

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

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

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم بيولوجيا الحيوان

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : *Biologie et Contrôle des Populations d'Insectes*

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Etat des connaissances sur les collemboles de la wilaya de Constantine

Présenté par : BENROUBA Aya
DIB Ahlem

Le 21/06/2023

Jury d'évaluation :

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

Année universitaire
2022 - 2023

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

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

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم بيولوجيا الحيوان

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : *Biologie et Contrôle des Populations d'Insectes*

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Etat des connaissances sur les collemboles de la wilaya de Constantine

Présenté par : BENROUBA Aya
DIB Ahlem

Le 21/06/2023

Jury d'évaluation :

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

Année universitaire
2022 - 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Je dédie ce mémoire

A l'homme de ma vie, mon père, ABDELAZIZ

A mon bonheur, ma mère, FARIDA

Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines, M'ont permis de vivre ce jour.

A mes frères : Mouad, Salah, Yacine, mon soutien dans la vie

A ma chère tante Samia

A toutes ma grande famille, mes cousines : Manar et Hadjer

A mon amie du jour, et pour toujours, Ahlam

A Monsieur BENDJABALLAH Mohamed, pour la force et le courage qu'il a donné.

Aya

Tout d'abord merci à dieu de m'avoir accordé le succès.

Je dédie mon travail à mes chers parents qui ont toujours été à mes côtés, pour leurs encouragements, leur soutien et surtout leur AMOUR.

A ma mère, la lumière de mes jours, la source de mes efforts. Cette femme qui a élevé, enseigné et sacrifiée. Celle que je regarde toujours dans les yeux pour puiser la force de compléter mon parcours universitaire.

A mon cher père, mon cœur, le bonheur et l'amour de ma vie.

A mon petit frère Mohammed Takî Eddine, mon âme et mon compagnon de vie.

A ma plus belle sœur Rayene qui m'a supporté et ma dirigé.

A ma petit tante Soumiya qui a toujours attendu et rêvé de ce moment.

A ma grand-mère et mon grand-père.

A Monsieur BENDJABALLAH Mohamed et Madame BAKIRI Esma.

A tout ma grande famille, mes tantes, mes oncles et leurs femmes, et mes proches cousines qui m'ont souhaité succès et réussite.

A tous mes amis : Amina, Aya, Maha, Nardjes, mon binôme Aya, et mes collègues, félicitations pour votre réussite.

Ahlem

REMERCIEMENTS

Merci à Dieu de sa grâce, source de notre force et courage tout au long de nos études universitaires.

A notre encadreur **Dr. BENDJABALLAH Mohamed**, pour le thème proposé, pour les précieux conseils qu'il a bien voulu nous fournir afin de réaliser ce travail, qui s'est toujours montré à l'écoute et était très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien pu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour, tout cela c'est juste Grace à Vous Monsieur.

Nos humbles remerciements et respects vont à Monsieur **HAMRA KROUA Salah**, notre cher professeur à l'Université Frères Mentouri - Constantine 1 et le pionnier de la collemologie en Algérie. Merci pour vos riches enseignements et le partage de vos précieuses connaissances. Merci d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nous avons le plaisir aussi, de remercier Madame **BRAHIM BOUNAB Hayette**, Maître de conférences à l'Université Frères Mentouri - Constantine 1, Nous vous remercions aussi d'avoir accepté le jugement de notre modeste travail.

A Madame **BAKIRI Esma**, nous vous remercions du fond de cœur pour être avec nous dans les moments les plus difficiles. Vous êtes un ange.

On exprime aussi nos sincères remerciements à tous nos enseignants d'entomologie pour leurs efforts fournis durant tout notre parcours d'étude.

Nous n'oublions pas nos familles pour leur contribution, leur soutien et leur patience, qu'ils trouvent ici les résultats de leurs sacrifices.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches, amis et collègues d'entomologie.

Merci à tous et à toutes.

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciements	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction générale	01
Chapitre I : Données bibliographiques	
1. Généralité sur les collemboles	04
2. Morphologie des collemboles	04
2.1. La tête	05
2.2. Thorax	07
2.3. Abdomen	08
2.3.1. Le collophore	08
2.3.2. La furca	09
2.4. Le tégument et ses formations	10
3. Anatomie interne	11
3.1. Système nerveux	12
3.2. Système digestif	13
3.3. Système respiratoire	14
3.4. Système circulatoire	14
3.5. Système endocrinien	14
3.6. Système excréteur	16
4. Reproduction et développement	16
4.1. La reproduction chez les collemboles	16
4.1.1. Appareil génital male	16
4.1.2. Appareil génital femelle	17
4.1.3. Spermatophores	18
4.1.4. La fécondation	18
4.1.5. La ponte	19
5. Ecologie	20
5.1. Habitat	21
5.2. Régime alimentaire	21
5.3. Parasite et Prédateurs	22
5.4. Role des collemboles	22
6. Position systématique des collemboles	23

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

1. Situation géographique de la région d'étude	25
1.2. Climat de la wilaya de Constantine	25
1.2.1. Les températures	25
1.2.2. Les pluviométries	27
1.2.3. Diagramme ombrothermique	28
1.3. Présentation des caractéristiques des localités de récolte	29
1.3.1. La localité de Chettabah	29
1.3.2. La localité de Djebel Ouahch	30
1.3.3. La ferme pilote El-Baaraouia (Khroub)	30
1.3.4. La localité de Sidi Driss	31
2. Matériels et méthodes	31
2.1. Techniques de prélèvement des échantillons	32
2.2. Extraction des collemboles	32
2.3. Tri et dénombrement des collemboles	34
2.4. Préparation et identification	34
2.4.1. Fixation	35
2.4.2. Eclaircissement	35
2.5. Montage et conservation	25
Clé des ordres des Collemboles	36

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Composition faunistique	38
2. Discussion	47
Conclusion	52

Références bibliographiques

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01. Classification actuelle des collemboles.

Tableau02. Moyennes mensuelles des températures enregistrées à Constantine.

Tableau 03. Valeurs mensuelles de la pluviométrie dans la Wilaya de Constantine.

Tableau 04. Liste des espèces des Collemboles identifiées par auteur dans la wilaya de Constantine

Tableau 05. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes localités d Constantine, leur aire de distribution et leur type biologique.

LISTE DES FIGURES

- Figure 01.** Morphologie générale d'un collembole.
- Figure 02.** Pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*).
- Figure 03.** Exemple d'antennes de poduromorphes.
- Figure 04.** Exemple d'antennes d'entombryomorphes.
- Figure 05.** Exemple d'antennes de symphypleones.
- Figure 06.** Plaque oculaire des collemboles (Garcelon, 2023).
- Figure 07.** L'organe post-antennaire chez trois familles distinctes de collemboles.
- Figure 08.** Les appendices abdominaux d'un Collembole Poduromorphe.
- Figure 09.** Image réalisé avec un microscope électronique d'un collophore.
- Figure 10.** Furca d'un collembole entombryomorphe.
- Figure 11.** La cuticule des collemboles.
- Figure 12.** Coupe anatomique schématique d'un Collembole.
- Figure 13.** Le système nerveux de collemboles.
- Figure 14.** Le système digestif des collemboles.
- Figure 15.** Le système respiratoire des collemboles.
- Figure 16.** Orifice génital male chez *Tetrodontophora bielensis* (Bellinger & al, 2014).
- Figure 17.** Orifice génital femelle chez *Tetrodontophora bielensis* (Bellinger & al, 2014).
- Figure 18.** Spermatophore de *Dycirtomina ornata* (P.Garcelon, 2023).
- Figure 19.** La fécondation d'un collembole (*Allacma gallica*).
- Figure 20.** Grappe massive d'œufs de collembole (*Folsomia candida*).
- Figure 21.** Variations des moyennes de la température à Constantine (2013-2022)
- Figure 22.** Variations des moyennes de Précipitations à Constantine (2013-2022)
- Figure 23.** Diagramme ombrothermique de Gaussen à Constantin (2013-2022)

Figure 24. Appareil de Berlese-Tullgren pour l'extraction de la faune édaphique.

Figure 25. Matériel utilisée pour le tri et le dénombrement.

Figure 26. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées par auteurs.

Figure 27. Proportions en pourcentage (%) des différents ordres des collemboles récoltés

Figure 28. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées par localité

Figure 29. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées

Figure 30. Répartition des espèces récoltées sur les différentes familles.

Figure 31. Proportions de l'appartenance biogéographique des espèces récoltées

Figure 32. Proportions du type d'adaptation morphologique des espèces récoltées.

Résumé

Notre présent travail est une tentative de compilation des données, sur les collemboles de la wilaya de Constantine, recueillies dans différents travaux soutenus au cours des 20 dernières années (depuis 2005 à ce jour).

Ces travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés sont réalisés dans plusieurs localités de notre wilaya : la localité d'El_Barraouia et de Djebel Ouahch (Hamra Kroua, 2005) la localité de Chettabah et Sidi Driss (Bendjaballah, 2005). Les milieux urbains (Bouseba et Lekikout, 2017) et enfin les localités de Chettabah et Djebel Ouahch prospecté par Abed et Boukeloua (2019).

Par localités de la wilaya de Constantine, c'est de Chettabah et Djebel Ouahch d'où provient l'essentiel des espèces identifiées (29 espèces trouvées dans ces deux localités). Pour les autres localités, 22 espèces sont recensées à Sidi Driss, 19 espèces dans différents Milieux Urbains et 14 espèces à El-Barraouia.

Cette liste reste, certainement, incomplète et ne reflète pas la diversité réelle de la wilaya de Constantine. Nous estimons que le chiffre donné (54 espèces) peut facilement doubler.

Mots clés : Collemboles, Biodiversité, Constantine.

Abstract

Our present work is an attempt to compile data, on the springtails of the wilaya of Constantine, collected in various works supported during the last 20 years (since 2005 to date).

These works on which we relied are carried out in several localities of our wilaya: the locality of El_Barraouia and Djebel Ouahch (Hamra Kroua, 2005) the locality of Chettabah and Sidi Driss (Bendjabbalah, 2005). Urban areas (Bouseba and Lekikout, 2017) and finally the localities of Chettabah and Djebel Ouahch surveyed by Abed and Boukeloua (2019).

By localities of the wilaya of Constantine, it is from Chettabah and Djebel Ouahch where most of the identified species come from (29 species found in these two localities). For the other localities, 22 species are listed in Sidi Driss, 19 species in different Urban Environments and 14 species in El-Barraouia.

This list remains, certainly, incomplete and does not reflect the real diversity of the wilaya of Constantine. We estimate that the figure given (54 species) can easily be doubled.

Keywords: Key words: Biodiversity, Springtails, Poduromorph, Sidi Rgheiss.

ملخص

إن عملنا الحالي هو محاولة لتجميع البيانات ، حول ذيل الربيع لولاية قسنطينة ، والتي تم جمعها في أعمال مختلفة مدعومة خلال العشرين عامًا الماضية (منذ 2005 حتى الآن).

يتم تنفيذ هذه الأعمال التي اعتمدنا عليها في عدة محليات من ولايتنا: محلية البراوية وجبل أوحش (حمرا كروه ، 2005) محلية شطبة وسيدي إدريس (بندجباله ، 2005). المناطق الحضرية (بوسبا والليكوت ، 2017) وأخيراً محليات شطبة وجبل وحش التي شملها مسح عابد وبوكالوة.(2019)

حسب مواقع ولاية قسنطينة ، فهي من الجتابا وجبل أوحش حيث تأتي معظم الأنواع المحددة (29 نوعًا موجودة في هذين الموقعين). بالنسبة للمواقع الأخرى ، تم إدراج 22 نوعًا في سيدي إدريس ، و 19 نوعًا في بيئات حضرية مختلفة و 14 نوعًا في البراوية.

لا تزال هذه القائمة ، بالتأكيد ، غير مكتملة ولا تعكس التنوع الحقيقي لولاية قسنطينة. نقدر أنه يمكن بسهولة مضاعفة الرقم المعطى (54 نوعًا).

الكلمات المفتاحية: التنوع الحيوي، الكولومبولا، قسنطينة.

Introduction

Les collemboles représentent le plus ancien groupe d'arthropodes dont l'apparence date de la période dévonienne il y a 400 millions d'années. Il y a quelques années, les collemboles ont été considérés comme des insectes, mais les nouveaux outils utilisés en systématique font ressortir les collemboles de la classe Insecta et les élèvent au rang de classe à part. Ces minuscules arthropodes sont connus pour leur capacité à s'adapter à tous les environnements et tous les habitats.

Avec plus de 8000 espèces connues dans le monde, les collemboles se trouvent partout. Avec les acariens, ils représentent la grande majorité de la mésofaune du sol où ils jouent un rôle essentiel dans la dissémination et le contrôle de la microflore du sol, et participent ainsi indirectement à la transformation de la matière organique et au cycle des nutriments.

Les recherches consacrées à la compréhension des collemboles algériens sont très limitées, et vieilles. Les premiers ont été réalisés par Lucas à la fin du XIXe siècle (1846 et 1849). D'autres œuvres du début du XXe siècle, notamment Absolon (1913), Denis (1922-1925-1935- et 1937) et Handschin (1925, 1926 et 1928).

Plus récemment, le professeur Hamra-Kroua (2005), a relancé l'étude de la biodiversité des collemboles en Algérie. Cet auteur a identifié 19 espèces dans son étude sur deux régions de la Wilaya de Constantine : Djebel Ouahch et la ferme pilote d'El-Baaraouia (Khroub). Bousbaa et Lekikot (2017) ont recensés 18 espèces de collemboles dans des habitats urbains et semi urbains de la région de Constantine. Abed et Boukeloua (2019) ont étudié les Collemboles dans deux localités de la wilaya de Constantine (Chettabah et Djebel El Ouahch) et ont rapportés 38 espèces. Bendjaballah (2019) a répertorié 29 espèces de Collemboles au niveau de Chettabah et Sidi Driss.

Notre objectif est de donner un état des connaissances sur les collemboles de la Wilaya de Constantine et mettre à jour l'inventaire des localités prospectées de cette Wilaya.

Chapitre I :

Données

bibliographiques

1. Généralité sur les collemboles

Les collemboles sont des petits arthropodes à six pattes vivent dans le sol, assez méconnus et pourtant indispensables au bon fonctionnement du sol. Ils font parties des animaux les plus variés et les plus représentés sur la terre. On les trouve aussi bien en bord de mer que sur les flancs de l'everest, à plus de 6000 m d'altitude (Hubert, 2012).

Les collemboles du grec /Kolla = colle; /embolon =toupie « springtails » en anglais, décrits pour la première fois par Lubbock en 1862, auteur de la première monographie sur ce groupe d'arthropodes.

Ils sont répandus dans le sol, la litière de feuilles, les mousses, sous les écorces, le fumier, les grottes ... etc.

2. Morphologie des collemboles

Les Collemboles sont des Aptérygotes de petite taille (0,5 à 8mm) dont le corps est divisé en 3 parties (Fig. 01): tête, thorax et abdomen. Les 9 segments post-céphaliques sont bien individualisés chez les formes primitives et partiellement coalescents chez quelques groupes évolués (Hamra Kroua, 2005).

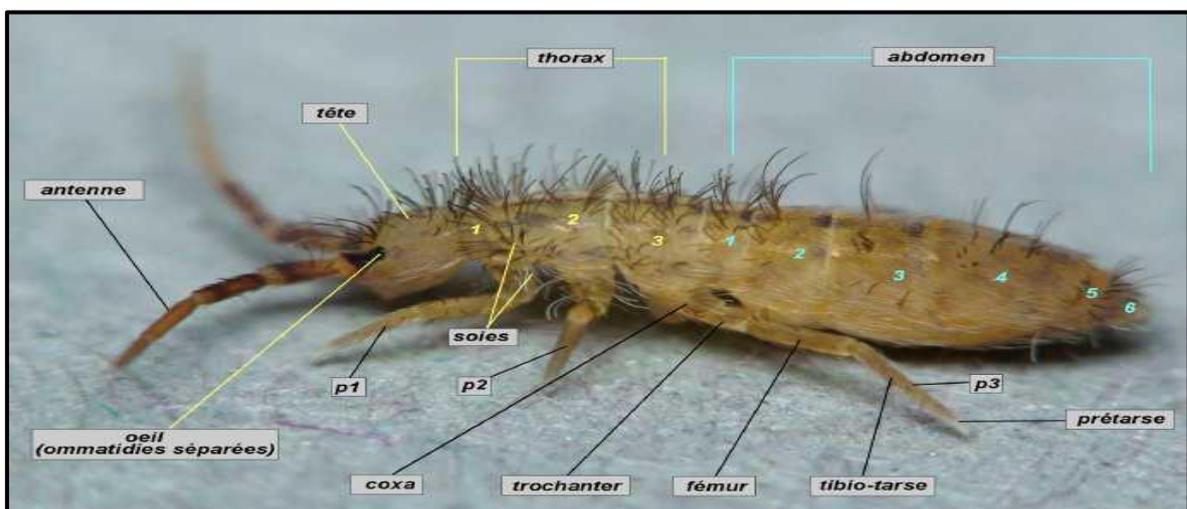


Figure 01. Morphologie générale d'un collembole.

2.1. La tête

Chez les collemboles la tête est soit prognathe (Arthropleona) soit hypognathe (Symphypleona). Elle est surmontée d'une paire d'antennes de quatre articles, les articles trois et quatre pouvant être subdivisé chez quelque groupes. Les antennes sont ornementées de soie et de sensilles à grande valeur systématique (Cassagnau, 1990).

Sur la partie inférieure de la tête se trouve les pièces buccales le plus souvent de type broyeur (Fig. 02). Seuls les Poduromorphes Odontellidae, Brachystomellidae et Neanuridae possèdent des pièces buccales de type suceur-piqueur. Les mandibules de type primitif portent une *parsapicali* 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 (Cassagnau, 1990).

