



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



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

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

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie Animale

قسم : بيولوجيا الحيوان

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie et contrôle des populations d'insectes

Intitulé :

Etat des connaissances sur la diversité et l'appartenance biogéographique des collemboles du Nord-Est Algérien

Présenté et soutenu par : BOUCENA Rayenne

Le : 18/07/2021

NOUI Rayane

Jury d'évaluation :

Président du jury : BAKIRI Asma (MCB - UFM Constantine 1).

Rapporteur : HAMRA KROUA Salah (Prof. - UFM Constantine 1).

Examineur : BRAHIM BOUNAB Hayette (MCA - UFM Constantine 1).

*Année universitaire
2020- 2021*





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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



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

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie Animale

قسم : بيولوجيا الحيوان

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie et contrôle des populations d'insectes

Intitulé :

Etat des connaissances sur la diversité et l'appartenance biogéographique des collemboles du Nord-Est Algérien

Présenté et soutenu par : BOUCENA Rayenne

Le : 18/07/2021

NOUI Rayane

Jury d'évaluation :

Président du jury : BAKIRI Asma (MCB - UFM Constantine 1).

Rapporteur : HAMRA KROUA Salah (Prof. - UFM Constantine 1).

Examineur : BRAHIM BOUNAB Hayette (MCA - UFM Constantine 1).

*Année universitaire
2020- 2021*

Dédicace

Je dédie Mon travaille

*A Mes grands-parents paternels **AMOR ET HALIMA** sur tout à Ma grande Mère cette femme exceptionnelle qui m'inspire depuis toujours et à dois tout J'implore Dieu, tout puissant, de vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.*

*A Mon Père **YAZID** Tout l'encre du monde ne pourrait suffire pour exprimer mes sentiments envers un être très cher.*

*A l'âme de Ma Mère **ILHEM** que Dieu ait pitié d'elle avec sa miséricorde et de faire d'elle l'une du paradis.*

*A MON Mari **RAMZI** Pour l'amour et l'affection qui nous unissent Je prie Dieu le tout puissant de préserver notre attachement mutuel, et d'exaucer tous nos rêves.*

*A Mes Sœurs **AHLEM, MERIEM** et **MIRAL**, Mes Copines **MIMI** et **RAYANE**, Mes Cousines **ROFEIDA .ROKIA SAFIA. KHADIDJA** et tout Ma Famille Que Dieu les protèges.*

*A Monsieur **BENDJABALLAH MOHAMED** pour la force, le courage et l'aide qu'il a donnés.*

.... **RAYENNE**

Dedicace

*A la mémoire de ma sœur d'amour **dorsaf**, qui a toujours été à mes cotés, que Dieu lui entoure de sa miséricorde, tu resteras toujours dans mon cœur.*

A mes chères parents à qui je dois ce que je suis.

*Mon père **Mouhamed**, mon roi, mon modèle, et mon hero.*

*Ma mère **Nora**, l'ange égaré sur cette terre, la femme rebelle symbole d'amour, d'affection et de courage.*

*Mes bébé d'amour **Rachel** et **Maram**, vous étiez ma source de courage et de joie, je vous aime très fort.*

Mon amie Rayenne, mon bra droit, j'ai l'honneur de te connaître

*A Monsieur **Bendjaballah Mouhamed**, merci pour tout*

Noui.Rayene

Avant tout... nous remercions le dieu de nous avoir donné de la patience, le courage, et la force pour achever ce travail.

Nos sincères remerciements et respect à notre encadreur Mr. HAMRA KROUA Salah.

Nous exprimons toutes nos gratitudeux aux membres de jury d'avoir accepté de jurer ce modeste travail Madame BRAHIM BOUNAB Hayatte et Madame BAKIRI Asma.

Merci à vous !

Une spéciale appréciation à la modestie de M. Bendjaballah qui a malgré ses occupation n'as pas tourné le dos sur nous, pour sa patience son écoute et son énorme support tout au long de la réalisation de ce mémoire, merci d'avoir pris le temps de nous orienter.

Merci à toute l'équipe de l'entomologie !!!

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciements	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction générale	02
Chapitre I : Données bibliographiques	
1. Généralités	04
2.Mprphologie générale	05
2.1.Tête	05
2.1.1. Les antennes	05
2.1.2. La zone oculaire.....	06
2.1.3 la région buccale.....	07
2.1.4 la région céphalique	08
2.2 .Thorax	09
2.3. Abdomen.....	09
2.3.1. Le collophore	10
2.3.2 Le rétinacle	10
2.3.3. Furca	10
2.4. Le tégument.....	11
3. Anatomie interne	12
3.1. Système nerveux	13
3.2. Système digestif	13
3.3. Système respiratoire	15
3.4. Système circulatoire	16
3.5. Système musculaire.....	16
3.6. Système endocrinien	16
3.7. Système excréteur	17
4. Reproduction et développement	17
4.1. Appareil génital male.....	18
4.2. Appareil génital femelle.....	19
5. La fécondation.....	19
5.1. La ponte	20
5.2.L'oeuf	20
6.Ecologie	21
6.1.Adaptation morphologique	21
6.2.Nourriture	22

6.3. Adaptation à la température	23
6.4. Adaptation au mili humide	24
6.5. Rôle des collemboles	24
6.6. Parasites et prédateurs	24
7.Systématique actuelle des collemboles	26
Chapitre II : Présentation des localités de récoltes et méthodes d'études	
1. Présentation des localités de récoltes	30
1.1. Wilaya d'Annaba	30
1.2. Wilaya de Constantine.....	31
1.3. Wilaya d'El Tarf.....	32
1.4. Wilaya de Guelma.....	33
1.5. Wilaya de Jijel	33
1.6. Wilaya de Mila.....	34
1.7. Wilaya d'Oum El Bouaghi	35
1.8. Wilaya de Skikda	36
2. Matériel et méthodes	36
2.1. Techniques de prélèvement des échantillons.....	36
2.2. Extraction des collemboles.....	37
2.3. Tri et dénombrement des collemboles.....	39
2.4. Identification des collemboles	40
Chapitre III : Résultats et discussion	
1. Composition faunistique	42
2. Discussion	59
2.1. Historique des travaux sur les collemboles d'Algérie	60
2.2. Etat des connaissances sur les collemboles du Nord-Est Algérien	60
Conclusion	62
Références bibliographiques	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Espèces de collemboles en fonction de leur milieu de vie.

Tableau 2. Classification actuelle des collemboles modifiée d'après Bellinger et al. 2021

Tableau 3. . Hiérarchie taxonomique moderne des collemboles selon Deharveng (2004)

Tableau 4. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes.

Tableau 5. Liste actualisée des Collemboles rencontrées au Nord-Est algérien, leur aire de distribution et leur type biologique.

LISTE DES FIGURES

Figure 01. Morphologie générale d'un Collembole. *Dicyrtomina ornata*

Figure 02. Schéma de structure d'un collembole

Figure 03. Les différents types d'antennes des collemboles

Figure 04. Aires oculaires des collemboles

Figure 05. Pièces buccales des collemboles

Figure 06. La région céphalique des collemboles

Figure 07. Les attributs abdominaux ventraux d'un Collembole Poduromorphe
Hypogasstruride : tube ventrale-rétinacle_furca

Figure 08. Détail de furca de *Ceratophysella*

Figure 09. Schéma générale des systèmes internes des collemboles

Figure 10. Ultrastructure épicuticulaire basique chez les Collemboles.

Figure 11. Le Système nerveux de collembole

Figure 12. Le système digestif des collemboles

Figure 13. Le système respiratoire des collemboles

Figure 14. Spermathophore de collembole

Figure 15. La fécondation chez les collemboles

Figure 16. le couplement de mâle et femelle de collembole par leurs antennes

Figure 17. Œuf enrobé d'Arrhopalites caecus

Figure 18. les collemboles et leurs prédateurs & nourritures

Figure 19. Les localité de récolte

Figure 20. Extraction de la faune du sol sur appareils de Berlese (Zoughailech, 2017)

Figure 21. Extraction des collemboles par la méthode sèche.

Figure 22. Fréquences absolues des ordres des familles, genres et espèces récoltées par wilaya

Figure 23. Proportions en pourcentage (%) des différents ordres de collemboles récoltés

Figure 24. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées.

Figure 25. Répartition des espèces récoltées sur les différentes familles.

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

Figure 27. Proportions de l'appartenance biogéographique des espèces récoltées

Figure 28. Proportions du type d'adaptation morphologique des espèces récoltées

Résumé

Notre présent travail est une tentative de compilation des données, sur les collemboles du Nord-Est Algérien, recueillies dans quatre (04) thèses soutenues au cours des 15 dernières années (depuis 2005 à ce jour).

Ces travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés sont réalisés dans plusieurs localités appartenant à 08 Wilayas : **Annaba** (Edough), **Constantine** (Chettabah, Djbel El Ouahch, Khroub et Sidi Driss), **El-Tarf** (El-Kala), **Guelma** (Djebel Taya), **Jijel** (Béni Belaid), **Mila** (Béni Haroun), **Oum El Bouaghi** (Ain M'lila, Guerioun et Sidi Rgheiss) et **Skikda** (Azzaba, Collo, Filfila, Guerbès et Ouled Habeba).

Parmi les 127 espèces recensées dans notre liste, neuf (09) sont endémique du Nord-Est algérien dont *Edoughnura rara* est endémique du Massif de L'Edough. *Friesea laouina* et *Friesea major* ont été décrite de ce dernier massif. Trois espèces appartenant au même genre : *Pseudachorutes deficiens*, *P. labiatus* et *P. octosensillatus* sont décrites du massif voisin de Collo tandis que *Deutonura zana* est commune aux deux massifs. Pas loin de l'Edough Cassagnau (1963) a décrit *Proctostephanus sanctiaugustini* alors que *Superodontella tayaensis* est décrite de Djebel Taya à Guelma.

Par localités, c'est la wilaya de Skikda et celle d'Annaba qui ont bénéficiées d'un effort d'échantillonnage avéré. Cela traduit le nombre élevé d'espèces identifiées, 72 espèces à l'Edough (Brahim Bounab et al., 2020) et 74 espèces à Collo (Bendjaballah et al., 2018), comparées aux autres localités.

Cette liste reste, certainement, incomplète et ne reflète pas la diversité d'un territoire aussi vaste que le Nord-Est algérien. Nous estimons que le chiffre donné (127 espèces) peut facilement doubler.

Mots clés: Collemboles, Biodiversité, Nord-Est algérien.

Abstract

Our present work is an attempt to compile data, on springtails of North-East Algeria, collected in four (04) theses defended over the last 15 years (since 2005 to date).

These works on which we have relied are carried out in several localities belonging to 08 Wilayas: **Annaba** (Edough), **Constantine** (Chettabah, Djbel El Ouahch, Khroub and Sidi Driss), **El-Tarf** (El-Kala), **Guelma** (Djebel Taya)), **Jijel** (Béni Belaid), **Mila** (Béni Haroun), **Oum El Bouaghi** (Ain M'lila, Guerioune and Sidi Rgheiss) and **Skikda** (Azzaba, Collo, Filfila, Guerbès and Ouled Habeba).

Among the **127** species listed in our list, nine (**09**) are endemic to northeastern Algeria, of which *Edoughnura rara* is endemic to the Edough Massif. *Friesea laouina* and *Friesea major* have been described from the latter massif. Three species belonging to the same genus: *Pseudachorutes deficiens*, *P. labiatus* and *P. octosensillatus* are described from the neighboring massif of Collo while *Deutonura zana* is common to both massifs. Not far from Edough Cassagnau (1963) described *Proctostephanus sanctiaugustini* while *Superodontella tayaensis* is described from Jebel Taya to Guelma.

By localities, it is the wilaya of Skikda and that of Annaba that have benefited from a proven sampling effort. This reflects the high number of identified species, **72** species in **Edough** (Brahim Bounab et al., 2020) and **74** species in **Collo** (Bendjaballah et al., 2018), compared to other localities.

This list is certainly incomplete and does not reflect the diversity of a territory as vast as the Algerian northeast. We estimate that the figure given (127 species) can easily double.

Keywords: Collembola, Biodiversity, North-East Algeria.

ملخص

إن عملنا الحالي هو محاولة لتجميع البيانات ، على ذيل الربيع من شمال شرق الجزائر ، تم جمعها في أربع (04) أطروحات تم الدفاع عنها على مدى السنوات الخمس عشرة الماضية (منذ 2005 حتى الآن).

يتم تنفيذ هذه الأعمال التي اعتمدنا عليها في عدة محليات تنتمي إلى 08 ولايات: عنابة (عدو) ، قسنطينة (شنتابه ، جبل الواحش ، خروب وسيدي إدريس) ، الطارف (القلعة) ، قالمة (جبل الطايح) ، وجيجل (بني بلعيد) وميلة (بني هارون) وأم البواقي (عين مليلة وقريون وسيدي رغيص) وسكيكدة (عزبة وكولو وفلفة وقربس وأولاد حبيبة).

من بين 127 نوعًا مدرجًا في قائمتنا ، تسعة (09) مستوطنة في شمال شرق الجزائر ، منها Edoughnura Edough Massif. تم وصف Friesea laouina و Friesea major من الكتلة الصخرية الأخرية. ثلاثة أنواع تنتمي إلى نفس الجنس Pseudachorutes deficiens و P. labiatus و P. octosensillatus موصوفة من الكتلة الصخرية المجاورة في Collo بينما Deutonura zana شائعة في كلا الكتلة. ليس بعيدًا عن (1963) Edough Cassagnau وصف Proctostephanus sanctiaugustini بينما تم وصف Superodontella tayaensis من جبل الطايح إلى قالما.

حسب المحليات ، فإن ولاية سكيكدة وعنابة هي التي استفادت من جهود أخذ العينات التي أثبتت جدواها. وهذا يعكس العدد الكبير للأنواع المحددة ، 72 نوعًا في Edough (Brahim Bounab et al. ، 2020) و 74 نوعًا في Collo (Bendjaballah et al. ، 2018) ، مقارنة بالمواقع الأخرى.

هذه القائمة غير مكتملة بالتأكيد ولا تعكس تنوع منطقة شاسعة مثل الشمال الشرقي الجزائري. نقدر أن الرقم المعطى (127 نوعًا) يمكن أن يتضاعف بسهولة

الكلمات المفتاحية : التنوع البيولوجي ، شمال شرق الجزائر Collembola ..

Introduction

Introduction

Le sol est beaucoup plus qu'un simple support de culture. C'est un environnement de vie, abritant une biodiversité extraordinaire qui est un peu mal connue. C'est au cours de ces vingt dernières années, que la connaissance de la biodiversité des sols d'Algérie a fait plus de progrès que durant tout le siècle précédent.

Les collemboles constituent un groupe de petits arthropodes souvent sauteurs. Les plus vieux fossiles de ces arthropodes datent d'il y a 380 millions d'années, durant la période du Dévonien, bien avant l'apparition des dinosaures. Des spécimens fossilisés âgés de 33 millions d'années correspondent à des genres et même des espèces encore actifs de nos jours.

Les études consacrées à la connaissance des Collemboles d'Algérie sont très limitées et anciennes. Les premiers travaux remontent à la fin de la deuxième moitié du 19ème siècle où quelques espèces difficiles à replacer dans la systématique actuelle sont citées. Les premières études taxonomiques valables ont vu le jour entre 1920 et 1950 grâce aux travaux de Denis (1922 à 1937) et d'autres. Ce n'est qu'en 1963 que l'une des études les plus approfondies sur les Collemboles d'Algérie est réalisée par Cassagnau dans la région de Bône (Annaba).

A la fin du dernier millénaire et au début du présent, le professeur Hamra Kroua relève le défi d'être le premier algérien à étudier la biodiversité de ce groupe d'hexapode au Nord-est algérien. Pendant les 15 dernières années le professeur Hamra Kroua et son équipe ont pu décrire 10 nouvelles espèces dont trois d'entre elles appartiennent au même genre *Pseudachorutes*, deux au genre *Deutonura*, deux au genre *Friesea* plus la redescription d'une espèce du genre *Isotominella*.

Notre travail s'insère dans le cadre de la poursuite des efforts consentis par tous les auteurs précités, l'objectif de ce travail est de réactualiser nos connaissances sur la biodiversité des Collemboles du Nord-est Algérien.

Chapitre I :
Données
bibliographiques

1. Généralités sur les collemboles

Connus comme étant les plus anciens des hexapodes fossilisés, ils étaient déjà présents au Dévonien, il y a environ 400 Ma, donc avant les insectes (Grimaldi, 2010).

Ils ont longtemps été considérés comme des insectes primitifs, ils sont aptères et amétaboles (c'est-à-dire dépourvus d'ailes et ne passant pas par une phase larvaire). On tend à les rapprocher aujourd'hui des crustacés. Beaucoup d'espèces ressemblent à de petites crevettes (Gao et al., 2008) comme les talitres. Ils sont également « sauteurs » (Ugolinia et al., 2013).

La plupart sont lucifuges et vivent dans les premiers centimètres du sol, à l'abri de la lumière directe (quelques espèces descendent jusqu'à 30 cm de profondeur, notamment dans les sols labourés), mais de nombreuses espèces vivent au-dessus du sol, y compris dans la canopée des arbres tropicaux (Rodgers et Kitching, 2011). Ils jouent un rôle essentiel dans la dissémination et le contrôle de la microflore du sol (Thimm et al., 1998) et participent ainsi indirectement à la transformation de la matière organique et au cycle des nutriments.

Là où la matière en décomposition (feuilles mortes surtout) est abondante, en forêt par exemple, on en trouve en Europe de 50 000 à 400 000 individus par mètre carré. On les rencontre depuis les forêts tropicales humides jusqu'aux limites des glaces polaires et des glaciers en altitude. Certaines espèces vivent dans des fourmilières (Lenoir et al., 2000).



Figure 01. Morphologie générale d'un Collembole. *Dicyrtomina ornata*

2. Morphologie générale

De couleur parfois vive, les collemboles sont le plus souvent gris foncé, bleutés, blanchâtres ou jaunâtres. En général de petite taille, ils mesurent de 2 à 3 mm en moyenne, et exceptionnellement de 0,25 à 9 mm chez certaines espèces.

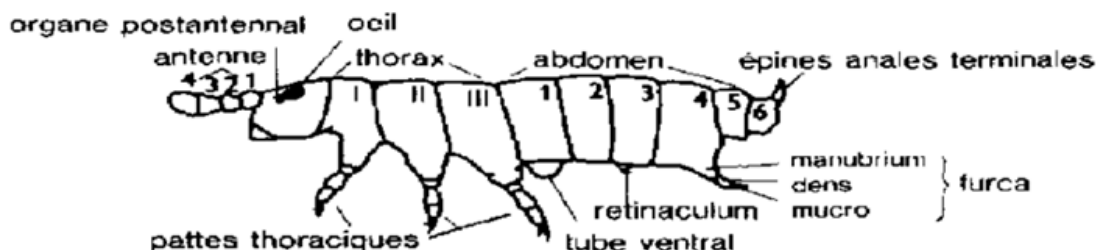


Figure 02. Schéma de structure d'un collembole

2.1. La tête

La tête est orthognathe ou prognathe portant une paire d'antennes de quatre articles chacune, parfois subsegmentés, deux organes postantennaire, deux yeux composés atypiques et les pièces buccales. Un organe photosensible constitué de deux groupes de 8+8 ommatidies indépendantes les unes des autres qui peuvent être réduites ou totalement absentes chez certain groupes. Un organe post-antennaire (organe de Tömösvary) se développe entre la base de l'antenne et la tache oculaire qui peut disparaître secondairement. Les mandibules sont de type primitif, portent une *pars apicalis* et une maxille possède un lobe externe palpigère et un lobe interne à capitulum apical pourvu de griffes et de nombreuses lamelles. Le labium est court à différenciation digitée constituant le plancher de la poche gnathale. L'appareil buccal peut aussi évoluer suivant le régime alimentaire, en particulier par étirement des mandibules qui perdent leur *pars molaris*, ou même peuvent entièrement disparaître, et la transformation du capitulum maxillaire en stylet (régime alimentaire liquide) (Cassagnau, 1990).

