *Hypogastrura purpurescens* (Lubbock 1870), *Protanura pseudomuscorum* (Börner, 1903), *Entomobrya nicoleti* (Lubbock 1870), *Orchesella pseudoluteola* Denis 1925 et décrit *Seira rosei* Denis 1925.

Handschin (1926) décrit deux espèces nouvelles : *Isotoma mauretanic* (= *Isotomurus mauretanicus* aujourd'hui) et *Lepidocyrtinus incertus*. Au total l'auteur cite 14 espèces : *Hypogastrura armata* (= *Ceratophysella armata*), *Xenylla maritima*, *Achorutes aurantiacus*, *Isotoma bituberculata*, *Entomobrya quinquelineata*, *Lepidocyrtus curvicolis*, *Heteromurus nitidus*, *Cyphoderus albinus*, *sminthurus viridis*, *Sphyrothe kalubbocki*, *Dicyrtomina minuta*, cette dernière avec une variété *Dicyrtomina minuta var. culoni*. Le même auteur (1928) cite 32 espèces de différentes régions du pays.

Denis (1935) décrit 1 nouvelle espèce : *Onychiurus saccardi* d'une grotte glacière du Djurdjura centrale, puis en (1937) le même auteur décrit une autre nouvelle espèce de la même région : *Heteromurus peyerimhoffi*.

A la fin de la première moitié du 20ème siècle et au début de la deuxième moitié Delamare-Deboutteville (1948) décrit une nouvelle espèce : *Megacyphoderus oraniensis* puis en (1953) cite 12 espèces de la zone intertidale dont 2 nouvelles espèces : *Archisotoma interstitialis* et *Sphyrothe cabernardi*. Cinq ans après Murphy (1958) décrit une autre nouvelle espèce d'Isotomidae : *Isotoma vaillanti* du massif du Djurdjura.

Dans la deuxième moitié de siècle dernier, Cassagnau (1963), dans son travail sur le Nord-constantinois, cite 30 espèces dont deux nouvelles pour la science : *Onychiurus obsiones* et *Proctostephanus sanctiaugustini*. Il dresse aussi une liste de 104 espèces connues de l'Afrique du Nord.

Stomp (1974) cite 5 espèces dont 1 nouvelle : *Oncopodura delhezi*. Stomp & Thibaud (1974) décrivent une autre nouvelle espèce : *Typhlogastrura delhezi*. Jacquemart (1974) décrit 4 nouvelles espèces appartenant au même genre : *Seira insalahi*, *S. algira*, *S. vanderheydeni* et *S. debruyni*. Au total six nouvelles espèces ont été décrites d'Algérie cette année (1974). Thibaud et Massoud, (1980) dressent une liste complète et mise à jour des Collemboles d'Algérie. Les auteurs énumèrent 105 espèces qui se répartissent sur 55 genres appartenant à 13 familles des quatre ordres de collemboles.

Trois ans après, Stomp (1983) cite 12 espèces dont 3 nouvelles : *Onychiurus delhezi*, *Isotomurus nicolae* et *Orchesella delhezi*. Bretfeld (1997) décrit une nouvelle espèce : *Sphaeridia foliata*. Le même auteur en (2001) cite 37 espèces de

Symphyléones et décrit 9 nouvelles : *Bourletiella (Cassagnaudiella) lanceolata*, *Fasciosminthurus lacunifer*, *F. mascaraeus*, *F. mertensis*, *F. nairicus*, *F. niger*, *F. perforatus*, *F. tarianus* et *Ptenothrix blidana*.

A la fin du dernier millénaire et au début du présent, Hamra Kroua relève le défi d'être le premier algérien à étudier la biodiversité de ce groupe d'hexapode au Nord-est algérien. Hamra Kroua et Allatou (2003) citent 22 espèces de Collemboles récoltés dans la région de Azzaba parmi lesquelles 4 sont citées pour la première fois du pays. Depuis les nouvelles découvertes s'accumulent. Un an après, Deharveng et Hamra Kroua (2004) décrivent une nouvelle espèce de Neanuridae: *Friesea laouina*. Hamra Kroua (2005) étudie l'écologie, la systématique et la biogéographie des collemboles du Nord-Est de l'Algérie. L'auteur donne une liste de 113 espèces dont 56 sont nouvelles, 49 parmi elles sont nouvelles pour l'Afrique du Nord. Le caractère le plus inattendu de cette faune est la diversité spécifique des Neanuridae rencontrés au massif de l'Edough et une diversité exceptionnelle du genre *Friesea* avec 11 espèces.

Le massif de l'Edough ne cesse pas d'étonner, Deharveng, Hamra Kroua et Bedos (2007) décrivent *Edoughnura rara*, espèce appartenant à un nouveau genre unique parmi la tribu des Neanurini par la modification de la dent distale de sa mandibule en un longflagelle cilié.

Ait Mouloud, Lek-Ang et Deharveng (2007) s'intéresse particulièrement aux collemboles des tourbières de Kabylie. Les auteurs signalent la présence de 68 taxons parmi lesquels quatre genres et 3 espèces sont cités pour la première fois en Algérie.

L'année 2009 été marqué par plusieurs publications dont la description de deux nouvelles espèces. Hamra Kroua, Jordana et Deharveng (2009) décrivent *Friesea major*. Baquero, Hamra Kroua et Jordana (2009) citent 25 espèces et décrivent *Entomobrya numidica*. Jordana, Hamra Kroua et Baquero (2009) redécrivent *Isotominella geophila* sur du matériel algérien, espèce décrite par Delamare Deboutteville (1948) de la Côte d'Ivoire. Hamra Kroua et Cancela da Fonseca (2009) étudient la dynamique saisonnière d'une communauté édaphique avec 17 espèces appartenant à 14 genres.

Arbea, Brahim-Bounab et Hamra Kroua (2013) décrivent *Superodontella tayaensis* et donnent une liste de dix espèces de Poduromorpha récoltées dans la région de Taya à

Guelma dont *Hypogastrura vernalis* (Carl, 1901) et *Xenylla brevisimilis mediterranea* Gama, 1964 sont nouvelles pour l'Algérie.

Brahim-Bounab, Zoughailech et Hamra Kroua (2014) dressent Une liste de 17 espèces de Poduromorpha, de quelques localités du Nord-est algérien, appartenant à deux sous familles des Neanuridae (Frieseinae et Pseudachorutinae) et à la famille des Odontellidae. Cette dernière est représentée par 4 espèces nouvelles pour le pays et toutel'Afrique du Nord.

Deux espèces du genre *Deutonura* sont décrites en 2015. *Deutonura zana* décrite par Deharveng, Zoughailech, Hamra Kroua et Porco (2015) du Nord-est algérien. L'espèce est bien caractérisée par son barcode et une divergence génétique claire entre les deux populations étudiées a été observée, aucune différence morphologique entre les spécimensdes deux populations n'a été détecté. *Deutonura adriani*, deuxième espèce du genre, décrite par Deharveng, Ait-Mouloud et Bedos (2015) de la région de Tizi-Ouzou, l'espèceest morphologiquement similaire à *D. deficiens deficiens*.

Zoughailech, Hamra Kroua et Deharveng (2016) décrivent trois espèces appartenant au même genre *Pseudachorutes* du massif de Collo : *Pseudachorutes deficiens*, *P.octosensillatus* et *P. labiatus*, toutes les trois avec des caractèresmorphologiques uniques ou rares au sein du genre. Brahim-Bounab, Bendjaballah et Hamra Kroua (2017) dressent une liste de 26espèces de Poduromorpha. La liste inclue 7 *Frieseinae*, 5 *Neanurinae*, 6 *Pseudachorutinae*,6 *Odontellidae* et 2 *Brachystomellidae* récoltés dans cinq localités du Nord-est Algérienentre 2009 et 2013.

Zoughailech, Hamra Kroua et Deharveng (2016) décrivent trois espèces appartenant au même genre *Pseudachorutes* du massif de Collo : *Pseudachorutes deficiens*, *P.octosensillatus* et *P. labiatus*.

Bendjaballah et al. (2018) suite aux résultats de campagnes d'échantillonnage effectuées entre 2011 et 2017, dressent une liste des espèces des collemboles du massif de Collo (Nord-Est de l'Algérie). Cette liste comprend 34 espèces de poduromorphes. Les découvertes les plus remarquables incluent un Pseudachorutinae non décrit, provisoirement attribué au genre tropical *Kenyura*, un *Neanurinae* jusqu'à présent connu uniquement des Alpes du Nord : *Sensillanuraaustriaca* et une deuxième espèce non décrite du genre jusqu'à présent monospécifique *Edoughnura*.

225 échantillons ont été prélevés dans différents biotopes du massif de l'Edough (nord-est algérien) de 1998 à 2018, Brahim Bounab et *al.* (2020) donnent une liste de 91 espèces de collemboles où 72 peuvent être considérés comme des citations valides (14 familles et 49 genres). Quatorze d'entre eux ne sont connus que de ce massif en Algérie, et huit sont endémiques du nord-est de l'Algérie. Parmi ces 72 espèces 42 sont des poduromorphes. La famille des Neanuridae est la plus diversifiée avec 18 espèces, dont six espèces du genre *Friesea*. Des dizaines d'échantillons prélevés dans différents biotopes forestiers dans la région de Jijel au cours des années

Pendant les 15 dernières années, de 2003 jusqu'à ce jour, 10 nouvelles espèces ont été décrites d'Algérie, trois d'entre elles appartiennent au même genre *Pseudachorutes*, deux au genre *Deutonura*, deux au genre *Friesea* plus la redescription d'une espèce du genre *Isotominella*.

Chapitre II : Présentation des localités de récoltes et Méthodes d'études

1. Présentation des localités de travail

Notre travail a été réalisé dans quatre localités de la wilaya de Constantine qui sont : Boussouf, les quatre chemins, Bounouara (OuledRahmoun) et Ain Kedjaw (Khroub) pour objectif d'étudier la biodiversité des collemboles des milieux urbains et semi-urbains et de contribuer à notre connaissance de ces hexapodes méconnus.

La wilaya de Constantine est située au Nord-est algérien c'est une région de l'Atlas Tellien, elle s'inscrit entre les coordonnées géographiques suivantes 35°28'Nord et 7°5'Est, elle est, d'une part, un carrefour entre l'Est et le Centre du pays et d'une autre part entre le Tell et les hauts plateaux dans l'Est du pays, Elle s'étend sur une Superficie de 2 197 km². La wilaya de Constantine est délimitée au Nord par la wilaya de Skikda, à l'Est par la wilaya de Guelma, au Sud par la wilaya de Oum El Bouaghi et par la wilaya de Mila à l'Ouest (Anonyme, 2017).