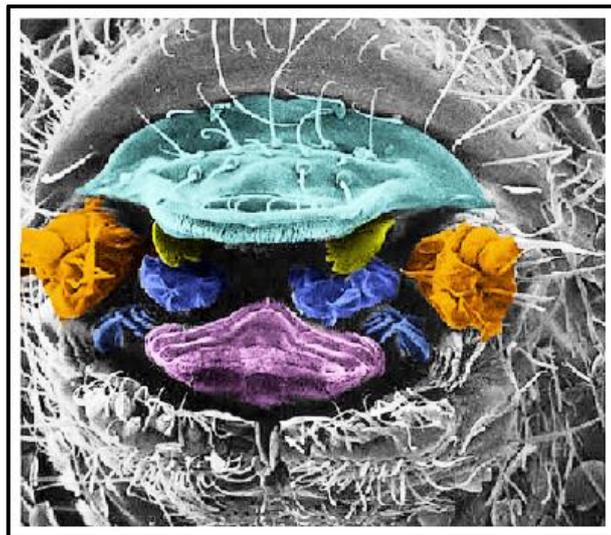


Figure 02. Pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*).

En vert le labrum ou labre, en jaune les mandibules, en bleu les maxilles, en orange les palpe maxillaires et l'hypopharynx en mauve.

Les antennes des Collemboles sont constituées de quatre articles chez tous les Poduromorpha (Fig. 03), les Actaletidae, les Isotomidae et plusieurs espèces d'Entomobryidae (Fig. 04) et de Symphypleona (Fig. 05). 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 1^{er} et 2^{ème} article chez le genre *Orchesella*. Chez quelques espèces d'Entomobryidae on observe une segmentation secondaire du 4ème

article ou du 3ème et du 4ème. Chez plusieurs espèces de symphypléones on peut observer l'apparition de plusieurs sous-segments sur le 4ème article antennaire. D'autres structures caractérisent souvent les antennes de quelques symphypléones comme "l'organe de fixation" que l'on rencontre chez la majorité des Sminthurididae (Hamra Kroua, 2005).



Figure 03. Exemple d'antennes de poduromorphes de gauche à droite : *Kalaphoruraburmeisteri*, *Neanuramuscorum*, *vitronuragisela*.



Figure 04. Exemple d'antennes d'entombryomorphes de gauche à droite : *Isotomurus plumosus*, *Tomocerus minor*, *Orchesella villosa*.



Figure 05. Exemple d'antennes de symphypleones de gauche à droite : *Dicyrtomina ornata*, *Sminthurides malmgreni*, *Allacmafusca*.

Les ommatidies sont situées de chaque côté de la tête formant une tache plus souvent pigmentée (Fig. 06). Le nombre maximum d'ommatidies est de huit par côté. Chaque ommatidie rend la cuticule lisse et transparente (Brahim Bounab, 2016).

Les organes post-antennaires (Fig. 07) chez les collemboles sont les vestiges de la seconde paire d'antennes de leurs ancêtres crustacés. L'organe post-antennaire peut être l'organe sensoriel spécialisé de l'apex de la seconde paire antennaire qui subsiste encore, alors que l'antenne elle-même se voit réduite (Lawrence, 1999).

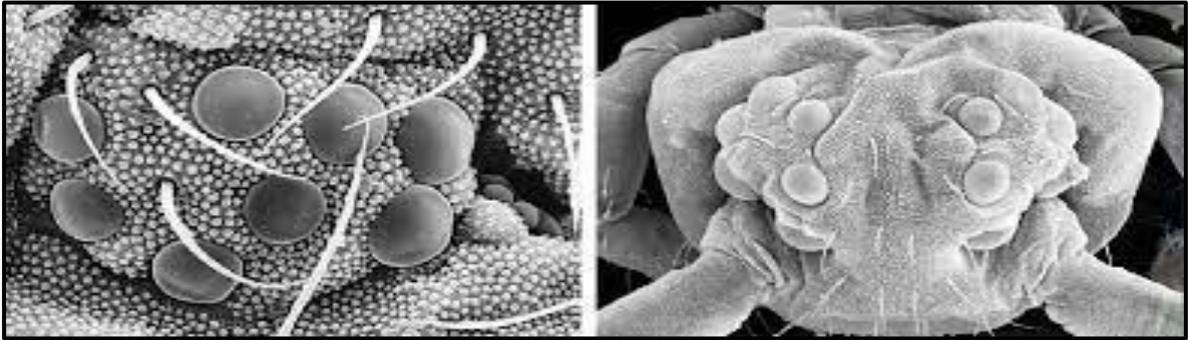


Figure 06. Plaque oculaire des collemboles (Garcelon, 2023)

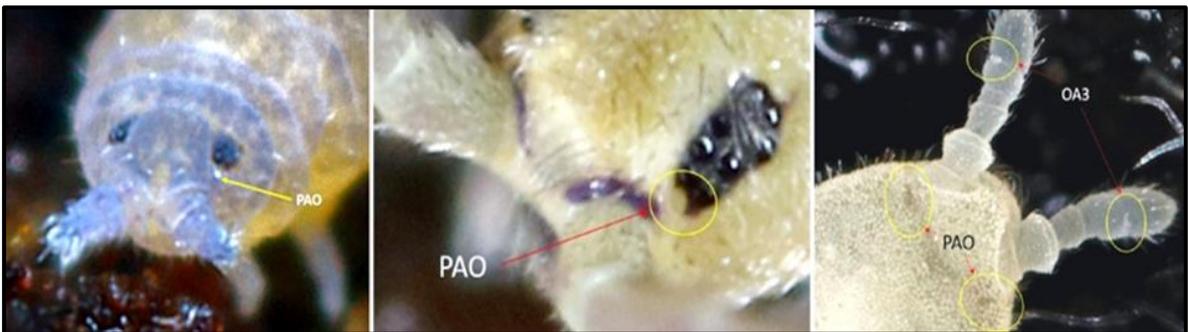


Figure 07. L'organe post-antennaire chez trois familles distinctes de collemboles.

De gauche à droite : Odontellidae (*Superodontella lamellifera*), Isotomidae (*Isotomurus maculatus*), Onychiuridae (*Kalaphoruraburmeisteri*).

2.2. Thorax

Le thorax divisé en trois segments inégaux, le premier est toujours plus ou moins réduit. Chaque segment thoracique porte ventralement une paire de pattes, chacune des trois paires de pattes sont pourvues de 2 praecoxae, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibiotarse, d'un prétarse à nodule empodial et d'une griffe simple terminale (Cassagnau, 1990).

Dorsalement il y a une différenciation de trois tergites chez les Poduromorpha tandis que les Entomobryomorpha en possèdent deux et ceux des Symphypleona sont unis avec les tergites abdominaux. Les Poduromorpha se distinguent par la présence de soies sur le tergite thoracique I, dont aucun autre groupe n'en possède (Cassagnau, 1990).

2.3. Abdomen

L'abdomen est généralement à six segments mais peut être réduit chez certains de genres par la soudure du 5^{ème} et du 6^{ème} segment, ou du 4^{ème} au 6^{ème} segment. Chez les symphypléones on note une coalescence totale des métamères post-céphaliques 1 à 7. Sur l'abdomen en position ventrale l'anus terminal s'ouvre entre trois valves sur le 6^{ème} segment. Sur le 5^{ème} segment s'ouvre l'orifice génital sous forme de fente transversale chez la femelle et sous forme de tubercule plus ou moins hémisphérique chez le mâle. Les appendices abdominaux (Fig. 08) sont constitués du **tube ventral** toujours présent sur le 1er segment abdominal, organe d'osmorégulation et d'adhésion au substrat, formé par la coalescence de 2 coxae à vésicule exsertile, d'un **rétinacle** ou **tenaculum** pourvu de crochets sur le 3^{ème} segment et servant à maintenir l'appendice du 4^{ème} segment. La furca, organe de saut constitué d'un manubrium impair à la base surmonté de deux dents latérales et de deux mucrons apicaux. La furca peut être réduite et peut même entièrement disparaître chez les groupes euédaphiques.

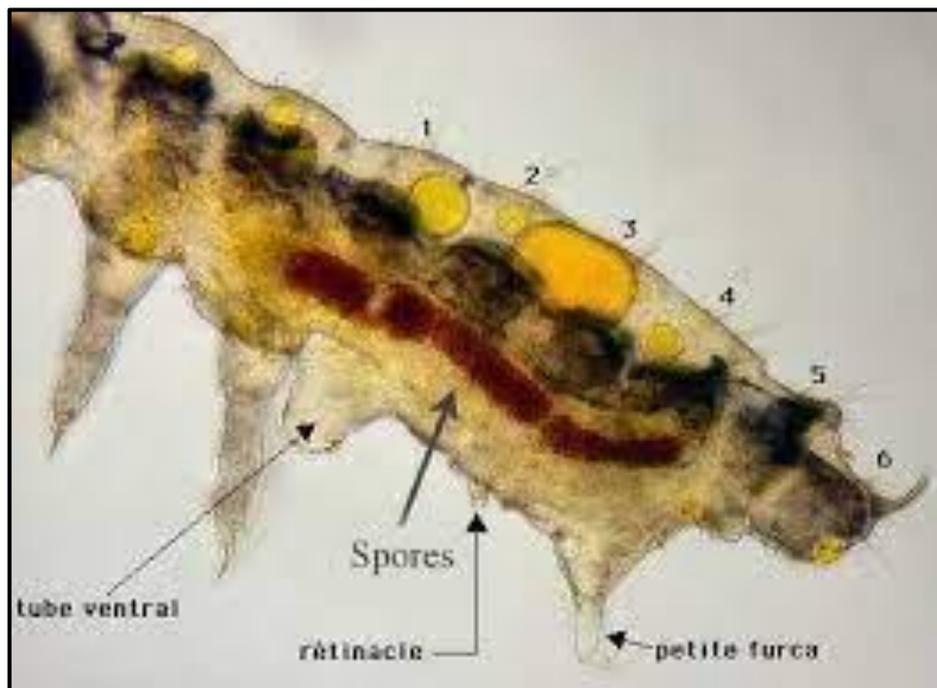


Figure 08. Les appendices abdominaux d'un Collembole Poduromorphe

2.3.1. Le collophore

Le collophore, ou tube ventrale, est un organe situé sur le premier segment de l'abdomen. Il est constitué d'une base portant une paire de vésicules excrétilles à paroi

minces. Cet organe, dont les fonctions sont restées longtemps discutées, servirait, grâce à une glande adhésive, à maintenir en place le collembole sur des surfaces lisses. Il aurait aussi un rôle respiratoire, grâce à au passage d'oxygène via la paroi mince et aurait un rôle dans l'équilibre hydrique (Hubert, 2012).

Selon Grzimek cité par Hubert (2012), le collophore pourrait servir à la réception après le saut, et chez les espèces où le tube ventral est fortement développé, il permettrait à l'individu de se nettoyer. Hopkin (1997) complète l'étude en insistant sur l'importance du collophore dans l'équilibre des électrolytes et le rôle dans la sécrétion d'un liquide soignant.

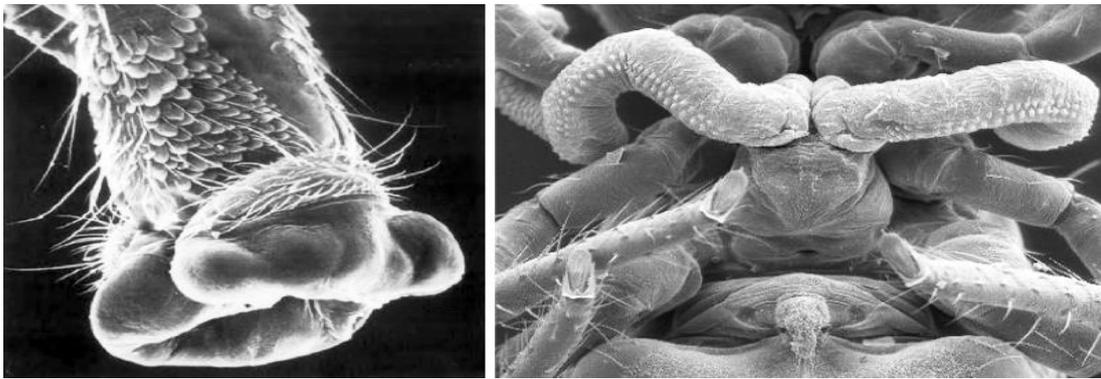


Figure 09. Image réalisée avec un microscope électronique d'un collophore (Eisenbeis et Richard 1985 cité par Garcelon 2023)

2.3.2. La furca

La furca est un organe spécifique aux collemboles. Maintenu fixée sur la face antérieure de l'abdomen, elle permet le saut en se détendant brusquement vers l'arrière.

Le saut permet aux collemboles d'échapper à des prédateurs ou quitter précipitamment le milieu, pour éviter d'être emporté par l'eau par exemple. Les collemboles ne contrôlent pas la direction du saut. C'est plus un mécanisme de fuite et de survie qu'un moyen de locomotion.

La furca est fixée au niveau du quatrième segment. Chez certaines espèces, la base de la furca s'étend jusqu'au cinquième segment, ce qui peut donner l'impression que celui-ci comporte la furca. D'autres espèces, par contre, n'ont pas de furca, c'est le cas par exemple de *Anurophurus sp.*

L'origine de l'évolution de la furca est une paire d'appendices sur le quatrième segment abdominal. Celles-ci fusionnent pour former le manubrium (Eisenbeis et Ulmer 1978).

La furca est constituée à sa base du manubrium, qui se divise pour donner deux branches elles-mêmes terminées par un article appelé mucron. Chez les espèces les plus évoluées, la plaque ventrale se creuse en gouttière pour accueillir la furca (Hubert, 2012).



Figure 10. Furca d'un collembole entomobryomorphe (Garcelon, 2023).

2.4. Le tégument et ses formations

Le tégument représente l'organe le plus large chez les collemboles, il est responsable du succès de ces derniers à coloniser les milieux terrestres. Comme chez tous les arthropodes, le tégument est un tissu qui couvre le corps et toutes les invaginations ectodermiques qui en découlent, tels que la cavité buccale, l'intestin antérieur et l'intestin postérieur. Le tégument consiste en un épiderme interne (parfois nommé hypoderme), une couche de cellules épidermiques et une cuticule externe, une membrane extracellulaire plus ou moins inerte (Wigglesworth, 1965). L'ultrastructure de l'épicuticule est l'un des traits les plus frappants de la cuticule (Hopkin, 1997). La pigmentation du tégument dépend de la lumière des circonstances, dans des conditions de lumière, la pigmentation est plus intense; dans l'obscurité, la pigmentation est plus pâle (Thibaud, 1970). À l'épicuticule richement ornementée par évolution de granules de base.

La cuticule multicouche consiste en une épicuticule externe et une procuticule interne. La procuticule elle-même est composée d'une exocuticule externe et une endocuticule interne. L'ultrastructure de l'épicuticule (Fig. 12) est l'un des traits les plus frappants de la cuticule (Hopkin, 1997).

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. Cassagnau (1980) énumère les types de pigmentation chez les Neanuridae (Brahim Bounab, 2017).

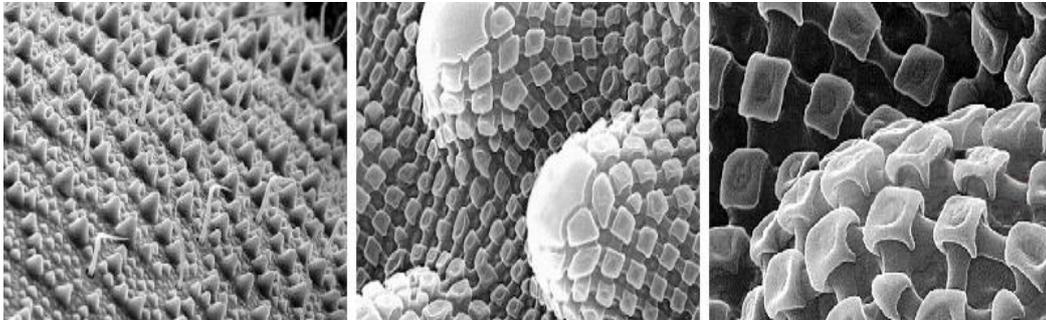


Figure 11. La cuticule des collemboles.

3. Anatomie interne

Dans cette partie nous allons aborder les différents appareils et systèmes dont le fonctionnement assure la survie des collemboles. Plusieurs auteurs ont bien étudié la physiologie de ce groupe d'hexapodes : (Nicolet, 1842), (Lubbock, 1873), (Wigglesworth, 1965), (Thibaud, 1970), (Adams & Salmon, 1972), (Dallai 1980) et bien d'autres. Hopkin (1997) donne une synthèse plus ou moins complète de ces travaux.

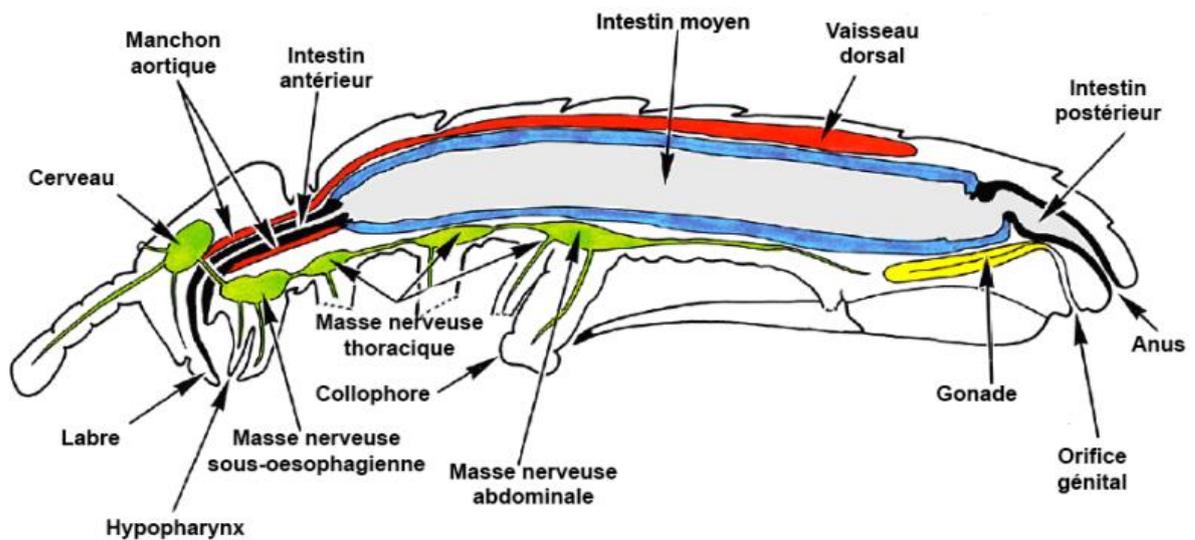


Figure 12. Coupe anatomique schématique d'un Collembole (Thibaud et D'haese, 2010).