2.1.1. Les antennes

Les antennes des Collemboles sont constituées de quatre articles chez tous les Poduromorpha, les Actaletidae, les Isotomidae et plusieurs espèces d'Entomobryidae et de Symphyleona. Le nombre d'articles antennaires peut être porté à cinq articles par division du 1er article, comme c'est le cas chez le genre *Heteromurus*, ou à six articles suite à la division du 1er et du 2ème article chez le genre *Orchesella*. Chez quelques espèces

d'Entomobryidae on observe une segmentation secondaire du 4^{ème} ou du 3^{ème} et du 4^{ème} article. Chez plusieurs espèces de Symphypleona on peut observer l'apparition de plusieurs sous-segments sur le 4^{ème} 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 qui consiste en un accroissement d'épines sur les tubercules basales des articles antennaires II et III, de manière que l'articulation entre les articles et les épines forment une sorte de tenaille chez le mâle (Brahim Bounab, 2017).

Les antennes présentent en plus des phanères comme les soies, les sensilles ... etc. une valeur systématique, où chaque phanère présente une position caractéristique (Hamra Kroua, 2005).

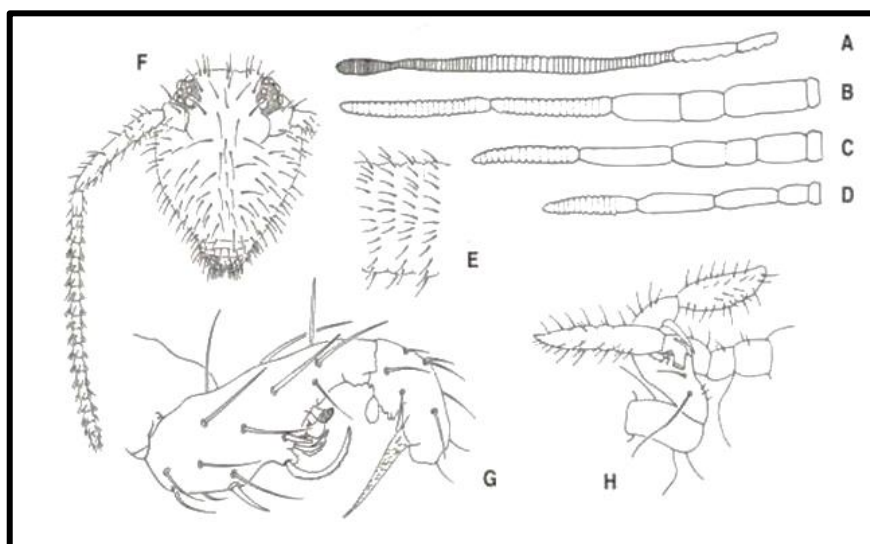


Figure 03. Les différents types d'antennes des collemboles

2.1.2. La zone oculaire

L'organe post-antennaire (OPA), homologue de l'organe de Tömösvary à fonction indéterminé, est de morphologie variable, absent chez les Neanuridae (Deharveng, 1983). Il est formé par un ou plusieurs lobes situés entre la masse des ommatidies et la base de l'antenne. Sa structure a été étudiée par Karuize (1971 cité par Jordana et Arbea, 1997) qui cite quelques particularités structurales qui distinguent l'organe post-antennaire des récepteurs classiques des Insectes.

Les ommatidies sont situées de chaque côté de la tête formant une tâche plus souvent pigmentée. Le nombre maximum d'ommatidies est de huit par côté, chacune d'elles conserve la même situation et est désignée par une lettre. Quelques-unes d'elle peuvent disparaître et leur disposition constitue un caractère spécifique à valeur systématique.

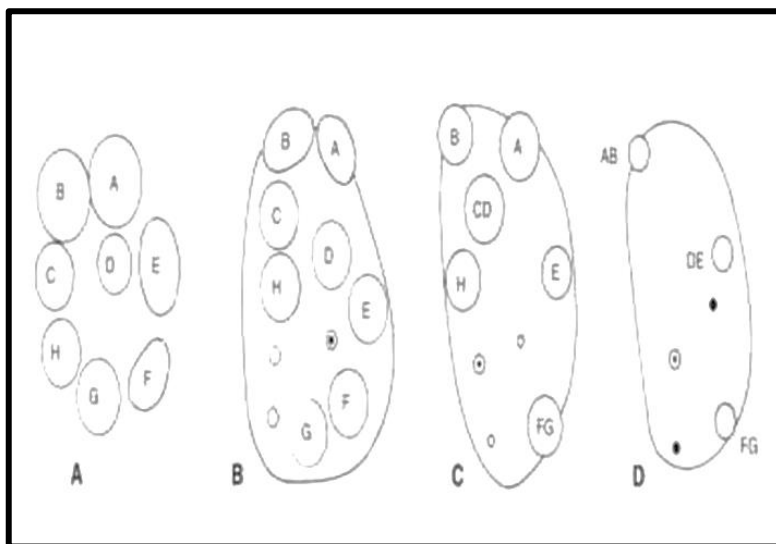


Figure 04. Aires oculaires des collemboles

2.1.3. La région buccale

De nombreux travaux ont souligné l'importance taxonomique et phylogénétique des pièces buccales. Les différents éléments de la région buccale externe: cône buccal (labre et labium) et pièces buccales (maxilles et mandibules) fournissent des caractères stables au cours du développement post-embryonnaire, à haute valeur systématique (Hamra Kroua, 2005).

Massoud (1967) a utilisé la morphologie des pièces buccales dans la systématique des Neanuridae, Deharveng (1981) considère l'armature maxillaire comme caractère fondamental dans la taxonomie des Odontellidae.

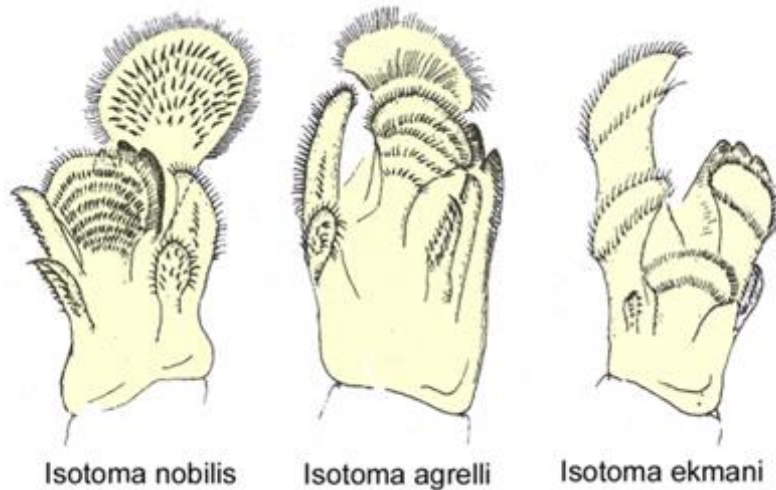


Figure 05. Pièces buccales des collemboles

2.1.4. La régions céphalique

Sur la face dorsale de la tête on peut distinguer chez les Neanuridae quatre aires céphaliques: aire centrale, aire postérieure et deux aires latérales symétriques (Fig.6), sur chacune d'elles sont représentées des groupes de soies ordinaires dont le nombre et la disposition sont d'une grande importance systématique pour l'identification des espèces. (Deharveng, 1983), Yosii (1956), Da Gama (1969), Cassagnau (1974) et Deharveng, (1983) ont établi une nomenclature basée sur le nombre et la disposition des soies.

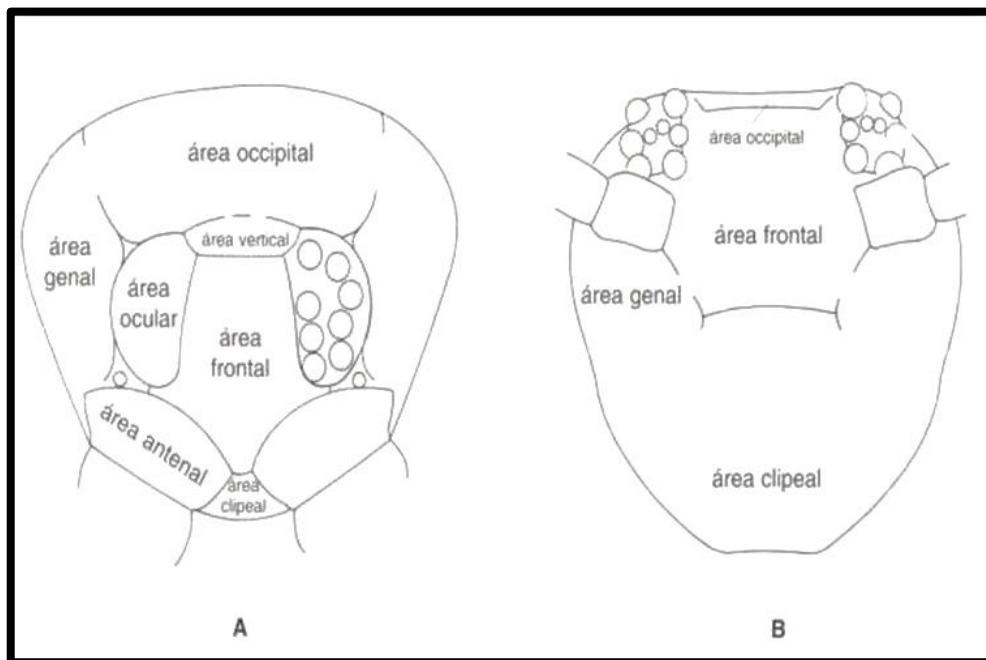


Figure 06. La région céphalique des collemboles

2.2. Le thorax

Comme chez les insectes, le thorax est divisé en trois segments, portant chacun une paire de pattes. À l'extrémité des pattes, se trouve une griffe simple ou divisée en deux. La griffe est un critère pouvant être utile à la détermination de certaines espèces. Leur corps est protégé par une fine cuticule, est allongé (Arthropléones) ou globuleux (Symphypléones et Néélipléones). Ils possèdent aussi de nombreuses soies et sensilles sur tout le corps, dont le rôle est encore imparfaitement connu (Hubert, 2012).

2.3. L'abdomen

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

Certains segments portent des appendices spécifiques aux collemboles ; le premier segment abdominal porte un tube ventral ou collophore. Le troisième segment est pourvu d'un rétinacle ou tenaculum, sert à maintenir la furca contre l'abdomen grâce à une série de dents. La furca est un organe de saut situé au niveau du quatrième segment abdominal (Soto-Adams, 1996).

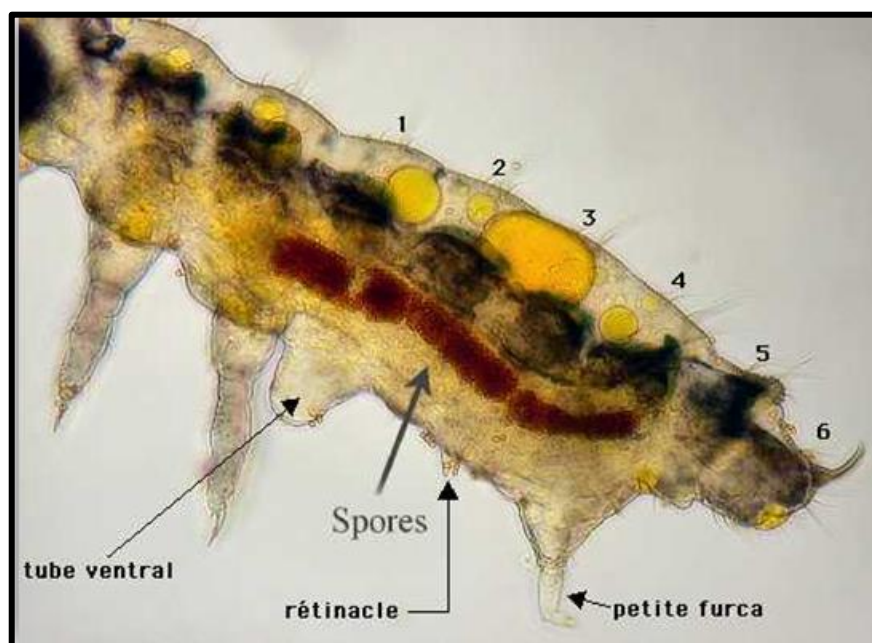


Figure 07. Les attributs abdominaux ventraux d'un Collembole Poduromorphe Hypogasstruride : tube ventrale, rétinacle et furca

2.3.1. Le collophore

Un organe ventral dit « collophore » ou « tube ventral », en forme de petit tube situé sous le premier segment abdominal.

Chez certaines espèces (Symphypléones) ce tube peut se dévagner et atteindre une longueur considérable. Il permet la régulation du milieu intérieur, notamment sa pression osmotique et autorise les échanges gazeux grâce à sa paroi extrêmement fine, participant ainsi à la respiration cuticulaire (Eisenbeis, 1982).

Le tube ventral, qui sert également à coller au support sur lequel est posé l'animal (Janssens et Dethier 2005) (d'où le nom collemboles), est en relation avec une gouttière ventrale qui le relie au labium, où débouchent des néphridies, permettant ainsi à l'animal de filtrer et de récupérer en partie son urine (Verhoef et Prast, 1989).

2.3.2. Le rétinacl

Le rétinacl ou tenaculum, fixé sur le 3^{ème} segment abdominal, sert à maintenir la furca contre l'abdomen, grâce à une série de dents.

2.3.3. La furca

Un appendice abdominal sauteur, la furcula, ou furca (fourche), repliée sous l'abdomen et tendue comme un ressort, maintenue par un organe ventral à deux branches appelé tenaculum (rétinacl), qui peut brutalement libérer le « ressort » en propulsant l'animal vers l'avant (réflexe de fuite) (Zettel et al., 2000).

La furca est fixée au niveau du quatrième segment. Chez certaines espèces, la base de la furca s'étend jusqu' au 5^{ème} 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 d'*Anurophurus sp.*

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).

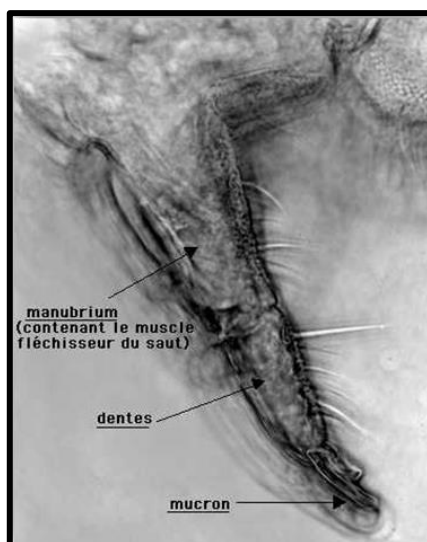


Figure 08. Détail de furca de *Ceratophysella*

2.4. Le tégument

Le tégument représente le plus grand organe dans le corps des collemboles, il est responsable de la réussite des collemboles dans l'environnement terrestre. Comme dans tous les Arthropodes, le tégument est un tissu qui couvre le corps et tous les invaginations ectodermiques qui en découlent, tels que la cavité buccale, l'intestin antérieur et intestin postérieur. Le tégument est constitué d'un épiderme intérieure (appelé parfois hypoderme), une seule couche de cellules épidermiques, et une cuticule extérieure, une membrane extracellulaire plus ou moins inertes (Wigglesworth, 1965). La cuticule multicouche est constituée d'un épicuticule extérieure et une procuticule intérieure. La procuticule elle-même est composée d'une exocuticule extérieure et endocuticule intérieure.

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).

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.

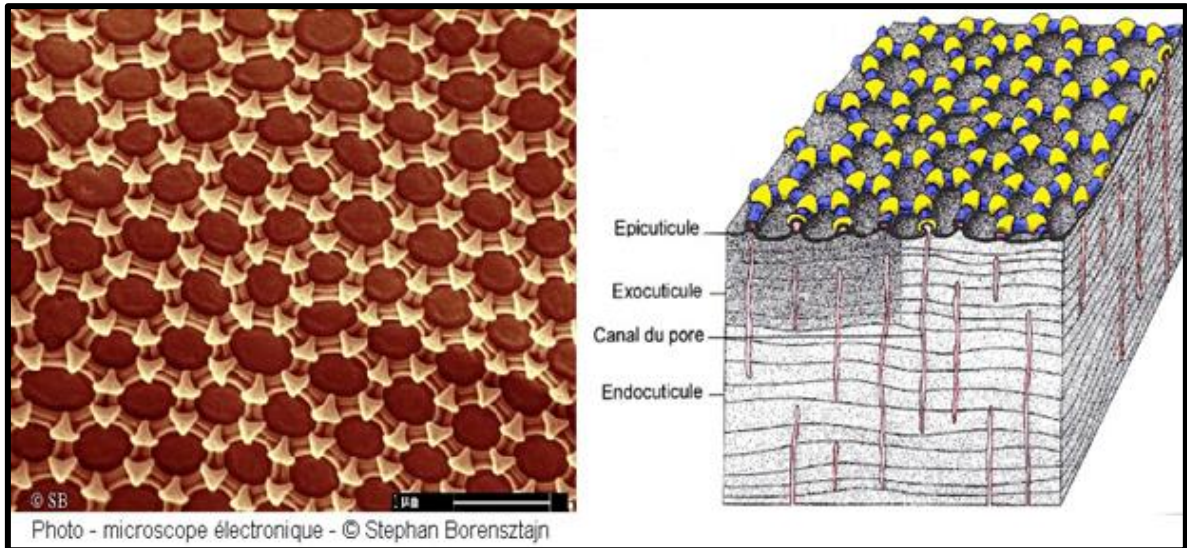


Figure 09. Ultrastructure épicuticulaire basique chez les Collemboles.

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 étudiée 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 (Bendjaballah 2019).

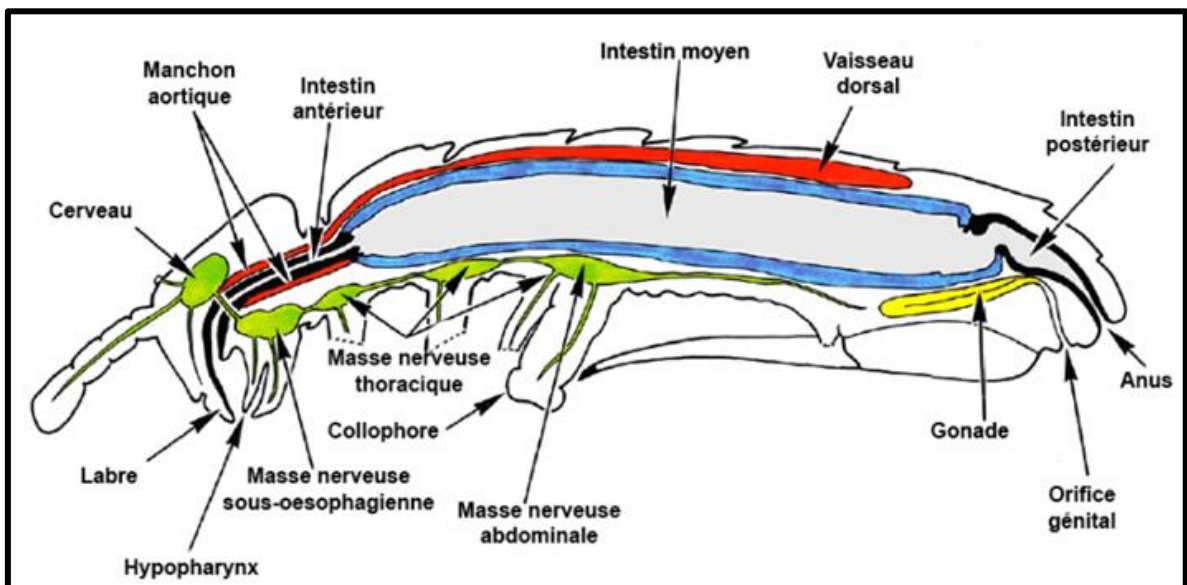


Figure 10. Schéma générale des systèmes internes des collemboles

3.1. Système nerveux

Le système nerveux comprend un complexe céphalique de ganglions Super-oesophagiens combinés aux lobes optique et aux ganglions suboesophagiens, formant Le cerveau et plusieurs ganglions ventraux dont trois ganglions thoraciques. Chez les Symphyleona les ganglions prothoraciques et méso thoraciques 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 Vanel, 1970).

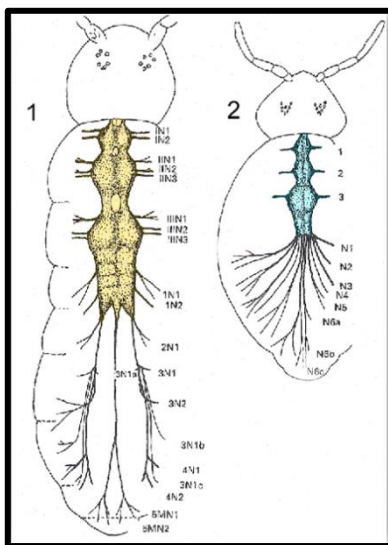


Figure 11. Le Système nerveux de collembole

3.2. Système digestif

Le commencement du tube digestif ouvre dans la cavité buccale de la capsule céphalique (Nicolet, 1842). Le canal intestinal tubulaire passe tout droit dans le corps sans aucun détour du bout antérieur jusqu'au bout postérieur (Nicolet, 1842).