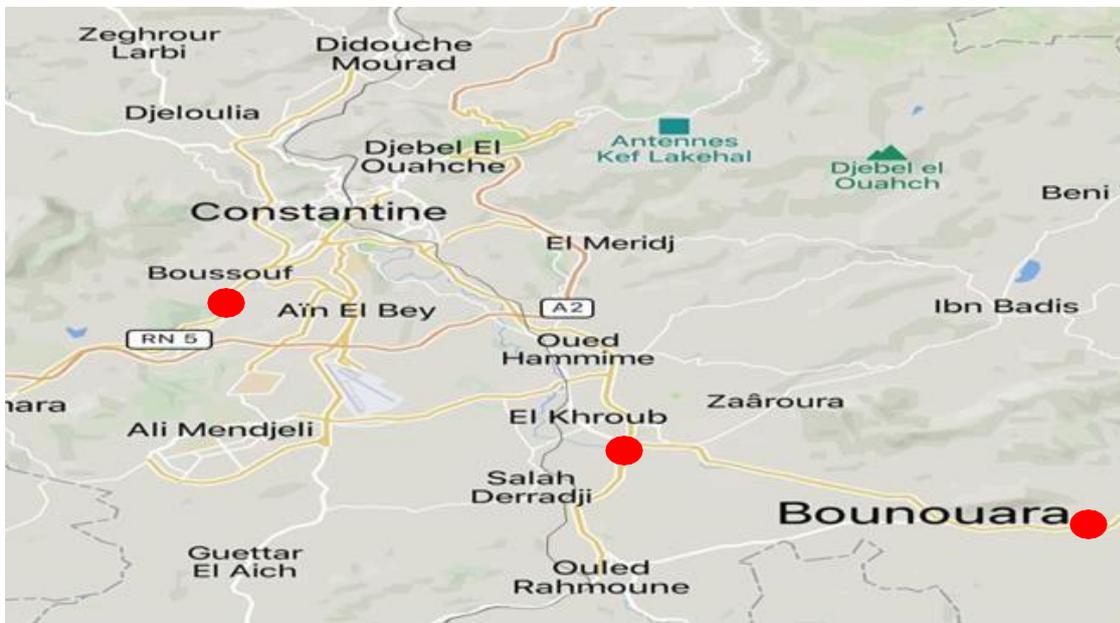


Figure 12 : Carte des localités de récoltes (Mapbox, 2023).

1.1-Localité de Boussouf

La cité de Boussouf est située dans la région Nord-Ouest de la ville de Constantine. La cité a été construite sur un versant qui avait à l'origine une vocation agricole. Son altitude est de 36.3794 et sa longitude est de 6.7032. Ce site est connu par ces arbres d'eucalyptus.

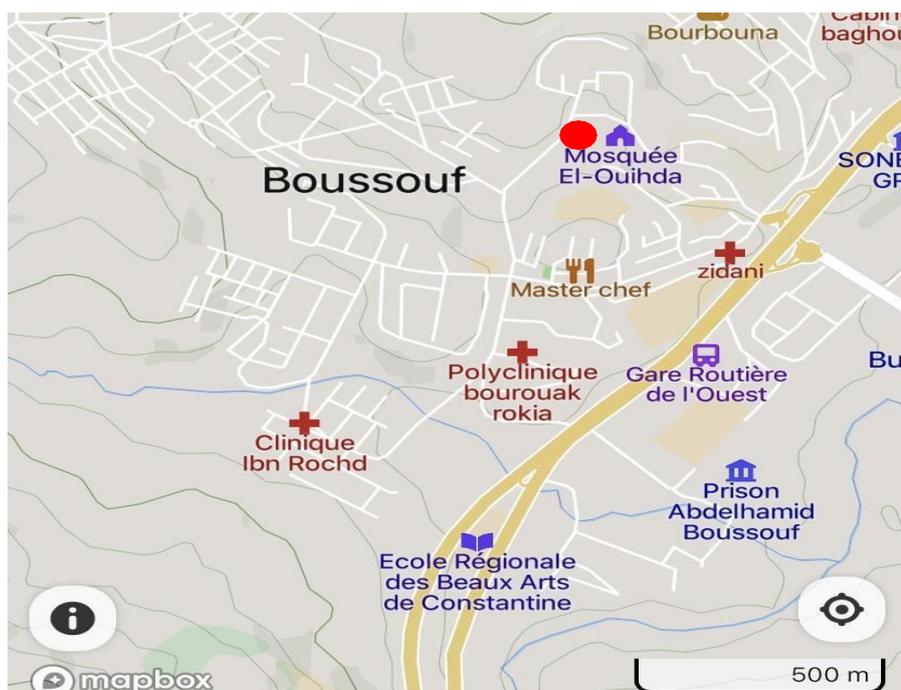


Figure 13 : Point de récolte dans la localité de Boussouf (Mapcarta, 2023)

1.2-Localité d'El khroub

El Khroub est une ville de l'Est d'Algérie, située à quelques kilomètres de la ville de Constantine, son altitude est de 36.2714408 et sa longitude est de 6.6851982.

Notre travail a été réalisé dans deux stations différentes : Bounouara, Ain kedjew et Les quatre chemins. Ce site est distingué par une diverse végétation telle que : l'olivier, l'oranger, l'amandier, le figuier.

Le climat du Khroub appartient à l'étage bioclimatique sub-humide dans sa partie Nord et semi-aride au sud.

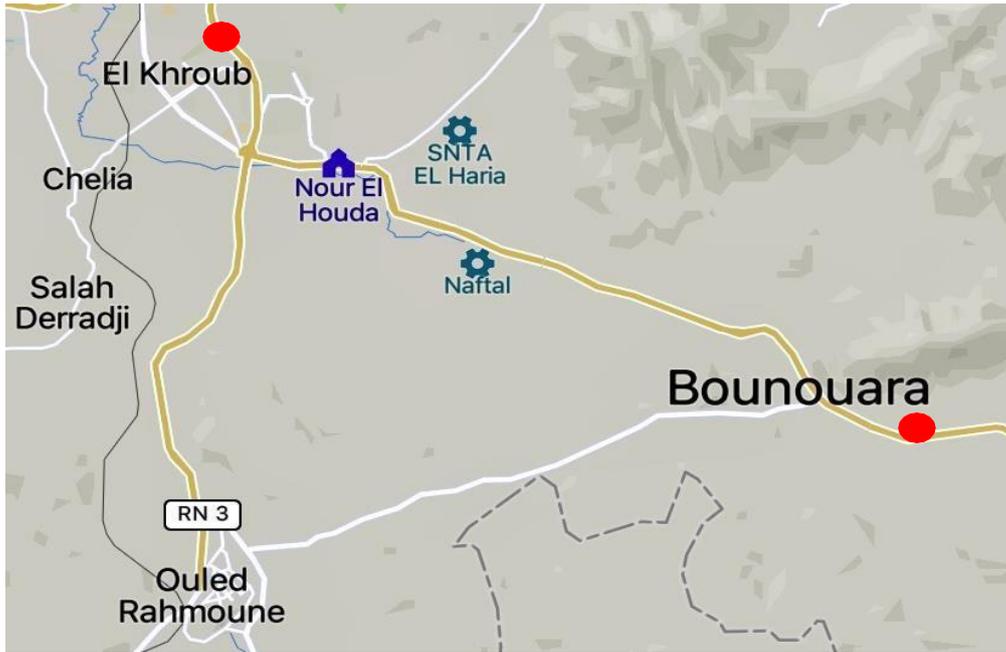


Figure 14 : Point de récolte de la localité d'El Khroub (Mapcarta, 2023).

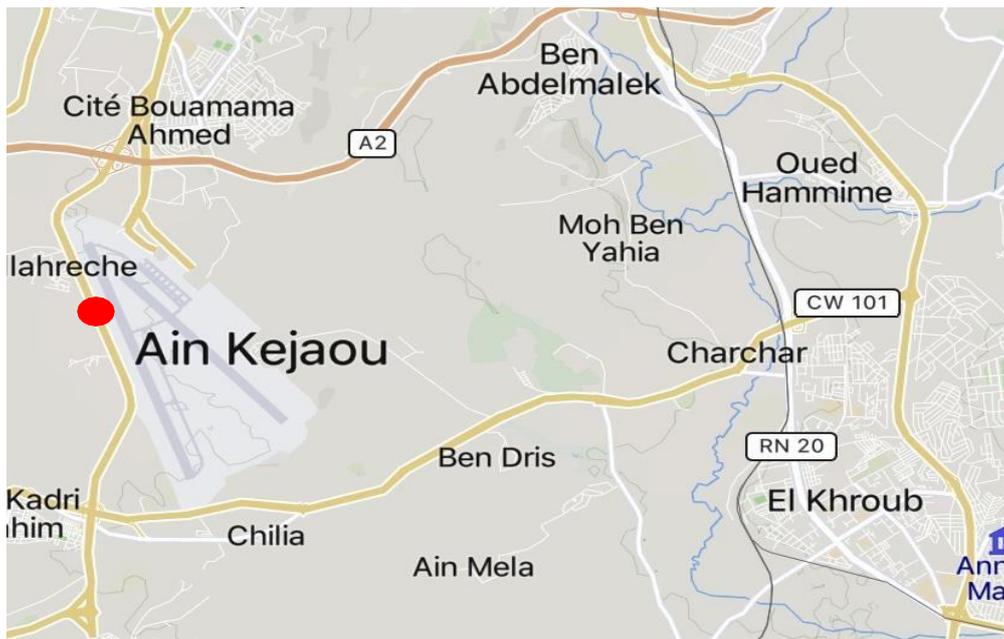


Figure 15 : Point de récolte de la localité d'Ain Kedjew (Mapcarta, 2023)

1.2.1-Le relief

La wilaya de Constantine présente des milieux physiques bien distincts représentés par :

Les zones de montagne : Le nord de la wilaya est constitué par un relief montagneux accidenté formé essentiellement par la chaîne numidique qui se prolonge au Nord-est par le

Massif du Djebel-Ouahch chevauchant sur le territoire de plusieurs communes de la wilaya et portant sur une superficie de 500 Km². Les autres anticlinaux importants de la wilaya sont Chettaba à l'ouest, le rocher de Constantine fortifié par de grands escarpements très abrupts et Oum Settas au sud.

La zone des bassins intérieurs : Cet ensemble en forme de dépression s'étend d'Est-ouest de Ferdjioua dans la wilaya de Mila à Zighoud-Youcef. Elle est limitée au sud par les hautes plaines avec une altitude variant de 500 à 600 m, cet ensemble composé de basses collines est entrecoupé par les vallées du Rhumelet du Boumerzoug.

La zone des hautes plaines : Située au Sud-est de la wilaya entre les chaînes intérieures de l'atlas tellien et l'atlas saharien, elles s'étendent sur les communes d'Ain Abid et Ouled Rahmoune. (Monographie de la wilaya de Constantine 2018).

1.3 -Le climat de la région de Constantine

Le climat de la wilaya de Constantine est caractérisé par des hivers froids et des étés chauds dus essentiellement à l'influence de la continentalité. La moyenne pluviométrique annuelle varie de 350 à 700 mm selon les années, les précipitations sont très variables en allant du Nord au Sud. La moyenne annuelle des jours pluvieux est de 40 à 60 jours. Les pluies sont de printemps et d'automne et sont caractérisées par leur irrégularité ; la tranche pluvieuse n'est pas bien répartie d'une manière régulière dans l'espace et dans le temps. Elles sont, souvent, sous forme de grandes averses ou d'ondées instantanées. Les gelées de printemps sont plus importantes que celles de l'hiver et durent en moyenne 17 jours par an. En été, le Sirocco balaye la wilaya en moyenne 20 j/an. La succession année humide deux années sèches illustre bien la menace constante de l'aridité (monographie de la wilaya de Constantine 2018).

2. Précipitation

Un climat tempéré chaud est présent à Constantine. La pluie à Constantine tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. Cet emplacement est classé comme Csa par Köppen et Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Constantine est de 15.6 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 469 mm.

2.1- La température

Constantine est l'une des régions les plus froides en Algérie, avec une température journalière maximale moyenne seulement 25°C. Pendant tout de même 6 mois, les températures moyennes sont supérieures à 25°C.