3.1. Système nerveux

Le système nerveux comprend un complexe céphalique de ganglions superœsophagiens combinés aux lobes optiques et aux ganglions subœsophagiens, formant le cerveau et plusieurs ganglions ventraux dont trois ganglions thoraciques. Chez les *Symphyleona* les ganglions prothoraciques et mésothoraciques sont fusionnés (Nicolet, 1842).

Les ganglions abdominaux sont fusionnés au ganglion métathoracique (Cassagnau et Juberthie cité par Vandel, 1970) lequel habituellement s'étend au premier segment abdominal (Brauner, 1981 cité par Hopkin, 1997).

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

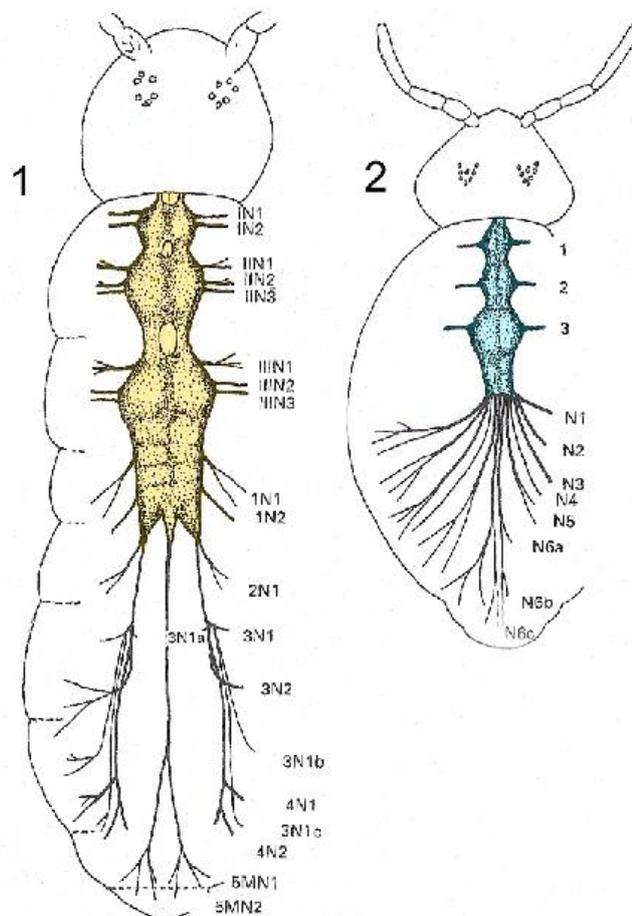


Figure 13. Le système nerveux de collemboles (Brauner 1981 cité par Garcelon 2023)

3.2. Système digestif

Le tractus digestif commence de la cavité buccale située dans la capsule céphalique. Le canal intestinal tubulaire passe directement de la partie antérieure vers la partie postérieure sans aucune circonvolution (Nicolet, 1842).

Le canal alimentaire consiste en un intestin antérieur plutôt étroit ou stomodéum, un intestin médian puissant (estomac, ventricules) ou mésenteron et un intestin postérieur étroit (caecum, rectum, intestin) ou proctodéum, l'intestin antérieur et l'intestin postérieur sont tapissés d'une cuticule qui se renouvelle à chaque mue (Thibaud, 1970).

L'intestin moyen est couvert par des microvillosités épithéliales qui sont directement mises en contact avec la membrane peritrophique qui est sécrétée par un groupe de cellules postérieures situées entre l'intestin antérieur et l'intestin moyen (Hopkin, 1997). Un sphincter musculaire se situe entre les deux intestins moyens et postérieurs, connus comme région pylorique.

L'intestin moyen est tuniqué par des muscles circulaires et longitudinaux qui contribuent au malaxage de la nourriture et la poussent vers l'intestin postérieur grâce à des mouvements péristaltiques (Dallai et al, 1989) cité par Hopkin, (1997).

Le rectum étant couvert par des muscles transversaux forme les excréments. La fin du tractus digestif débouche sur l'anus situé au niveau du sixième segment abdominal portant trois sacs à fonction inconnue (Leinaas, 1988) cité par Hopkin, (1997).

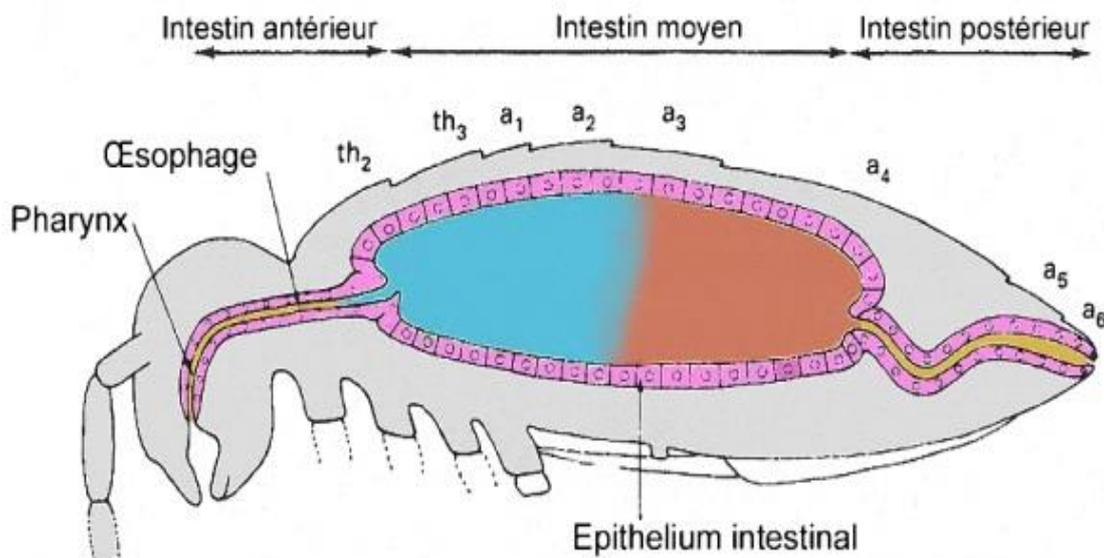


Figure 14. Le système digestif des collemboles (Hopkin 1997).

3.3. Système respiratoire

La plupart des collemboles respirent à travers un mécanisme de diffusion de gaz cuticulaire, dans lequel les vésicules de la collophore joue un rôle important (Palissa, 2000). Seulement chez les Actaetoidea et certains Symphypleona ont des trachées, qui forment un système ramifié de tubes (Hopkin, 1997). Les stigmates sont situés ventralement dans la tête, à l'endroit où elle est attachée au tronc, entre la tête et le prothorax.

Le Spinothecidae posséder une paire d'organes tubulaires inhabituels qui entourent le cou à partir de l'insertion ventrale, le trou occipital (Greenslade, 1982). «Les organes du cou» Ces particularités pourraient avoir un accessoire respiratoire et / ou une fonction homéostatique, car ils sont sans structure interne et semblent être remplis de l'hémolymphe dans la vie (Greenslade, 1982). La structure de la cuticule sur les organes du cou est très similaire à celle de certaines bronchies stigmatiques décrites par Hinton (1968) pour les stades immatures de Diptères (Greenslade, 1982).

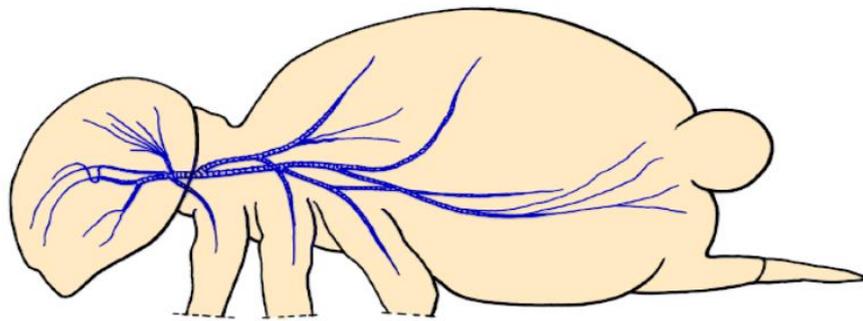


Figure 15. Le système respiratoire des collemboles (Betsh, 1977).

3.4. Système circulatoire

La circulation de l'hémolymphe dans la cavité corporelle où baignent les différents organes est maintenue par des pulsations (60 à 160 pulsations par minute) du vaisseau dorsal ou « cœur » (Nicolet, 1842). Contrairement à la plupart des insectes, les collemboles semblent manquer d'organes circulatoires spécialisés pour pomper l'hémolymphe vers les antennes (Pass, 1991 cité par Hopkin, 1997)

3.5. Système endocrinien

Le système de neurosécrétion, qui emmagasine et libère la substance neurosécrétoire, est du type plus primitif, comme chez les Annélides; elle correspond à deux organes

céphaliques suboesophagiens sans cellules sécrétrices appropriées (Juberthie & Cassagnau, 1971).

Chez *Neanura*, *Tomocerus*, *Orchesella* et *Bourletiella*, les cellules neuro-glandulaires qui produisent la neurohormone, sont situés dans la partie latéro-dorsale du protocérébron et dans la *parsintercerebralis*, et dans le complexe ganglionnaire superoesophagien. Le groupe des axones des cellules latéro-dorsales protocérébrales et neuroglandulaires forment le nerf corporiscardiacus.

Les nerfs *corporiscardiacus* forment un chiasma: les cellules neuroglandulaires gauches sont reliées aux cellules droites et vice versa (Juberthie & Cassagnau, 1971).

Il ya quatre types de cellules neuroglandulaires sur les ganglions ventraux, le complexe ganglionnaire métathoracique-abdominal contient la plupart des cellules neuroglandulaires (Cassagnau et Juberthie cité par Vandell, 1970).

Une glande endocrine rétro-cérébrale d'origine ectodermique c'est le *corpus allata*, elle secrète l'hormone juvénile, qui régule principalement les caractères pré-adultes, et induit le type de comportement approprié au type de croissance ou d'activité reproductrice à suivre (Wigglesworth, 1960).

Chez les Poduromorpha, les *corpora allata* sont en position paraoesophagienne péri-aortique et en contacte directe avec les organes neuro-haémax cérébraux (Juberthie et Cassagnau, 1971).

Chez *Tomocerus*, *Orchesella* et *Bourletiella*, les *corpora allata* sont innervés par un nerf suboesophagien, le nerf de Hoffmann, établissant la relation avec les organes neuro-haémax cérébraux (Juberthie et Cassagnau, 1971).

Chez *Sphyrotheca multifasciata*, l'innervation des *corpora allata* est exclusivement suboesophagienne, sans aucune connexion aux organes neuro-haémax, ni au complexe ganglionnaire supra-oesophagien (Prabhoo et Seshian, 1967 cité par Juberthie et Cassagnau, 1971).

3.6. Système excréteur

Le dépôt de minéraux dans l'épithélium de l'intestin moyen remplit une fonction d'excrétion à cause de l'absence de tubes de Malpighi chez les collemboles.

L'excrétion se fait par le renouvellement de l'ensemble de l'épithélium intestinal, qui se produit à chaque mue (Humbert, 1979).

Chez les Neelidae, les Dicyrtomidae et les Sminthuridae les glandes tégumentaires produisent de la cire, (Palissa, 2000)

Chez les Onychiuridae et les Tullbergiidae, des pseudocelles secrètent une goutte d'un liquide dégoûté comme mécanisme de défense (Pallisa, 2000).

Les glandes salivaires se situent immédiatement derrière la bouche, en passant le long de l'oesophage postérieur auquel ils sont fermement attachés. Trois à quatre paires de glandes salivaires secrètent des enzymes sur les aliments dans la cavité buccale (Hopkin, 1997).

Certains Neanuridae ont de grandes glandes salivaires qui s'étendent en arrière dans le prothorax (Hopkin, 1997).

4.Reproduction et développement

4.1. La reproduction chez les collemboles

Chez Les collemboles la reproduction est bisexuée. Leur reproduction peut être sexuée ou asexuée (parthénogénèse). Généralement il n'y a pas de différence morphologique entre les deux sexes et seul les orifices génitaux sont situés sur la face ventrale du 5ème segment abdominal permettent de distinguer le male de la femelle (Massoud, 1971).

4.1.1. Appareil génital male

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 ejaculatorius* impair à parois épaisses glandulaires. 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. Les spermatophores sont disposés en

grand nombre sur les substrats et les modalités de la prise par la femelle montrent des variations très nettes suivant les groupes (Cassagnau, 1990).

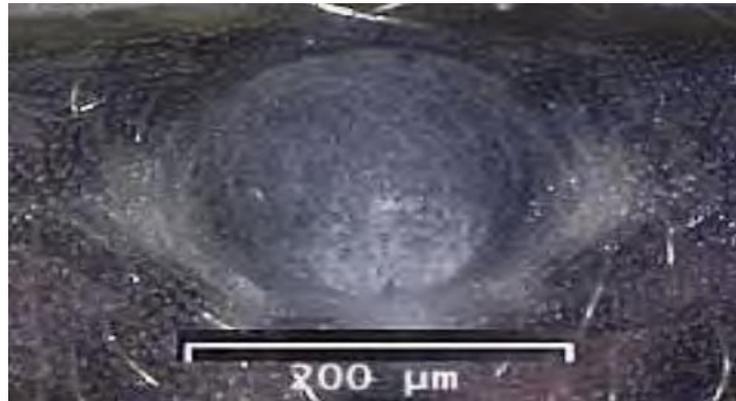


Figure 16. Orifice génital mâle chez *Tetrodontophora bielensis* (Bellinger et al., 2023).

4.1.2. Appareil génital femelle

La gonade des femelles est composée d'une paire d'ovaires ventro latéraux de type méroïstique 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 (Cassagnau, 1960).

Chaque ovaire est composé de deux parties principales : le germarium contenant les ovogonies, et le vitellarium où se déroule la différenciation pour donner naissance à des ovocytes et cellules nourricières. (Jablonska et al., 1993 cité par Hopkin, 1997). Chez les Hypogastruridae, les œufs sont déposés sur le substrat dans des lots de 30 œufs; une femelle produit 2 à 6 lots au cours de sa vie (Thibaud, 1970).

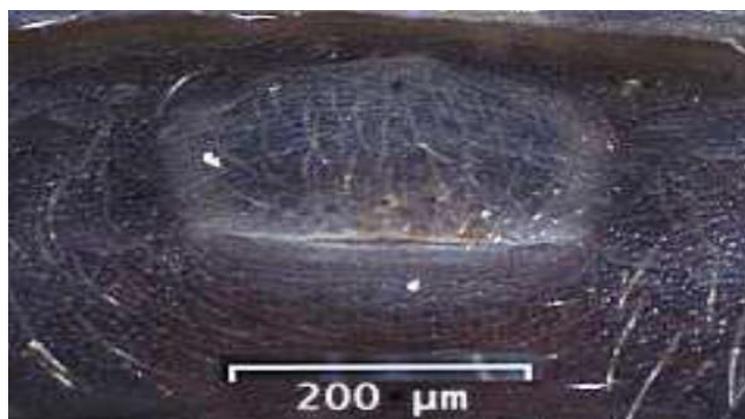


Figure 17. Orifice génital femelle de *Tetrodontophora bielensis* (Bellinger et al., 2023).

4.1.3. Spermatothores

En général, les spermatothores sont produits en période d'intermue (Joosse et Veltkamp, 1970). Les mâles peuvent produire jusqu'à 200 spermatothores au cours de leur vie reproductrice. Les spermatozoïdes peuvent survivre jusqu'à 2 jours dans les spermatothores.

Le spermatothore est formé d'une gouttelette spermatique sphérique, blanchâtre ou presque transparente portée par un pédoncule (fig.18). Le diamètre de la gouttelette et surtout la hauteur du pédoncule varie dans de larges mesures selon les groupes, Dans le cas général, la gouttelette spermatique éclate par simple contact au niveau de la fente génitale de la femelle ou sur toute autre partie de son corps.



Figure 18. Spermatothore de *Dicyrtomina ornata* (Garcelon, 2023)

4.1.4. La fécondation

Chez les Collemboles le sperme transfert indirectement et s'effectue par un intermédiaire (Hopkin, 1997).

Les spermatothores sont déposés par les mâles sur le substrat (Christiansen, 1990), ou placé sur l'ouverture génitale femelle (Hopkin 1997). Les spermatozoïdes baignent dans un liquide nourricier et protecteur, ce qui augmente leur probabilité de survie (Christian, 1996). Le dépôt des spermatothores peut être au hasard ou stimulé, par conséquent deux types de parades peuvent être distingués :

* Parade primitive : La présence de la femelle déclenche le dépôt d'un ou de plusieurs spermatothores par le mâle, si la femelle est réceptive, elle prend ce dernier 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).

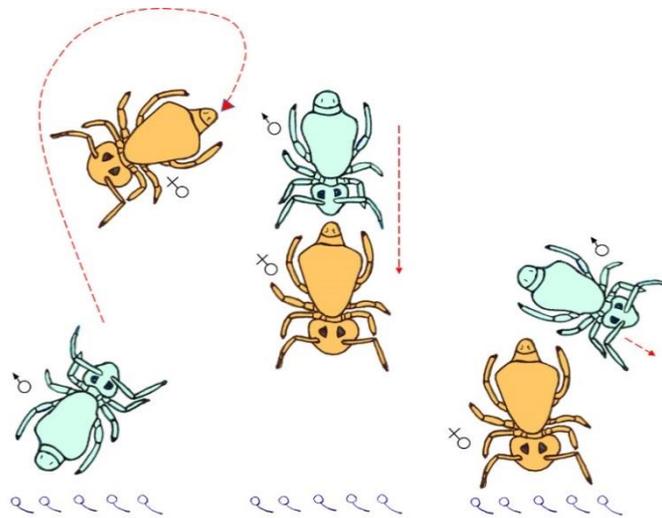


Figure 19. La fécondation d'un collembole (*Allacma gallica*).