Tandis que Nicolet (1842) identifie cinq régions intestinales, Von Olfers cité par Lubbock, (1873) les regroupent en trois divisions.

Le canal alimentaire consiste en un long, plutôt étroit intestin antérieurs ou Stomodeum, un intestin moyen ressemblant à un vaste sac (estomac, ventricule, intestin) ou Mésenteron, et un intestin postérieur étroit (caecum, rectum) ou Proctodeum (Nicolet, 1842 ; Lubbock, 1873 ; Thibaud, 1970 ; Adams et Salmon, 1972).

L'intestin antérieur comprend au moins le pharynx et l'oesophage (Thibaud, 1970). Adams & Salmon (1972) distinguent dans l'intestin antérieur ; le pharynx, l'oesophage, le jabot et le gésier. L'intestin antérieur et l'intestin postérieur sont tapissés d'une cuticule qui se renouvelle à chaque mue (Thibaud, 1970).

L'intestin moyen est tapissé de microvillosités épithéliales en contact directe avec la membrane péritrophique sécrétée par un anneau de cellules postérieures à la jonction entre intestin antérieur et intestin moyen (Hopkin, 1997).

L'intestin moyen est entouré par un réseau de muscles circulaires et longitudinaux (Nicolet, 1842 ; Lubbock, 1873) qui mélangent les aliments dans la lumière intestinale et poussent les résidus de digestion vers l'intestin postérieur par des mouvements péristaltiques (Nicolet, 1842 ; Dallai et al., 1989 cité par Hopkin, 1997). Le rectum fortement musclé, étant muni sur toute sa longueur de muscles transversaux (Lubbock, 1873) forme les boulettes fécales (Hopkin, 1997).

La fin du tube digestif s'ouvre par l'anus sur le sixième segment abdominal (Nicolet, 1842) qui porte trois sacs anaux éversibles (de fonction inconnue (Leinaas, 1988 cité par Hopkin, 1997)).

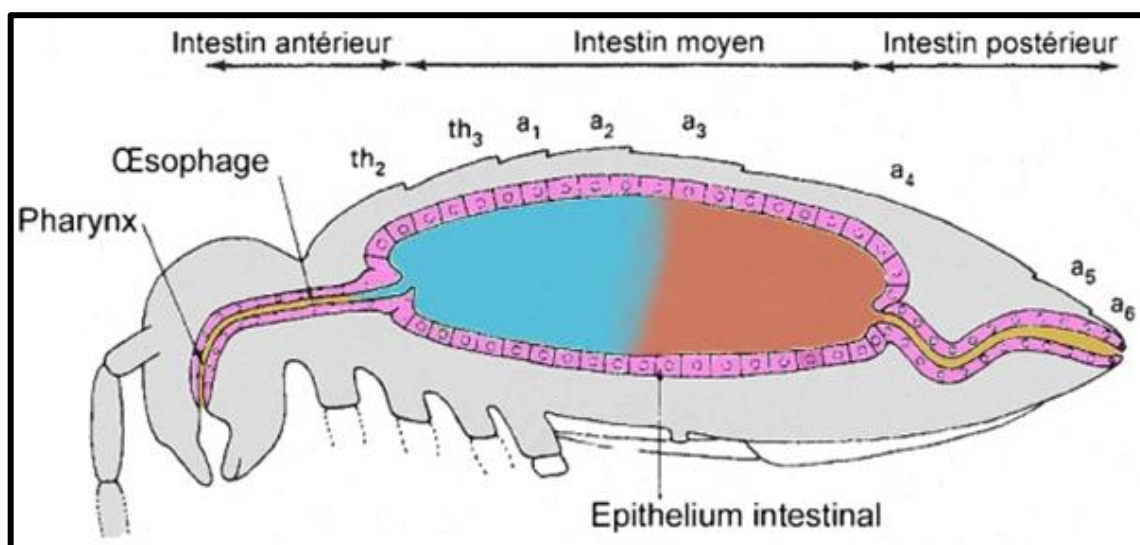


Figure 12. Le système digestif des collemboles

3.3 Système respiratoire

La plupart des collemboles respirent par un mécanisme de diffusion de gaz à travers la cuticule dans lequel les vésicules éversibles du collophore jouent un rôle très important (Ruppel, 1953 cité par Palissa, 2000). Seuls les Actaetoidea et certains Symphypleona ont des trachées qui forment un système de branchement de tubes (Hopkin, 1997).

Les spiracles sont situés ventralement dans la tête, à l'endroit où elle est attachée au reste du corps, entre la tête et le prothorax (Lubbock, 1873 cité par Bellinger et al. 2017).

Les Spinothecidae possèdent une paire d'organes tubulaires inhabituels encerclant le cou d'une insertion ventrale, le foramen magnum (Greenslade, 1982). Ces étranges «organes du cou» pourraient avoir une fonction respiratoire et/ou homéostatique accessoire car ils sont intérieurement sans structure et semblent être remplis d'hémolymphe (Greenslade, 1982).

La structure de la cuticule sur ces organes est très similaire à certaines branchies spiraculaires à plastron décrites par Hinton (1968) chez des stades immatures de diptères (Greenslade, 1982).

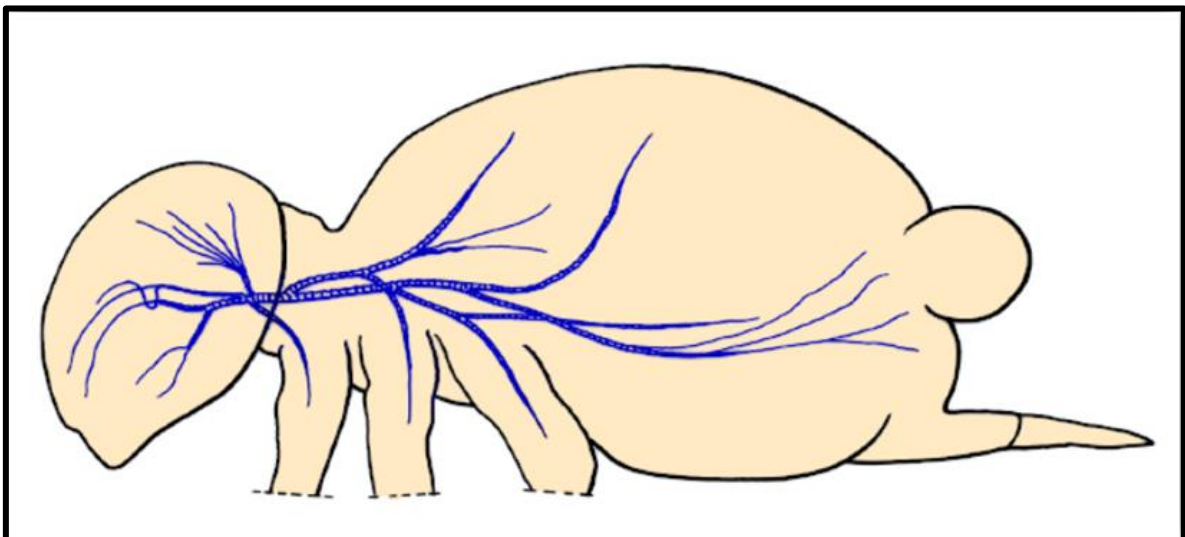


Figure 13. Le système respiratoire des collemboles

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 musculaire

Chaque segment thoracique et abdominal comprend une paire de muscles longitudinaux dorsaux et ventraux. Les segments mésothoraciques, métathoracique et abdominaux, en outre, portent une configuration de muscles dorso-ventraux segmentaires, intersegmentaires et latéraux. Quand la furca est présente, le quatrième segment abdominal porte des muscles supplémentaires pour faire fonctionner la furca (Palissa, 2000).

3.6. Système endocrinien

Le système de neurosécrétion, qui stocke et libère la substance neurosécrétoire, est du type le plus primitif, comme chez les Annélides; il correspond à deux organes neurohaémaux (Hémocoèle) céphaliques suboesophagiens sans cellules sécrétrices appropriées (Juberthie et Cassagnau, 1971).

Chez *Neanura*, *Tomocerus*, *Orchesella* et *Bourletiella*, les cellules neuroglandulaires qui produisent la neurohormone, sont situés dans la partie latéro-dorsale du protocérébron et dans la *pars intercerebralis*, tous les deux faisant partie du complexe de ganglions superoesophagiens. Le groupe des axones des cellules neuroglandulaires protocérébrales latéro-dorsales forment le nerf *corporis cardiacus* 1. Les nerfs *corporis cardiaci* 1 forment un chiasma: les cellules neuroglandulaires gauches sont reliées à l'organe neuro-haémal droit et vice versa (Juberthie et Cassagnau, 1971).

Le groupe des axones des cellules neuroglandulaires intercérébrales forment le nerf *corporis cardiacus*. Notez que les noms des deux nerfs sont en analogie avec des noms de nerfs trouvés chez les insectes, mais sont trompeurs chez les collemboles, depuis que ces derniers manquent de *corpora cardiaca*. La partie apicale dilatée des axones des nerfs *corporis cardiaci* est connectée à la paroi extérieure de l'aorte (qui forme une manche

autour de l'oesophage) chez *Neanura* et *Tomocerus*, et à un sinus sanguin chez *Orchesella* et *Bourletiella*, dans lesquels la neurohormone est libérée (Juberthie et Cassagnau, 1971).

Les ganglions ventraux accueillent quatre types de cellules neuroglandulaires, le complexe ganglionnaire métathoracique-abdominal contient la plupart des cellules neuroglandulaires (Cassagnau et Juberthie cité par Vandael, 1970).

Le *corpus allatum*, glande endocrine rétro-cérébrale d'origine ectodermique, sécrète 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, 196).

3.7. Système excréteur

L'absence des tubules malpighiens chez les collemboles suggère que le dépôt minéral dans l'épithélium du mésenteron sert une fonction excrétrice, l'excrétion est réalisée par le renouvellement de l'ensemble de l'épithélium intestinal, qui se produit à chaque mue (Humbert, 1979). Des glandes de cire tégumentaire sont rencontrées chez les Neelidae, Dicyrtomidae et Sminthuridae (Palissa, 2000).

Chez les Onychiuridae et les Tullbergiidae, les soi-disant pseudocelli peuvent sécréter une goutte d'un fluide repoussant comme mécanisme défensif (Palissa, 2000). Les glandes salivaires s'élèvent immédiatement derrière la bouche, passant postérieurement le long de l'oesophage, auxquelles elles sont fermement attachées (Von Olfers cité par Lubbock, 1873).

Trois à quatre paires de glandes salivaires sécrètent des enzymes sur la nourriture dans la cavité buccale (Hopkin, 1997). Certains Neanuridae ont de très larges glandes salivaires qui s'étendent postérieurement dans le prothorax (Lee, 1980 cité par Hopkin, 1997).

4. Reproduction et développement

Les collemboles ont des sexes séparés et un transfert indirect du sperme (Hopkin 1997). Les spermatophores sont, déposés par les males sur le substrat (Christiansen cité par Dindal, 1990), ou placés directement sur l'orifice génital de la femelle (Hopkin, 1997).

Une variété de mécanismes ont évolué pour assurer la «capture» réussie de ce spermatophore par la femelle (Christiansen cité par Dindal, 1990; Hopkin, 1997).

Le développement est directe avec des adultes différents des juvéniles en proportions, taille, pigment (habituellement les juvéniles sont plus pâles), et l'absence des orifices génitaux (Christiansen cité par Dindal, 1990).

Chez quelques genres une diapause se produit et peut être associée à une modification régressive des pièces buccales, du système digestif et même une modification externe de la cuticule et développement des épines (écomorphose). Les collemboles muent tout au long de leur vie avec un nombre de stade variant entre quatre et plus de cinquante (Christiansen in Dindal, 1990).

4.1. 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 14. Spermatophore de collembole

4.2. 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).

5. La fécondation

La fécondation est indirecte par un intermédiaire (Hopkin, 1997), un spermatophore déposé par le mâle sur le substrat. À l'intérieur du spermatophore les spermatozoïdes baignent dans un liquide nourricier et protecteur, ce qui augmente leur probabilité de survie (Christian, 1996). Le dépôt des spermatophores peut être au hasard ou stimulé, deux types de pariades peuvent être distingués :

- La présence de la femelle déclenche le dépôt d'un ou de plusieurs spermatophores par le mâle, si la femelle est réceptive, elle prend le spermatophore et s'y féconde.
- 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 (Betsch, 1980).

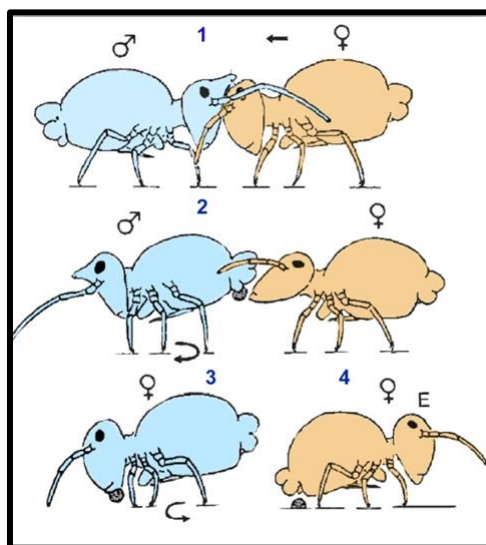


Figure 15. La fécondation chez les collemboles

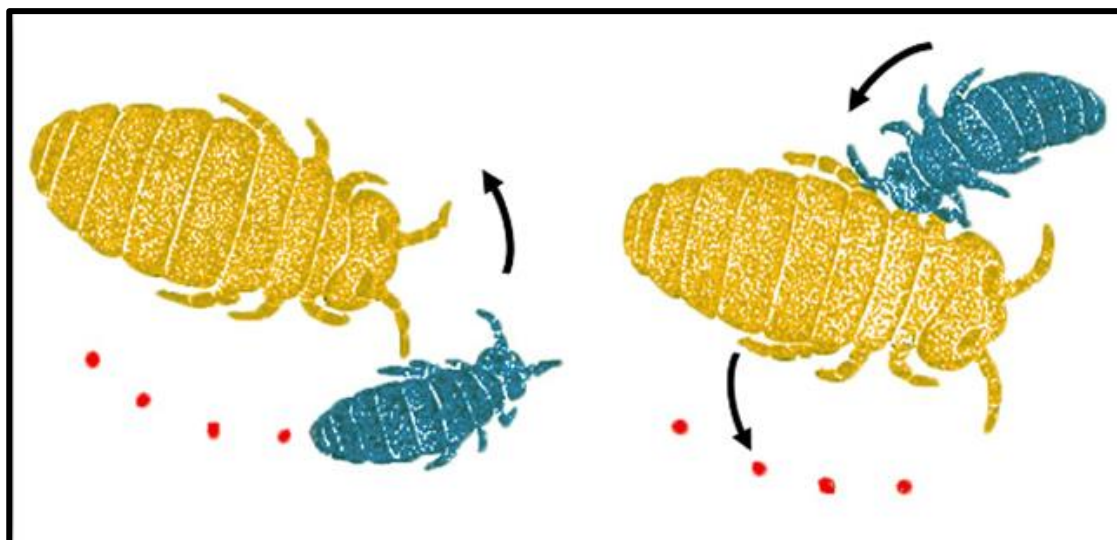


Figure 16. L'acouplement de mâle et femelle de collembole par leurs antennes

5.1. 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).

5.2. L'œuf

La forme de l'œuf, sa couleur et le tissu de l'enveloppe varient non seulement d'un genre à l'autre, mais encore d'espèce à espèce; les œufs à enveloppe solide sont en général très peu transparents, lisses, d'une couleur brune plus ou moins foncée et plus souvent oblongs que sphériques, ils appartiennent au genre *Podura*. Ceux à enveloppe molle offrent plus de variété dans la forme et la texture de la membrane extérieure; ils sont tantôt oblongs ou ovoïdes, tantôt sphériques ou en sphéroïde aplati des deux côtés. Leur couleur est généralement pâle, ou plutôt blanche, mais légèrement lavée de bleu, de jaune, de rose ou de violet, selon les espèces (Nicolet, 1842).

Dans ce dernier cas, les oeufs sont parfois velus; garnis de poils longs et serrés; d'autres sont plutôt épineux que velus. Les épines longues, flexibles et un peu frisées comme de la laine, affectant toutes les formes et toutes les directions, sont larges à leur base et aiguës à leur extrémité (Nicolet, 1842).

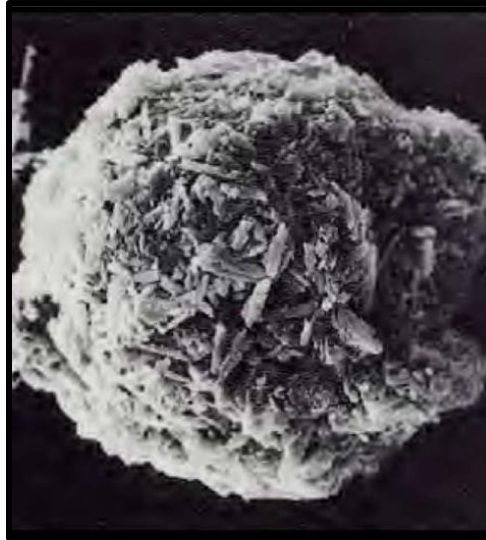


Figure 17. Œuf enrobé d'*Arrhopalites caecus*

6. Ecologie

6.1. Adaptation morphologique

Actuellement, un peu plus de 8200 espèces ont été découvertes. Sur les 100 dernières années, on a découvert le nombre total d'espèces de collemboles. Alors, comment résumer ici le mode de vie de ces invertébrés si nombreux et si méconnus ? Du bord de mer jusqu'à 6300 m d'altitude en Himalaya, des Tropiques en Antarctique, presque tous les milieux sont habités par les collemboles et ce, depuis le Dévonien. Malgré leur diversité, il est possible de classer les collemboles en trois principaux groupes en fonction de leur milieu de vie (Hubert, 2012) :

- euédaphiques et troglodytes vivant dans le sol
- hémiedaphiques, vivant dans la partie superficielle du sol et dans les feuilles mortes
- atmobiotiques, vivant à la surface du sol et de la végétation

Pourquoi avoir choisi ici une telle classification ? Simplement parce que cela nous permet de mettre en évidence des particularités morphologiques spécifiques à chaque milieu de vie (voir tableau).

Tableau 1. Espèces de collemboles en fonction de leur milieu de vie

Espèce	Hémiédaphique et atmobiotique	Euédaphique
Taille	2 à 4 mm	Moins de 1mm
Furca	Développée	Courte ou absente
Ocelles	Présents	Souvent absente
Pilosité	Généralement développée	Peu développée voire nulle
Ecailles	Parfois	Plus rares
Pattes	Plus longues	Plus courtes
Forme	Plus trapus	Plus allongée
Pigmentation	Prononcée	Généralement absente

Quelle que soit la strate occupée par les collemboles, une certaine humidité du milieu est nécessaire au bon développement de l'espèce. Les collemboles n'étant pas très fouisseurs, les espèces euédaphiques préféreront les sols poreux ou utiliseront les galeries creusées par d'autres animaux. La pigmentation, en plus de changer en fonction de la strate occupée, varie pour une espèce donnée avec la latitude, de manière inverse à la pigmentation des homéothermes. Cela signifie que plus on se rapproche des pôles, plus la pigmentation des collemboles augmente. La fourchette de température idéale pour les collemboles se situe entre 10°C et 30°C. Néanmoins, il existe des espèces bien adaptées aux milieux extrêmes comme *Isotoma saltans* vivant sur les glaciers dont la valence de température optimale est de -5°C à +5°C. *Anurophotus subpolaris* a été trouvé par -50°C en Antarctique (Hubert, 2012).

6.2. Nourriture

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 (Ponge, 1991).

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 mycorhiziens (Pollierer et al., 2012).

Certaines espèces phytophages se nourrissent du feuillage des plantes (*Sminthurus viridis*) (Bishop et Barchia, 2003) ou de racines (Onychiuridae) (Endlweber et al., 2009).