2.2- La végétation

Actuellement, la wilaya de Constantine est soumise à l'influence des changements climatiques et la forte pression anthropique. Le système d'information géographique (SIG) et la télédétection, nous a permis de faire d'une part, une étude diachronique sur l'état de l'occupation du sol et son évolution spatio-temporelle (1987, 2000 et 2015), et d'autre part, une caractérisation du milieu physique, du climat, et de la végétation. Globalement, les changements sont caractérisés par une dynamique générale de conversion et de dégradation de la végétation naturelle (les espaces forestiers et les prairies), et d'augmentation des surfaces artificialisées et de l'agriculture. De plus, les facteurs socio-économiques tiennent une place majeure dans cette dynamique. Les strates arborées sont dominées par les forêts de Pin d'Alep, Pin pignon, Chêne liège, Chêne-vert, l'olivier, l'oranger et d'eucalyptus, elles représentent environ 59% de la surface forestière totale, alors que les maquis occupent 8674ha soit 36.44% de la surface forestière. Tous ces résultats ont été structurés sous forme de couches thématiques et stockés dans une base de données géographiques, dédiée à l'aménagement de la Wilaya (cité par Gana 2014).

3. Etude faunistique

Afin de réaliser une étude faunistique de la faune du sol il est nécessaire de prélever de nombreux échantillons bien représentatifs et de ramener ces échantillons au laboratoire en vue d'une extraction massive des microarthropodes par des techniques appropriées.

Le nombre et le volume d'échantillons prélevés, est fonction du type d'étude (écologique ou faunistique), de l'abondance du peuplement, de la dominance et la rareté des espèces, de la dimension et du type de distribution spatiale des individus, (Cancela daFonseca et Vannier, 1969) (Cité par Hamra Kroua (2005)

3.1-Techniques de prélèvement des échantillons

L'échantillonnage s'est déroulé pendant la période humide entre le mois de janvier et Avril. L'échantillon est un volume de sol de 200 cm³ de litière, soit l'équivalent d'une surface

de 20 cm² environ. Nous avons prélevé dans différents biotopes (litière forestière, litière du sous-bois ; lentisque, myrte et arbousier, mousse, lichens, bois pourris ... etc.). La litière est prélevée à la main. Seule la couche humide est prélevée. Les échantillons prélevés sont placés dans des sacs en plastique. L'humidité des échantillons doit être maintenue et toute élévation anormale de température évitée (cité par Bendjaballah, 2019).

3.2-Extraction des collemboles

Les échantillons récoltés sont traités au niveau du Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes. Dans la présente étude nous avons utilisé l'extraction par voie sèche ou méthode de Berlese-Tullgren, C'est une méthode sélective ou dynamique, par laquelle les microarthropodes sont récoltés intacts sans l'intervention d'un opérateur complétée parfois par le lavage du substrat (cité par Bendjaballah 2019).

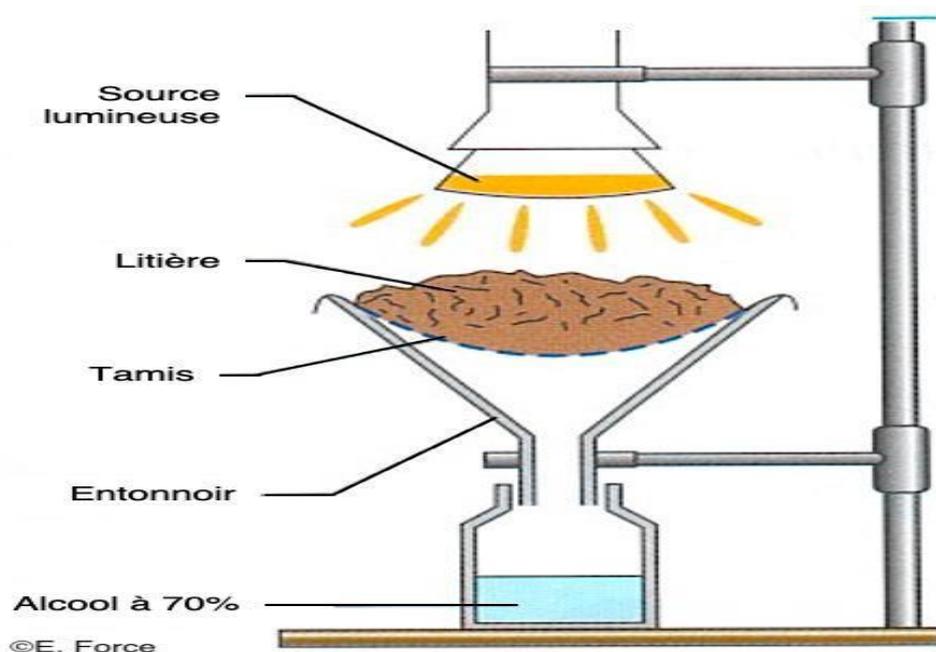


Figure 16 : Extraction des collemboles par la méthode sèche (Appareil de Berlese-Tullgren, 2016)

3.3-Tri des collemboles

Les collemboles extraits de l'échantillon sont placés dans une boîte de pétri. Le tri se fait sous loupe binoculaire avec un grossissement suffisant pour pouvoir séparer les collemboles des autres groupes de faune tels que les acariens, les araignées, les pseudoscorpions, les larves et d'adultes de petits insectes à l'aide de la brosse de Cassagnau: tige en plastique très mince (0,5 mm) monté sur un mandrin métallique.

Une fois tous les collemboles séparés des autres microarthropodes, on procède au comptage qui permet de déterminer le nombre total d'individus de collemboles présent dans chaque échantillon trié (cité par Bendjaballah , 2019) .



Figure 17 : Loupe binoculaire De marque « Carl Zeiss » à grossissement X32 (Photo originale).

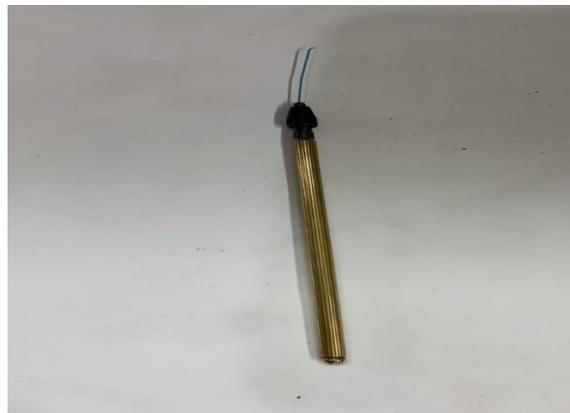


Figure 18 : Brosse de Cassagnau (Photo originale).



Figure 19 : Tubes étiquetés (Photo original).

4. Identification des collemboles

L'identification de la famille se fait sous loupe binoculaire à l'aide d'une clé d'identification (Jordana et Arbea, 1989) qui indique les caractéristiques morphologiques générales des ordres, des familles et de certains genres de collemboles. Des clés d'identification supplémentaires sont disponibles sur www.collembola.org. Ils sont conçus et mis à jour par plusieurs collembologistes de premier plan. L'identification au niveau spécifique est différente à celle des ordres et familles, un montage entre lame et lamelle est nécessaire pour pouvoir visualiser certains détails microscopiques (Pièces buccales, chaetotaxie antennaire, ...etc.). L'identification au niveau de l'espèce doit être réalisée par un spécialiste en taxonomie dans le cas d'espèces difficiles à classer.

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 on utilise 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 éthylique25 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. On procède à l'éclaircissement de quelques exemplaires dans de 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) cite par Hamra-Kroua (2005).

* Milieu éclaircissant de Nesbit qui se compose de :

- Hydrate de chloral..... 40 g
- Acide chlorhydrique.....2,5 ml
- Eau distillée25 ml

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

- Hydrate de chloral..... 50 g
- Phénol cristallisé 50 g
- Acide lactique25 ml

4.3-Montage entre lame et lamelle

Afin de pouvoir en observer convenablement le détail, il est nécessaire d'éclaircir les microarthropodes avant de les monter entre lame et lamelle. Les milieux éclaircissants seront d'autant plus puissants que les microarthropodes seront plus sclérifiés. Pour les Collembolés, d'une manière générale plus fragiles que les Acariens, on emploie le plus souvent le liquide de Marc-André dans lequel on les plonge à la sortie de l'alcool ou du liquide fixateur. Le temps d'immersion des Collembolés dans ce liquide n'est pas strict et dépend des espèces. Pour les formes juvéniles de Collembolés, trop fragiles pour supporter même le Marc-André, le plus souvent, on n'éclaircit pas ces animaux que l'on monte directement (Bachelier, 1978).

Composition du liquide de Marc-André :

- Eau distillée30 ml
- Hydrate de chloral fondu au bain-marie..... 40 ml
- Acide acétique cristallisé..... 30 ml

Après éclaircissement, et éventuels lavages nécessaires, les Microarthropodes sont montés dans une gomme au chloral, comme le liquide de Faure, ou un milieu plastique, comme l'alcool polyvinylique lacto-phénol (PVA). Le montage dans le liquide de Faure s'effectue directement à la sortie du Marc-André (Bachelier, 1978).

Composition du liquide de Faure :

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

Pour la préparation du liquide de Faure, faire dissoudre à froid le chloral dans de l'eau distillée, ajouter la glycérine, homogénéiser, et dans le liquide ainsi obtenu, suspendre la gomme arabique dans un sac de mousseline, laisser au moins 15 jours en contact. Le milieu de Hoyer, quatre fois plus riche en hydrate de chloral, doit être réservé aux animaux très sclérifiés (Bachelier, 1978). Gisin (1970) cité par Bachelier (1978) préconise une technique de préparation adaptée aux collembolés qui est un peu longue et délicate, mais qui permet l'obtention de très belles préparations :

- 1- Réunir les Collembolés dans de petits tubes renfermant du liquide fixateur de Gisin, après 3 jours, transférer les tubes bouchés au coton dans de l'alcool à 70°.
- 2- Trier de préférence les Collembolés dans de la glycérine diluée.
- 3- Les éclaircir dans la cavité d'une lame creuse à l'aide du milieu A de Gisin dont nous donnons la composition ci-après.
- 4- Monter les Collembolés dans des lames à petits creux avec un milieu A' composé de 8 ml du milieu A et 1 ml de glycérine saturée d'acide picrique (cristaux d'acide picrique en excès dans le flacon de glycérine)
- 5- Eviter la formation de bulles d'air en posant la lamelle par un côté et en la rabattant lentement.
- 6- Doser le liquide de manière à ce qu'il ne déborde pas, sinon en absorber l'excès avec un morceau de buvard.
- 7- Luter la lamelle à la cire molle (paraffine + lanoline 1/1) sur des bords bien propres.

Composition du liquide fixateur de Gisin:

- Alcool éthylique à 95° 75 ml
- Ether éthylique..... 25 ml
- Acide acétique3 ml
- Formol à 40%0,3 ml

Composition du milieu A de Gisin (Eclaircissement) :

- Acide lactique25 ml
- Formol à 40 % 1 ml
- Glycérine 5 ml

Il ne reste plus alors qu'à étiqueter convenablement les préparations, en n'oubliant pas de les dater et de bien spécifier la préparation et le milieu de montage adoptés.

5. Observation

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

- Clé des ordres

Classe COLLEMBOLA Lubbock, 1862.

1.- Corps globuleux, segmentation du corps non apparente. Tout au plus les segments abdominaux V et VI sont segmentés..... 3

1.-' .Corps allongé. Segmentation du corps apparente.....2

2.- Prothorax (segment thoracique I) développé et avec soies dorsales. Corps avec trois segments thoraciques et six segments adnominaux, (Fig.3).....Ordre

PODUROMORPHA BÖRNER, 1913.

2'.Prothorax réduit et sans soies dorsales (Fig.3).....Ordre **ENTOMOBRYOMORPHA**

BÖRNER, 1913.