4.1.5. La ponte

Les œufs sont fécondés dans la femelle en utilisant le sperme stocké. La plupart des espèces passent deux à trois minutes pour pondre un œuf. Les œufs peuvent être déposés individuellement ou en petites grappes, dans le sol, la litière ou sur les œufs déjà déposés par d'autres femelles de la même espèce (Brahim Bounab, 2016).

En laboratoire, la capacité de ponte d'une femelle *Sinella curviseta*, par exemple, atteint en moyenne 8 dépôts de 50 œufs, soit 400 œufs au cours de son cycle de vie. Après la ponte, les œufs sont soumis à une forte prédation, y compris par les collemboles eux-mêmes (Brahim Bounab, 2016).



Figure 20. Grappe massive d'œufs de collembole (*Folsomia candida*).

5. Ecologie

Selon Dajoz (2003), les Collemboles présentent trois types biologiques différents correspondant à des possibilités différentes de contrôle de la perte d'eau par transpiration à travers le tégument.

- Le type hygrophile est représenté par des espèces endogées et par des espèces de forêt humide comme *Tetrodontophora bielanensis*.
- Le type mésophile concerne des espèces comme *Tomocerus minor* qui vivent au contact de la surface du sol et qui peuvent s'aventurer dans la litière des forêts tempérées.
- Le type xérophile est représenté par des espèces qui fréquentent des milieux secs comme *Seira domestica* qui se rencontre dans la poussière des maisons ou comme *Allacma fusca* qui effectue de longs séjours dans la végétation hors de la litière. Chez *Allacma fusca* il existe des structures (couche de cire de l'épicuticule) qui assurent une régulation des pertes en eau durant plusieurs heures (Betsch et Vannier, 1977).

5.1. Habitat

Les Collemboles habitent dans le sol et la litière, ils préfèrent des environnements humides ou mouillés, certaines espèces se déplacent activement sur la surface de l'écorce et sur les fleurs le jour. Ils peuvent être trouvés dans la mousse, sous les pierres, dans les grottes, dans les fourmilière et termitière mais aussi dans la zone intertidale à la plage, sur la surface des lacs, des étangs ou les champs de neige des glaciers (Bellinger et al., 2017).

Les collemboles sont des membres importants des communautés du sol, constituant une importante dans une bonne proportion de la biomasse animale et sont donc fréquemment et facilement trouvés. Dans les sols forestiers ils peuvent atteindre des densités de 200 à 1800 individus par décimètre carré (dm³), des densités surpassées seulement par la population des acariens du sol (Handschin, 1955).

5.2. Régime alimentaire

La plupart des espèces connues sont saprophages ; elles se nourrissent principalement de végétaux en décomposition et de microorganismes présents dans la litière (champignons, bactéries, algues). Leur consommation de champignons (hyphes et spores) est considérable.

L'utilisation de marqueurs spécifiques des bactéries et champignons a permis de constater que les microorganismes constituent une importante portion de l'alimentation des collemboles. Ces derniers auraient donc un impact direct sur les communautés fongiques et bactériennes, et un impact indirect sur les végétaux via leur consommation de champignons mycorrhiziens.

Certaines espèces phytophages se nourrissent du feuillage des plantes (*Sminthurus viridis*)²⁹ ou de racines (Onychiuridae).

Chez *Sinella coeca* et *Sinella pouadensis*, les adultes mangent leurs propre œufs (Thibaud, 1970). Il était généralement admis que les collemboles étaient mycophages, la plupart des Collemboles récoltés se nourrissaient de champignons, mais qu'ils affichaient des préférences pour certains types de champignons.

5.3. Parasite et Prédateurs

D'après plusieurs auteurs Les parasites de collemboles se sont des 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).

5.4. Rôle des collemboles

Les collemboles jouent un rôle écologique majeur dans le cycle de la matière organique et sont utilisés comme indicateurs de pollution des sols. Ces « invisibles de la biodiversité » exercent différentes actions dans le sol :

- **Fertilisation** : en se déplaçant dans le sol, les collemboles créent des microporosités favorisant l'aération et le bon enracinement des plantes. Ils contribuent à la décomposition et à la minéralisation de la matière organique, ainsi, ils participent à la disponibilité en nutriments essentiels à la croissance des plantes (azote, phosphore, potassium). Par ailleurs, en se nourrissant de microorganismes, les collemboles régulent et disséminent la microflore bénéfique du sol (champignons et bactéries).
- **Protection** : les collemboles peuvent consommer des champignons phytopathogènes. Ils limitent ainsi, l'apparition de maladies fongiques chez les plantes.
- **Bio-indication** : la présence de collemboles au jardin est un signe de bonne qualité du sol. En effet, leur présence dans le sol dépend de nombreux facteurs tels que la pollution, la disponibilité en eau et la quantité de matière organique.

C'est pourquoi, de nombreuses études scientifiques utilisent les collemboles pour déterminer la qualité des sols (écotoxicologie, nocivité des substances chimiques, analyse des changements des pratiques agricoles).

6. Position systématique des collemboles

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

La hiérarchie taxonomique est principalement basée sur celle de Bretfeld (1994, 1999), D'Haese (2002) et Deharveng (2004). La systématique des taxons supérieurs présentée ci-dessous correspond à certaines des opinions les plus «récentes» (Tableau.1) (Bellinger et al., 2022).

Tableau 1. Classification actuelle des collemboles.

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

Chapitre II :

Matériel et

méthodes

1. Situation géographique de la région d'étude

La Wilaya de Constantine se situe entre la latitude $36^{\circ} 17'$ et la longitude $6^{\circ} 37'$ en plein centre de l'Est algérien, précisément à 245 km des frontières Algéro-tunisiennes, à 431 km de la capitale Alger vers l'Ouest, à 89 km de Skikda vers le Nord et à 235 km de Biskra vers le Sud. La wilaya de Constantine est limitée au Nord par la wilaya de Skikda, à l'Est par la wilaya de Guelma, au Sud par la Wilaya d'Oum el Bouaghi et à l'Ouest par la Wilaya de Mila.

La wilaya de Constantine s'étend sur une superficie de 2297,20 Km². Elle est caractérisée par une topographie très accidentée, marquée par une juxtaposition de plateaux, de collines, de dépressions et de ruptures brutales de pentes. On distingue trois zones :

- La zone montagneuse au nord : Ces formations sont le prolongement de la chaîne tellienne qui s'abaisse vers l'Est. Elles prennent des directions d'ensemble Sud-Ouest et Nord-Est qui sont dominées respectivement par le mont de Chettabah et le massif de Djebel Ouahch. A l'extrême Nord aux limites de la wilaya de Mila et Skikda on trouve le mont Sidi Driss qui culmine à 1364 m d'altitude.
- 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 Rhumel et 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 de Ain Abid et Ouled Rahmoune.

2. Climat de la wilaya de Constantine

2.1. Les températures

Les moyennes mensuelles de la température maximales (TM), minimales (Tm) et les températures moyennes (T), enregistrées à la Wilaya de Constantine, durant une période de 10 ans, allant de 2013 jusqu'à 2022 sont représentées dans le tableau 2. Ces valeurs sont exprimées en degrés Celsius (°C) (Tutiempo Network, 2023). On remarque que le mois le plus froid est Janvier avec une température moyenne de $7,6^{\circ}\text{C}$, tandis que le mois le plus chauds est celui de Juillet avec une température moyenne de $27,7^{\circ}\text{C}$.

Tableau 02. Moyennes mensuelles des températures à Constantine (2013-2022).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013	Tm	2,2	1,4	6,4	7	8,8	11,8	17,7	16,8	16	13,6	6,1	2,2
	T	7	5,9	11,2	13,9	16,1	20,1	25,9	24,5	21,4	20,2	10,6	7
	TM	12,7	11,7	17,9	21,7	24,6	28,08	34,8	32,8	28,5	28,1	15,8	12,9
2014	Tm	3	2,9	3,7	6	9	14,2	17	18,6	17	11,8	8,1	3,3
	T	8,2	8,9	8,7	13,7	16,8	22,6	25,4	26,4	24,4	18,7	13,9	7,5
	TM	14,1	15,7	14,2	21,8	25,3	31,2	34	35,4	33,1	27	21,1	12,9
2015	Tm	12,2	1,8	4,6	6,9	10,2	14	18,3	18,6	16	12,3	6,3	2
	T	6,1	6	10	14,3	18,7	22,3	27,2	26	21,7	17,3	11,3	7,8
	TM	1,3	10,9	16,1	22,4	27,3	30,7	36,3	34,6	28,3	23,5	17,3	15,8
2016	Tm	3,3	3,6	4	8,1	9,7	14,4	17,1	16,3	14,4	12,9	6,8	5,1
	T	8,9	9	9,8	14,6	17,6	22,6	25,9	24,4	20,9	19,2	12,3	9,5
	TM	15,8	15,6	16,1	22	26	31,5	34,8	33	28,7	27	19,1	14,7
2017	Tm	1,2	3,9	5	6,7	12,1	17,1	19,2	20,3	13,9	9,8	4,9	3
	T	5,4	9,5	11,9	13,5	20,2	25	27,8	28,1	21,4	16,1	10,3	7,1
	TM	10,1	15,4	18,6	20,4	28,4	33	36,9	36,5	29,3	23	16,5	11,6
2018	Tm	2,8	1,1	5,5	7,2	9,9	13,6	19	16,5	16,3	10,7	5,3	2,8
	T	8,4	6,3	10,7	13,7	15,9	21,7	28,2	23,5	22,5	15,8	11,4	8,3
	TM	14,5	11,7	16,1	20,2	22,4	29,7	37,4	31,9	30	21,8	18,3	15
2019	Tm	1,3	1,1	3,5	6,6	8,2	16	19	19,6	16,1	12,1	5,2	4,3
	T	5,6	6,9	9,8	12,9	15	25,3	27,6	27	21,8	17,2	10,4	9,4
	TM	10,3	13,2	16,6	8,5	21,8	34,7	36,4	35,7	28,8	24,1	15,2	15,1
2020	Tm	1,2	1,7	4,8	8,5	7,7	13,5	17,5	18,3	14,5	7,9	7,3	3,7
	T	13	9,3	10,2	14,1	19,1	22,1	26,1	26,8	20,5	15,2	12,9	8,2
	TM	6,6	17,7	15,9	20,4	27,1	30,3	34,5	35,2	27,9	22,9	19	13,2
2021	Tm	2,5	3,4	4	7,2	11,9	17,1	19,1	19,8	17,3	10	6,6	2,2
	T	8,2	10,5	10	13,8	19,3	24,9	28	28,3	24,3	15,9	11,8	8
	TM	13,9	17,5	16,3	20,8	26,8	32,8	36,8	37,2	32,1	22,5	15,8	14,1
2022	Tm	-0,3	1,8	5,7	6,9	11	17,7	19,4	18,6	17,6	11,9	7,8	5,1
	T	5,5	8,1	10,6	13,4	19,1	27,3	28,2	26,5	24,4	19,4	13,7	10,8
	TM	12,4	15,1	16,1	20,4	27	36,6	36,9	35,1	32,4	27,9	20,2	17,4

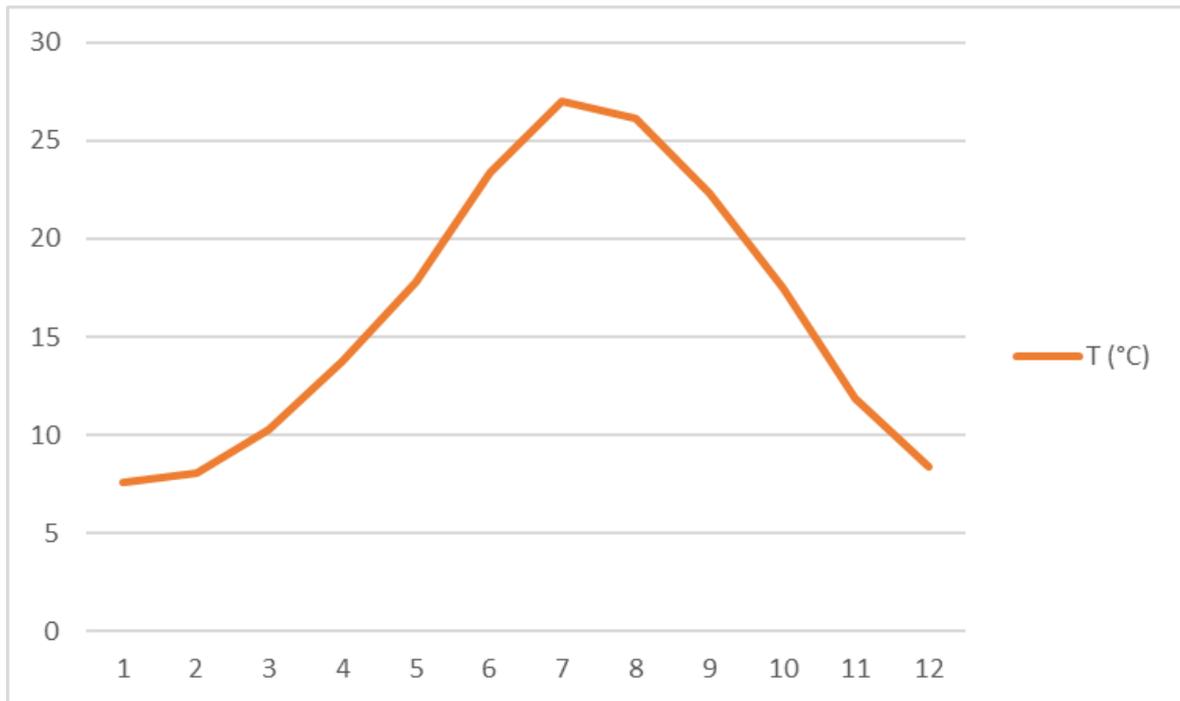


Figure 21. Variations des moyennes de la température à Constantine (2013-2022).

2.2. La pluviométrie

La pluviométrie exerce une influence sur la vitesse de développement des animaux, sur leur longévité et sur leur fécondité, car l'eau est indéniablement l'un des facteurs écologiques les plus importants (Dajoz, 1971). Les valeurs de la pluviométrie sont tirées comme pour les températures du site web de référence Tutiempo Network.

Le total des précipitations est de 411,21 mm/an, la valeur la plus élevée a été enregistrée pendant le mois de Mars avec une moyenne de 62.58 mm, suivie par celle du mois de Janvier avec 53.710mm. Par contre les mois les plus secs sont ceux de juin et juillet avec 9.63 mm et 1.17 mm respectivement.

Tableau 03. Valeurs mensuelles de la pluviométrie à Constantine (2013-2022).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013	61,2	73,2	43,42	30,24	9,66	17,02	2,04	22,2	33,77	24,64	85,85	29,21
2014	31,48	41,92	113,29	5,08	60,21	14,47	1,02	0	12,45	13,21	24,37	72,14
2015	138,35	121,92	87,12	5,33	19,53	8,13	0,51	125,46	18,03	48,26	42,17	0
2016	43,18	14,48	67,32	44,2	41,65	15,25	0	8,63	8,13	20,56	30,72	8,39
2017	88,64	32,26	0	26,93	4,07	14,98	6,1	0	12,7	10,17	68,31	33,78
2018	15,25	33,02	93,2	50,29	39,38	7,63	0,25	41,89	7,61	143,01	5,59	20,08
2019	101,1	48,01	48,76	40,13	60,19	0,25	0,25	104,39	82,03	62,24	90,45	69,08
2020	10,66	0,25	90,42	53,84	4,07	11,19	0,51	26,42	16,51	16,25	44,94	85,89
2021	24,87	17,27	36,84	27,17	36,81	6,86	0,51	5,84	29,27	11,42	25,14	49,28
2022	22,35	14,99	45,46	18,54	25,42	0,51	0,51	4,07	28,7	33,53	61,98	22,35

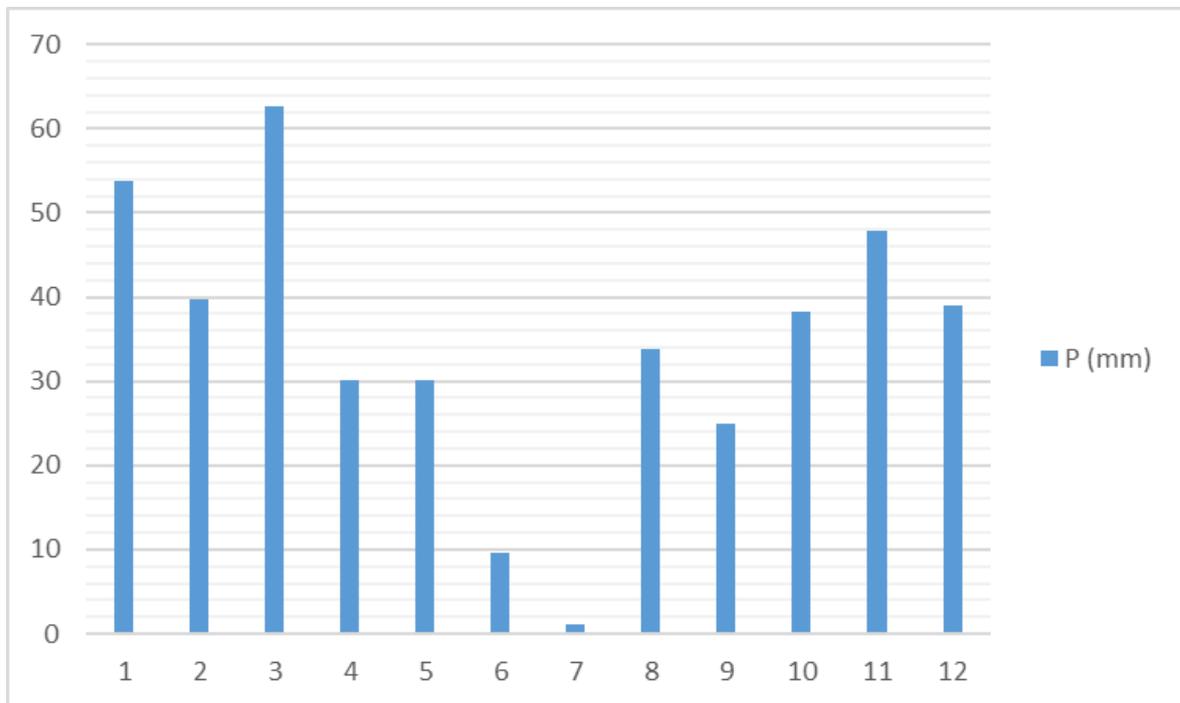


Figure 22. Variations des moyennes de Précipitations à Constantine (2013-2022).