Il existe aussi des collemboles carnivores (par exemple les espèces du genre *Friesea* qui se nourrissent de nématodes, de protozoaires et de rotifères (Rusek, 1998).

6.3. Adaptation à la température

Les Collemboles supportent d'autant plus mal les fortes températures qu'ils sont soumis à un climat sec qui les déshydrate, encore qu'il existe des formes supportant 40°C ou même 50°C (Massoud, 1971).

Pour les basses températures, les collemboles sont connus comme susceptibles de peupler les régions et les biotopes particulièrement froids. C'est le cas de *Tetracanthella* qui se trouve sur les rochers glacés (-15°C en hiver) et *Cryptopygus antarcticus* qui supporte des températures de -27°C (Cassagnau, 1990).

La limite de résistance des collemboles varie beaucoup avec les espèces. La plupart ne bougent plus ou meurent en dessous de 0°C, ne survivant que sous forme d'œufs, d'autres s'enfoncent dans la profondeur du sol. Il y a des espèces de Collemboles adaptées à la température très basse tel *Anurophorus subpolaris* qu'on peut retrouver à -50°C au pôle sud (Wise, 1965 cité par Bachelier, 1978).

De telles performances ne sont possibles que grâce aux propriétés "antigel" du milieu intérieur à base de cryoprotecteurs comme le glycérol, manitol, tréhalose, fructose. La résistance semble être accrue par la vacuité du tube digestif et la possibilité de l'instauration d'un métabolisme anaérobie (Cassagnau, 1990).

6.4. Adaptation au milieu humide

Les collemboles sont généralement très hygrophiles, surtout ceux qui vivent dans le sol, mais il y en a aussi qui grimpent aux plantes, qui vivent dans les habitations (*Lepidocyrtinus domesticus*), ou même que l'on rencontre sur des rochers très secs (*Entomobrya pulchella*) (Kuhnelt, 1961 cité par Bachelier, 1978).

Chaque espèce de collembole a son humidité préférentielle (Kuhnelt, 1961) cité par Bachelier en (1978). Les collemboles se déplacent en marchant sur la pointe des griffes. Ils sont difficilement mouillables et la plupart, des espèces ne craignent pas les phénomènes de tension superficielle (Bachelier, 1978).

La non-mouillabilité de la plupart des collemboles hémiedaphiques et euédaphiques contribue à en favoriser la dispersion par les eaux de ruissellement et leur permet, quand le sol vient à être inondé, de s'entourer d'un manchon d'air maintenu en place par leur pilosité. Cet air ainsi retenu leur permet de respirer en attendant le drainage naturel du sol. (Bowden et al., 1976 cité par Bachelier en 1978).

Willem en (1925), observe que le collembole *Anurida maritima* est non mouillable et que la mince couche d'air qui l'entourne lui permet de résister plusieurs heures sous l'eau.

6.5. Rôle des collemboles

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

6.6. Parasites et prédateurs

Les prédateurs des collemboles sont des myriapodes chilopodes, des acariens, les araignées sont des grands mangeurs des collemboles, les pseudoscorpions, des insectes diptères, coléoptères ainsi que certains reptiles et oiseaux. Les collemboles sont considérés

comme une ressource trophique qui reste souvent négligée en écologie. Les endoparasites des collemboles sont des protozoaires, des grégارينes et des nématodes (Thibaud. 1970).

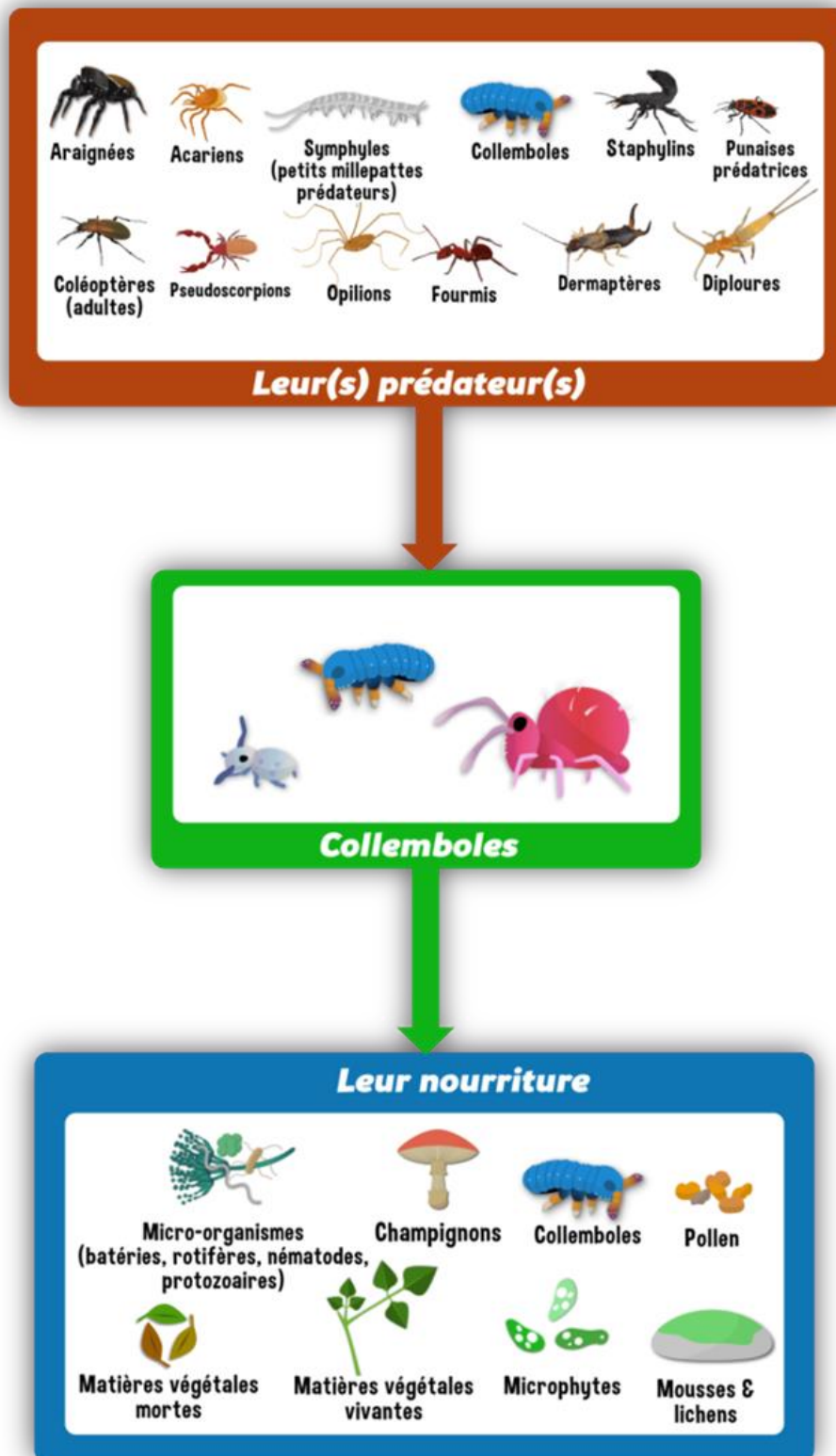


Figure 18. Les collemboles et leurs prédateurs & nourritures

7. Systématique actuelle des collemboles

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

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

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.2).

Tableau 2. Classification actuelle des collemboles modifiée d'après Bellinger et al. (2021)

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

Tableau 3. Hiérarchie taxonomique des collemboles selon Deharveng (2004)

Classe Collembola			
Ordre: Poduromorpha	Ordre: Entomobryomorpha	Ordre: Symphypleona	Ordre: Neelipleona
Hypogastruroidea	Isotomoidea	Arrhopalitidae	Neelidae
Gulgastruridae	Isotomidae	Bourletiellidae	
Hypogastruridae	Anurophorinae	Dicyrtomidae	
Pachytullbergiidae	Isotominae	Dicyrtominae	
Paleotullbergiidae	Pachyotominae	Pterothricinae	
Neanuroidea	Tomoceroidea	Katiannidae	
Brachystomellidae	Oncopoduridae	Mackenziellidae	

Tableau 3. Hiérarchie taxonomique des collemboles selon Deharveng (2004) (suite)

Classe Collembola			
Ordre: Poduromorpha	Ordre: Entomobryomorpha	Ordre: Symphypleona	Ordre: Neelipleona
Neanuridae	Tomoceridae	Sminthuridae	
Caputaurininae	Entomobryoidea	Sminthurinae	
Frieseinae	Cyphoderidae	Sphyrothecinae	
Morulininae	Entomobryidae	Sminthurididae	
Neanurinae	Entomobryinae	Spinothercidae	
Pseudachorutinae	Lepidocyrtinae	Sturmiidae	
Uchidanurinae	Orchesellinae		
Onychiuroidea	Microfalculidae		
Onychiuridae	Paronellidae		
Onychiurinae			
Tetrodontophorinae	Incertae sedis		
Tullbergiidae	Actaletidae		
Austraphorurinae	Coenaletidae		
Stenaphorurinae			
Tullbergiinae			
Incertae sedis			
Acherongia			
Isotogastruridae			
Poduridae			

Chapitre II :

Matériel et

méthodes

Notre présent travail est une tentative de compilation des données, sur les collemboles du Nord-Est Algérien, recueillies dans quatre (04) thèses soutenues au cours des 15 dernières années (depuis 2005 à ce jour).

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat d'état en Sciences Naturelles HAMRA-KROUA (2005) a réalisé une étude intitulée : Les collemboles (Arthropoda, Hexapoda) du Nord-Est algérien : taxonomie, biogéographie et écologie avec un intérêt accentué pour la faune du massif de l'Edough. Cette contribution pionnière reste à ce jour une référence incontournable. C'est aussi le premier travail de recherche réalisé par un chercheur algérien sur ce groupe extrêmement difficile à étudier.

BRAHIM-BOUNAB (2016), En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3ème cycle LMD, a réalisé une contribution à l'étude des collemboles Poduromorpha de quelques localités du Nord-Est algérien.

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3ème cycle LMD, ZOUGHAILECH (2017), a réalisé une étude intitulée : « Biodiversité comparée et endémisme des Collemboles (Hexapoda: Collembola) de deux massifs algériens dans un même contexte bioclimatique ». Le massif de l'Edough étant largement échantillonné, cet auteur s'est intéressé particulièrement au massif voisin de Collo, déjà loué par HAMRA-KROUA (2005).

Dans une perspective de poursuite des efforts consentis par les auteurs précités, BENDJABALLAH (2019) étudia la Biodiversité des microarthropodes litérisques (Hexapoda; Collembola) de quelques localités du Nord-Est algérien. L'auteur a prospecté plusieurs localités appartenant aux étages bioclimatiques : humide, sub-humide et semi-aride respectivement.

Ces travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés sont réalisés dans plusieurs localités appartenant à 08 Wilayas : **Annaba** (Edough), **Constantine** (Chettabah, Djbel El Ouahch, Khroub et Sidi Driss), **El-Tarf** (El-Kala), **Guelma** (Djebel Taya), **Jijel** (Béni Belaid), **Mila** (Béni Haroun), **Oum El Bouaghi** (Ain M'lila, Guerioun et Sidi Rgheiss) et **Skikda** (Azzaba, Collo, Filfila, Guerbès et Ouled Habeba) (Fig. 19).

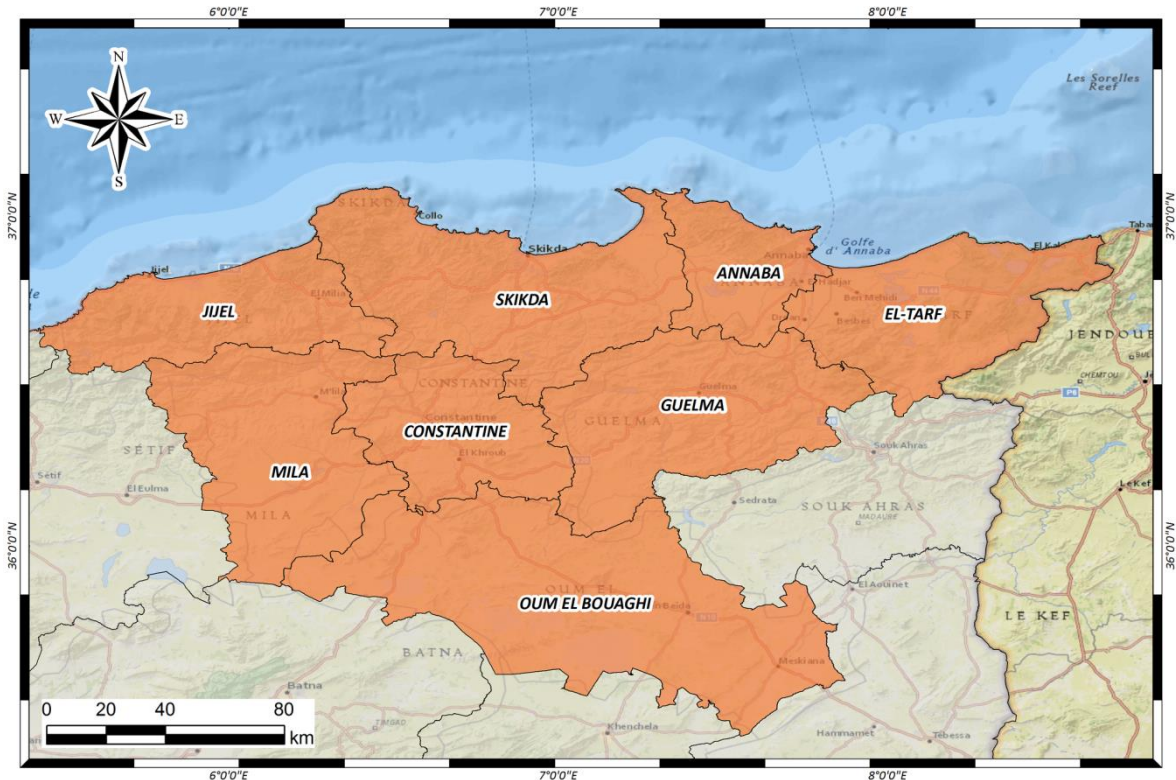


Figure 19. Les localités de récolte (carte originale)

1. Présentation des localités de récoltes

L'Algérie est constituée d'une abondance de reliefs. Le nord est sillonné d'Ouest en Est par une double barrière montagneuse (Atlas tellien et saharien) avec des chaînes telles que le Dahra, l'Ouarsenis, le Hodna, les chaînes de Kabylie (le Djurdjura, les Babors et les Bibans) et l'Aurès. Au centre de nombreuses forêts couvrent le sol, vastes plaines à l'Est et le Sahara qui représente à lui seul 84 % du territoire. La superficie du pays est la plus grande d'Afrique, avec 2381741 Km². Un climat méditerranéen couvre le Nord, En été, les températures sont élevées. Les températures moyennes estivales et hivernales se situent entre 25 °C et 11 °C¹¹. Les hivers sont doux et pluvieux et parfois enneigé.

1.1. Wilaya d'Annaba

Annaba est située à 581 Km de la capitale d'Alger, couvrant une superficie totale de 1420 Km². Elle est limitée par : la mère méditerranée au Nord, El-Tarf à l'Est, Guelma au Sud, et Skikda à l'Ouest et. La wilaya d'Annaba est située entre la latitude 36°30' et 37°30'N et la longitude 7°20' et 8°40'E.

Le relief de la Wilaya d'Annaba est constitué de montagnes, de collines et de plaines. Les montagnes représentent une superficie de 736 Km², elles se distinguent par le massif de l'Edough, dont le point culminant se situe au mont "Bouzizi" avec 1100m d'altitude. Les collines et les piémonts représentent une superficie de 365 km². Les plaines représentent une superficie de 255 km², elles se distinguent par la plaine de Kherraza.

Le climat est du type méditerranéen, humide en hiver, chaud en été et la pluviométrie varie entre 650 et 1000mm/an, la température moyenne varie entre 14° et 34°. La Wilaya d'Annaba dispose aussi d'un réseau hydrographique assez dense, constitué du lac Fetzara (eau douce) qui s'étend sur 18670 ha et de l'Oued Seybouse d'une longueur de 127,5 km.

Le potentiel forestier couvre 68824 ha, la forêt est composée essentiellement de maquis (près de 64%), le reste est formé d'essences naturelles (chêne liège, chêne zen) et d'essences de reboisement (eucalyptus, pin maritime).

1.2. Wilaya de Constantine

La wilaya de Constantine se localise au Nord-Est du pays, couvrant une superficie de 2297,20 Km², elle s'étend sur le plateau incliné d'un rocher, traversée par un ravin profond au fond duquel coule l'Oued Rhumel. Constantine est limitée par : Skikda au Nord, Guelma à l'Est, Oum El Bouaghi au Sud et Mila à l'Ouest. Les coordonnées géographiques de Constantine sont : 36°24'N et 34°8'E.

Le relief est caractérisé 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 : (i) **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 El 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. (ii) **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 composée de basses collines est entrecoupé par les vallées du Rhumel et du Boumerzoug. (iii) **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 (Bendjaballah, 2019).

Le climat de la wilaya de Constantine est de type continental. Ce climat est dû à la proximité de la ville avec la mer Méditerranée. Elle enregistre une température variant entre 25 à 40° en été et de 0 à 12° en hiver. La pluviométrie est entre 400 et 600 mm/an.

A l'instar du pays, la wilaya de Constantine est dans l'ensemble peu forestière ; la forêt occupe près de 8% de la superficie totale de la wilaya soit 17858 ha. En ce qui concerne les espèces dominantes, on relève : pin d'Alep (13880 ha), l'eucalyptus (1989 ha) et le chêne liège (1139 ha).

1.3. Wilaya d'El Tarf

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême Nord-Est du pays, limitrophe de la métropole d'Annaba dont elle dépendait jusqu'à sa promotion au rang de wilaya, elle mérite bien son appellation de "wilaya verte". Elle s'étend sur une superficie de 3339 km². El Tarf est limitée par : la mer Méditerranée au Nord, la Tunisie à l'Est, Guelma au Sud-Est, Souk Ahras au Sud, et Annaba à l'Ouest. Les coordonnées géographiques d'El Tarf sont : 36°46'7"N et 8°19'0"E.

Le relief est composé de 3 ensembles : une bande littorale, une zone des plaines sub-littorales et une zone méridionale caractérisée par l'existence de reliefs montagneux. La zone de plaines et des bas-piémonts couvre une superficie de 57000 ha soit 19% de la surface totale de la wilaya.

À El Tarf, les étés sont très chauds, humide, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long, frisquet, précipitation, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 7 °C à 32 °C et est rarement inférieure à 4 °C ou supérieure à 37 °C.

Le patrimoine forestier s'étend sur une superficie totale de 166311 ha. Il est composé principalement de chêne liège, de chêne zen, de pin maritime et d'eucalyptus. La forêt longe le littoral côté Ouest, elle est constituée généralement de maquis dans la partie Est, par contre à partir du Cap Rosa s'étend une forêt dense incluse dans le parc national d'El Kala.

1.4. Wilaya de Guelma

La wilaya de Guelma se situe au Nord-Est de l'Algérie à 290 m d'altitude. Elle couvre une superficie de 4101 Km² et elle est limitée par : Annaba au Nord, El Tarf au Nord-Est, Souk Ahras à l'Est, Oum El Bouaghi au Sud, Constantine à l'Ouest et Skikda au Nord-Ouest. Les coordonnées géographiques de la wilaya de Guelma sont : 36°27'0"N 7°25'59.99"E.

La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Ce relief se compose de montagnes, dont les principales sont : Mahouna (1411m), Houara (1292m), Taya (1208m) et D'bagh (1060.), de plaines et plateaux, de collines et piémonts ainsi que d'autres types de relief.

Guelma se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de 4° C en hiver à 35.4°C en été, est en moyenne de 17,3° C. Quant à la pluviométrie, on enregistre une pluviométrie qui varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu'à près de 1000 mm/an au Nord.

La Wilaya de Guelma comprend une superficie de couverture forestière de 105395ha, à un paysage discontinu et hétérogène, confiné discontinuellement dans les massifs répartis d'Ouest en Est. Les principales forêts sont : Forêts de Béni Salah (réserve nationale en liège), Forêt de la Mahouna, Forêt de Houara, Forêt de Beni Medjaled à Bouhamdane. Les principales essences sont le chêne liège (21884 ha, localisé dans Beni Salah, Houara, Djellaba, Mahouna), l'eucalyptus (2657 ha), le pin d'Alep (2915 ha), le pin maritime (1410 ha), le chêne zéen (2753 ha) et le cyprès (1517 ha).