3.- Animaux plus petits et sans pigments. Segments abdominaux V et VI non différenciés. Sans yeux. Tenaculum sans soies. Antennes plus courtes que la tête. Abdomen sans Trichobothries

dorsales.....Ordre *NEELIPLEONA*, 1 seule famille NEELIDAE FOLSOM, 1896.

3'.-Animaux avec ou sans pigments. Segments abdominaux V et VI différenciés. 0 À 8 cornéules de chaque côté de la tête. Abdomen avec trichobothries.....Ordre *SYMPHYPLEONA* BÖRNER, 1901.

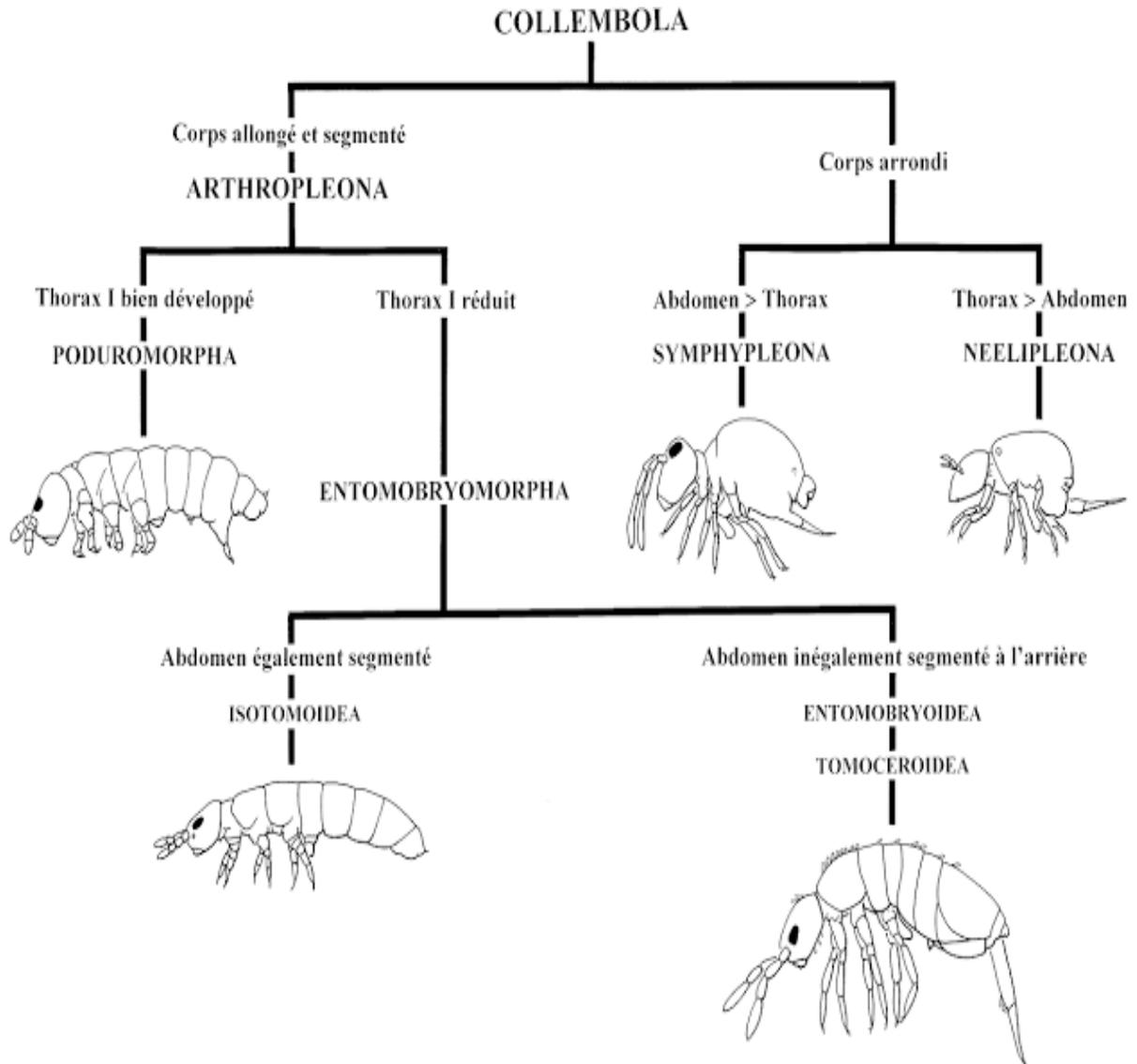


Figure 20 : Les ordres des collemboles

Chapitre III

Résultats et discussion

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Nous donnons dans le tableau la liste des collemboles identifiés dans le présent travail.

Tableaux.01 : Liste des espèces des collemboles identifiées dans les différentes localités.

	Localités			
	Bounouara	Boussouf	Ain Kedjew	Les quatre chemins
1.O. Poduromorpha				
1.1.F. Hypogastruridae				
1. <i>Ceratophyselladenticulata</i>	X	X	X	
2. <i>Ceratophysellasp</i>	X		X	X
3. <i>Hypogastruravernalis</i>		X		
4. <i>Hypogastrurasp.</i>				X
5. <i>Willemiaintermedia</i>	X		X	
6. <i>Xenyllasp.</i>	X			
1.2. F. Neanuridae				
1.2.1. S/F. Neanurinae				
7. <i>Bilobellaaurantiaca</i>	X	X	X	X
1.2.2. S/F. Pseudachorutinae				
8. <i>Pseudachorutinae</i>	X			
1.3. F. Onychiuridae				
9. <i>Protaphoruraarmata</i>	X	X	X	
10. <i>Protaphorurasp.</i>	X			X
11. <i>Mesaphorurasp.</i>	X	X		X
2. O. Entomobryomorpha				
2.1. F. Isotomidae				
12. <i>Hemisotomathermophila</i>	X	X	X	X
13. <i>Folsomia candida</i>	X	X	X	
14. <i>Isotomidae</i>		X	X	X
15. <i>Isotomuruspalustris</i>	X	X		
2.2. F. Entomobryidae				
16. <i>Heteromurus major</i>	X	X	X	X
17. <i>Entomobryasp.</i>	X			
18. <i>Entomobryidae</i>		X	X	X
19. <i>Lepidocyrtussp.</i>	X	X		
20. <i>Orchesellacincta</i>	X		X	
3. O. Symphypleona				
3.1. F. Dicyrtomidae				
21. <i>Dicyrtominaornata</i>	X		X	
3.2.F. Katiannidae				
22. <i>Sminthurinussp</i>		X		X
3.3. F. Sminthurididae				
23. <i>Sphaeridiapumilis</i>	X	X	X	
3.4. F. Sminthuridae				
3.4.1. S/F. Sminthurinae				
24. <i>Capraineamarginata</i>		X		X
	18	15	13	11

1. Etude faunistique

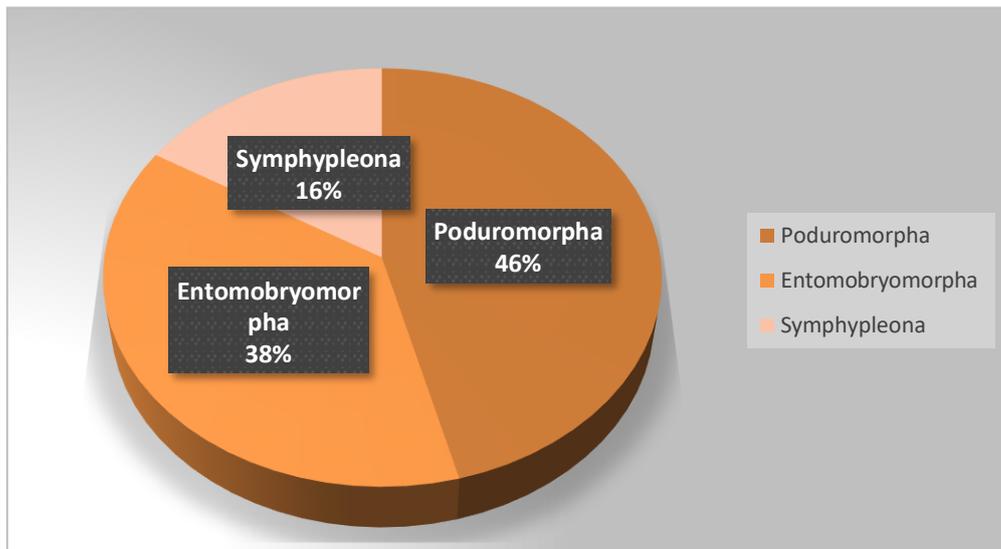


Figure. 21 : Répartition en pourcentage des différents ordres des collemboles identifiés

On remarque que la plupart des espèces identifiées dans le tableau 01 font partie de l'ordre des Poduromorpha qui représente 46% soit 11 espèces, suivi par l'ordre des Entomobryomorpha avec un taux de 38%, soit 9 espèces. Le reste des espèces appartient à l'ordre des Symphypleona avec 16%, soit 4 espèces.

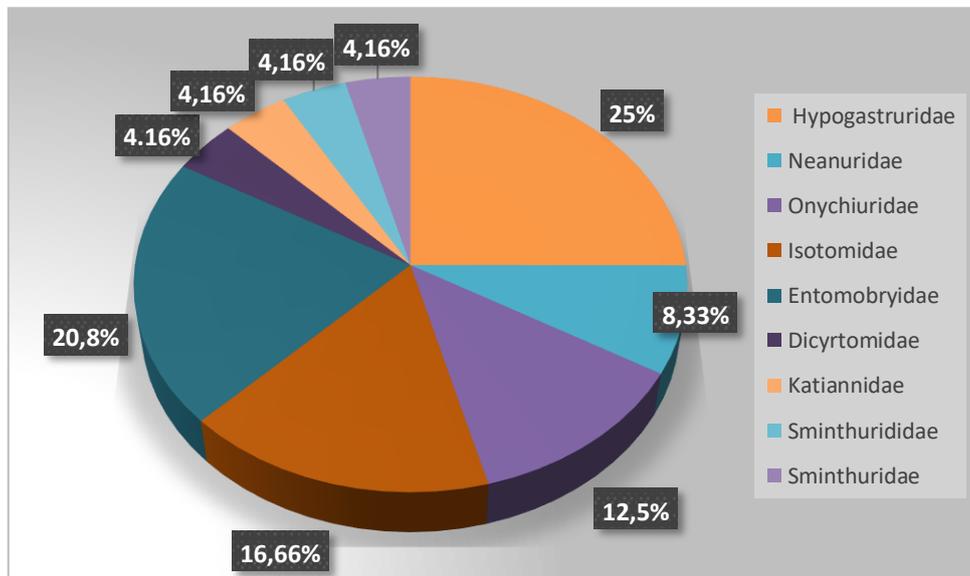


Figure.22 : Pourcentages des différentes familles de collemboles identifiés

Les pourcentages des différentes familles montre que :

La famille des **Hypogastruridae** est la plus diversifiée elle est représentée par 6 genres et 6 espèces soit 25 % du total des collemboles identifier. La famille des **Entomobryidae** est représentée par 5 espèces appartenant à 5 genres soit 20.8% du total. La famille des **Isotomidae** est représentée par 4 espèces appartenant à 4 genres soit 16.66% du total. La famille des **Onychiuridae** est représentée par 3 espèces appartenant à 3 genres soit le 12.5%. La famille des **Neanuridae** est représentée par 2 sous-familles, 2 genres et 2 espèces soit 8.33% du total. Les familles des **Dicyrtomidae**, **Katiannidae**, **Sminthurididae**, **Sminthuridae** sont représentée par une seule espèce d'un seul genre chacune soit 4.16 %.