2.3. Le diagramme ombrothermique de Gaussen

A partir de la figure 23, nous avons pu observer la période sèche s'établir lorsque la courbe des précipitations descend au-dessous de celle des températures à partir du mois de Avril jusqu'au mois d'octobre. Le diagramme ombrothermique de la Wilaya de Constantine sur une période de 10 ans (2013-2022) fait ressortir aussi deux périodes humides : la

première s'étalant du mois de Janvier jusqu'au mois d'Avril, alors que la deuxième débute du mois d'Octobre jusqu'à Décembre.

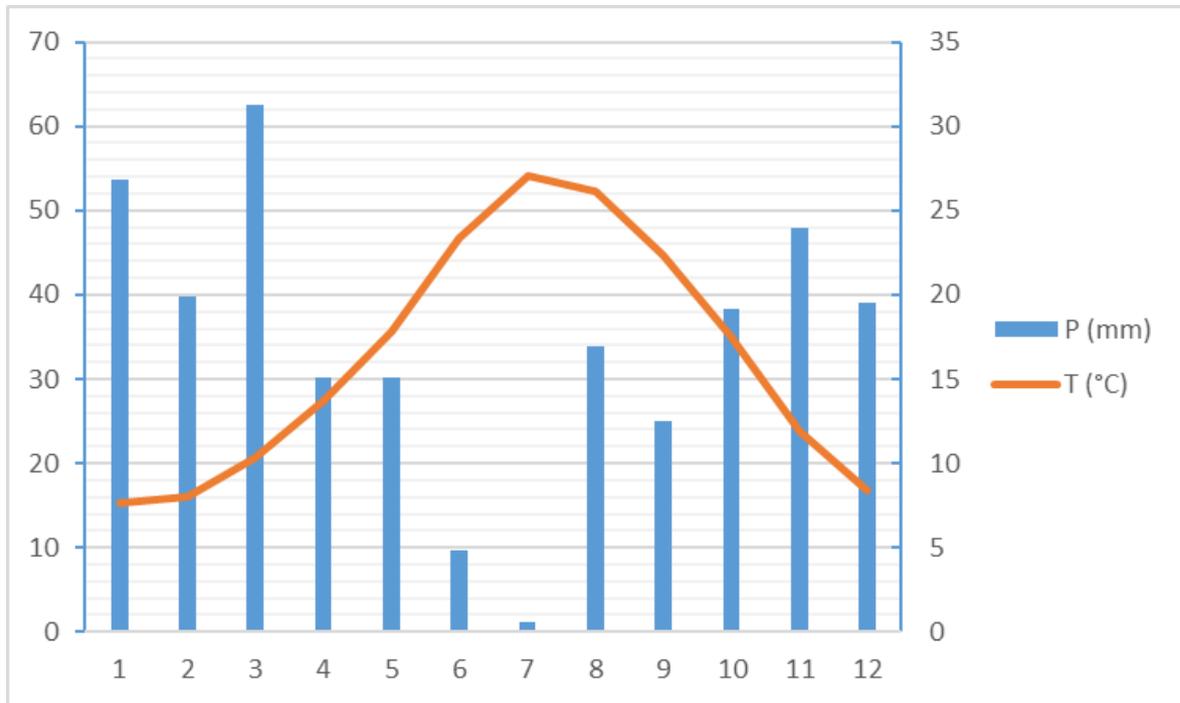


Figure 23. Diagramme ombrothermique de Gaussen à Constantine (2013-2022).

3. Présentation des caractéristiques des localités de récolte

3.1. La localité de Chettabah

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

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

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

Le massif forestier de Chettabah n'occupe que 76,62% des 2409,99 ha du domaine forestier soit une surface de 1846,63 ha. La végétation de la forêt domaniale de Chettabah est composée essentiellement de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de chêne vert (*Quercus ilex*) couvrant respectivement une superficie de 999,74 ha et 711,51 ha.

3.2. La localité de Djebel Ouahch

La région de Djebel Ouahch constitue une unité géographique importante, située à l'Est de la ville de Constantine, comprise entre 36°14'20,19" et 36°33'55,81" de latitude Nord et 6°38'0,82" et 6°58'37,65" Est des longitudes. Elle s'étend sur une superficie de 66.535 ha et couvre sept communes, à savoir : Zighoud Youcef, Didouche Mourad, Constantine, El Khroub, Ibn Badis, Aïn Abid et Ouled Rahmoune.

La région de Djebel Ouahch est caractérisée par une topographie marquée par une juxtaposition de hautes plaines, de collines, de dépressions et de ruptures brutales de pentes donnant ainsi un site hétérogène.

Les forêts de Djebel El Ouahch couvrent une superficie de 15.207,67 ha, occupent 23% du territoire de la région. Cet écosystème est très diversifié et réparti sur plusieurs massifs tels que les forêts de Kef Lekhel, Draa Ennaga, El Hambli, Tarfana et Djebel El Ouahch avec une richesse très importante. La strate arborée est dominée par les forêts avec 59%. A l'exception des peuplements naturels de Chêne liège, tous les peuplements à base de pin pignon, de pin d'Alep, d'eucalyptus et de cyprès, sont d'origine artificielle, introduit par divers reboisements (Djeha, 2017).

Les terrains de parcours situés sur des espaces ouverts, sont caractérisés par des espèces à haute valeur fourragère (*Dactylis glomerata*, *Leontodon hispidulus*, *Leontodon tuberosus*, *Anagallis arvensis*, *Cynodon dactylon*, *Medicago minima*, *Trifolium campestris*, *Geranium dissectum*). Ce sont des espèces de pâturages naturels qui sont le support d'un élevage bovin (Djeha, 2017).

3.3. La ferme pilote El-Barraouia (Khroub)

La présentation de cette localité est donnée par Hamra Kroua (2005). La ferme pilote d'El-Baaraouia, Commune d'El-Khroub (36° 16' N ;06°40' E), située à 12 km au sud-ouest de Constantine, à 622 m d'altitude.

La région d'étude a été caractérisée par une période pluvieuse de novembre à avril et une période de sécheresse maximale en juillet (1,2 mm), qui s'est étalée jusqu'en octobre. Le mois de juin a été marqué par des pluies orageuses exceptionnelles atteignant une hauteur de 33,2 mm.

La végétation est composée essentiellement de *Cynodon sp.* associé à *Sinapis arvensis* (moutarde des champs), *Hordeum murinum* (orge des rats), *Calendula arvensis*, *Scolymus hispanicus*, *Silybum marianum* (chardon), *Chrysanthemum paludosum* et de nombreuses autres plantes annuelles.

3.4. La localité de Sidi Driss

A l'extrême Nord aux limites de la wilaya de Mila et Skikda on trouve le mont Sidi Driss qui culmine à 1364 m d'altitude.

Le Djebel Sidi Driss est un des plus hauts sommets de la Chaîne Numidique, qui constitue l'épine dorsale de l'Atlas tellien oriental. En effet, de direction Ouest-Est, cette chaîne s'étend, parallèlement au littoral, depuis le massif des Babors jusqu'au nord de Guelma. Très élevée à l'ouest (2004 m au djebel Babors), elle perd progressivement de l'altitude pour n'atteindre plus que 981 m au djebel Aouara au nord de Guelma. Le Kef Sidi Driss, situé dans la partie médiane de cette chaîne, est à environ 25 km au Nord de Constantine.

Sidi Driss est caractérisé par un climat Humide à hiver froid (-0,6 °C). Juillet est le mois le plus chaud pour Sidi Driss.

4. Matériels et méthodes

Pour 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 micro-arthropodes 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 da Fonseca et Vannier, 1969 cité par Hamra Kroua, 2005).

4.1. Techniques de prélèvement des échantillons

L'échantillon est un volume de sol de 196,25 cm³, l'équivalent d'une surface de 20 cm² environ. Le sol est prélevé à l'aide d'une petite pelle. L'enfoncement de la pelle se fait avec précaution de sorte que l'effort de compression qui s'exerce sur l'échantillon au moment de la pénétration de la pelle dans le sol soit le plus faible possible afin de ne pas tasser le sol et éviter de modifier sa porosité (Hamra Kroua, 2005).

Vannier cité par Pesson (1971) recommande d'utiliser une sonde pédologique, cylindrique ou rectangulaire. Le nombre de prélèvements est de 15 échantillons de sol/mois, soit un total de 180 pour les 12 mois. La prise des échantillons de sol sur le terrain doit se faire au hasard. Pour cela nous avons utilisé la méthode du " jet de caillou " : on jette à yeux fermés un petit caillou et on prélève à l'endroit même où il tombe.

Aucune méthode ne permet la détermination du nombre de prélèvement, celui-ci est en fonction du type d'étude (écologique ou faunistique), de l'abondance du peuplement, de la dominance et la rareté des espèces, de la dimension et du type de distribution spatiale des individus, (Cancela da Fonseca et Vannier, 1969). Vannier cité par Pesson (1971) préfère un grand nombre de petits échantillons qui permettent de prospecter au moins 10 % de l'aire d'étude. Les échantillons de sol prélevés sont mis dans des boites en plastiques hermétiquement fermées pour éviter l'évaporation et pour mieux conserver la structure du sol dont dépendra le rendement de l'extraction (Hamra Kroua, 2005).

4.2. Extraction des collemboles

Après avoir prélevé un échantillon de sol, il faut séparer les animaux de leur substrat (sol, mousses, litières, bois mort et autres annexes du sol). La récolte à vue se révèle vite fastidieuse et peu efficace. Les méthodes mécaniques sont nombreuses elles combinent lavage, tamisage, centrifugation, sédimentation. Pour être réellement efficaces, ces techniques demandent une grande minutie et des manipulations souvent longues, avec un protocole spécifique des organismes que l'on cherche à récupérer. Si l'on ne désire pas une étude quantitative précise, mais un simple aperçu de la méso- et macrofaune du sol, un tamisage peut suffire (Deprince, 2003 cité par Bendjaballah, 2019).

D'autres méthodes, dites sélectives ou actives, laissent les petites bêtes faire le travail : La méthode classique d'extraction des microarthropodes, imaginée en 1905 par Berlèse et perfectionnée plus tard par Tullgren, utilise une réaction de fuite. Un échantillon de terre est placé pendant trois à quatre jours sur un tamis au-dessus d'un entonnoir et surmonté d'une lampe puissante. Fuyant la dessiccation, Acariens, Myriapodes, Collemboles et petites larves d'Insectes quittent l'échantillon par le bas et tombent dans l'entonnoir jusqu'à un béccher contenant de l'alcool. Il faut noter que les individus blessés ou morts, qui ne se déplacent pas, ne seront pas comptabilisés. Les échantillons de sol doivent être manipulés avec précaution, afin de ne pas les compacter et empêcher les animaux d'en sortir (Deprince, 2003 cité par Bendjaballah, 2019).

Les échantillons récoltés sont traités au niveau du Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes. Il existe plusieurs méthodes d'extraction des collemboles et d'autres microarthropodes ; Extraction par voie sèche, extraction par lavage (extraction par voie humide) et extraction par film graisseux de Aucamp (Pesson, 1971 ; Concela da Fonseca et Vannier, 1969 cité par Hamra Kroua 2005).



Figure 24. Appareil de Berlese-Tullgren pour l'extraction de la faune édaphique.

4.3. Tri et dénombrement des collemboles

Les Collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de Pétri pour entamer le tri. Le tri s'effectue sous loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les Collemboles des autres groupes faunistique tels que les acariens, les araignées, les pseudoscorpions, les larves et adultes de petits insectes, à l'aide d'une brosse appelée communément (la brosse de Cassagnau): une tige en matière plastique très fine (0,5mm) montée sur un mandrin métallique (Fig. 25).

Une fois tous les Collemboles sont séparés des autres Microarthropodes, on procède au dénombrement qui permet de déterminer le nombre total d'individus de Collemboles présents dans chaque échantillon trié. Les collemboles sont conservés dans des tubes étiquetés contenant de l'alcool à 70%.



Figure 25. Matériel utilisée pour le tri et le dénombrement.

4.4. Préparation et identification

L'identification au niveau de l'ordre et de la famille est réalisée sous loupe binoculaire à l'aide de clés d'identification qui donne les caractéristiques morphologiques générales des ordres, familles et quelques genres de collemboles. Plusieurs clés d'identification sont disponibles sur le site www.collembola.org. Elles sont conçues et mise à jour par d'imminents collembologistes.

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.

4.4.1. Fixation

Les Collemboles destinés à l'observation entre lame et lamelles sont fixés, 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.

4.4.2. 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.

4.4.3 Montage et conservation

Après éclaircissement, les Collemboles sont débarrassés de leurs pigments et deviennent totalement transparents, parfois on procède à leur lavage dans l'eau distillée et l'alcool pour éliminer les excès du fixateur et autres impuretés. Le montage entre lame et lamelle dans le liquide de Hoyer s'effectue directement dans du liquide éclaircissant s'ils sont propres.

Nous rapportons ci-dessous la clé dichotomique de Christiansen et Janssens permettant d'identifier les différents ordres de collemboles. Cette clé est publiée et consultable sur le site « www.collembola.org ».

Clé des ordres des Collemboles

- 1(0). A- Segmentation tergale abdominale distincte (Fig.1a); tronc allongé (Fig.2a) 2
 B- Segmentation tergale abdominale indistincte (Fig.1b); troncsubglobulaire (Fig.2b) 3



Fig.1.

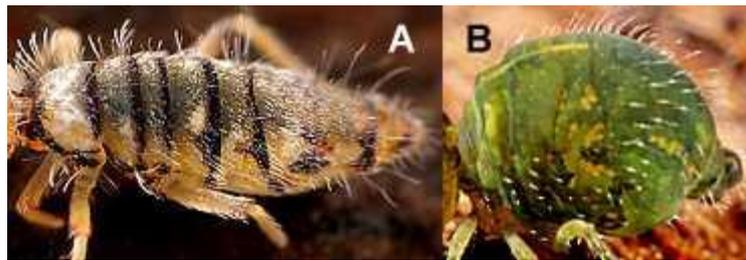


Fig.2.

- 2(1). A- Tergiteprothoracique distinct (Fig.3a) **Poduomorpha**
 B- Tergite prothoracique indistinct (Fig.3b) **Entomobryomorpha**



Fig.3.

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

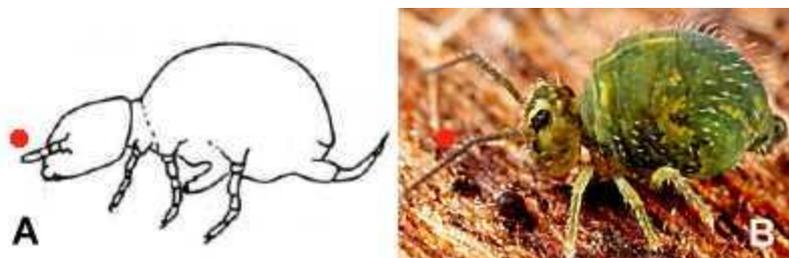


Fig.4.

Chapitre III :

Résultats et

discussion

1. Composition faunistique

Nous donnons dans le tableau 04 la liste de toutes les espèces identifiées telles qu'elles sont données par Hamra Kroua (2005), Bendjaballah (2019), Bouseba et Lekikout (2017) et enfin Abed et Boukeloua (2019) dans la wilaya de Constantine.

Tableau 04. Liste des espèces des Collemboles identifiées par auteur dans la wilaya de Constantine.