1.5. Wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel est située au Nord-Est de l'Algérie couvrant une superficie de 2398,69 Km². Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée à l'est par la wilaya de Skikda, au sud par la wilaya de Mila, et en fin à l'ouest par la wilaya de Béjaïa, les coordonnées géographiques de Jijel sont : 36° 48' 00" N, 5° 46' 00" E.

La cote de la wilaya de Jijel d'une longueur de 121,2 km, se distingue en deux zones bien différentes : le littoral ouest rocheux et le littoral Est connu pour ses longues plages de sable.

Les plaines côtières de la région de Jijel sont entourées au sud par les reliefs de la Kabylie Orientale. La topographie est sub-plane au niveau de la plaine de l'oued El Mencha et augmente en progressant vers le sud. La plaine est située au nord, le long de la bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El Aouana, le bassin de Jijel, les vallées de Oued El Kebir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hour. La végétation du bassin versant est marquée par une couverture forestière peu abondante constituée en majeure partie de chênes-lièges.

Dans cette région, la montagne tombe souvent à pic dans la mer et forme une côte très découpée. Les zones de montagnes constituent l'essentiel du territoire de la wilaya (82 %) et sont composées de deux groupes :

- Zones moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya.
- Zones de montagnes difficiles situées à la limite sud de la wilaya et comportent les plus hauts sommets dont les principaux sont : Tamasghida, tababour, Bouazza et Seddat.

La Wilaya de Jijel bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes. La température moyenne à Jijel est de 18,2 °C et bénéficie d'une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/an. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie sur l'année avec une précipitation moyenne de 814 mm. La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 136 mm⁸. On note aussi qu'au col de Texanna, qui se situe à 725 m d'altitude, l'enneigement dure plus de 11 jours/an.

1.6. Wilaya de Mila

La Wilaya de Mila est située dans le Nord-Est Algérien à 33 KM de la mer Méditerranée. Elle est limitée au Nord-Ouest par la wilaya de Jijel, au Nord-Est par la wilaya de Constantine, à l'Ouest par la wilaya de Sétif, l'Est par les wilayas de Constantine et de Skikda, au Sud-Est par la wilaya d'Oum El Bouaghi et au Sud par la wilaya de Batna.

Le relief de la wilaya de Mila est structuré en trois ensembles morphologiques. Au nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisé par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées. Au centre, un ensemble associant vallées, collines et piémonts, voire même quelques hauts versants. Au sud, un ensemble de hautes plaines (plaines et collines).

1.7. Wilaya d'Oum El Bouaghi

La wilaya d'Oum El Bouaghi située au Nord-Est Algérien couvre une Superficie de 7638 Km². Elle est limitée par Guelma au Nord, Tebessa a l'Est, Khenchla au Sud et par Mila à l'Ouest. Les coordonnées géographiques sont : 35°53'00" N, 7°07'00" E.

La wilaya est située au contact du Tell et des Aurès : Au nord de la wilaya, on distingue les versants méridionaux du Tell, ce sont les Sraouate, terres de transition, ni telliennes, ni steppiques. Au centre, la haute plaine où l'altitude varie de 750 mètres à 900 mètres et parsemées parfois de puissants massifs montagneux isolés. Le point culminant de la wilaya est le Djebel Guerioun 1729m d'altitude près d'Aïn M'lila, il est aussi le plus élevé des hauts plateaux orientaux. Au sud, les zones des seboukhate est jalonnée par des dépressions endoréiques (Guerah) ou Sebkhha (lac salé). Les Guerah sont moins salées que les Sebkhhas.

Les influences méditerranéennes douces en hiver et rafraîchissantes en été sont arrêtées par la barrière montagneuse tellienne, les influences chaudes du Sahara sont bloquées par l'Atlas saharien et le massif des Aurès. C'est la raison pour laquelle les hivers sont rigoureux. En revanche, l'été est régi par une stabilité atmosphérique engendrée par la remontée des hautes pressions tropicales venues du Sahara. La continentalité participe également au maintien du temps chaud et sec.

La pluviométrie est irrégulière, les pluies sont issues des perturbations venues du Nord-Ouest ou des dépressions méditerranéennes. Les précipitations varient de 400 à 450 mm/an. La zone la plus humide est Ain El Borj (Daira de Sigus) avec 561 mm/an et à contrario 368 mm sont enregistré à Ouled Zouai (Daira de Souk Naamane). Seules les zones montagneuses au-dessus de 1 300 m reçoivent jusqu'à 700 mm/an.

La wilaya d'Oum El Bouaghi compte plusieurs zones humides situées principalement dans la daïra d'Oum El Bouaghi. Ces zones humides d'importance mondiale sont protégées par la Convention de Ramsar.

1.8. Wilaya de Skikda

La wilaya de Skikda fait face, au nord, à la mer Méditerranée et dispose de frontières communes avec les wilayas d'Annaba et de Guelma à l'est, de Constantine et Mila au sud et de Jijel à l'ouest. Elle s'étend sur 4137,68 Km². Elle dispose de 130 km de côtes qui s'étalent d'El Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour au fin fond du massif de Collo à l'ouest.

Le relief est très accidenté sur la frange littorale est, dans les massifs de Collo, Azzaba et la Marsa. Dans ce relief on distingue trois types de zones topographiques, les zones de montagnes, les zones de plaines et les zones de piémonts.

2. Matériel 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 microarthropodes par des techniques appropriées. Le nombre et le volume d'échantillons prélevés est en fonction du type d'étude (écologique ou faunistique), de l'abondance du peuplement, de la dominance et la rareté des espèces, de la dimension et du type de distribution spatiale des individus, (Cancela da Fonseca et Vannier, 1969 cité par Hamra Kroua, 2005).

2.1. 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 fermées 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 boîtes 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).



Figure 20 Extraction de la faune du sol sur appareils de Berlese (Zoughailech, 2017)

2.2. 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, Collembolés et petites larves d'Insectes quittent l'échantillon par le bas et tombent dans l'entonnoir jusqu'à un bécquet 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 collembolés 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).

Tout les auteurs des quatre thèses sur lesquelles on s'est appuyées ont utilisé la méthode d'extraction par voie sèche ou méthode de Berlèse-Tullgren (Fig.21), C'est une méthode sélective ou dynamique, par laquelle les microarthropodes sont récoltés intacts sans l'intervention d'un opérateur. Cette méthode a été complétée parfois par le lavage du substrat.

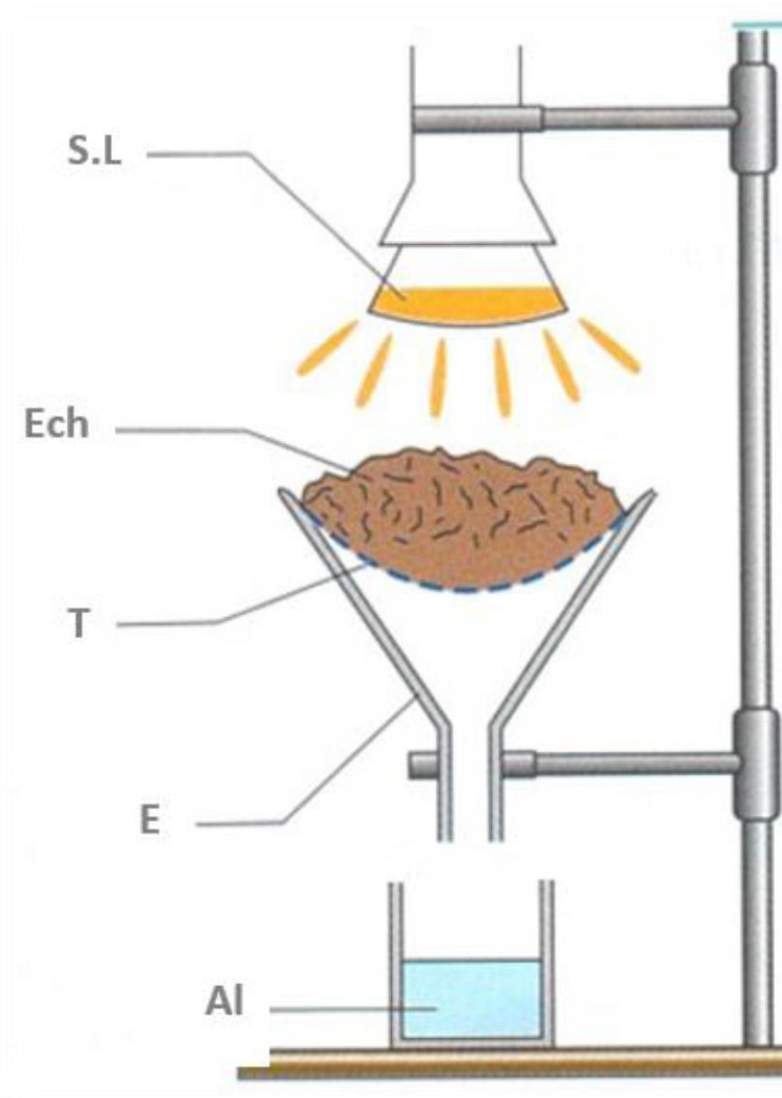


Figure 21. Extraction des collemboles par la méthode sèche

S.L.: Source de lumière, **Ech:** Echantillon, **T:** Tami à maille de 4 à 4,5mm, **E:** Entonnoir,
Al: Alcool à 70°

2.3. Tri et dénombrement des collemboles

Les Collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de Pétri pour entamer le tri sous la loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les Collemboles des autres Microarthropodes et à l'aide de la brosse de Cassagnau (une tige en matière plastique très fine de 1 mm montée sur un mandrin métallique). Ensuite on fait le dénombrement qui nous a 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%.

2.4. Identification des collemboles

L'identification au niveau de l'ordre et de la famille est réalisée sous loupe binoculaire à l'aide de clés d'identification qui donne les caractéristiques morphologiques générales des ordres, familles et quelques genres de collemboles. Plusieurs clés d'identification 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.

Chapitre III :

Résultats et

discussion

1. Composition faunistique

Nous donnons dans le tableau 4 la liste de toutes les espèces identifiées telles qu'elles sont données par Hamra Kroua (2005), Brahim Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019).

Tableau 04. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes

		1	2	3	4	5	6	7	8
	I. PODUROMORPHA								
	01. Hypogastruridae								
1	<i>Acherontiella bougisi</i>		X						X
2	<i>Ceratophysella armata</i>							X	X
3	<i>Ceratophysella cf denticulata</i>	X	X						
4	<i>Ceratophysella denticulata</i>	X	X	X	X		X	X	X
5	<i>Ceratophysella gibbosa</i>	X					X		X
6	<i>Ceratophysella gr denticulata</i>	X							X
7	<i>Ceratophysella tergilobata</i>	X					X		X
8	<i>Hypogastrura affinis</i>								X
9	<i>Hypogastrura H. pityusica</i>				X		X		
10	<i>Hypogastrura H. vernalis</i>	X							X
11	<i>Hypogastrura vernalis</i>	X		X					
12	<i>Mesachorutes quadriocellatus</i>								X
13	<i>Microgastrura minutissima</i>	X		X					X
14	<i>Microgastrura sp.</i>								X
15	<i>Mucrella acuminata</i>	X			X				
16	<i>Pseudacherontides sp</i>								X
17	<i>Schoettella sp.</i>	X							
18	<i>Willemia intermedia</i>	X		X					
19	<i>Willemia sp.</i>								X
20	<i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i>	X		X					X
21	<i>Xenylla cf. xavieri</i>								X
22	<i>Xenylla maritima</i>	X			X				
23	<i>Xenylla sp.</i>	X						X	X
24	<i>Xenyllogastrura afurcata</i>	X					X	X	X
25	<i>Xenyllogastrura sp.</i>							X	
	02. Brachystomellidae								
26	<i>Brachystomella curvula</i>	X					X		X
27	<i>Brachystomella parvula</i>	X	X		X			X	X
28	<i>Brachystomella sp.</i>	X					X		X

1: Annaba, 2: Constantine, 3: El-Tarf, 4: Guelma, 5: Jijel, 6: Mila, 7: Oum El Bouaghi, 8: Skikda

Tableau 04. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes (suite)

		1	2	3	4	5	6	7	8
	I. PODUROMORPHA (suite)								
	03. Neanuridae								
	a. Frieseinae								
29	<i>Friesea afurcata</i>						X		X
30	<i>Friesea albida</i>	X		X					X
31	<i>Friesea algerica</i>	X							
32	<i>Friesea cf. afurcata</i>	X							X
33	<i>Friesea cf. claviseta</i>	X							
34	<i>Friesea cf. decemocolata</i>	X							X
35	<i>Friesea cf. espunaensis</i>	X							X
36	<i>Friesea cf. mirabilis</i>	X							
37	<i>Friesea cf. steineri</i>	X							
38	<i>Friesea cf. truncata</i>	X							
39	<i>Friesea decemocolata</i>								X
40	<i>Friesea espunaensis</i>	X							X
41	<i>Friesea ladeiroi</i>	X					X		X
42	<i>Friesea laouina</i>	X			X			X	X
43	<i>Friesea major</i>	X			X				X
44	<i>Friesea mirabilis</i>	X					X		X
45	<i>Friesea oligorhopala</i>		X						X
46	<i>Friesea sp.</i>	X		X				X	X
	b. Neanurinae								
47	<i>Bilobella aurantiaca</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
48	<i>Bilobella braunerae</i>	X							
49	<i>Deutonura deficiens</i>					X			
50	<i>Deutonura n.sp.</i>	X							
51	<i>Deutonura sp.</i>	X			X				X
52	<i>Deutonura zana</i>	X							X
53	<i>Edoughnura rara</i>	X							
54	<i>Edoughnura sp</i>								X
55	<i>Endonura sp.</i>	X			X		X		X
56	<i>Neanurini n.g. cf. Ghirkanura</i>	X							
57	<i>Protanura cf. monticell</i>	X							
58	<i>Protanura cf. pseudomuscorum</i>	X		X					X
59	<i>Protanura monticelli</i>	X							X
60	<i>Protanura pseudomuscorum</i>	X	X		X		X	X	X
61	<i>Protanura sp</i>	X					X	X	X
62	<i>Sensillanura austriaca</i>								X

1: Annaba, 2: Constantine, 3: El-Tarf, 4: Guelma, 5: Jijel, 6: Mila, 7: Oum El Bouaghi, 8: Skikda

Tableau 04. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes (suite)

		1	2	3	4	5	6	7	8
	I. PODUROMORPHA (suite)								
	03. Neanuridae (suite)								
	c. Pseudachorutinae								X
63	<i>Micranurida candida</i>								X
64	<i>Micranurida cf. candida</i>								X
65	<i>Micranurida sp.</i>							X	
66	<i>Pseudachorudina meridionalis</i>	X			X			X	X
67	<i>Pseudachorutella asigillata</i>	X	X				X		X
68	<i>Pseudachorutes deficiens</i>								X
69	<i>Pseudachorutes labiatus</i>								X
70	<i>Pseudachorutes octosensillatus</i>								X
71	<i>Pseudachorutes sp.</i>	X			X		X	X	X
72	<i>Pseudachorutes cf. subcrassus</i>	X							
73	<i>Pseudachorutes parvulus</i>								X
74	<i>Pratanurida boeneri</i>	X			X				X
75	<i>Micranurida pygmaea</i>	X							
76	<i>Kenyura sp.</i>				X				
77	<i>Pseudachorutes subcrassus</i>	X							X
78	<i>Cephalachorutes sp.1 (=cf minimus)</i>				X				
	04. Odontellidae								
79	<i>Axenyllodes bayeri</i>	X						X	X
80	<i>Odontella sp.</i>	X							X
81	<i>Superodontella lamellifera</i>	X							X
82	<i>Superodontella tayaensis n.s.p</i>				X				
83	<i>Superodontella tayaensis</i>	X							X
84	<i>Superodontella vallvidrerensis subalpina</i>	X							
85	<i>Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis</i>	X							
86	<i>Xenyllodes armatus</i>	X							X
	05. Onychiuridae								
87	<i>Deuteraphorura cebennaria</i>								X
88	<i>Deuteraphorura sp.</i>								X
89	<i>Doutnacia xerophila</i>	X			X				X
90	<i>Mesaphorura critica</i>	X		X					X
91	<i>Mesaphorura italica</i>	X							X
92	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	X	X					X	X
93	<i>Mesaphorura pacifica</i>	X							
94	<i>Mesaphorura sp.</i>	X	X		X			X	X
95	<i>Onychiurus sp.</i>	X			X		X		X

1: Annaba, 2: Constantine, 3: El-Tarf, 4: Guelma, 5: Jijel, 6: Mila, 7: Oum El Bouaghi, 8: Skikda

Tableau 04. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes (suite)

		1	2	3	4	5	6	7	8
	I. PODUROMORPHA (suite)								
	05. Onychiuridae (suite)								
96	<i>Protaphorura armata</i>	X	X		X		X	X	X
97	<i>Protaphorura fimata</i>								X
98	<i>Protaphorura pannonica</i>								X
99	<i>Protaphorura sp.</i>							X	X
	06. Tullbergiidae								
100	<i>Mesaphorura critica</i>	X		X					X
101	<i>Mesaphorura italica</i>	X							X
102	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	X	X						X
103	<i>Mesaphorura pacifica</i>	X							
104	<i>Mesaphorura sp.</i>		X					X	X
	II. ENTOMOBRYOMORPHA								
	07. Isotomidae								
105	<i>Cryptopygus bipunctatus</i>	X	X						
106	<i>Cryptopygus sp.</i>	X							
107	<i>Cryptopygus thermophilus</i>	X	X	X				X	X
108	<i>Desoria olivacea</i>								X
109	<i>Folsomia candida</i>	X							X
110	<i>Folsomia fimetaria</i>			X					
111	<i>Folsomia penicula</i>							X	X
112	<i>Folsomia quadrioculata</i>								X
113	<i>Folsomia sp.</i>	X							
114	<i>Folsomia trisetata</i>	X		X					
115	<i>Folsomides angularis</i>								X
116	<i>Folsomides parvulus</i>		X						X
117	<i>Hemisotoma thermophila</i>	X	X				X	X	X
118	<i>Isotoma cf. viridis</i>								X
119	<i>isotoma sp.</i>							X	
120	<i>Isotoma viridis</i>								X
121	<i>Isotomiella minor</i>	X	X					X	X
122	<i>Isotominella geophila</i>	X							
123	<i>Isotomodes sp.</i>							X	
124	<i>Isotomurus cf. fucicolus</i>	X							
125	<i>Isotomurus cf. unifasciatus</i>		X						
126	<i>Isotomurus gr. Balteatus</i>	X							
127	<i>Isotomurus maculatus</i>	X							
128	<i>Isotomurus palustris</i>		X						

1: Annaba, 2: Constantine, 3: El-Tarf, 4: Guelma, 5: Jijel, 6: Mila, 7: Oum El Bouaghi, 8: Skikda

Tableau 04. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes (suite)

		1	2	3	4	5	6	7	8
	II. ENTOMOBRYOMORPHA (suite)								
	07. Isotomidae (suite)								
129	<i>Isotomurus sp.</i>		X					X	X
130	<i>Parisotoma notabilis</i>	X						X	X
131	<i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>	X							X
132	<i>Proctostephanus sp.</i>	X							
133	<i>Proisotoma minuta</i>	X	X					X	X
134	<i>Proisotoma sp.</i>							X	X
135	<i>Proisotomodes bipunctatus</i>	X							
136	<i>Pseudanurophorus isotoma</i>		X						
137	<i>Tetracanthella pilosa</i>	X							X
138	<i>Tetracanthella sp.</i>	X							
	08. Oncopoduridae								
139	<i>Oncopodura cf. crassicornis</i>	X							X
140	<i>Oncopodura crassicornis</i>	X	X						X
	09. Tomoceridae								
141	<i>Tomocerus minor</i>								X
142	<i>Tomocerus vulgaris</i>						X		
	10. Cyphoderidae								
143	<i>Cyphoderus albinus (cf.)</i>								X
144	<i>Cyphoderus gr. Tridenticulati</i>								X
145	<i>Cyphoderus sp.</i>	X							X
	11. Entomobryidae								
146	<i>Entomobrya albocincta</i>			X					
147	<i>Entomobrya lanuginosa</i>								X
148	<i>Entomobrya multifasciata</i>								X
149	<i>Entomobrya multifasciata (cf.)</i>								X
150	<i>Entomobrya sp.</i>							X	X
151	<i>Heteromurus cf. nitidus</i>	X							X
152	<i>Heteromurus major</i>	X	X	X			X	X	X
153	<i>Heteromurus nitidus</i>	X		X		X			X
154	<i>Heteromurus tetrophthalmus</i>							X	X
155	<i>Lepidocyrtus cf. flexicollis</i>								X
156	<i>Lepidocyrtus curvicollis</i>								X
157	<i>Lepidocyrtus fimetarius</i>	X		X					
158	<i>Lepidocyrtus lignorum</i>								X
159	<i>Lepidocyrtus ruber</i>			X					
160	<i>Lepidocyrtus sp.</i>						X	X	X