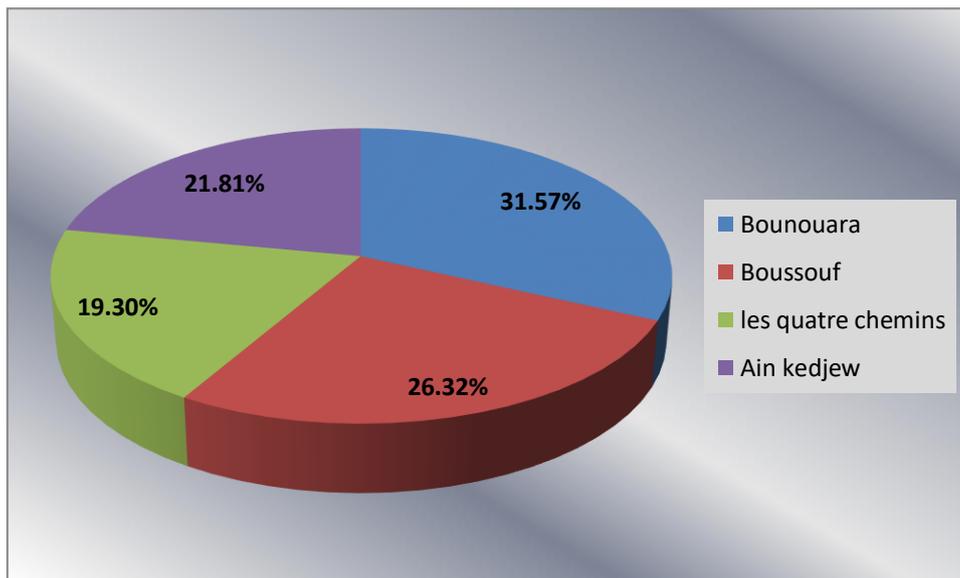


Figure 23 : Répartition des collemboles identifiés par localité

Il est mentionné dans le tableau 01 que Bounouara héberge 18 sur 24 espèces identifiées, soit 32%. Suivi par la localité de Boussouf avec un total de 15 sur 24 espèces, soit 26%. La localité de Ain kedjew héberge également 13 sur 24 espèces soit 22%. En dernier on trouve les quatre chemins avec 11 sur 24 espèces, soit 19%. Il faut tenir compte que certaines espèces sont retrouvées dans toutes les localités d'étude et que d'autres espèces ne sont retrouvées que dans une seule localité.

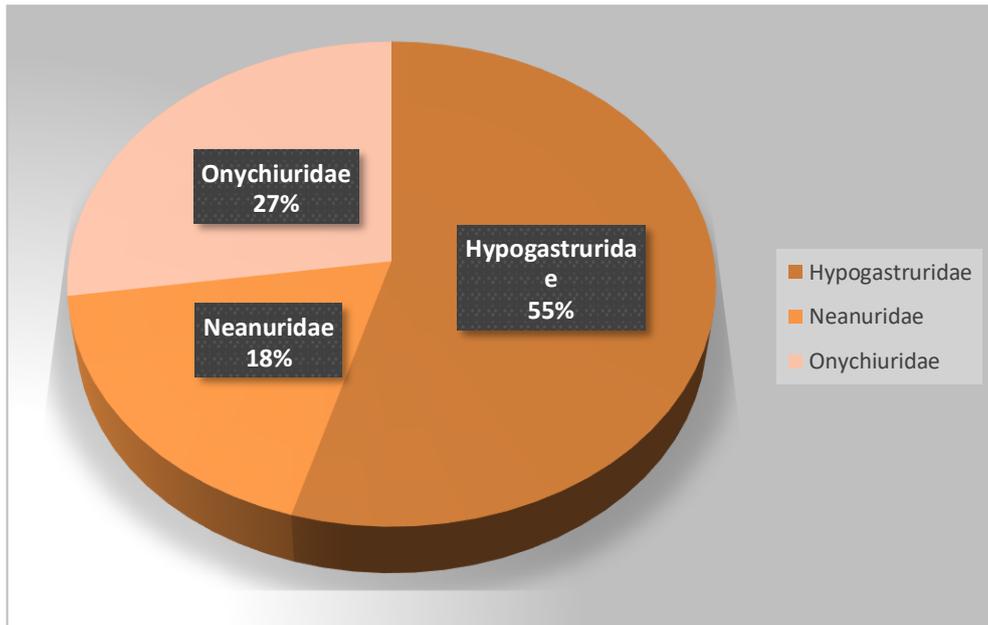


Figure 24: Répartition en pourcentages des familles de Poduromorpha.

La figure représente les proportions des différentes familles auxquelles appartiennent les différentes espèces de l'ordre des poduromorpha. Plus de la moitié des espèces, soit 54.54% appartiennent à la famille des **Hypogastruridae**, la famille des **Neanuridae** représente 18.18% et la famille des **Onychiuridae** représente 27.27%.

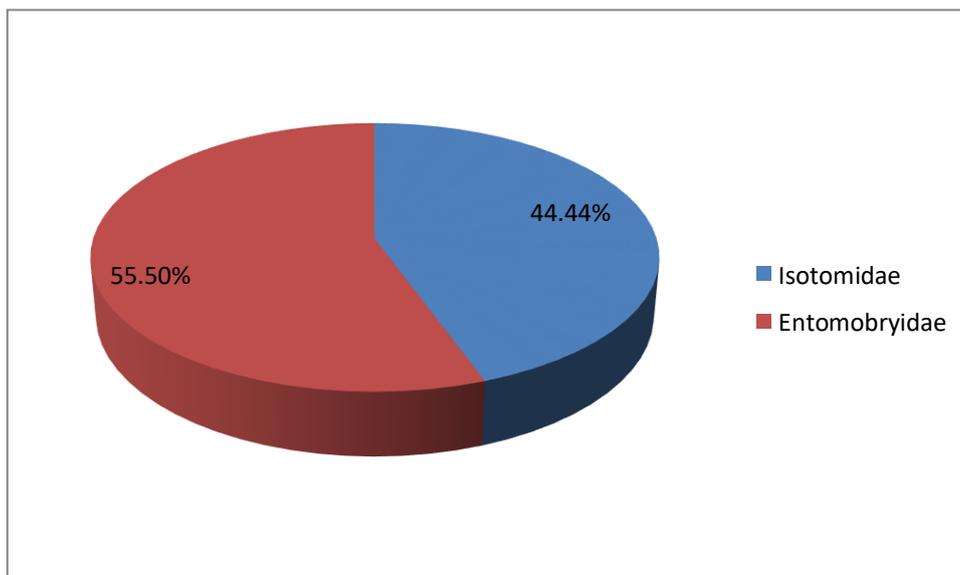


Figure 25 : Proportion des familles d'Entomobryomorpha

La figure nous représentons la proportion des deux familles d'Entomobryomorpha. La famille des **Entomobryidae** représente 55% du total d'entomobryomorphes identifiés. La famille des **Isotomidae** occupe le deuxième rang avec un taux de 44%.

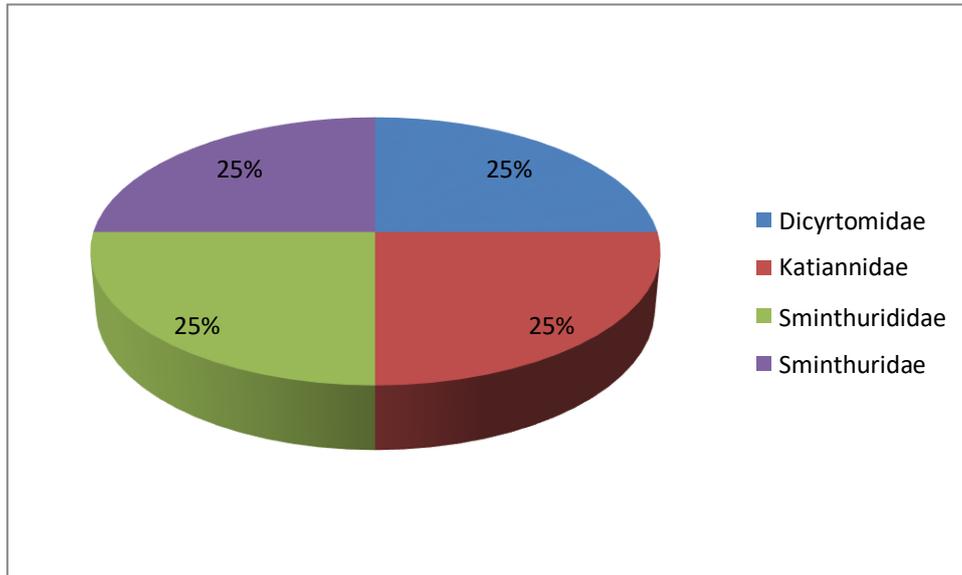


Figure 26 : Proportion des familles de Symphypleona .

Selon la figure 06 l'ordre des Symphypleona est représenté par 4 familles qui sont : **Dicyrtomidae, Katiannidae, Sminthurididae** et **Sminthuridae** occupant le même rang avec un taux de 25%.

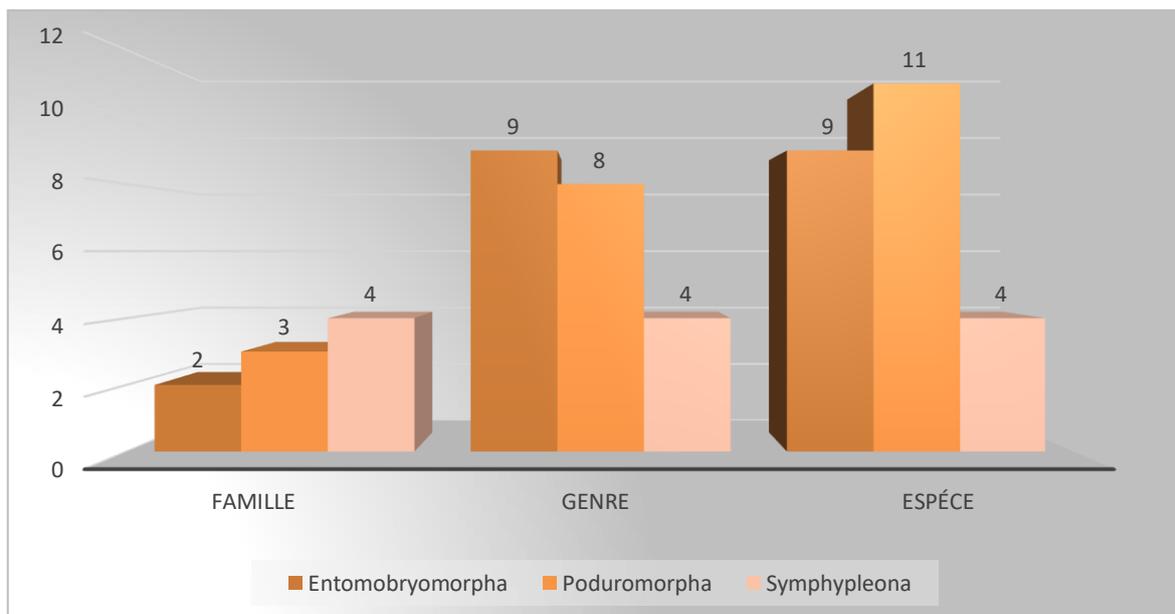


Figure 27 : Fréquences absolues des familles, genre et espèces des collemboles

2. Etude statistique

2.1- Abondances des ordres de Collemboles

2.1.1- Localité de Boussouf

Dans cette figure on retrouve une représentation graphique de l'abondance absolue des effectifs des 3 ordres de Collemboles récoltés dans la localité de Boussouf.