HK: Hamra Kroua, **BL:** Bousaba Lekikot, **B:** Bendjaballah, **AB:** Abed Boukaloua

		HK	B	BL	AB
	I. PODUROMORPHA				
	01. Hypogastruridae				
1	<i>Acherontiella bougisi</i>	X			
2	<i>Ceratophysella armata</i>		X		X
3	<i>Ceratophysella denticulata</i>	X	X	X	X
4	<i>Ceratophysella cf. denticulata</i>	X			
5	<i>Ceratophysella gibbosa</i>		X		X
6	<i>Ceratophysella sp</i>			X	
7	<i>Hypogastrura vernalis</i>			X	
8	<i>Willemiai ntermedia</i>			X	
9	<i>Xenylla mediterranea</i>				X
	02. Brachystomellidae				
10	<i>Brachystomella parvula</i>	X	X		X
	03. Neanuridae				
	a. Frieseinae				
11	<i>Friesea afurcata</i>		X		X
12	<i>Friesea laouina</i>		X		X
13	<i>Friesea major</i>				X
14	<i>Friesea oligorhopala</i>	X			
	b. Neanurinae				
15	<i>Bilobella aurantiaca</i>	X	X	X	X
16	<i>Protanura pseudomuscorum</i>		X		X
	c. Pseudachorutinae				
17	<i>Pseudachorutinae sp</i>			X	
18	<i>Pseudachorutella asigillata</i>		X		X
19	<i>Pseudachorutes sp</i>				X
	04. Onychiuridae				
20	<i>Deuteraphorura sp.</i>		X		X
21	<i>Protaphorura armata</i>	X	X	X	X
22	<i>Protaphorura sp.</i>		X		X

		HK	B	BL	AB
	I. PODUROMORPHA (suite)				
	05. Tullbergiidae				
23	<i>Mesaphorura critica</i>				X
24	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	X			
25	<i>Mesaphorura sp.</i>		X	X	X
	II. ENTOMOBRYOMORPHA				
	06. Isotomidae				
26	<i>Cryptopygus bipunctatus</i>	X			
27	<i>Cryptopygus thermophilus</i>	X			
28	<i>Folsomia candida</i>			X	
29	<i>Folsomia penicula</i>				X
30	<i>Folsomides parvulus</i>	X	X		X
31	<i>Hemisotoma thermophila</i>		X	X	X
32	<i>Isotomiella minor</i>	X	X		X
33	<i>Isotomurus cf unifasciatus</i>	X			
34	<i>Isotomurus palustris</i>	X	X	X	X
35	<i>Isotomurus sp.</i>		X		X
36	<i>Isotomidae sp</i>			X	
37	<i>Parisotoma notabilis</i>				X
38	<i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>		X		X
39	<i>Proisotoma minuta</i>	X	X		X
40	<i>Pseudanurophorus isotoma</i>	X			
	7.- Entomobryidae				
41	<i>Entomobrya multifasciata</i>				X
42	<i>Entomobrya sp.</i>		X	X	X
43	<i>Entomobryidae sp</i>				X
44	<i>Heteromurus major</i>	X	X	X	X
45	<i>Lepidocyrtus sp</i>			X	X
46	<i>Orchesella cinata</i>			X	
47	<i>Orchesella sp</i>				X
48	<i>Pseudosinella alba</i>	X	X		X
49	<i>Seira domestica</i>		X		X
	8-Oncopoduridae				
50	<i>Oncopodura crassicornis</i>	X			
	III. SYMPHYPLEONA				
	9-Dicyrtomidae				
51	<i>Dicyrtomidae sp.</i>		X		X
52	<i>Dicyrtomina ornata</i>		X	X	X
	10-Sminthuridae				
53	<i>Caprainea marginata</i>		X		
	11-Sminthurididae				
54	<i>Sphaeridia pumilis</i>		X	X	X

		HK	B	BL	AB
	IV. NEELIPLEONA				
	12. Neelidae				
55	<i>Neelus murinus</i>		X		X
	Total	19	29	18	38

Les résultats consignés dans le tableau 04 indiquent qu'un total de 55 espèces et morpho-espèces sont récoltées. Elles appartiennent à 12 familles et 39 genres réparties sur les quatre ordres de collemboles.

La figure 26 est les fréquences absolues des familles, genres et des espèces identifiées par auteurs. Nous remarquons qu'Abed Boukeloua (2019) signale 38 espèces réparties sur 10 familles et 28 genres, Bendjaballah (2019) quant à lui signale 29 espèces réparties sur 11 familles et 23 genres. 19 espèces sont citées par Hamra Kroua (2005) réparties sur 8 familles et 15 genres, et Bousba Lekikot (2017) signale 18 espèces réparties sur 8 familles et 18 genres.

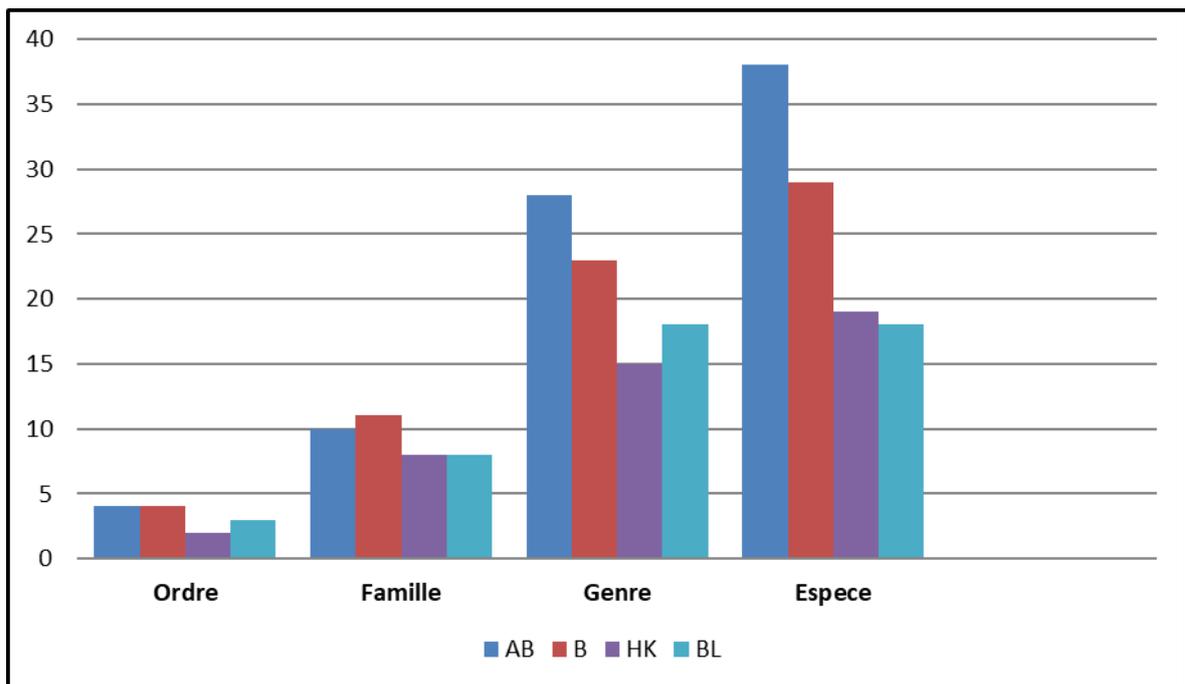


Figure 26. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées par auteurs.

L'ordre des Poduromorpha est représenté 46 % des espèces récoltées, les Entomobryomorpha représentent 45% les Symphypleona et les Neelipleona avec 7% et 2% respectivement (Fig. 27).

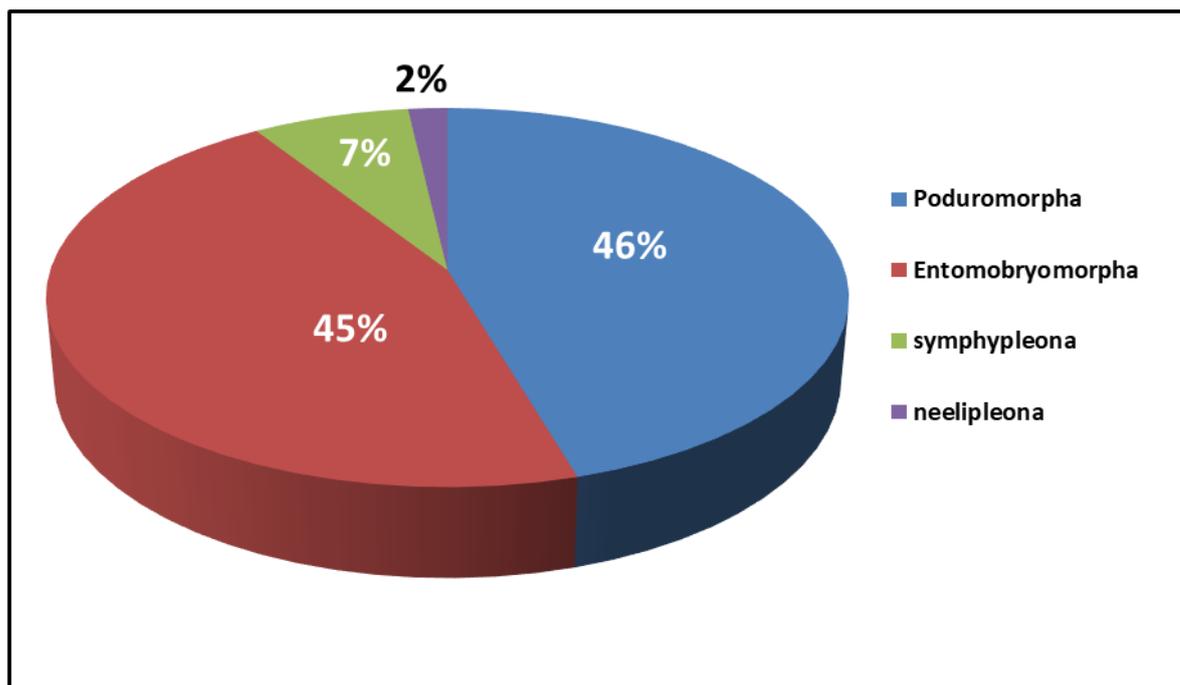


Figure 27. Proportions en pourcentage (%) des différents ordres des collemboles récoltés.

En plus des travaux de Hamra Kroua (2005), et Bendjaballah (2019), et Bouseba Lekikout (2017), Abed Boukeloua (2019) et afin de donner une liste actualisée (Tableau 05) des espèces rencontrées dans les différents localités de Constantine.

Tableau 05. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes localités au Constantine, leur aire de distribution et leur type biologique.

Abréviations:

C: Cosmopolite, **W:** Large distribution, **Eu:** Européenne/Euroméditerranéenne,

En: Endémique,

A: Atmobios, **H:** Hémiédaphon, **E:** Euédaphon, **N/A:** Non applicable

Localités : **1:** Chettaba, **2:** Sidi Driss, **3:** El-Barraouia, **4:** Djebel Ouahch, **5 :** Milieu Urbain.

		1	2	3	4	5	Aire de distribution	Type biologique
	I. PODUROMORPHA							
	01. Hypogastruridae							
1	<i>Acherontiella bougisi</i>			X			Eu	E
2	<i>Ceratophysella armata</i>		X		X		W	H
3	<i>Ceratophysella denticulata</i>	X	X	X	X	X	C	H
4	<i>Ceratophysella cf. denticulata</i>				X		N/A	N/A
5	<i>Ceratophysella gibbosa</i>		X		X		C	H
6	<i>Ceratophysella sp</i>					X	N/A	N/A
7	<i>Hypogastrura vernalis</i>					X	W	H

8	<i>Willemia intermedia</i>					X	W	E
9	<i>Xenylla mediterranea</i>	X					Eu	H
	02. Brachystomellidae							
10	<i>Brachystomella parvula</i>	X		X	X		W	H
	03. Neanuridae							
	a. Frieseinae							
11	<i>Friesea afurcata</i>		X		X		Eu	H
12	<i>Friesea laouina</i>		X		X		En	E
13	<i>Friesea oligorhopala</i>			X	X		Eu	H
14	<i>Friesea majour</i>	X					En	H
	b. Neanurinae							
15	<i>Bilobella aurantiaca</i>	X	X		X	X	W	E
16	<i>Protanura pseudomuscorum</i>		X		X		W	H
	c. Pseudachorutinae							
17	<i>Pseudachorutinae sp</i>	X				X	N/A	N/A
18	<i>Pseudachorutella asigillata</i>	X					W	H
19	<i>Pseudachorutes sp</i>	X					N/A	N/A
	04. Onychiuridae							
20	<i>Deuteraphorura sp.</i>		X		X		N/A	N/A
21	<i>Protaphorura armata</i>	X	X	X	X	X	W	E
22	<i>Protaphorura sp.</i>		X		X		N/A	N/A
	05. Tullbergiidae							
23	<i>Mesaphorura ciritica</i>	X					Eu	E
24	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>			X			W	E
25	<i>Mesaphorura sp.</i>	X	X		X	X	N/A	N/A
	II. ENTOMOBRYOMORPHA							
	06. Isotomidae							
26	<i>Cryptopygus bipunctatus</i>			X			Eu	H
27	<i>Folsomia candida</i>					X	C	H
28	<i>Folsomia penicula</i>		X	X	X		W	H
29	<i>Folsomides parvulus</i>	X		X			W	H
30	<i>Hemisotoma thermophila</i>	X	X		X	X	C	H
31	<i>Isotomiella minor</i>	X	X	X	X		W	E
32	<i>Isotomurus cf palustris</i>				X		N/A	N/A
33	<i>Isotomurus palustris</i>	X			X	X	W	H
34	<i>Isotomurus sp.</i>	X					N/A	N/A
35	<i>Isotomidae sp</i>					X	N/A	N/A
36	<i>Parisotoma notabilis</i>	X			X		W	H
37	<i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>		X		X		En	H
38	<i>Proisotoma minuta</i>	X			X		C	H
39	<i>Pseudanurophorus isotoma</i>			X			Eu	H
	7.- Entomobryidae							
40	<i>Entomobrya multifasciata</i>	X					W	H

41	<i>Entomobrya sp.</i>		X		X	X	N/A	N/A
42	<i>Entomobryidae sp</i>	X			X		N/A	N/A
43	<i>Heteromurus major</i>	X	X	X	X	X	N/A	N/A
44	<i>Lepidocyrtus sp</i>	X				X	N/A	N/A
45	<i>Orchesella cinata</i>					X	Eu	A
46	<i>Orchesella sp</i>	X					N/A	N/A
47	<i>Pseudosinella alba</i>	X		X			W	E
48	<i>Seira domestica</i>	X	X		X		C	H
	8-Oncopoduridae							
49	<i>Oncopodura crassicornis</i>			X			W	E
	III. SYMPHYPLEONA							
	9-Dicyrtomidae							
50	<i>Dicyrtomidae sp.</i>	X					N/A	N/A
51	<i>Dicyrtomina ornata</i>		X		X	X	Eu	A
	10-Sminthuridae							
52	<i>Caprainea marginata</i>	X	X		X	X	W	H
	11-Sminthurididae							
53	<i>Sphaeridia pumilis</i>	X	X			X	W	H
	IV. NEELIPLEONA							
	12. Neelidae							
54	<i>Neelus murinus</i>	X	X		X		W	E
	total	29	22	14	29	19		

Les résultats consignés dans le tableau 05 indiquent qu'un total de 54 espèces et morpho-espèces sont récoltées dans cinq (5) localités de Constantine.

Nous représentons dans la figure suivante (Fig. 28) les fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées par 05 localités. 29 espèces sont récoltées à Chettabah elles appartiennent à 11 familles et 27 genres, Djebel Ouahch avec 29 espèces 10 familles et 23 genres, Sidi Driss totalise de 22 espèces, 10 familles et 18 genres. 19 espèces récoltées à Milieu Urbain avec 9 familles et 18 genres, El- Barraouia totalise de 14 espèces, 07 familles et 12 genres.

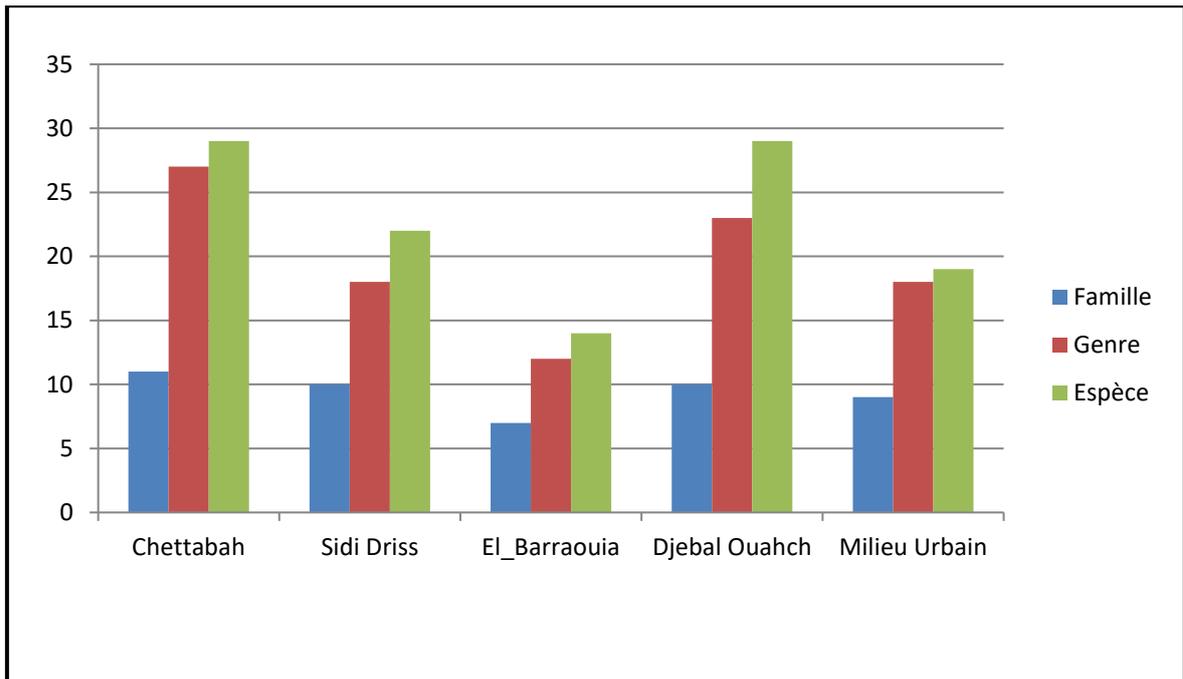


Figure 28. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées par localité.

La figure 29 illustre les fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltés pour chaque ordre. L'ordre des Poduromorpha est représenté par 05 familles, 13 genres et 19 espèces, les Entomobryomorpha sont représentés par 03 familles, 16 genres et 18 espèces, les Symphypleona par 03 familles, 05 genres et 05 espèces et les Neelipleona par une seule famille, 01 genre et 01 espèce.