1: Annaba, 2: Constantine, 3: El-Tarf, 4: Guelma, 5: Jijel, 6: Mila, 7: Oum El Bouaghi, 8: Skikda

Tableau 04. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes (suite)

		1	2	3	4	5	6	7	8
	II. ENTOMOBRYOMORPHA (suite)								
	11. Entomobryidae (suite)								
161	<i>Orchesella cf. quinquefasciata</i>	X							X
162	<i>Orchesella cincta</i>								X
163	<i>Orchesella quinquefasciata</i>	X							X
164	<i>Orchesella sp</i>								X
165	<i>Pseudosinella alba</i>		X					X	X
166	<i>Pseudosinella albida</i>	X							
167	<i>Pseudosinella octopunctata</i>	X							X
168	<i>Pseudosinella sp.</i>	X							
169	<i>Pseudosinella sp. 1</i>								X
170	<i>Pseudosinella sp. 2</i>								X
171	<i>Seira domestica</i>							X	X
172	<i>Seira sp.</i>	X				X		X	X
173	<i>Willowsia sp.</i>					X			
	III. SYMPHYPLEONA								
	12. Arrhopalitidae								
174	<i>Arrhopalites cf. secundarius</i>								X
175	<i>Arrhopalites infrasecundarius (cf).</i>								X
176	<i>Arrhopalites subbifidus Travé</i>								X
	13. Bourletiellidae								X
177	<i>Bourletiellidae sp</i>		X						X
	14. Dicyrtomidae								
178	<i>Dicyrtomidae sp.</i>		X						X
179	<i>Dicyrtomina ornata</i>			X					X
180	<i>Dicyrtomina saundersi</i>			X					X
181	<i>Ptenothrix italica</i>								X
	15. Katiannidae								
182	<i>Sminthurinus aureus</i>	X							
183	<i>Sminthurinus elegans</i>	X							
184	<i>Sminthurinus niger</i>					X			X
185	<i>Sminthurinus signatus</i>								X
186	<i>Sminthurinus sp.</i>								X

1: Annaba, 2: Constantine, 3: El-Tarf, 4: Guelma, 5: Jijel, 6: Mila, 7: Oum El Bouaghi, 8: Skikda

Tableau 04. Liste des espèces de Collemboles identifiées dans les différentes wilayas de récoltes (suite)

		1	2	3	4	5	6	7	8
	III. SYMPHYPLEONA (suite)								
	16. Sminthuridae								
187	<i>Allacma sp.</i>								X
188	<i>Caprainea bremondi</i>								X
189	<i>Caprainea marginata</i>	X	X	X					X
190	<i>Lipothrix lubbocki</i>								X
191	<i>Sminthurus viridis</i>								X
	17. Sminthurididae								
192	<i>Sminthurides aquaticus</i>			X					
193	<i>Sminthurides signatus</i>								X
194	<i>Sphaeridia pumilis</i>	X	X					X	X
195	IV. NEELIPLEONA								
	18. Neelidae								
196	<i>Megalothorax minimus</i>	X							X
197	<i>Megalothorax perspicillum</i>								X
198	<i>Megalothorax sp.</i>	X							X
199	<i>Neelus murinus</i>	X							X
200	<i>Neelus sp.</i>	X							
	Total	112	30	23	21	6	22	38	144

1: Annaba, 2: Constantine, 3: El-Tarf, 4: Guelma, 5: Jijel, 6: Mila, 7: Oum El Bouaghi, 8: Skikda

Les résultats consignés dans le tableau indiquent qu'un total de 200 espèces et morpho-espèces sont récoltées dans 8 wilayas. Elles appartiennent à 18 familles et 76 genres réparties sur les quatre ordres de collemboles.

Nous représentons dans la figure suivante (Fig. 22) les fréquences absolues des ordres, familles, genres et espèces récoltées par wilaya. 144 espèces sont récoltées à Skikda, elles appartiennent à 18 familles et 70 genres. La wilaya d'Annaba occupe la 2^{ème} position avec 112 espèces réparties sur 14 familles et 53 genres. Seules ces deux wilayas (Annaba et Skikda) ont des représentants de l'ordre des Neelipleona. Oum el Bouaghi totalise 38 espèces, 7 familles et 31 genres. La wilaya de Constantine avec 30 espèces 12 familles et 23 genres. Les Symphypleona et les Neelipleona sont absents à Mila, 22 espèces appartenant à 7 familles et 16 genres sont identifiées de cette wilaya. 23 espèces réparties sur 9 familles et 17 genres à El-Tarf. La faune de Guelma se compose de 21 espèces de Poduromorpha seulement, elles appartiennent à 5 familles et 20 genres. Jijel occupe la dernière position avec seulement 3 familles, 6 genres et 6 espèces.

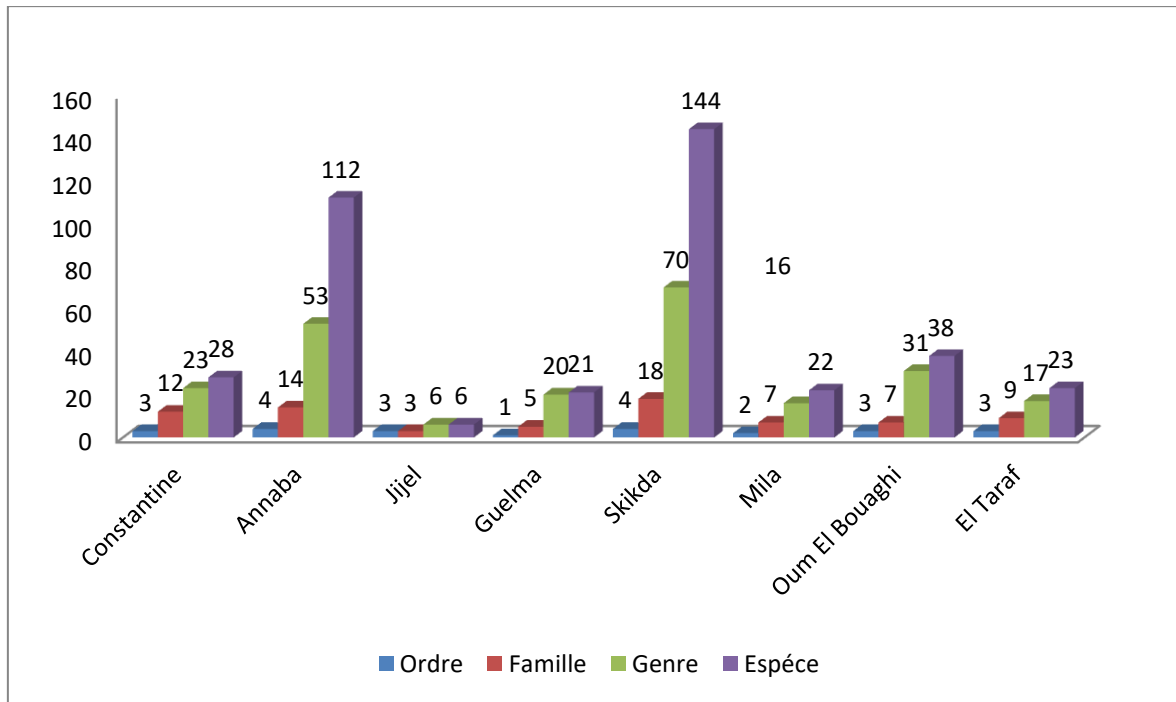


Figure 22. Fréquences absolues des ordres des familles, genres et espèces récoltées par wilaya

La liste donnée dans le tableau précédent, aussi exhaustive qu'elle paraît, comporte plusieurs espèces dont le statut est incertain (identification jusqu'au niveau du genre seulement, changement de nom, identification erronée ... etc.). En plus des travaux de Hamra Kroua (2005), Brahim Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019) et afin de donner une liste actualisée (Tableau 5) des espèces rencontrées dans le Nord-Est algérien nous nous sommes appuyées aussi sur les deux checklist publiées par Brahim Bounab et al. (2020) et Bendjaballah et al. (2018). Ces deux derniers travaux porte sur les deux endroits les mieux échantillonnés dans la région d'étude : le massif de l'Edough et celui de Collo.

Tableau 05. Liste actualisée des Collemboles rencontrées au Nord-Est algérien, leur aire de distribution et leur type biologique.

Abréviations:

HK: Hamra Kroua, **BB:** Brahim Bounab, **Z:** Zoughailech, **B:** Bendjaballah.

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

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

		HK	BB	Z	B	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	C	H
4	<i>Ceratophysella gibbosa</i>	X	X	X	X	C	H
5	<i>Ceratophysella tergilobata</i>	X	X	X	X	W	H
6	<i>Hypogastrura affinis</i>	X				Eu	E
7	<i>Hypogastrura H. pityusica</i>		X			Eu	H
8	<i>Hypogastrura vernalis</i>	X	X			W	H
9	<i>Mesachorutes quadriocellatus</i>				X	Eu	H
10	<i>Microgastrura minutissima</i>	X	X		X	W	H
11	<i>Mucrella acuminata</i>	X	X			Eu	H
12	<i>Schoettella sp.</i>		X			N/A	N/A
13	<i>Willemia intermedia</i>	X	X			W	E
14	<i>Willemia sp.</i>			X	X	N/A	N/A
15	<i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i>	X	X		X	Eu	H
16	<i>Xenylla maritima</i>		X			W	H
17	<i>Xenylogastrura afurcata</i>	X				Eu	H
	02. Brachystomellidae						
18	<i>Brachystomella curvula</i>	X	X		X	Eu	E
19	<i>Brachystomella parvula</i>	X	X		X	W	H
	03. Neanuridae						
	a. Frieseinae						
20	<i>Friesea afurcata</i>	X	X	X	X	Eu	H
21	<i>Friesea decemocolata</i>	X	X	X	X	Eu	H
22	<i>Friesea espunaensis</i>		X	X	X	Eu	H
23	<i>Friesea laouina</i>	X	X	X	X	En	E
24	<i>Friesea major</i>	X	X	X	X	En	H
25	<i>Friesea mirabilis</i>	X	X			W	H
26	<i>Friesea oligorhopala</i>	X				Eu	H

Tableau 05. Liste actualisée des Collemboles rencontrées au Nord-Est algérien, leur aire de distribution et leur type biologique (suite).

		HK	BB	Z	B	Aire de distribution	Type biologique
	I. PODUROMORPHA (suite)						
	03. Neanuridae (suite)						
	b. Neanurinae						
27	<i>Bilobella aurantiaca</i>	X	X	X	X	W	E
28	<i>Deutonura deficiens</i>	X				Eu	H
29	<i>Deutonura zana</i>	X		X	X	En	H
30	<i>Edoughnura rara</i>		X			En	H
31	<i>Edoughnura sp</i>		X	X		N/A	N/A
32	<i>Endonura sp.</i>	X	X			N/A	N/A
33	<i>Protanura monticelli</i>	X	X			W	H
34	<i>Protanura pseudomuscorum</i>	X	X	X	X	W	H
35	<i>Sensillanura austriaca</i>			X	X	Eu	E
	c. Pseudachorutinae						
36	<i>Kenyura sp.</i>	X	X			N/A	N/A
37	<i>Micranurida candida</i>			X	X	W	E
38	<i>Pseudachorudina meridionalis</i>	X	X	X	X	W	H
39	<i>Pseudachorutella asigillata</i>	X	X	X	X	W	H
40	<i>Pseudachorutes deficiens</i>			X	X	En	H
41	<i>Pseudachorutes labiatus</i>			X	X	En	H
42	<i>Pseudachorutes octosensillatus</i>			X	X	En	H
43	<i>Pseudachorutes subcrassus</i>	X	X			W	H
44	<i>Pseudachorutes parvulus</i>	X				W	H
45	<i>Pratanurida boernerii</i>	X	X			Eu	H
46	<i>Micranurida pygmaea</i>	X				C	H
	04. Odontellidae						
47	<i>Axenyllodes bayeri</i>	X				Eu	H
48	<i>Superodontella lamellifera</i>	X	X		X	W	H
49	<i>Superodontella tayaensis</i>		X	X	X	En	H
50	<i>Xenyllodes armatus</i>	X		X	X	W	H
	05. Onychiuridae						
51	<i>Deuteraphorura cebennaria</i>				X	Eu	E
52	<i>Doutnacia xerophila</i>	X	X			Eu	E
53	<i>Onychiurus sp.</i>	X	X			N/A	N/A
54	<i>Protaphorura armata</i>	X	X	X	X	W	E
55	<i>Protaphorura fimata</i>				X	W	E
56	<i>Protaphorura pannonica</i>				X	W	E

Tableau 05. Liste actualisée des Collemboles rencontrées au Nord-Est algérien, leur aire de distribution et leur type biologique (suite).

		HK	BB	Z	B	Aire de distribution	Type biologique
	I. PODUROMORPHA (suite)						
	06. Tullbergiidae						
57	<i>Mesaphorura critica</i>	X	X		X	EU	E
58	<i>Mesaphorura italica</i>	X	X			W	E
59	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	X	X	X	X	W	E
60	<i>Mesaphorura pacifica</i>	X				W	E
	II. ENTOMOBRYOMORPHA						
	07. Isotomidae						
61	<i>Desoria olivacea</i>	X				Eu	A
62	<i>Folsomia candida</i>	X		X		C	H
63	<i>Folsomia fimetaria</i>	X				Eu	H
64	<i>Folsomia penicula</i>			X	X	W	H
65	<i>Folsomia quadrioculata</i>			X	X	W	H
66	<i>Folsomia trisetata</i>	X				Eu	H
67	<i>Folsomides angularis</i>			X	X	W	E
68	<i>Folsomides parvulus</i>	X		X	X	C	E
69	<i>Hemisotoma thermophila</i>	X		X	X	C	H
70	<i>Isotoma viridis</i>			X	X	W	H
71	<i>Isotomiella minor</i>	X		X	X	W	E
72	<i>Isotominella geophila</i>	X				W	E
73	<i>Isotomurus cf. fucicolus</i>	X		X		N/A	N/A
74	<i>Isotomurus cf. unifasciatus</i>	X				N/A	N/A
75	<i>Isotomurus near balteatus</i>	X				N/A	N/A
76	<i>Isotomurus maculatus</i>	X				N/A	H
77	<i>Isotomurus palustris</i>	X			X	W	H
78	<i>Parisotoma notabilis</i>	X		X	X	W	H
79	<i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>	X		X	X	En	H
80	<i>Proisotoma minuta</i>	X		X	X	C	H
81	<i>Proisotomodes bipunctatus</i>	X				C	H
82	<i>Pseudanurophorus isotoma</i>	X				Eu	H
83	<i>Tetracanthella pilosa</i>	X		X	X	W	H
	08. Oncopoduridae						
84	<i>Oncopodura crassicornis</i>	X		X	X	W	E
	09. Tomoceridae						
85	<i>Tomocerus minor</i>			X	X	W	H
86	<i>Tomocerus vulgaris</i>				X	W	H
	10. Cyphoderidae						
87	<i>Cyphoderus albinus (cf.)</i>			X	X	W	E

Tableau 05. Liste actualisée des Collemboles rencontrées au Nord-Est algérien, leur aire de distribution et leur type biologique (suite).

		HK	BB	Z	B	Aire de distribution	Type biologique
	II. ENTOMOBRYOMORPHA (suite)						
	11. Entomobryidae						
88	<i>Entomobrya albocincta</i>	X				Eu	H
89	<i>Entomobrya lanuginosa</i>	X				Eu	H
90	<i>Entomobrya multifasciata (cf.)</i>			X	X	W	H
91	<i>Heteromurus major</i>	X		X	X	N/A	A
92	<i>Heteromurus tetrophthalmus</i>	X			X	Eu	H
93	<i>Lepidocyrtus flexicollis (cf.)</i>	X				N/A	N/A
94	<i>Lepidocyrtus curvicollis</i>	X				W	A
95	<i>Lepidocyrtus fimetarius</i>	X				W	A
96	<i>Lepidocyrtus lignorum</i>			X	X	W	H
97	<i>Lepidocyrtus ruber</i>	X				Eu	A
98	<i>Orchesella cincta</i>	X				Eu	A
99	<i>Orchesella quinquefasciata</i>	X		X	X	Eu	A
100	<i>Pseudosinella alba</i>	X		X	X	W	E
101	<i>Pseudosinella albida</i>	X				Eu	E
102	<i>Pseudosinella octopunctata</i>	X				C	E
103	<i>pseudosinella sp.</i>	X				N/A	N/A
104	<i>Pseudosinella sp. 1</i>			X	X	N/A	N/A
105	<i>Pseudosinella sp. 2</i>			X	X	N/A	N/A
106	<i>Seira domestica</i>			X	X	C	H
107	<i>Willowsia sp.</i>	X				N/A	N/A
	III. SYMPHYPLEONA						
	12. Arrhopalitidae						
108	<i>Arrhopalites infrasecundarius (cf.)</i>				X	W	E
109	<i>Arrhopalites subbifidus</i>	X				Eu	E
	13. Dicyrtomidae						
110	<i>Dicyrtomina ornata</i>	X			X	Eu	A
111	<i>Dicyrtomina saundersi</i>	X				W	A
112	<i>Ptenothrix italica</i>				X	Eu	A

Tableau 05. Liste actualisée des Collemboles rencontrées au Nord-Est algérien, leur aire de distribution et leur type biologique (suite).

		HK	BB	Z	B	Aire de distribution	Type biologique
	III. SYMPHYPLEONA (suite)						
	14. Katiannidae						
113	<i>Sminthurinus aureus</i>	X				W	H
114	<i>Sminthurinus elegans</i>	X				C	H
115	<i>Sminthurinus niger</i>	X		X	X	W	H
116	<i>Sminthurinus signatus</i>			X	X	Eu	H
	15. Sminthuridae						
117	<i>Allacma sp.</i>			X	X	N/A	N/A
118	<i>Caprainea bremondi</i>	X				Eu	H
119	<i>Caprainea marginata</i>	X		X	X	W	H
120	<i>Lipothrix lubbocki</i>			X	X	W	H
121	<i>Sminthurus viridis</i>	X				Eu	H
	16, sminthurididae						
122	<i>Sminthurides aquaticus</i>	X				C	H
123	<i>Sminthurides signatus</i>			X	X	W	H
124	<i>Sphaeridia pumilis</i>	X		X	X	W	H
	IV. NEELIPLEONA						
	17. Neelidae						
125	<i>Megalothorax minimus</i>	X				C	E
126	<i>Megalothorax perspicillum</i>				X	N/A	E
127	<i>Neelus murinus</i>	X		X	X	W	E
	TOTALE	90	38	57	71		

Les résultats consignés dans le tableau 5 indiquent qu'un total de 127 espèces et morpho-espèces sont récoltées. Elles appartiennent à 17 familles et genres 68 réparties sur les quatre ordres de collemboles.

L'ordre des Poduromorpha est le mieux représenté avec 47 % des espèces récoltées, les Entomobryomorpha représentent 37 % les Symphypleona et les Neelipleona avec 14 % et 02 % respectivement (Fig. 23).