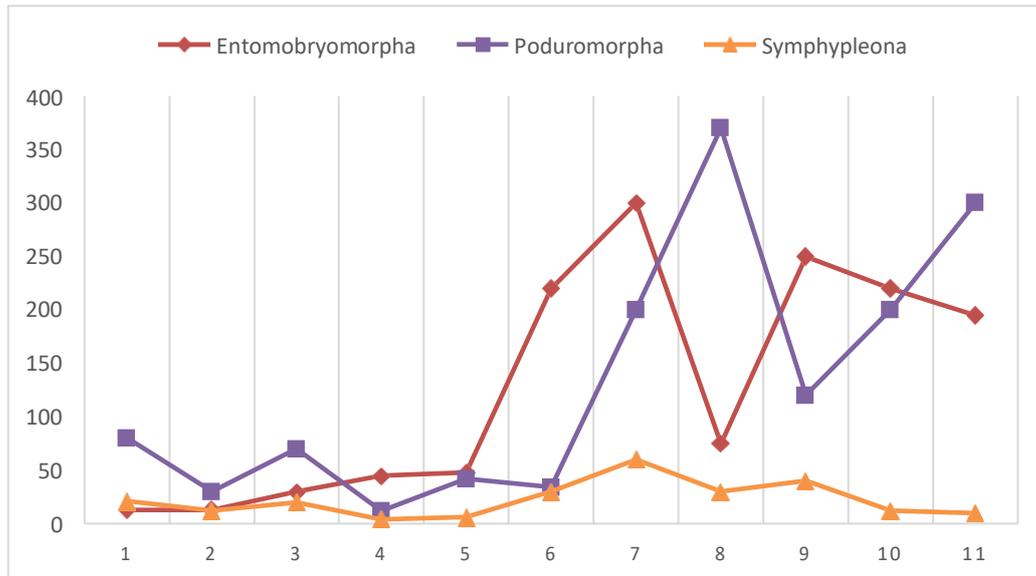


Figure 28 : Abondance par ordre de Collemboles dans la localité de Boussouf

Sur un ensemble de 11 échantillons, nous avons dénombré 3112 individus Collemboles appartenant à 3 ordres :

Les Entomobryomorpha sont au nombre de 1409 individus, Ils représentent 45% du total dénombré. Les Poduromorpha au nombre de 1458 individus, représentent 46% du total. Les Symphypleona, sont au nombre de 245 individus, Ils représentent 7 % du total dénombré.

2.1.2 Localité de Bounouara

Dans cette figure on retrouve une représentation graphique de l'abondance absolue des effectifs des 3 ordres de Collemboles récoltés dans la localité de Bounouara.

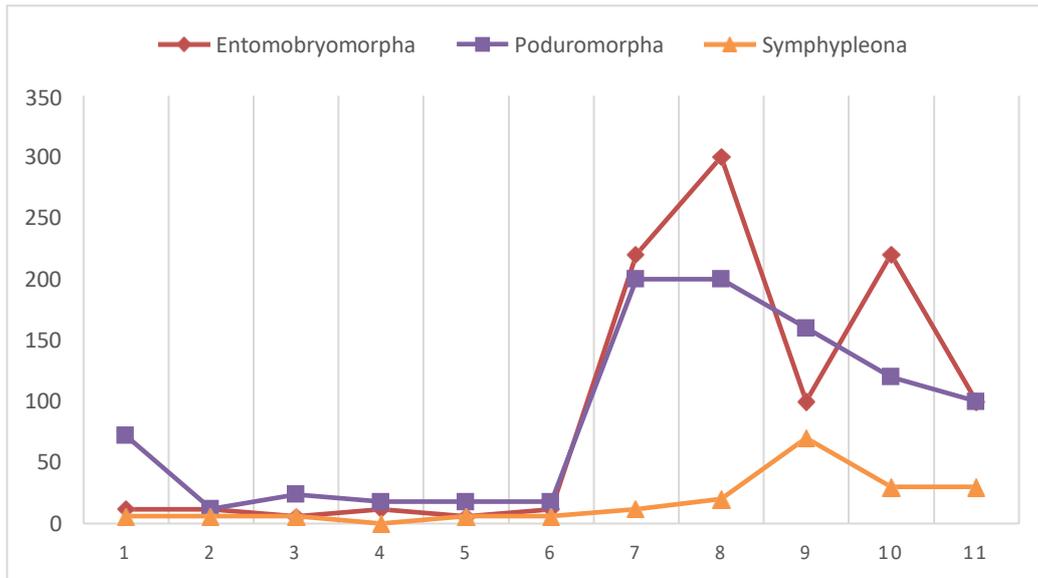


Figure 29 : Abondance par ordre de Collemboles dans la localité de Bounouara .

Sur un ensemble de 11 échantillons, nous avons dénombré 2134 individus Collemboles appartenant à 3 ordres :

Les Entomobryomorpha sont au nombre de 1000 individus, Ils représentent 46% du total dénombré. Les Poduromorpha au nombre de 942 individus, représentent 44% du total. Les Symphypleona, sont au nombre de 192 individus, Ils représentent 8 % du total dénombré.

2.1.3-Localité des quatre chemins

Dans cette figure on retrouve une représentation graphique de l'abondance absolue des effectifs des 3 ordres de Collemboles récoltés dans la localité des quatre chemins.

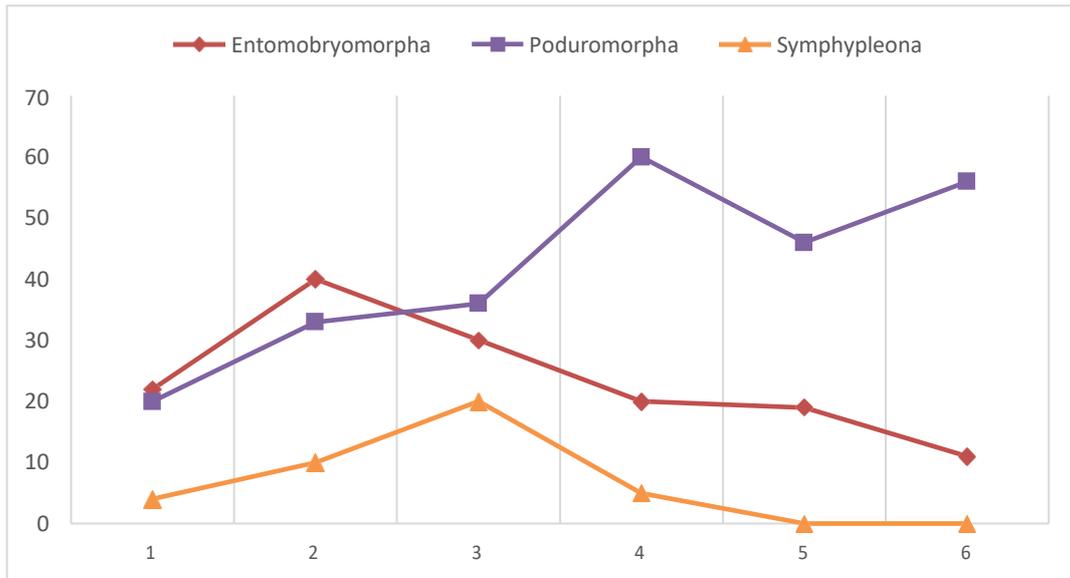


Figure 30 : Abondance par ordre de collemboles dans la localité des Quatre chemins.

Sur un ensemble de 11 échantillons, nous avons dénombré 432 individus Collemboles appartenant à 3 ordres :

Les Entombryomorpha sont au nombre de 142 individus, Ils représentent 32% du total dénombré. Les Poduromorpha au nombre de 251 individus, représentent 58% du total. Les Symphypleona, sont au nombre de 39 individus, Ils représentent 9 % du total dénombré.

2.1.4- Localité d'Ain kedjaw

Dans cette figure on retrouve une représentation graphique de l'abondance absolue des effectifs des 3 ordres de Collemboles récoltés dans la localité de Ain kedjaw .

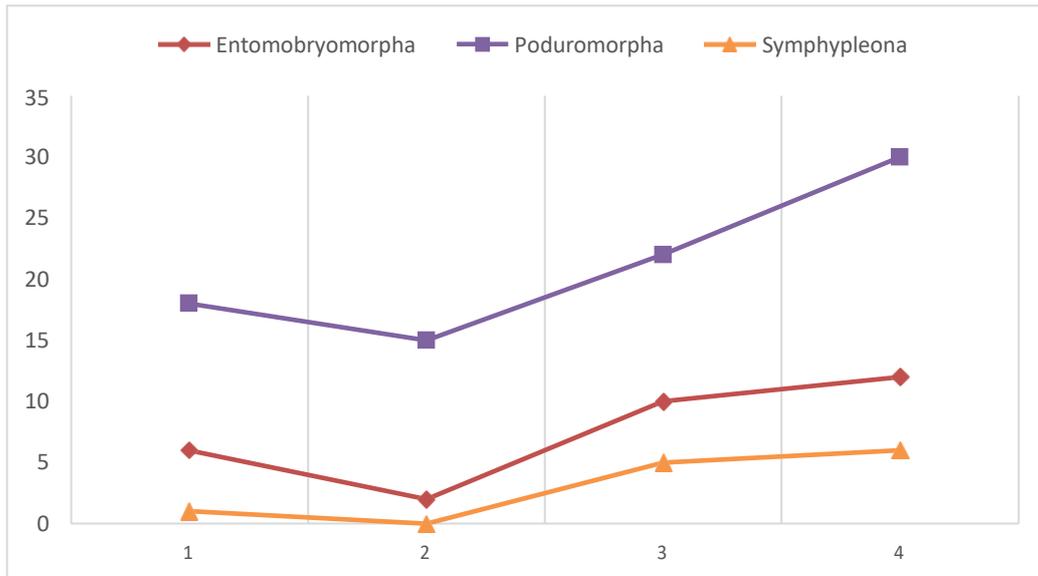


Figure 31 : Abondance par ordre de Collemboles dans la localité d'Ain kedjaw

Sur un ensemble de 11 échantillons, nous avons dénombré 127 individus Collemboles appartenant à 3 ordres :

Les Entomobryomorpha sont au nombre de 30 individus, Ils représentent 23% du total dénombré. Les Poduromorpha au nombre de 85 individus, représentent 23% du total. Les Symphypleona, sont au nombre de 12 individus, Ils représentent 9 % du total dénombré.

1. Ordre Poduromorpha

1.1 Famille Hypogastruridae

1.1.1 *Ceratophysella denticulata*

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980:515) ; Stomp (1983 : 191) ; Ait-Mouloud et *al.* (2007 : 151) ; Hamra-Kroua&Cancela da Fonseca (2009:34) ; Hamra-Kroua (2016 : 85) ; Brahim-Bounab (2017 : 83) ; Bendjaballah (2020 : 81) ; Brahim-Bounab et *al.*, (2020 :56), Lachi (2023,96).

Répartition : Cosmopolite (Fjellberg 1998).

1.1.2 *Hypogastrura vernalis*

Citations d'Algérie : Arbea et *al.* (2013 : 177) ; Hamra-Kroua (2016 : 85) ; Brahim-Bounab (2017 : 83) ; Brahim-Bounab et *al.*, (2020 : 57), Lachi (2023,96).

Distribution : Paléarctique (Arbea et *al.* 2013) .

1.1.3 *Willemia intermedia*

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2016 : 85) ; Brahim-Bounab et *al.*, (2020 :57).