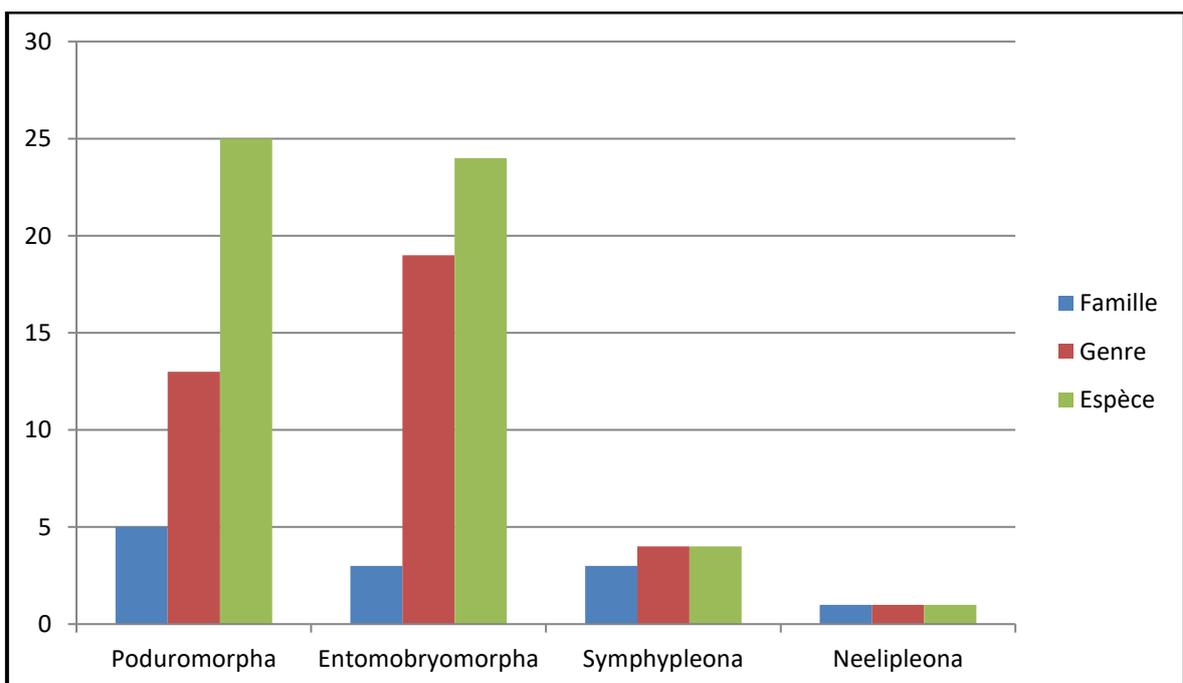


Figure 29. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltés.

La famille des Isotomidae est la mieux représentée avec 15 espèces et 10 genres, soit 27% du total d'espèces identifiées, Elle est suivie par la famille des Neanuridae est réparties sur 03 sous familles avec 09 espèces et 06 genres soit 16%. La famille des Hypogastruridae avec aussi 09 espèces appartenant à 05 genres soit 16%. la famille des Entomobryidae avec 09 espèces et 07 genres représentent 16%. Les familles des Onychiuridae avec 03 espèces appartenant à 02 genres représentent 6%. la famille Tullbergiidae avec 03 espèces et 1 genres représentent 05%, les Dicyrtomidae avec 02 espèces et 02 genres soit 4%. La famille Brachystomellidae, Oncopoduridae, Sminthuridae, Sminthurididae, Neelidae, chacune avec 01 espèces et 01 genre et soit 2% (Fig.30).

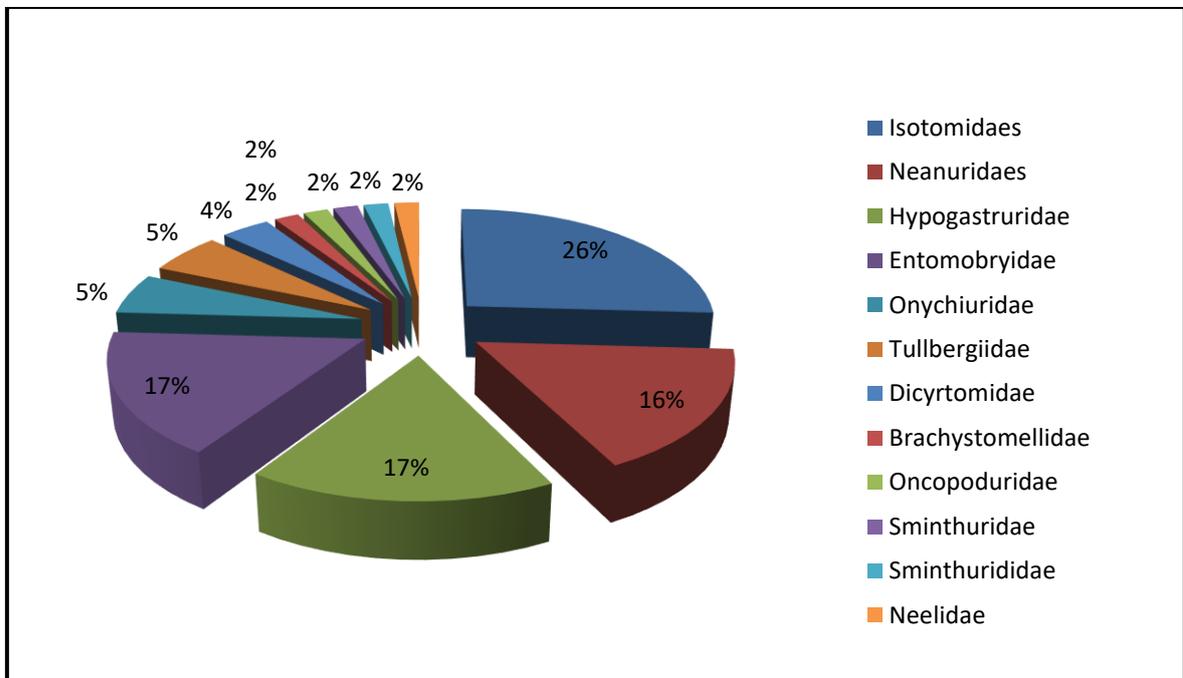


Figure30. Répartition des espèces récoltées sur les différentes familles.

La Figure 31 les proportions de l'appartenance biogéographique des espèces de collembolés récoltés dans les différentes localités. 36% des espèces récoltées sont à large distribution, 16% sont euro-méditerranéennes, 6% sont endémiques, 13% sont cosmopolites. Les formes non identifiées jusqu'au niveau de l'espèce sont 29%.

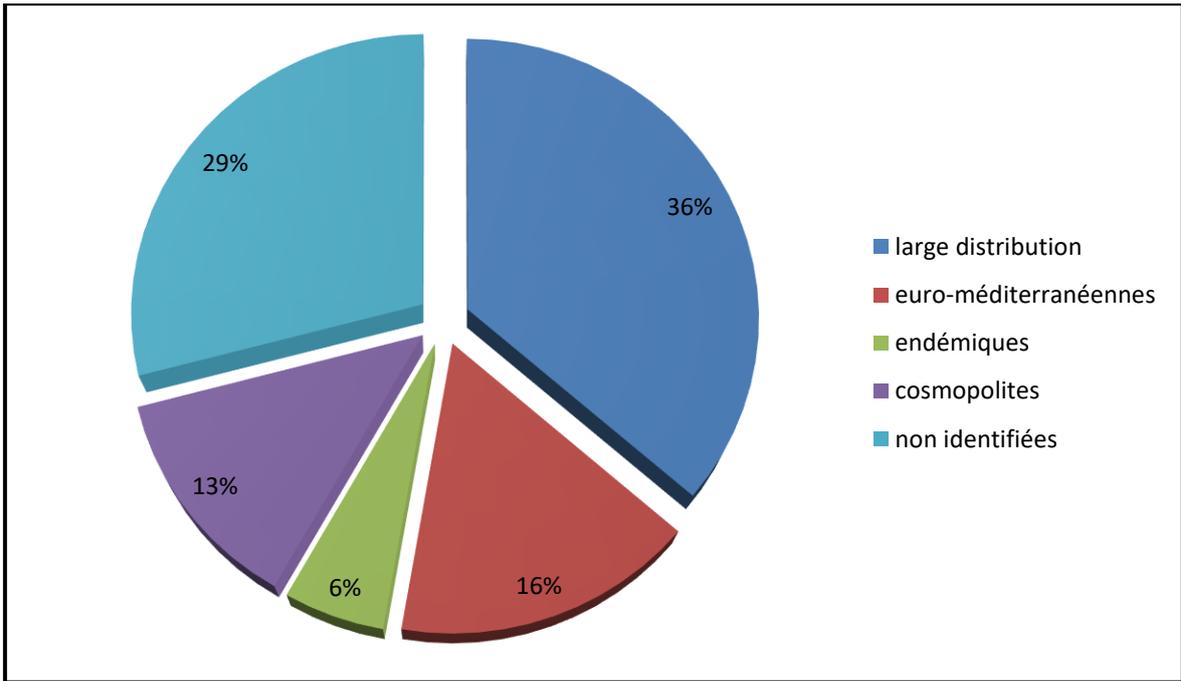


Figure 31. Proportions de l'appartenance biogéographique des espèces récoltées.

Nous représentons dans la figure 32 la proportion en pourcentage des espèces récoltées en fonction de leur adaptation morpho-écologique. L'hémiédaphon est le mieux représenté avec 26 espèces de 47%, l'euédaphon avec 11 espèces (20%). L'atmobios est représenté par 02 espèces, soit 4%. Les formes non identifiées jusqu'au niveau de l'espèce sont au nombre de 16, soit 29%.

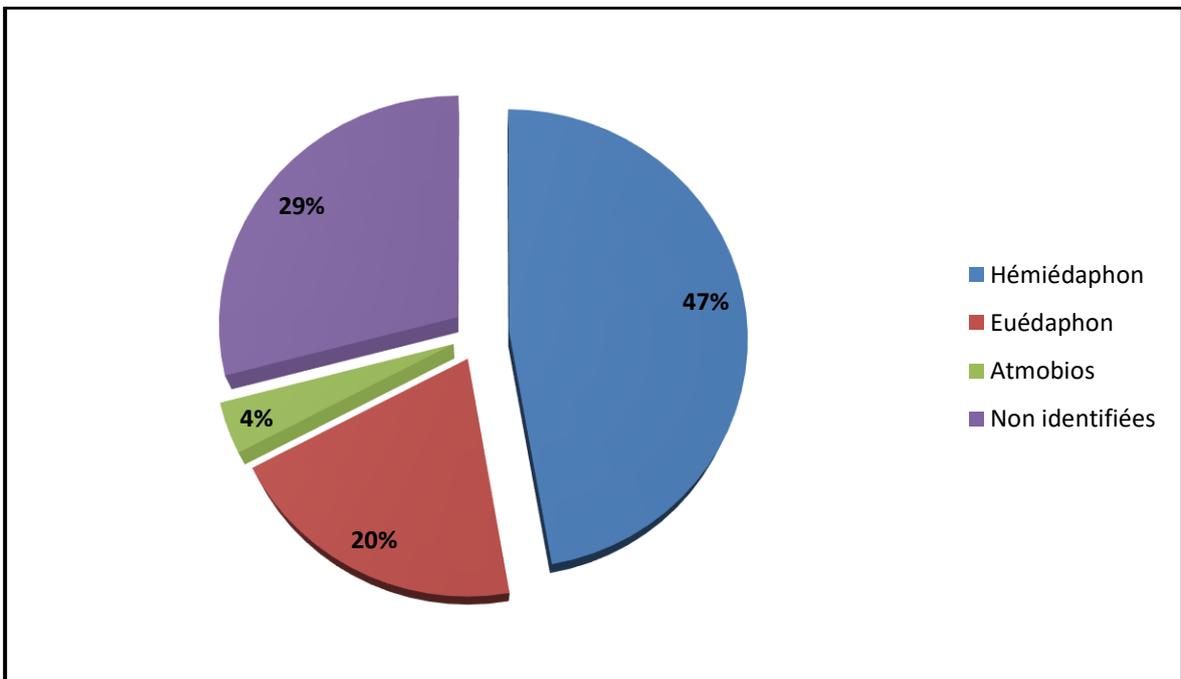


Figure 32. Proportions du type d'adaptation morphologique des espèces récoltées.

2. Discussion

Le travail présenté, est une tentative de compilation des données sur les collemboles de la wilaya de Constantine, recueillies dans (04) thèses soutenus au cours des 15 dernières années (depuis 2005 à 2023). Ces thèses réalisées par le Professeur Hamra Kroua, et Bendjaballah, Bouseba Lekikout, Abed Boukeloua renferment l'essentiel de nos connaissances sur la faune collembologique de cette willaya.

C'est à Hamra Kroua (2005) que reviens le mérite de prendre le flambeau. Suite à ses récoltes nombreuses dans l'Est algérien et essentiellement à l'Edough, il met en évidence une diversité extraordinaire. Cette étude pionnière reste jusqu'à ce jour une référence incontournable pour tout zoologiste voulant se lancer dans l'étude de ce groupe d'hexapodes.

Bendjaballah (2019) est intéressé à la faune litéricole des forêts appartenant aux étages bioclimatiques humid, sub-humid et semi-aride. Il donne une liste de 71, et parmi lesquelles 24 sont nouvelles pour le pays.

Comme nous l'avons déjà énoncé, et afin de répondre à l'objectif de notre travail, état de connaissances sur les collemboles de la willaya de Constantine, nous avons essayé, en premier lieu, de compiler toutes les données possibles renfermés dans les thèses des quatre auteurs (Hamra Kroua, et Bendjaballah, Bouseba Lekikout, Abed Boukeloua) pour donner une première liste aussi exhaustive que possible (voir tableau 4).

En deuxième lieu, nous avons donné, la Liste des Collemboles identifiées dans les différentes localités au Constantine, et l'élimination des espèces dont le statut est incertain (changement de nom). Cette opération nous a permis de donner la liste illustrée tableau 5.

Pour les espèces que nous avons éliminées de la première liste, citons comme exemple: *Cryptopygus thermophilus* (par Hamra Kroua) connue actuellement sous le nom : *Hemisotoma thermophila*.

D'après la liste donnée dans le tableau 4, nous remarquons que l'ordre des Poduromorpha représenté avec 5 familles, 15 genres et 25 espèces soit 46% des espèces identifiés. Hamra Kroua (2005) cite 8 espèces réparties sur 7 genres appartenant à 5 familles, Bendjaballah (2019) cite 13 espèces, appartiennent à 5 familles 9 genres. Bouseba Lekikout (2017) cite 8 espèces, 4 familles 7 genres. Abed Boukeloua (2019) cité 17 espèces, 5 familles et 11 genres. *Acherontiella bougisi* que Hamra Kroua qu'il Les Entomobryomorpha sont représentés par

3 familles, 19 genres et 25 espèces Soit 45 %. Hamra Kroua (2005) cite 11 espèces réparties sur 3 familles et 8 genres. Bendjaballah (2019) cite 11 espèces, 2 familles 10 genres. Bouseba Lekikout (2017) cite 8 espèces, 2 familles 8 genres. Abed Boukeloua (2019) cite 17 espèces, 2 familles et 15 genres.

Les Symphypleona sont représentés par 3 familles, 4 genres et 4 espèces Soit 7%. Bendjaballah (2019) donne une liste de 4 espèces, 3 familles 4 genres. Bouseba Lekikout (2017) donne une liste de 2 espèces, 2 familles 2 genres. Abed Boukeloua (2019) donne une liste de 3 espèces, 2 familles et 3 genres.

L'ordre des Neelipleona est représenté par une seule espèce, (*Neelus murinus*) on a trouvé quand Bendjaballah (2019) et Abed Boukeloua (2019).

Par localités de la willaya de Constantine, c'est Chettabah et Sidi Driss cela traduit le nombre élevé d'espèces identifiées, 29 espèces trouvées de ces deux localités, comparées aux autres localités, Sidi Driss 22 espèces, Milieu Urbain 19 espèces, El-Barraouia ci le moins présenté avec 14 espèces.

Plusieurs espèces citées dans la littérature n'y figurent pas dans notre liste. Vu le temps limité nous n'avons pas pu toutes les recensées mais nous pensons qu'il est nécessaire de le signaler exemples: *Dicyrtoma cirtana* décrite par Lucas (1846) de Constantine. Cette espèce n'a jamais été retrouvée depuis, il a été trouvé que quatre individus *Onychiurus obsiones* décrite par Cassagnau (1963) dans son travail sur le nord-constantinois et jamais retrouvée jusqu'à ce jour. *Dicyrtomina saundersi* Citées par Bretfeld (2001)

La famille des Hypogastruridae est représentée par 9 espèces réparties sur 5 genres, soit 17% du total identifié. Hamra kroua cite 2 espèces dans la région de Djebel El Ouahch et El-Barraoui ; *Ceratophysella cf. denticulata* et *Acherontiella bougisi* respectivement. Bendjaballah 3 espèces réparti sur la région de Chettabah (*Ceratophysella denticulata*), et Sidi Driss (*Ceratophysella armata*, *Ceratophysella denticulata*, *Ceratophysella gibbosa*). Bouseba Lekikout cite une seule espèce *Willemia intermedia* dans le Milieu Urbain. Abed Boukeloua cite l'espèce de *Xenylla mediterranea* dans la localité de Chettabah.

La famille des Brachystomellidae est représentée par une seule espèce soit 2% *Brachystomella parvula*. Ces résultats sont conformes aux résultats de Hamra kroua, Bendjaballah, Abed Boukeloua, dans leurs travaux sur les localités de Djebel El Ouahch et Chettabah respectivement.

La famille des Neanuridae est représentée par 3 sous-familles, 6 genres et 9 espèces, soit 16%. *Bilobella aurantiaca*, *Friesea oligorhopala*, a été trouvée dans la localité de Djebel Ouahch et El-Barraouia, par Hamra Kroua. 5 espèces citées par Bendjaballah dans la localité de Chettabah (*Friesea majour*, *Bilobella aurantiaca* et *Pseudachorutes assigillata*) et Sidi Driss (*Friesea afurcata*, *Friesea laouina*, *Bilobella aurantiaca*, *Protanura pseudomuscorum*). Bouseba Lekikout trouvée 2 espèces dans le lieu Urbain (*Bilobella aurantiaca*, *Pseudachorutinae sp.*). Abed Boukeloua trouvée 7 espèces réparti sur la localité de Djebel Ouahche et Chettabah.