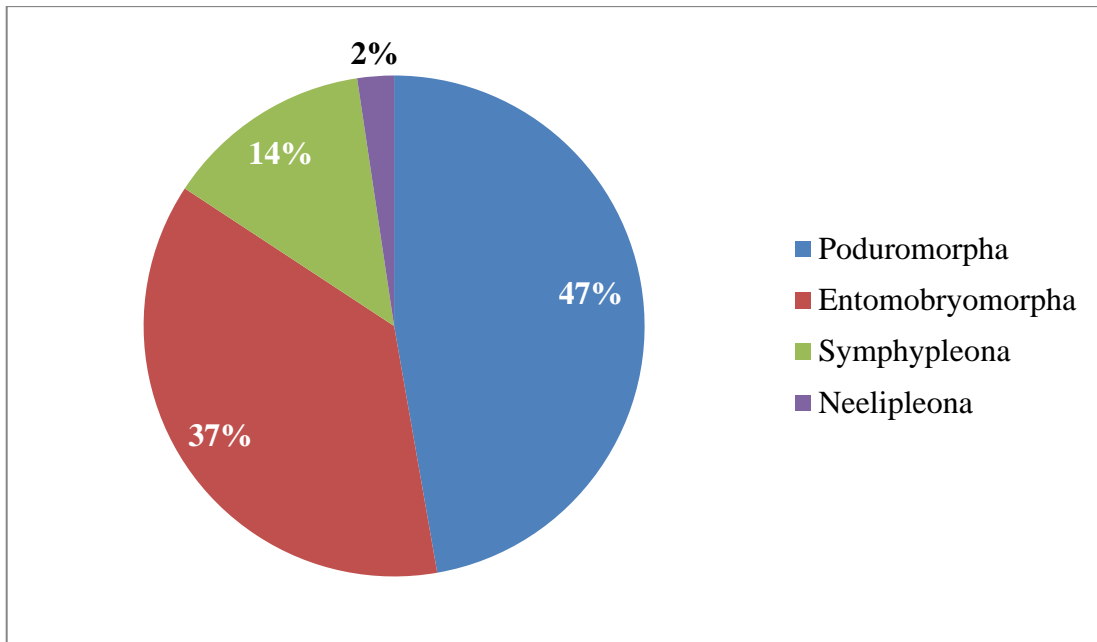


Figure 23. Proportions en pourcentage (%) des différents ordres de collemboles récoltés.

La figure 24 illustre les fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltés pour chaque ordre. L'ordre des Poduromorpha est représenté par 06 familles, 32 genres et 60 espèces, les Entomobryomorpha sont représentés par 05 familles, 24 genres et 47 espèces, les Symphypleona par 05 familles, 10 genres et 17 espèces et les Neelipleona par une seule famille, 02 genres et 03 espèces.

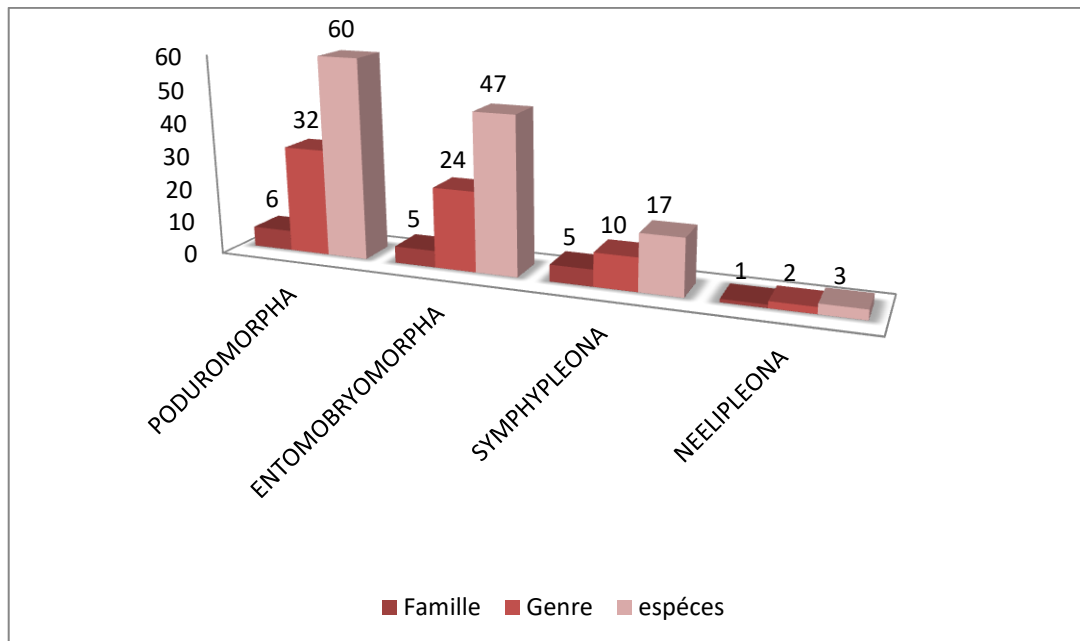


Figure 24. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltés.

La famille des Neanuridae est la mieux représentée avec 27 espèces réparties sur 03 sous-familles et 13 genres, soit 21% du total d'espèces identifiées. Elle est suivie par la famille des Isotomidae qui cumule 23 espèces appartenant à 14 genres, soit 18%. La famille des Entomobryidae occupe la 3ème position avec 20 espèces réparties sur 7 genres, soit 16%. La famille Hypogastruridae avec 17 espèces et 10 genres soit 13%. La famille des Onychiuridae (avec 06 espèces appartenant à 04 genres) et la famille des Odontellidae (avec 04 espèces appartenant à 03 genres) représentent 5% et 3% du totale d'espèces identifiées respectivement. Les familles : Katiannidae, Tullbergiidae chacune avec 05 espèces identifiées et 01 genres et soit 03%. Les familles : Dicyrtomidae, Sminthurididae et Neelidae avec 03 espèces identifiées et 02 genres soit 02%. Les familles Brachystomellidae, Arrhopalitidae et Tomoceridae avec 02 espèces et 01 genre soit 02 %, les familles Oncopoduridae et Cyphoderidae avec une seule espèce et 01 genre soit 01%.

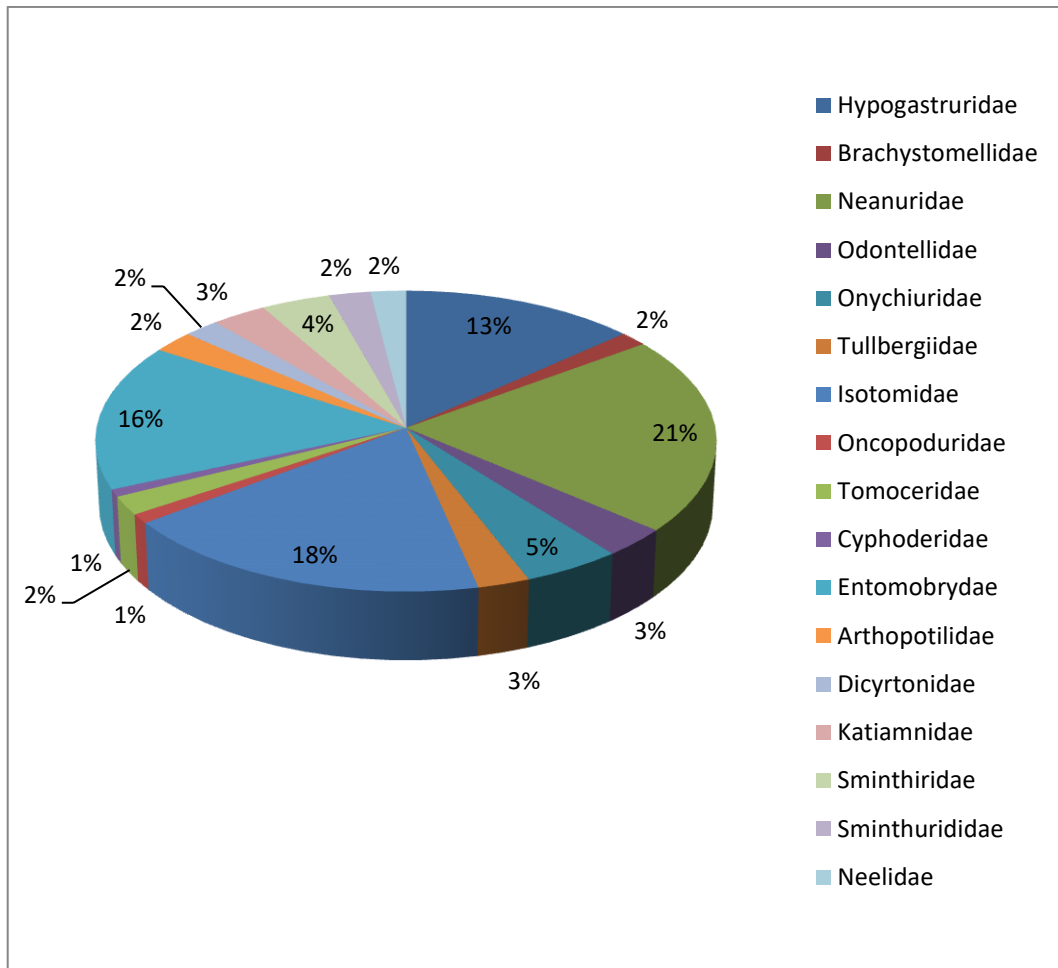


Figure 25. Répartition des espèces récoltées sur les différentes familles.

Nous représentons dans la figure 26 les fréquences absolues des familles, genres et espèces identifiées par auteurs. Nous remarquons que 90 espèces sont citées par Hamra Kroua (2005) elles appartiennent à 15 Familles et 56 genres. Bendjaballah (2019) quant à lui signale 71 espèces réparties sur 17 familles et 50 genres. 57 espèces appartenant à 42 genres et 14 familles sont identifiées par Zoughailech (2017). Brahim Bounab (2016), ayant travaillé que sur les Poduromorpha, signale 38 espèces, 06 familles et 23 genres.

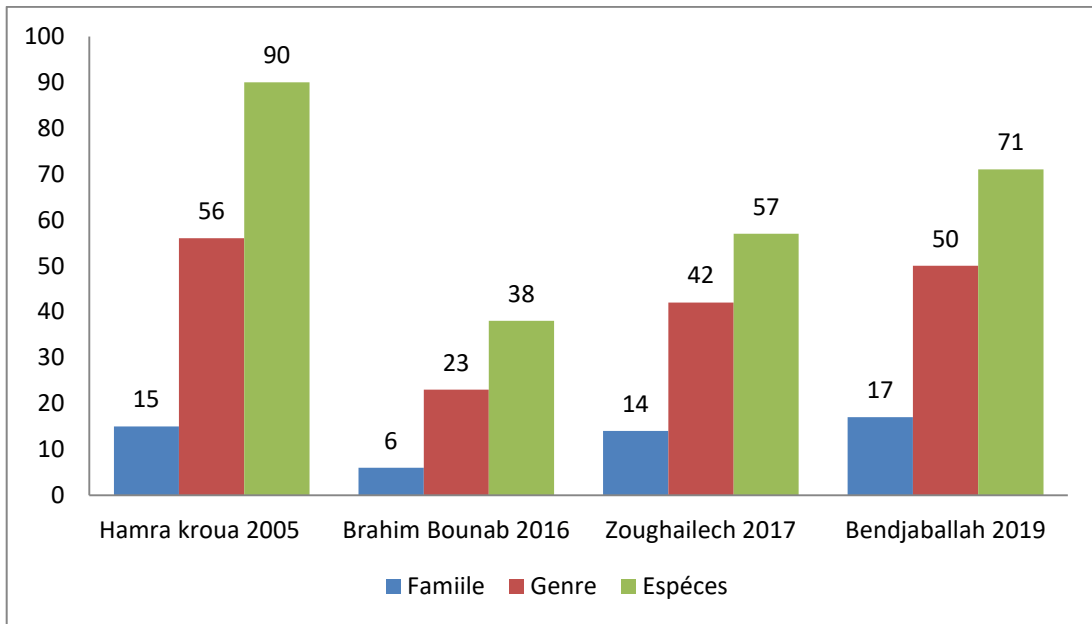


Figure 26. Fréquences absolues des familles, genres et espèces récoltées par auteurs.

Nous représentons dans la figure 27 les proportions de l'appartenance biogéographique des espèces de collemboles récoltées dans les différentes localités. 40% des espèces récoltées sont à large distribution, 29% sont euro-méditerranéennes, 7% sont endémiques, 10% sont cosmopolites. Les formes non identifiées jusqu'au niveau de l'espèce sont au nombre de 18 et représentent 14%.

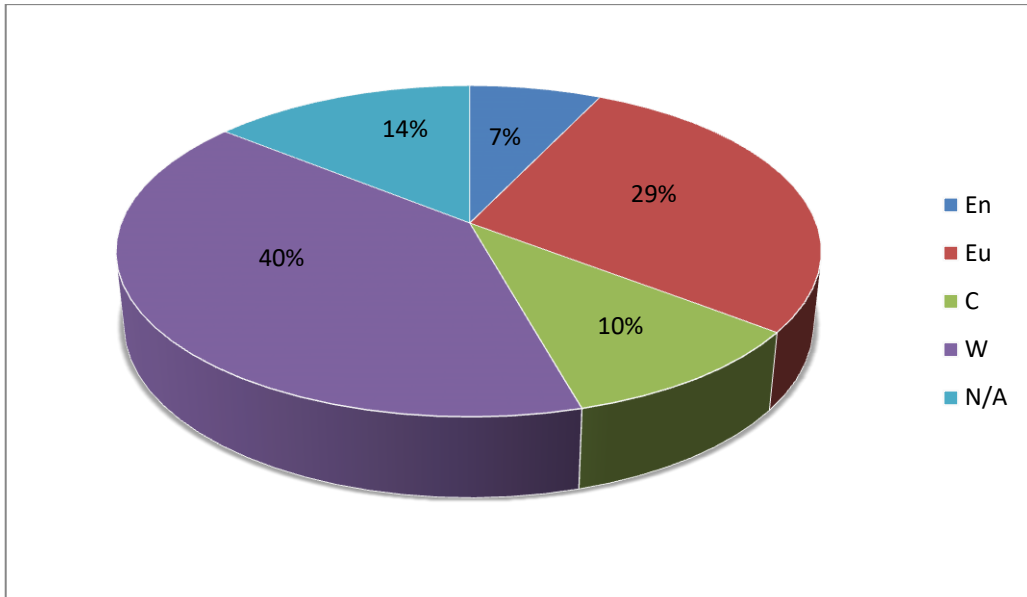


Figure 27. Proportions de l'appartenance biogéographique des espèces récoltées

La figure 28 illustre la proportion en pourcentage des espèces récoltées en fonction de leur adaptation morpho-écologique. L'hémiédaphon est le mieux représenté avec 70 espèces (55%) suivi par les espèces appartenant à l'euédaphon avec 31 espèces (24%). L'atmobios est représenté par 11 espèces, soit 9%. Les formes non identifiées jusqu'au niveau de l'espèce sont au nombre de 15, soit 12%.

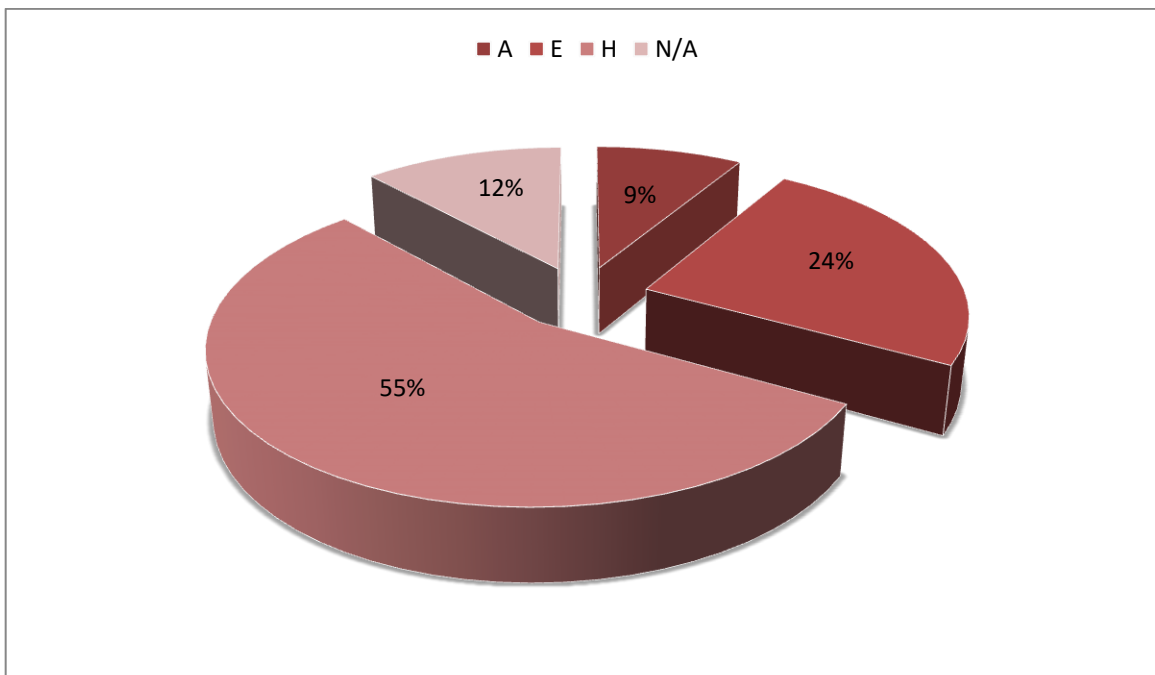


Figure 28. Proportions du type d'adaptation morphologique des espèces récoltées.

2. Discussion

Le présent travail est une tentative de compilation des données sur les collemboles d'Algérie, recueillies dans quatre (04) thèses soutenues au cours des 15 dernières années (depuis 2005 à ce jour). Ces thèses réalisées par le Professeur Hamra Kroua et son équipe (Brahim Bounab, Zoughailech et Bendjaballah) renferment l'essentiel de nos connaissances sur la faune collembologique du Nord-Est Algérien.

C'est à Hamra Kroua (2005) que revient 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.

Brahim-Bounab (2016) s'est intéressé aux collemboles appartenant à l'ordre des Poduromorpha. Les résultats de ce travail montrent que 38 espèces sont trouvées dans cinq localités du Nord-Est algérien et parmi lesquelles 9 espèces sont nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique du Nord et cinq espèces sont nouvelles pour la science (*Superodontella tayaensis* seule espèce décrite jusqu'à présent).

Suite à l'intérêt manifesté par Hamra Kroua (2005) vis-à-vis du massif de Collo qui présente des similarités avec le massif de l'Edough, Zoughailech (2017) s'est lancé dans l'étude de la biodiversité comparée et de l'endémisme des Collemboles de ces deux massifs. Les résultats de ce travail sont couronnés par la description de trois nouvelles espèces pour la science : *Pseudachorutes deficiens*, *P. octosensillatus* et *P. labiatus* ainsi que la description de *Deutonura zana* espèce récoltée par Hamra Kroua à l'Edough et retrouvée aussi à Collo.

Bendjaballah (2019) a élargi les prospections à d'autres localités plus au Sud. L'auteur s'est intéressé à la faune litéricole des forêts appartenant aux étages bioclimatiques humid, sub-humid et semi-aride. Il donne une liste de 71, trouvées dans 04 wilayas et parmi lesquelles 24 sont nouvelles pour le pays.

Avant de pouvoir prétendre donner un état des connaissances sur la faune collembologique du Nord-Est algérien, il est important de rappeler brièvement l'historique des travaux sur les collemboles d'Algérie.

2.1. Historique des travaux sur les collemboles d'Algérie

Les travaux sur les collemboles d'Algérie antérieurs à ceux initiés par le professeur Hamra Kroua et son équipe, remontent au milieu du 19^{ème} siècle où quelque espèces de ce groupe ont été signalées, mais difficiles à classer dans la systématique actuelle. D'un point de vue historique, nous pouvons aujourd'hui diviser ces travaux sur trois (03) périodes :

- Avant 1900 : avec la seule contribution de Lucas (1846, 1849), qui cite sept espèces.
- Entre 1900 et 1950 : c'est à cette période que les premières déterminations spécifiques valables sont rencontrées grâce essentiellement aux travaux de Denis (1924, 1925a, 1925b, 1935, 1937) et de Handschin (1926, 1928). On cite aussi (Absolon, 1913) et (Delamare-Deboutteville, 1948) qui décrivent *Acherontiella onychiuriformis* et *Megacyphoderus oraniensis* respectivement.
- De 1950 jusqu'au début des années 2000: avec les travaux de Delamare-Deboutteville (1953), Murphy (1958), Jacquemart (1974), Stomp (1974, 1983), Stomp et Thibaud (1974), Bretfeld (1997, 2001). Deux travaux ont marqués cette période, celui de Cassagnau (1963) sur la faune du Nord constantinois et la synthèse bibliographique de Thibaud et Massoud (1980).

2.2. Etat des connaissances sur les collemboles du Nord-Est Algérien

Comme nous l'avons déjà énoncé, les travaux du professeur Hamra Kroua et son équipe renferment l'essentiel des connaissances sur les collemboles du Nord-Est algérien. De ce fait et afin de répondre à l'objectif de notre travail, nous avons essayé, en premier lieu, de compiler toutes les données possibles renfermés dans les thèses des quatre auteurs (Hamra Kroua, Brahim Bounab, Zoughailech et Bendjaballah) pour donner une première liste aussi exhaustive que possible (voir tableau 4).