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

1.2 Famille Neanuridae

1.2.1 *Bilobella aurantiaca*

Citations d'Algérie : Handschin (1926 : 119 comme *Achorutes aurantiacus*) ; Cassagnau (1963 : 198 comme *Neanura aurantiaca*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 516) ; Hamra-Kroua&Allatou (2003 : 22) ; Ait-Mouloud et *al.*, (2007 : 151) ; Deharveng et *al.*, (2007 : 57) ; Baquero et *al.*, (2009 : 68) ; Arbea et *al.*, (2013 : 178) ; Hamra-Kroua (2016 : 85) ; Brahim-Bounab et *al.*, (2017 : 967) ; Brahim-Bounab (2017 : 84) ; Zoughailech (2017 : 135) ; Bendjaballah et *al.*, (2018 : 397, Fig. 5) ; Bendjaballah (2020 : 82). Hamra-Kroua (2016 : 86 comme *Bilobella braunerae* Deharveng, 1981, une seule mention douteuse, qui concerne un spécimen aberrant de *B. aurantiaca*. Non cité en Algérie en dehors d'Edough, Brahim-Bounab et *al.*, (2020 : 60) , Lachi (2023,97).

Distribution : Méditerranée (Arbea & Jordana 1997). Remarque. Espèce très commune dans l'Edough.

1.3 Famille Onychiuridae

1.3.1 *Protaphorura armata*

Citations d'Algérie : Denis (1937 : 87 comme *Onychiurus armatus* ou *O. armatus* species group) ; Cassagnau (1963 : 198 comme *O. armatus* sensu stricto) ; Stomp (1974 : 112 comme *O. armatus*) ; Stomp (1983 : 192 comme *O. armatus*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 516 comme *P. armata*) ; Ait-Mouloud et *al.*, (2007 : 151 comme *P. gr. armata*) ; Hamra-Kroua&Cancela da Fonseca (2009 : 36 comme *P. armata*) ; Baquero et *al.*, (2009 : 68 comme *P. armata*) ; Arbea et *al.*, (2013 : 178 comme *P. armata*) ; Hamra-Kroua (2016 : 86 comme *P. gr. armata*) ; Brahim-Bounab (2017 : 83) ; Zoughailech (2017 ; 136) ; Bendjaballah et *al.*, (2018 : 402) ; Bendjaballah (2020 : 82) ; Brahim-Bounab et *al.*, (2020 : 66) , Lachi (2023,97).

Distribution : Cosmopolite (Fjellberg 1998).

2. Entomobryomorpha

2.1 Famille Isotomidae

2.1.1 *Hemisotoma thermophila*

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198 comme *Isotomina thermophila*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 517 comme *I. thermophila*) ; Hamra-Kroua&Allatou (2003 : 22 comme *Cryptopygus thermophilus*) ; Ait-Mouloud et al., (2007 : 151) ; Baquero et al., (2009 : 68) ; Hamra-Kroua&Cancela da Fonseca (2009 : 36 comme *C. thermophilus*) ; Hamra-Kroua (2016 : 86 comme *C. thermophilus*) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah (2020 : 83), Brahim-Bounab et al., (2020 :67) , Lachi (2023,98).

Distribution : Cosmopolite (Potapov, 2001)

2.1.2 *Folsomia candida*

Citation d'Algérie : Zoughailech (2017 ; 136), Brahim-Bounab et al., (2020 :67).

Distribution : Cosmopolite (Fjellberg, 2007)

2.2 Famille Entomobryidae

2.3 *Heteromurus major*

Citations d'Algérie : Handschin (1928 : 7) ; Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980 : 518) ; Hamra-Kroua&Allatou (2003 : 23) ; Ait-Mouloud et al., (2007 : 151) ; Hamra-Kroua&Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Baquero et al., (2009 : 68) ; Hamra-Kroua (2016 : 87) ; Zoughailech (2017 : 137) ; Bendjaballah et al., (2018 : 406, Fig. 18) ; Bendjaballah (2020 : 83) ; Brahim-Bounab et al., (2020 : 71) , Lachi (2023,98).

Distribution : Euro-méditerranéenne (Mari-Mutt, 1980)

2.4 *Entomobrya sp*

Citations d'Algérie : Handschin (1928 : 6) ; Thibaud & Massoud (1980 : 518) ; Ait-Mouloud et al., (2007 : 151), tous cités comme *Entomobrya multifasciata* .

Distribution. - Région holarctique (Jordana, 2012)

3. Symphypleona

3.1 Famille des Sminthurididae

3.1.1 *Sphaeridia pumilis*

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 199) ; Thibaud & Massoud (1980 : 520) ; Bretfeld (2001 : 129 comme *Sphaeridia pumilis* sensu stricto) ; Ait-Mouloud et al., (2007 : 151) ;

Baquero et *al.*, (2009 : 68) ; Zoughailech (2017 : 137) ; Bendjaballah et *al.*, (2018 : 410) ; Bendjaballah (2020 : 84) ; Brahim-Bounab et *al.*, (2020 :72) , Lachi (2023,99).

Distribution : Cosmopolite (Bretfeld 1999 : Holarctique, Australie).

3.1.2 *Capraïnea marginata*

Citations d'Algérie : Bretfeld (2001 : 99) ; Hamra-Kroua (2016 : 88) ; Zoughailech (2017 : 138) ; Bendjaballah (2020 : 84) ; Brahim-Bounab et *al.*, (2020 : 72) , Lachi (2023,99).

Distribution : Paléarctique (Fjellberg 2007).

Discussion

Notre travail a été réalisé dans le but d'étudier les collemboles qui se trouvent dans les milieux urbains et semi-urbains choisis.

Après l'analyse de plusieurs échantillons prélevés dans des habitats bain et semi-urbain dans quatre localités (Bounoura, Boussof, Ain kedjew, Les quatre chemins) dans la région de Constantine on a pu trouver 24 espèces sur un ensemble de 3112 individus récoltés entre le mois de février et Mai 2023. Les espèces récoltées appartiennent à 22 genres réparties sur 9 familles des 3 ordres des Collemboles.

Au premier lieu on retrouve Bounouara qui présente la plus importante diversité avec respectivement : 3 ordres, 7 familles, 16 genres et 18 espèces de Collemboles. Boussof occupe le 2ème rang avec respectivement : 3 ordres, 8 familles, 15 genres et 15 espèces de Collemboles. Puis on a Ainkedjew avec : 3 ordre, 7 familles, 12 genre, 13 espèces. Puis vient en dernier les quatre chemins avec seulement 3 ordres, 7 familles, 11 genres, 11 espèces.

Par ordre de Collemboles, les Poduromorpha sont les plus diversifiés avec 11 espèces, soit 46% du totale des espèces identifiées, Les Entomobryomorpha avec 9 espèces représentent 38%, ensuite on retrouve les Symphypleona avec 4 espèces qui sont peu représentés, soit une proportion de l'ordre de 16%. Les Neelipleona sont totalement absents. Hamra-Kroua (2005), Brahim Bounab (2016) trouvent une importante diversité parmi les Poduromorpha vivant dans litière, dans les mousses. Hamra Kroua (2005) note que même si les Entomobryomorpha sont très abondants dans la litière ils restent peu diversifiés. Les Symphypleona est un groupe de Collemboles très abondants et très diversifiés dans les milieux ouverts tel l'écosystème agricole et de prairie.

Parmi les familles des collemboles on retrouve La famille des Hypogastruridae avec 6 espèces appartenant à 4 genres : *Ceratophysella denticulata* ; *Ceratophysellasp.* ; *Hypogastruravernalis* ; *Hypogastrurasp.* ; *Willemiaintermedia* ; *Xenyllasp.*

Pour la famille des Neanuridae on note la présence de 02 espèces seulement appartenant à 2 genres répartis sur deux sous familles : *Bilobella aurantiaca*,

Pseudachorutinae sp. La diversité des Neanuridae est très faible comparée aux travaux antérieurs.

La famille des Onychiuridae avec 3 espèces appartenant à 2 genres : *Protaphorura armata*, *Protaphorura* sp. *Mesaphorura* sp .

La famille des Isotomidae avec 4 espèces appartenant à 4 genres : *Hemisotoma thermophila* ; *Folsomia candida* ; *Isotomidae* ; *Isotomurus palustris*.

La famille des Entomobryidae avec 5 espèces appartenant à 4 genres : *Heteromurus major*, *Entomobrya* sp, *Entomobryidae*, *Lepidocyrtus* sp, *Orchesella cincta*.

La famille des Dicyrtomidae avec une seule espèce d'un seul genre : *Dicyrtomina ornata* .

La famille des Katiannidae avec une seule espèce d'un seul genre : *Sminthurinus* sp.

La famille des Sminthurididae avec une espèce appartenant d'un seul genre : *Sphaeridia pumilis* .

La famille des Sminthuridae avec une seule espèce appartenant d'un seul genre : *Caprainea marginata* .

L'ordre des Poduromorpha qui est le plus abondant avec respectivement une abondance absolue de l'ordre de 942 individus, soit, 44% à Bounouara ; ensuite on a 1458 individus, soit 46% à Boussouf, dans les quatre chemins on retrouve 251 individus soit 58% ; à la fin on a Ain kedjew avec 85 individus soit 23%.

Les Entomobryomorpha comptent 1409 individus soit 45% dans Boussouf, ensuite on a 1000 individus soit 46% dans Bounouara , dans les quatre chemins on retrouve 142 individus soit 32% , enfin Ain kedjew avec 30 individus soit 23 % .

Les Symphypleona sont peu abondants dans les 4 localités, dans Boussouf on dénombre un total de 245 individus, soit 7% du total collembole. A Bounouara on trouve une abondance de l'ordre de 192 individus soit 8%. Dans la station des quatre chemins on trouve 39 individus, Soit 9% du total, enfin à Ain kedjew on a 12 individus soit 9%.

Les Neelipleona sont absents dans les trois localités d'étude.

On a trouvé que sur un totale de 24 espèces on a 3 espèces en commun entre Boussouf, Bounouara , les quatre chemins et Ain kedjew : *Bilobella aurantiaca*, *Hemisotoma thermophila*, *Heteronurus major* .

A la fin on constate par rapport aux études taxonomiques et faunistiques effectuées dans le précédents travail présenter par Lekikot et Bouseba en 2017 sur la biodiversité des collemboles des habitats urbains et semi urbains de la région de Constantine dans les différentes localités de Constantine (Didouche Mourad, Campus universitaire et Centre -Ville.) qui 'il Ya une grande similarité avec la faune rencontrée dans les localités Boussouf ; Bounouara ; les quatre chemins et Ain kedjew avec 17 espèce commune, dans l'ordre des Poduromorpha Spécifiquement la famille des Hypogastruridae, 4 espèces sont communes *Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella sp*, *Hypogastrura vernalis*, *Willemia intermedia*, une espèces de la famille Neanurinae : *Bilobella aurantiaca*, la famille Onychiuridae on a trouvé aussi 2 espèces : *Protaphorura armata*, *Mesophorura sp*. La même chose pour l'ordre Entomobryomorpha pour la famille Isotomidae : *Hemisotoma thermophila*, *Folsomia candida*, *Isotomurus palustris*. La famille Entomobryidae par 4 espèces : *Entomobrya sp*, *Lepidocyrtus sp*, *Orchesella cineta*, *Heteromurus major*. L'ordre Symphypleona connus par : une seule espèce de la famille Dicyrtomidea : *Dicyrtomina oranta* et d'autre espèces de la famille Sminthurididae : *Sphaeridia pumilis*. Enfin la famille des sminthuridae avec une seul espèce en commun : *Caprainea marginata* Ce qui est dû probablement aux ressemblances sur le plan climatique, géologique et couvert végétal de la région.