La famille des Onychiuridae est représentée par 3 espèces réparties sur 2 genres, soit 5% du total des espèces identifiées. Hamra Kroua dénombre une seule espèce sur la localité d'El_Barraoui (*Protaphorura armata*). Bendjaballah cité les trois espèces dans la localité de Chettabah (*Protaphorura armata*) et Sidi Driss (*Deuteraphorura sp.*, *Protaphorura armata*, *Protaphorura sp.*). Bouseba Lekikout cité une seule espèce dans le Milieu Urbain. Abed Boukeloua cité les trois espèces dans Djebel Ouahch.

La famille des Tullbergiidae est représentée par 3 espèces du même genre *Mesaphorura*, soit 5%. Hamra Kroua cité *Mesaphorura macrochaeta* sur la localité d'El_Barraoui. Bendjaballah et Bouseba Lekikout cité *Mesaphorura sp.* sur la localité de Chettabah et Milieu Urbain respectivement. Abed Boukeloua cité 2 espèces *Mesaphorura critica*, *Mesaphorura sp.* sur la localité de Chettabah et Djebel Ouahch.

La famille des Isotomidae est la mieux représentée parmi les familles des collemboles identifiées dans le présent travail avec 10 genres et 15 espèces, soit 26%. Hamra Kroua cité 8 espèces réparties sur les deux localités El_Barraoui (*Cryptopygus bipunctatus*, *Cryptopygus thermophilus*, *Folsomides parvulus*, *Isotomiella minor*, *Pseudanurophorus isotoma*) et Djebel Ouahch (*Folsomides parvulus*, *Isotomiella minor*, *Isotomurus cf unifasciatus*, *Isotomurus palustris*, *Proisotoma minuta*). Bendjaballah cité 7 espèces réparties sur les deux localités de Chettabah (*Folsomides parvulus*, *Hemisotoma thermophila*, *Isotomiella minor*, *Isotomurus palustris*, *Isotomidae sp.*, *Proisotoma minuta*) et Sidi Driss (*Folsomides parvulus*, *Hemisotoma thermophila*, *Isotomiella minor*, *Proctostephanus sanctiaugustini*). Bouseba Lekikout cité 4 espèces dans le Milieu Urbain (*Folsomia candida*, *Hemisotoma thermophila*, *Isotomurus palustris*, *Isotomurus sp.*). Abed Boukeloua cité 9 espèces réparties sur les deux localités Djebel Ouahch (*Folsomia penicula*, *Proctostephanus sanctiaugustini*,) et Chettabah (*Folsomides parvulus*, *Isotomurus sp.*).

La famille des Entomobryidae est représentée par 9 espèces réparties sur 7 genres, soit 17%. Hamra Kroua cité 2 espèces réparties sur El_Barraoui (*Heteromurus major*, *Pseudosinella alba*) et Djebel Ouahch (*Pseudosinella alba*). Bendjaballah cité 4 espèces réparties sur les deux localités de récolte Chettabah (*Heteromurus major*, *Pseudosinella alba*, *Seira domestica*) et Sidi Driss (*Entomobrya sp*, *Heteromurus major*, *Seira domestica*) Bouseba Lekikout cité 4 espèces dans le Milieu Urbain (*Entomobrya sp*, *Heteromurus major*, *Lepidocyrtus sp*, *Orchesella cinata*,). Abed Boukeloua cité 8 espèces réparties sur les deux localités Djebel Ouahch (*Entomobrya sp*, *Entomobryidae sp*, *Heteromurus major*, *Seira domestica*) et Chettabah (*Entomobrya multifasciata*, *Entomobrya sp*, *Heteromurus major*, *Lepidocyrtus sp*, *Orchesella sp*, *Seira domestica*).

La famille des Oncopoduridae une seule espèce *Oncopodura crassicornis* cité par Hamra Kroua sur El_Barraoui

La famille des Dicyrtomidae est représentée par 2 espèces *Dicyrtomidae sp* cité dant Chettabah par Bendjaballah, et le deuxième espèce est *Dicyrtomina ornata* cité par Bendjaballah, Bouseba Lekikout, Abed Boukeloua réparti sur Sidi Driss, Djebel Ouahch, Milieu Urbain

La famille des Sminthuridae est représentée par une seule espèce *Caprainea marginata*. Bendjaballah c'est le seul q il cité dans Chettabah et Sidi Driss.

La famille des Sminthurididae est aussi représentée par une seule espèce *Sphaeridia pumilis*. Cité par Bendjaballah, Bouseba Lekikout, Abed Boukeloua, réparti sur Chettabah, Sidi Driss, Milieu Urbain, respectivement.

La famille des Neelidae vient en dernier avec une seule espèce *Neelus murinus*, et seule Bendjaballah et Abed Boukeloua qu'il signalé.

Cette liste reste, certainement, incomplète et ne reflète pas la diversité d'un territoire constantinoise. Nous estimons que le chiffre donné (54 espèces) peut facilement doubler.

Conclusion

Les résultats sont une tentative de compilation des données, sur les collemboles, recueillies dans quatre (4) travaux soutenus au cours des 20 dernières années (depuis 2005 à 2023).

Un total de 43 espèces a été identifié dans les cinq (5) localités de la willaya de Constantine. Elles se répartissent sur quatre ordres, 12 familles et 34 genres de collemboles connus.

Toutes les espèces identifiées sont déjà signalées à Constantine. La faune rencontrée est composée d'espèces à large répartition et cosmopolites.

Le présent travail, quoique préliminaire, ouvre de larges perspectives pour la Connaissance de la biodiversité de la faune collembologique de Constantine.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A -

Absolon, K., (1913). - Ube reine neue subterrane Collembola Acherontiella onychiuriformis n.g., n.sp. aus den Höhlen Algiers. Arch. Zool. Exp. gén. (Notes et Revues), t. 51, p. 1-7.

Adams, E.C.G. et Salmon, J.T., (1972). - The mouthparts and feeding methods of *Brachystomella parvula* (Schaeffer) (Collembola: Brachystomellidae). Trans. R. ent. Soc. Lond. 124 (3) : 269-286.

Aissat, L., (2012). - Evaluation et caractérisation de la faune des milieux insulaire de la région de Jijel. Mémoire de Magister, Analyse de l'environnement et biodiversité, Université Abderrahmane Mira de Béjaia, 157p.

Ait Mouloud, S., (2011). - Biodiversité et distribution des collemboles dans l'écotone eau-sol forestier dans la mare d'Aghrib et dans la tourbière d'El-Kala. Thèse de Magister en Sciences Biologiques. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 115 p.

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

Amri, C., (2006). - Les Collembola de quelques habitats et biotopes de l'est algérien : Inventaire et dynamique saisonnière. Thèse de Magister en Entomologie. Université Mentouri, Constantine. 108 p.

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

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

- B -

Baquero, E., Hamra Kroua, S. et Jordana R., 2009. A new species of Entomobrya from North Algeria (Collembola: Entomobrya). Entomol. News. 120 (1): 65-75.

Baquero, E., Hamra Kroua, S., and Jordana, R., (2009). - New species of entomobrya from northern algeria (collembola: entomobryidae). Entomological news, vol.120, n°1.

Bellinger, P.F., Christiansen, K.A. et Janssens, F., (1996-2022). - Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>. Consulté le 16 avril 2022.

Bendjaballah, M., (2019). - Biodiversité des microarthropodes litériques (Hexapoda : Collembola) de quelques localités du Nord-Est algérien. Thèse De Doctorat : Univ.Mentouri,Constantine, 31-40 p.

Betsch, J.M., (1980). - Éléments pour une monographie des Collemboles Symphypléones (Hexapodes, Aptérygotes)., Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Nouvelle Série, Série A, Zoologie, Tome 116, p.1-227.

Betsch, J.M., (1990). - Le comportement reproducteur des Collemboles. Insectes N°77, OPIE –INRA.

Börner, C., (1903). -Über neue Altweltliche Collembolen, nebst Bemerkungen zur Systematik der Isotominen und Entomobryinen. Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin 3: 129-182. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.29866>

Boucena, R. et Noui, R., (2021). - Etat des connaissances sur la diversité et l'appartenance biogéographique des collemboles du Nord-Est Algérien. Mémoire de Master, Université Metori Constantine, 15p.

Bouseba, C. et Lekikot, A., (2017). - La biodiversité des collemboles des habitats urbains et semi urbains de la Région de Constantine. Mémoire de Master. Biologie de contrôle et population d'insectes. Université des frères Mentouri, Constantine 1. 85p.

Brachen, M. et Adjeroud, A., (2011). - Etude géologique et géotechnique du POS N°1 d'El Aouana, Wilaya de Jijel (Algérie). Mémoire de Master ; Génie géologique, université de Jijel, 65p.

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

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

Brahim Bounab, H., (2016). - Les Collemboles (Hexapoda : Collembola) de quelques localités du Nord-est algérien : Taxonomie et Appartenance Biogéographique. Thèse de Doctorat 3eme Cycle en Biologie Animale. Université Frères Mentouri, Constantine. 229p.

Brahim Bounab, H., Zoughailech, A., Hamra Kroua, S., (2014). - THE Collembola poduromorpha FAMILIES: NEANURIDAE AND ODONTELLIDAE OF SOME LOCALITIES OF NORTHEASTERN ALGERIA. Sciences et Technologie C. 39 : 40-45.

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

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

- C -

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

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

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), 197-206.

Cassagnau, P. (1971).- Le spermatophore des Collemboles Neanuridae. Rev. Ecol. Biol. Sol. 8, 609-616.

- D -

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

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

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

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

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

Delamare Debouteville, C., (1953).- Collemboles marins de la zone souterraine humide des sables littoraux. *Vie et milieu*, 2, 290-319.

Denis, J.R., (1925).- Sur les Collemboles d'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*. Tome 6, 254-256.

Denis, J.R., (1935).- Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (2^onote).*Bull.Socent.Fr.* 16: 230-233.

Derradj, L., (2014).- Les collemboles (Hexapoda, Arthropoda) Répertoire mondial et national des espèces connues. Mémoire de Master. Biologie, Evolution et contrôle des populations d'insectes. Université des frères Mentouri, Constantine. 81p

- G -

Gama M. M. DA., (1969). – Notes taxonomiques et lignées généalogiques de quarante deux espèces du genre *Xenylla*. *Memes. Estud. Mus. Zool. Univ. Coimbra*, 308, 1-61

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

- H -

Hamra Kroua, S. et Alatou D., (2003). - Les Collemboles du Nord-Est Constantinois. *Sciences et Technologie C, Univ.Mentouri Constantine* : n° 20, pp 21-24.

Hamra Kroua, S., (2005). - Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-est algérien : Taxonomie, Biogéographie et Ecologie. Thèse de doctorat d'Etat en sciences naturelles. Université Mentouri, Constantine. 266 p.

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.

Handschin, E., (1926). - Collembolen aus Algerien. Neue Beitr. Syst. Insektenk. 3 : 117-126.

Hopkin, S.P., (1997). - Biology of the Springtails (Insecta : Collembola). Oxford University Press., 196,1979, p.39-57.

- J -

Jabłońska, A., Szklarzewicz, T., Larink, O., et Biliński, S., (1993). - Structure of ovaries in two collembolans, Allacma fusca and Arrhopalites coecus (Hexapoda, Entognatha). Folia Histochemica et Cytobiologica, 31(2), 87-92.

Janssens F. et dethier M., (2005). - Contribution à la connaissance des Collemboles des milieux souterrains de Belgique », Bulletin des Chercheurs de la Wallonie, 44 : 145-165.

Jordana, R., Arbea, J.I., Simón, C. et Luciññez, M.J., (1997). - Fauna Iberica, Collembola Poduromorpha Museo Nacionalde Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Madrid. Vol.8, 807 p.

Juberthie, C. et Cassagnau, P., (1971). - L'évolution du système neurosécréteur chez les Insectes; l'importance des Collemboles et des autres Aptérygotes. Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol, 8, 59-80.

- K -

Kuznetsova, N.A. et Potapov, M.B., (1988). - New data on the taxonomy of springtails of the family Neanuridae and Odontellidar (Collembola). Moscow state V.I. Lenin Pedagogical Institute. T LXVII, 12: 1833-1844.

- L -

Leblalta, A., (2009). - Les Collemboles de la litière du Chêne-vert (Quercus ilex) dans le massif forestier de Belezma. Mémoire de Magister ; Entomologie Agricole et Forestière, Batna : Univ. El Hadj Lakhdar, Batna, 4-10 p.

Lee, B.H. et Thibaut, J.M., (1998). - New family gulgastruidae of collembola (Insecta) Based on Morphological, Ecobiological and Molecular Data., Korean J. Biol.Sci. 2,1998,p.451-454.

Lubbock, J., (1873). - Monograph of the Collembola and Thysanura. Ray Society. London. p.1-276.

Lucas, H., (1846). -Aperçu des espèces nouvelles d'insectes qui se trouvent dans nos possessions françaises du Nord de l'Afrique. Rev. Zool., t. 9, pp. 252- 256.

- M -

Massoud, Z., (1971).- Un élément caractéristique de la pédofaune : les Collemboles. In : La vie dans les sols, Gauthier –Villars, Pesson (P.), ed., Paris, 337-388.

Moulai, R. et Aissat, L., (2015). - Contribution à l'analyse de diversité entomologique des milieux insulaire de la région de Jijel (Algérie), Entomologie faunistique 2011 (2010) 63 (3), 109- 113p.

- N -

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

- P -

Palissan A. cité par Schweorbel,J. et Zwick,P., (2000). - Suwasserfauna von Miteuropa, Band 10 : Insecta.collembola, Spektrum, Akkad. Verlag, p.1-166.

Pedigo, L.P. (1967). - Selected life history phenomena of *Lepidocyrtus cyaneus* f. *cinereus* Folsom with reference to grooming and the role of the collophore (Collembola : Entomobryade). Entomological News, 78, 263-7.Pedobiologia 37: 1123-244

Ponge J.F., (1993). - Biocenoses of Collembola in Atlantic temperate grass-land ecosystems.

- R -

Raccaud-Schoeller, J., (1980). - Les insectes : physiologie, développements.

Rusek, J., (1987). - New types of linea ventralis in Collembola and its function. In Soil fauna and soil fertility (ed . B.R. Striganova), 699-706. Nauka, Moscow.

Rusek, J., (1998). - Biodiveristy of collembola and their functional role in the ecosystem. 1207-1219. 13p.

- S -

Schliwa, W., (1965). - Vergleichend anatomisch-histologische Untersuchungen über die Spermatophorenbildung bei Collembolen (mit Berücksichtigung der Dipluren und Oribatiden)., Zool. Jb. Anat, Bd. 82, 1965, p.445-520.

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

Soto-Adames F.N., (1996). - Collembola. Department d'Entomologie, Université de Illinois, 505 S. Googwin Ave. Urbana, Il 61801. <http://www.life.uiuc.edu>

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

- T -

Thibaud J.M. et Massoud Z., (1973). - Etude de la régression des cornéules chez les insectes Collemboles. Ann. Spéléo., 28 (2), 159-166.

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, p.83-201.

Thibaud, J.M., (2004). - Synopses on palaeartic collembola: hypogastruridae. Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Gorkitz, 75, 1-287.

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

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

Thibaud, J.M. et Najt, J., (1992). - Isotogastruridae, a new family of terrestrial interstitial Collembola from the Lesser Antilles. Bonner zoologischer Beitrag, 43(4), 545-551.

Tiegs O.W., (1942). - The 'Dorsal Organ' of Collembolan Embryos., Quarterly Journal of Microscopical Science, s2-83, 330, p.153-169.

- U -

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

- V -

Verhoef, H.A et Prast, J.E., (1989). - Effect of dehydration on osmotic and Ionic Regulation in *Orchesella Cincta* (L) and *Tomocerus Minor* (Lubbock collembola) and (the role of the coelomoduct kidneys).93 A, N°.4.691-694p

- Z -

Zhang, Z.Q. cite par Zhang, A.Q., (2011). - Phylum Arthropoda von siebold, 1848. Animal biodiversity : An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness, Zootaxa 3475, 23 Dec.2011, p.99-103.

Zoughailech, A., Hamra Kroua, S. et Deharveng, L. (2016). – New species of *Pseudochorutes* (Collembola: Neanuridae) from North Eastern Algeria. Zootaxa 41548 (4) : 557- 567.

Zoughailech, A., (2017). - Biodiversité comparée et endémisme des Collemboles (Hexapoda: Collembola) de deux massifs algériens dans un même contexte bioclimatique. Thèse de Doctorat 3eme Cycle en Biologie Animale. Université Frères Mentouri, Constantine. 294p.

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

Année universitaire : 2022-2023

Présenté par : BENROUBA Aya
DIB Ahlem

Etat des connaissances sur les collemboles de la wilaya de Constantine

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

Résumé

Notre présent travail est une tentative de compilation des données, sur les collemboles de la wilaya de Constantine, recueillies dans différents travaux soutenus au cours des 20 dernières années (depuis 2005 à ce jour).

Ces travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés sont réalisés dans plusieurs localités de notre wilaya : la localité d'El_Barraouia et de Djebel Ouahch (Hamra Kroua, 2005) la localité de Chettabah et Sidi Driss (Bendjaballah, 2005). Les milieux urbains (Bouseba et Lekikout, 2017) et enfin les localités de Chettabah et Djebel Ouahch prospecté par Abed et Boukeloua (2019).

Par localités de la wilaya de Constantine, c'est de Chettabah et Djebel Ouahch d'où provient l'essentiel des espèces identifiées (29 espèces trouvés dans ces deux localités). Pour les autres localités, 22 espèces sont recensés à Sidi Driss, 19 espèces dans différents Milieux Urbains et 14 espèces à El-Barraouia.

Cette liste reste, certainement, incomplète et ne reflète pas la diversité réelle de la wilaya de Constantine. Nous estimons que le chiffre donné (54 espèces) peut facilement doubler.

Mots-clefs :

Laboratoires de recherche :

Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes (Université Frères Mentouri, Constantine 1).

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

Encadrant : BENDJABALLAH Mohamed (MCB - UFMC 1).

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