On remarque aussi l'absence de plusieurs espèces comme : *Hypogastrura sp*, *Xenylla sp*, *Pseudachorutinae*, *Protaphorura sp*, *Isotomidae*, *Entomobryidae*, *Sminthurinus sp*.

En 2005 Hamra Kroua à identifier 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 collembologique algérienne ont été effectués Amri (2006), Leblalta (2009), Brahim Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2018).

Conclusion

Pour but de mieux connaître la biodiversité des collemboles urbains et semi urbains de la région de Constantine, nous avons fait des sorties depuis le mois de Février 2023 jusqu'au mois de Mai .Sur la base de quelques dizaine d'échantillons on a pu récolter un ensemble de 5805 individus.

Un total de 24 espèces a été identifié dans les quatre localités de la région de Constantine. Elles se répartissent sur 9 familles et 22 genres de trois ordres connus des collemboles.

Cette étude constitue un premier élément de base pour une meilleure connaissance de la faune collembologique des stations étudié. 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, l'exploration était limitée en raison de la taille des bancs d'études et de la courte période d'échantillonnage. Ensuite, les habitats des stations échantillonnées ne représentent qu'une petite partie des habitats existants.

Les résultats obtenus par ce travail nous permettent d'ouvrir de grandes perspectives pour une meilleure connaissance de la biodiversité de la faune collembologique vivant aux milieux urbains et semi urbains.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Ait Mouloud S., 2006- Etude de la biodiversité des Collemboles sur l'Écotone au-sol forestier dans les zones humides de la Kabylie et d'une tourbière des Pyrénées : Systématique, Ecologie, Biogéographie. Thèse Doct.Univ.MMTO.122p

Ait Mouloud S., 2011- Biodiversité et distribution des collemboles dans l'écotone eau-sol forestier dans la mare d'Aghrib et la tourbière d'El Kala p. Thèse de Magistère. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouazou115p.

Amri C., 2006- Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien : Inventaire et dynamique saisonnière ; Thèse de Magistère, Université Mentouri, Constantine.108p.

Anonyme., 2017- <http://aramel.free.fr/INSECTE6-1.shtml>.

Anonyme., 2017- www.collembola.org.

Anonyme., 2017 -<https://www.encyclopedie> .

Anonyme., 2018-<https://collemboles.fr/sources.html> .

Anonyme.,2010-

http://www.shnao.eu/IMG/pdf/arvernsis_5152_le_petit_collembole_illustre.

Anonyme., 2023-<https://mapcarta.com/fr/17350814> .

Bachelier G., 1978- La faune des sols, son écologie et son action. Initiation-DocumentationTechniques, 83 O.R.O.S.T.O.M, Paris, 225p, 4pl.

Baquero E., Hamra Kroua S. et Jordana R., 2009- A new species of EntomobryafromnorthernAlgeria (Collembola:Entomobrydiae). Entomological News, Volume 120, N 1, Januray and Fabruray 2009, Mailed on June 10, 2009, p.65-75.

Barra J.A., 1976- Le développement post-embryonnaire de Pseudosinelladecipiens et P.impediens sous certaines conditions expérimentales. Revue d'Ecologie et de Biologiedu sol, 13,385-397.

Bellinger P.F., Christiansen K.A., et Jansens F., 2005- Checklist of the Collembola of the Word. [Http://www.collembola.org](http://www.collembola.org).

Betsch J.M., 1980- Eléments pour une monographie des Collemboles Symphypléones (Hexapodes, Aptérygotes). Mem. Mus. Nat. Hist. Natur., Serie A 116:1-227.

Betsch J.M., Le comportement reproducteur des Collemboles. Insectes N°77, OPIE – INRA.

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

Bendjaballah M., Zoughaileche A., Brahim-Bounab H., HamraKroua S., Bedos A & Deharveng L.,(2018)-Annotated checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of the Collo massif, northeastern Algeria ., Zoosystema 40(16): 389-414.

Bonet F., 1947-Monografía de la familia Neelidae (Collembola). Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 8:131-192.

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

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

Bretfeld G., 1976-Heterosminthurus chaetocephalus (Collembola) - Blazundspermaübertragung. Enc. Cynemat. E2252. Wissenschaftlichen film. Gottingen. 1-10.

Bretfeld G., 1986-Phylogenetic systematic of the higher taxa of Symphypleona Börner, 1901 (Insects, Entognatha, Collembola). Proc. 2nd Intern. Sem. Apterygota, Siena, R. Dallai Ed., 307.

Bretfeld G., 1999- Synopses on Palaearctic Collembola, Vol.2. Symphypleona., Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Gorkitz, Band 71, Heft 1, 1999, p.-318 .

Cassagnau P., 1963- Les Collemboles d'Afrique du Nord avec une étude de quelques espèces du Nord-Constantinois. Bul. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 95 (1-2), 197-205.

Cassagnau P., 1990- Des hexapodes vieux de 400 millions d'années : les Collemboles Biologie et évolution ; 2. Biogéographie et écologie. Rév. Année biologique 29 (1):1-69.

Cassagnau P., et Juberthie C., 1967- Structures nerveuses, neurosécrétion et organes endocrines chez les Collemboles (1). Le complexe cérébral des Poduromorphes. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 103: 178-222.

Cassagnau P., et Juberthie C., 1970- structures nerveuses, neurosécrétion et organes endocrines chez les Collemboles. Neurosécrétion dans la chaîne nerveuse d'un Entomobryomorpe, *Orchesella Kervillei* Denis. Endocrinologie., C. R.Acad.Sc.Paris, t.270,(29 juin 1970),Série D ,p.3268-3271.

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

D'Haese C.A., 2003-Morphological appraisal of collembolaphylogeny with special emphasis on poduromorpha and a test of the aquatic origin hypothesis., The Norwegian academy of science and letters, Zoologica Scripta, 32, 6, November 2003, p.563-586.

Deharveng L. et Hamra-Kroua S., 2004- Une nouvelle espèce de *Friesea* Dalla Torre, 1895, du massif de l'Edough, nord-Constantinois, Algérie (Collembola, Neanuridae). Bull.Soc.Ent. France, 109 (2): 141-143. 62.

Deharveng L. et Lek S., 1993- Remarques sur la morphologie et la taxonomie du genre *Isotomurus* Börner, 1903 et description de deux espèces nouvelles de la France (Collembola: Isotomidae). Ann. Soc. Entomol. Fr. (N-S), 29 (3) : 245-259.

Deharveng L., 1983- Morphologie évolutive des Collemboles Neanuridae, en particulier de la lignée Néanurienne. Trav. Lab. Ecobiol. Arthr. Edaph. Toulouse 4 (2).

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

Deharveng L., Hamra-Kroua S. et Bedos A., 2007- *Edoughnurarara* n.gen., n.sp., an enigmatic genus of Neanurinae Collembola from the Edough Massif (Algeria)., Zootaxa 1652, 3 Dec. 2007, p.57-61.

Deharveng L., Hamra-Kroua S. et Jordana R., 2004- The Neanuridae Collembola from the Edough massif (Algeria) XI the International colloquium on Apterygota. Univ. Rouen Mont Saint Aignon, France, Septembre 5th to 9th .

Hamra-Kroua S., 2005- Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-Est algérien : taxonomie, biogéographie et écologie. Thèse de doctorat d'état ès sciences naturelles, université Mentouri, Constantine. 266p.

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

Hopkin S.P., 1997-Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press. 1997. 1-330. Jacquemart S. et Jaques J.M., 1980-A propos d'un Collembole Entomobryen à la fois marin et désertique. Annales Soc. r. Zool. Belg. — T. 109 (1979) — fase. 1 — pp. 9-18 — Bruxelles 1980.

Jordana R. et Arbea J.I., 1989- Clave de identificación de los géneros de Collembolos de España (Insecta, Collembola). Jordana R. et Arbea, J.I. in Ramos, M.A. & al., 1997- Collembola, Poduromorpha, Familia Poduridae y Familia Hypogastruridae. Fauna Ibérica, vol. 8., Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, p.1-233. 63.

Juberthie C. et Cassagnau P., 1971- L'évolution du système neurosécrétion chez les Insectes ; l'importance des collemboles et des autres Aptérygotes., Rev. Ecol. Biol. Sol, Tome V111, Fascicule 1, 1971 janvier, p.59-80.

Lachi N., Bbendjaballa M., Brahim-Bounab H & Salah Hamra-Kroua., 2023- Premières données sur la faune collembologique (Hexapoda: Collembola) de la Wilaya de Jijel au Nord-est de l'Algérie., Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology 2023-76., 10-31.

Massoud Z., 1971- Contribution à la connaissance morphologique et systématique des Collemboles Neelidae. Revue Ecol. Biol. Sol. 8:195-198 .

Thibaud J.M. et Massoud Z., 1980-Etude des Collemboles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. Revue suisse Zool., Tome 87, Fascicule 2, p. 513-548.

Thibaud, J.M., 1970- Biologie et écologie des Collemboles Hypogastruridae édaphiques et cavernicoles, Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Nouvelle Série, Série A, Zoologie, Tome LXI, Fascicule 3. 83-201. Wigglesworth V.B., 1965-The principal of Insect Physiology., sixth edition, revised, 1965,p.1-741.

Zoughailech A. HamraKroua S. &Deharveng L... 2016)-New species of Pseudachorutes (Collembola:Neanuridae) fromNortheasternAlgeria. Zootaxa 4158 (4): 557-568

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

Année universitaire : 2022-2023

Présenté par : NAITRABAH saadia chiraz
SEDRATI ouisseem

Contribution à l'étude des Collemboles urbains et semi-urbains de la wilaya de Constantine

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie et Contrôle des populations d'insectes

Résumé

La présente étude consiste à relever plusieurs échantillons d'habitats urbains et semi urbains (litière ; mousse..) ; provenant de quatre localités dans la région de Constantine (Bounouara, Bossouf, Ain kedjew, Les quatre chemins) qui sont ensuite analysés au laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes.

On a réussie à récolter un total de 5805 individus suite à l'emploi de différents technique courantes d'extraction des collemboles.

L'étude taxinomique révèle la présence d'un total de 24 espèces de collemboles appartenant à 3 ordres ; 9 familles et 22 genres.

Parmi les quatre localités prospectées c'est de Bounouara d'où provient l'essentiel du total des récoltés avec 18 espèces identifiées soit 32%.

Les résultats du dénombrement des individus de collemboles ; indique que l'ordre des Poduromorpha est le plus abondant dans les 4 localités prospectées avec 2736 individus ; soit 46%, suivis par les Entomobryomorpha avec 2581 individus du total dénombrés ; soit 38%, ensuite les Symphypleona avec 488 individus soit 16% ; les Neelipleona sont absents dans nos échantillons.

Par rapport à la localité c'est Bossouf qui héberge le plus d'individus (3112) soit 53% se qui représente la moitié des individus recueilli, suivi par Bounouara (2134 individus) soit 36% ; après on retrouve les quatre chemins (432 individus) soit 7% ; et enfin Ain kedjaw (127 individus) avec 2%.

Du point de vue diversité l'ordre des Poduromorpha (11 espèces) est le plus diversifié ; suivi par les Entomobryomorpha (9 espèces) ; les Symphypleona (4 espèces).

Mots-clefs : Collemboles ; biodiversité ; inventaire ; milieux urbains ; Constantine

Laboratoire de recherche :

Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes

Président du jury : HAMRA KROUA Salah (Prof - UFMC 1).
Encadrant : BRAHIM BOUNAB Hayette (Grade - UFMC 1).
Examineur : BENDJABALLAH Mohamed (Grade - UFMC 1).