En deuxième lieu, nous avons procédé à l'élimination des espèces dont le statut est incertain (identification jusqu'au niveau du genre seulement, changement de nom, identification erronée ... etc.) en nous aidant par la checklist sur la faune de l'Edough et celle qui porte sur la faune de Collo, publiées par Brahim Bounab et al. (2020) et Bendjaballah et al. (2018) respectivement. Cette opération nous a permis de donner la liste illustrée par le tableau 5.

Pour les espèces que nous avons éliminées de la première liste, citons comme exemple : *Cryptopygus thermophilus* connue actuellement sous le nom : *Hemisotoma thermophila*. Un autre exemple est : *Cryptopygus bipunctatus* dont le nom actuel est : *Proisotomodes bipunctatus*. D'après Brahim Bounab et al. (2020), plusieurs espèces signalées ont changées de statut : *Friesea albida* a été réassignée vers *F. decemoculata* et *F. ladeiroi* a été réassignée vers *F. afurcata*. Les exemples sont aussi nombreux que nous songeons importun de tous les énumérés ici.

D'après la liste donnée dans le tableau 5, nous remarquons que l'ordre des Poduromorpha est le mieux représenté avec 06 familles, 32 genres et 60 espèces soit 47.24% des espèces identifiés. Hamra Kroua (2005) cite 42 espèces réparties sur 27 genres appartenant à 06 familles, récoltées dans sept Localités. Brahim Bounab (2016) cite 38 espèces trouvées dans cinq localités du Nord-Est algérien. Elles appartiennent à 3 superfamilles, 06 familles, 4 sous-familles et 23 genres. Zoughailech (2017) cite 24 espèces, 05 familles 16 genres. Bendjaballah (2019) cite 25 espèces ,05 familles et 19 genres.

Les Entomobryomorpha sont représentés par 05 familles ,24 genres et 47 espèces Soit 37 %. Hamra Kroua (2005) cite 35 espèces réparties sur 03 familles et 19 genres. Zoughailech (2017) cite 24 espèces réparties sur 05 familles et 19 genres alors que Bendjaballah (2019) cite 33 espèces sur 05 familles et 20 genres.

Les Symphypleona sont représentés par 05 familles, 10 genres et 17 espèces Soit 10.5%. Hamra Kroua (2005) donne une liste de 11 espèces réparties sur 05 familles et 07 genres. Zoughailech (2017) donne une liste de 07 espèces réparties sur 03 familles et 19 genres quant à Bendjaballah (2019), il donne une liste de 09 espèces réparties sur 05 familles et 09 genres.

L'ordre des Neelipleona est représenté par une seule famille, 02 genres et 03 espèces soit 2,36 %. Hamra Kroua (2005) cite 02 espèces appartenant à 02 genres, Zoughailech (2017) cite une seule espèce et Bendjaballah (2019) cite 02 espèces appartenant 02 genres de la même famille des Neelidae.

Parmi les 127 espèces recensées dans notre liste, neuf (09) sont endémique du Nord-Est algérien dont *Edoughnura rara* est endémique du Massif de L'Edough. *Friesea laouina* et *Friesea major* ont été décrite de ce dernier massif. Trois espèces appartenant au même genre : *Pseudachorutes deficiens*, *P. labiatus* et *P. octosensillatus* sont décrites du massif voisin de Collo tandis que *Deutonura zana* est commune aux deux massifs. Pas loin de l'Edough Cassagnau (1963) a décrit *Proctostephanus sanctiaugustini* alors que *Superodontella tayaensis* est décrite de Djebel Taya à Guelma.

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 et d'énumérer quelques exemples :

- *Dicyrtoma cirtana* décrite par Lucas (1846) de Constantine. Cette espèce n'a jamais été retrouvée depuis.
- *Archisotoma interstitialis*, *Hypogastrura manubrialis*, *Willemia anophthalma* et *Xenylla humicola* cité par Delamare-Deboutteville (1948) de plusieurs plages à Annaba et El-Tarf.
- *Onychiurus obsiones* décrite par Cassagnau (1963) dans son travail sur le nord-constantinois et jamais retrouvée jusqu'à ce jour.
- *Allacma gallica*, *Dicyrtomina saundersi* et d'autres espèces citées par Bretfeld (2001).
- *Entomobrya numidica* décrite par Baquero et al., (2009) de la région de Béni Haroun à Mila.

Par localités, c'est la wilaya de Skikda et celle d'Annaba qui ont bénéficiées d'un effort d'échantillonnage avéré. Cela traduit le nombre élevé d'espèces identifiées, 72 espèces à l'Edough (Brahim Bounab et al., 2020) et 74 espèces à Collo (Bendjaballah et al., 2018), comparées aux autres localités.

La proportion élevé des espèces hémi-édaphique (plus de la moitié des espèces recensées) traduit aussi la tendance des 4 auteurs à s'intéresser à la faune des litières. Plusieurs autres milieux et biotopes ont été peu échantillonnés ou jamais échantillonnés. Cela laisse à penser aux fortes possibilités de nouvelles découvertes dans l'avenir.

Cette liste reste, certainement, incomplète et ne reflète pas la diversité d'un territoire aussi vaste que le Nord-Est algérien. Nous estimons que le chiffre donné (127 espèces) peut facilement doubler (*Comm. Perso. De Bendjaballah*).

Pendant les 20 dernières années, nos connaissances sur la faune collembologique du Nord-Est Algérien se sont nettement améliorées grâce essentiellement aux travaux du Professeur Hamra Kroua et son équipe. Cette région est aujourd'hui mieux connue que tout le reste du pays.

Conclusion

Conclusion

Un total de 200 espèces a été identifié dans différentes localités de huit Wilayas du Nord-est algérien. Elles se répartissent sur quatre ordres, 18 familles et 76 genres de collemboles connus.

Toutes les espèces identifiées sont déjà signalées en Algérie dans différentes localités du pays. La faune rencontrée est composée d'espèces à large répartition et cosmopolites.

Les résultats sont une tentative de compilation des données, sur les collemboles du Nord-Est Algérien, recueillies dans quatre (04) thèses soutenues au cours des 15 dernières années (depuis 2005 à ce jour).

Le Nord-est algérien un des sites les plus riches en Algérie pour la diversité de sa faune collembologique. Il illustre aussi l'étendue des lacunes géographiques dans la connaissance de cette faune algérienne.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

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.

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

Ait Mouloud S. (2011) - Biodiversité et distribution des collemboles dans l'écotone eau-sol forestier dans la mare d'Aghrib et 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. et Deharveng L., (2007) - Fine scale changes in biodiversity in a soil - water ecotone: Collembola in two peat-bogs of Kabylia (Algeria). Vie et milieu. 57 (3) : 149-157.

Amri C., (2006) - Les Collemboles 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. et Jordana R., (1997) - Familia Neanuridae, in Ramos M. A. et al. (eds), Collembola, Poduromorpha. Fauna Iberica, vol. 8. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid: 272-477.

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., Perez T. et Carrasco P., (2011) - Deuteraphorura cebennaria (Gisin, 1956) primera cita para la fauna de la Península Ibérica (Collembola, Onychiuridae). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 48: 351-357.

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

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

Barra J.A., (1971) - Les photorécepteurs des Collemboles, étude ultrastructurale, I. L'appareil dioptrique. Z. Zellforsch. 117 : 322-353.

Barra J.A., (1976) - Le développement post-embryonnaire de *Pseudosinella decipiens* et *P.impediens* sous certaines conditions expérimentales. Revue d'Ecologie et de Biologie du sol. 13 : 385-397.

Barra J.A., (1977) - La Mue chez les Collemboles Entomobryens (Apterygota): Ultrastructure et particularités. Int. J. Insect. Morphol. et Embryol. 6 (3) : 201-219.

Barra J.A., (1991) - Biologie et structures adaptative des Collemboles entomobryomorphes cavernicoles. Rev. Écol. Biol. Sol. 28 (2) : 189-195.

Bedos A. et Deharveng L., (1991) - *Cephalachorutes* gen. n., a new genus of tropical Neanuridae (Collembola). Tijdschrift voor Entomologie 134: 145-153.

Bellinger P.F., Christiansen K.A. et Janssens F., (1996-2017) - Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>.

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

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

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

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

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

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

Bretfeld G., (1969) - Neuer Paarbildungstyp bei der indirekten Spermatophoren-Übertragung der Collembolen., *Die Naturwissenschaften*, 1969 (56. Jahrgang), Heft 8, p.425-426.

Bretfeld G., (1971) - Das Paarungsverhalten europäischer Bourletiellini (Sminthuridae)., *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, Tome 8, Fascicule 1, 1971 janvier, p.145-153.

Bretfeld G., (1976) - *Heterosminthurus chaetocephalus* (Collembola) - Blaz und spermaübertragung. *Enc. Cynemat. E2252*. Wissenschaftlichen film. Gottingen.1-10.

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

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

Bretfeld G., (1999) - Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 2. Symphypleona. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums, Görlitz*, 71 (1): 1-318.

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

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

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

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. Écol. Biol. Sol*, T. VIII, 4, 1971, p.609-616.

Cassagnau P., (1977) - Quelques problèmes relatifs aux critères spécifiques et a la notion d'espèce chez les Collemboles., *Soc. Zool. France*, p.57-93.

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

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

Christiansen K.A. et Bellinger P. (1998) - The *Collembola* of North America north of the Rio Grande, second edition. Grinnell College, Grinnell, IA, 1520 p.

Christiansen K.A. in Dindal D.L., (1990) - *Insecta: Collembola.*, *Soil biology guide.*, John Wiley et Sons, New York, Chichester etc., 1990, p.965-995.

D'Haese C.A., (2003) - Morphological appraisal of collembola phylogeny with special emphasis on poduromorpha and a test of the aquatic origin hypothesis., *The Norwegian academy of science and letters, Zoologica Scripta*, 32, 6, p.5636586.

Dallai R. et Malatesta E., (1973) - Recherche sui Collemboli. XIX. La fine struttura epicuticolare di *Podura* ed *Actaetes.*, *Redia*, vol. LIV, 1973, p.135-139.

Dallai R., (1967) - Ricerche sui Collemboli. II. Collemboli della riviera Livornese. *Archivio Botanico e Biogeografico Italiano* 12 (4): 425-449.

Dallai R., (1970) - Ricerche sui Collemboli. XIV. Le Alpi Apuane. *Lavori della Società Italiana di Biogeografia*, N.S. 1: 433-482.

Dallai R., (1971) - Ricerche sui Collemboli. XV. I Monti Reatini ed alcuni rilievi abruzzesi. *Lavori della Società Italiana di Biogeografia*, N.S. 2: 322-378.

Dallai R., (1973) - Ricerche sui Collemboli. XVIII. La cuticola e gli gnatiti di *Tetrodontophora bielensis* (Waga) al microscopio elettronico a scansione., *Redia*, Vol. LIV, 1973, p.105-116.

Dallai R., et Martinozzi I., (1980) -Ricerche sui Collemboli. XXV. La Val di Farma. Atti dell 'Accademia dei Fisiocritici, Siena, Serie XIV 12: 1-51.

Dallai R., Malatesta E. et Ramellini P., (1995) - 'Aperygota': Collembola, Protura, Microcoryphia e Zygentoma (=Thysanura s.l.), Diplura, in Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. (eds), Checklist delle Specie della Fauna Italiana, Calderini, Bologna, 33: 1-25.

Dallai R., Zizzari Z.V. et Fanciulli P.P., (2009) - Different sperm number in the spermatophores of *Orchesella villosa* (Geoffroy) (Entomobryidae) and *Allacma fusca* (L.) (Sminthuridae)., *Arthropod Structure & Development*, Volume 38, Issue 3, May 2009, p.227-234.

Davidson J., (1932) - Resistance of the Eggs of Collembola to Drought Conditions., *Nature*, No. 3267, Vol. 129, p.867.

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

Deharveng L., (1979) - Contribution à la connaissance des Collemboles Neanurinae de France et de la Péninsule Ibérique. *Travaux du Laboratoire d'Ecobiologie des Arthropodes édaphiques*, Toulouse 1 (4): 1-61.

Deharveng L., (1981) - La chétotaxie dorsale de l'antenne et son intérêt phylogénétique chez les Collemboles Neanuridae. *Nouvelle Revue d'Entomologie* 11 (1): 3-13.

Deharveng L., (2013) - Collembola. In *Fauna Europaea* version 2017.06. <https://fauna-eu.org>

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

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

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

Deharveng L., Hamra Kroua S. et Bedos A., (2007) - *Edoughnura Rara* N.Gen., N.Sp., An Enigmatic Genus Of Neanurinae Collembola From The Edough Massif (Algeria). Zootaxa, 1652: 57-61.

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

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 Deboutteville C., (1948) - Collemboles du Fezzan. Missoin F. Bernard. Institut de recherches sahariennes de l'université d'Alger. 5 : 3-6.

Delamare Deboutteville C., (1948) - Recherches sur les Collemboles Termitophiles et Myrmécophiles. Archive de Zoologie Expérimentale et Générale, Tome 85, p.261-425.

Delamare Deboutteville C., (1953-1954) - Collemboles marins de la zone souterraine humide des sables littoraux. Vie et milieu. 2 : 290-319.

Denis J-R., (1924) - Sur les Collemboles du muséum de Paris (1^{ère} partie). Annales de la Société Entomologique de France. 93 : 211-260.

Denis J-R., (1925a) - Sur les Collemboles du muséum de Paris (2^{ème} partie). Annales de la Société Entomologique de France. 261-290.

Denis J-R., (1925b) - Sur les Collemboles d'Afrique du Nord (2^{ème} note). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord. 16 : 254-256.

Denis J-R., (1935) - Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (3^{ème} note). Bulletin de la Société Entomologique de France. 16 : 230-233.

Denis J.-R., (1937) - Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (4^{ème} note). Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord. 28 : 85-87.

Dunger W. et Schlitt B., (2011) - Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 6/1. Tullbergiidae. Soil Organisms 83 (1): 1-168.

Edney E.B., (1977) - Water balance in land Arthropods., in Zoophysiology and Ecology, Vol.9, p.42-57.

Eisenbeis G. et Wichard W., (1985) - Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden., 1985, p.1-434.

Fanciulli P.P., Zizzari Z.V., Frati F. et Dallai R., (2012) - The ultrastructure of the ejaculatory duct in the springtail *Orchesella villosa* (Geoffroy) (Hexapoda, Collembola) and the formation of the spermatophore., Tissue and Cell, Volume 44, Issue 1, February 2012, p.32-46.

Gao Y., Bu Y., Luan Y.X. et Yin W.Y., (2006) - Preliminary Observation of the Embryonic Development of *Folsomia candida* (Collembola: Isotomidae), Zoological Research, 27, 5, p.519-524.

Greenslade P., (1982) - Revision of the Spinothecinae (Collembola: Sminthuridae) including a new Australian Genus., J. Aust. ent. Soc., 1982, 21, p.81-95.

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. et Allatou D., (2003) - Les Collemboles du Nord-est Constantinois. Sciences & Technologie, 20 : 21-24.

Hamra Kroua S. et Cancela da Fonseca J.P., (2009) - Dynamique saisonnière du peuplement de Collemboles d'un sol agricole de la ferme pilote d'El-Baaraouia (Wilaya de Constantine, Algérie). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2009, n° 31 (1) : 33-43.

Hamra Kroua S. et Deharveng L., (2010) - Les Neanuridae (Collembola, Arthropoda) du massif forestier de l'Edough (Annaba, Algérie). In : Actes de la VIème conférence

internationale Francophone d'Entomologie. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat, 47 (1) : 61-65.

Hamra Kroua S., 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. *Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie*. 3 : 117-126.

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

Hopkin S.P., (1997) - *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press. 1997. 1-330.

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

Jacquemart S. et Jaques J.M., (1980) - A propos d'un Collemboles Entomobryen à la fois marin et désertique. *Annales Soc. r. Zool. Belg.* — T. 109 (1979) — fase. 1 — pp. 9-18 — Bruxelles 1980.

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

Jacquemart S., (1980) - Un collembole nouveau de Papouasie, *Actaletes vangoethemi* sp.n., associé au bernard l'ermite *Coenobita rugosa* Milne Edwards., *Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique*, Tome 109, Année 1979, Fascicules 2-4, Bruxelles 1980, p.67-75.

Janssens F. et Huskens M.L., (2017) - Note on the courtship ritual of *Deuterostminthurus pallipes* (Bourletiellidae).

Janssens F., (1994) - Eieren van *Folsomia candida* (Collembola : Isotomidae)., *Antwerpse Vereniging voor Entomologie, Entomo-Info*, Jaargang 5, 1994, nr 1, p.6-10.

Janssens F., (1996) - Mathematisch model voor het ontstaan van de vorm van de poolkappen aan het ei van *Folsomia candida* (Willem, 1902) (Collembola : Isotomidae), Entomo-Info, Jaargang 7, 1996, nr 4, p.120-125.

Jordana R. et Arbea J.I., (1989) - Clave de identificación de los géneros de Collembolos de España (Insecta, Collembola).

Jordana R. et Arbea, J.I. in Ramos M.A., et al., (1997) - Collembola, Poduromorpha, Familia Poduridae y Familia Hypogastruridae. Fauna Ibérica, vol. 8., Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, p.1-233.

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

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

Leblalta A., (2009) - Les Collemboles de la litière du Chêne-vert (*Quercus ilex*) dans le massif forestier de Belezma. These de Magister en Agronomie. Université El Hadj Lakhdar, Batna. 147 p.

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. Revue de Zoologie. 9 : 252-256.

Lucas H., (1849) - Histoire naturelle des animaux articulés. I. Exploration scientifique de l'Algérie, 1840-42. Sciences physiques. Zoologie - Insectes. Paris. 1 : 371-376.

Massoud Z. et Barra J.A., (1980) - Interprétation ultrastructurale de la microsculpture épicutilaire des Collemboles Entomobryomorphes (Aptérygotes), Rev. Écol. Biol. Sol, 1980, 17 (2), p.251-260.

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

Mertens J., Coessens R. et Blancquaert J.P., (1983) - Reproduction and development of *Hypogastrura viatica* (Collembola) in relation to temperature and submerged conditions., *Rev. Écol. Biol. Sol.*, 1983, 20 (4), p.567-577.

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

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

Owen R., 1849- "On Parthenogenesis or the Successive Production of Procreating Individuals from a Single Ovum". London, John Van Voorst.

Palacios-Vargas J.G., (2000) - La Cuticula de los Colémbolos acuáticos bajo el Microscopio Electrónico de Barrido., XXXV Congreso Nacional de Entomología, Sociedad Mexicana de Entomología, Acapulco, Gro. 11 al 14 de Junio del 2000, *Memorias*, p.101-104.

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

Paulus H.F., (1971) - Einiges zur Cuticula-Struktur der Collembolen mit Bemerkungen zur Oberflächenskulptur der Cornea., *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, Tome 8, Fascicule 1, 1971 janvier, p.37-44.

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

Roth M., 1968- Initiation à la systématique et à la biologie des Insectes. O.R.S.T.O.M., 245 pp.

Schaller F., in Beier M., (1970) - Handbuch der Zoologie. Eine Naturgeschichte der Stämme des Tierreiches. IV. Band: Arthropoda - 2. Hälfte: Insecta. 2. Teil: Spezielles. 1. Collembola (Springschwänze). Berlin. p.1-72.

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.

Schmidt Rhaesa A., Bartolomaeus T., Lemburg C., Ehlers U. et Garey J.R., (1998) - The position of the Arthropoda in the phylogenetic system. *J. Morphol.* 238, p.263-285.

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

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

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

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

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

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

Tully T. et Ferrière R., (2008) - Reproductive Flexibility: Genetic Variation, Genetic Costs and Long-Term Evolution in a Collembola., *PLoS ONE, Volume 3, Issue 9,* e3207, September 2008, p.1-11.

Waldorf E., (1971) - Selective egg cannibalism in *Sinella curviseta* (Collembola: Entomobryidae)., *Ecology, Vol.52, No.4, Summer 1971,* p.673-675.

Walters M.C., (1967) - A Study of *Sminthurus viridis* (L.) (Collembola) in the Western Cape Province, Thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of

M.Sc.(Agric.) of the University of Stellenbosch, 1964., Entomology Memoirs No.16, Department of Agricultural Technical Services, Pretoria, p.1-99.

Wigglesworth V.B., (1965) - The principal of Insect Physiology., sixth edition, revised, 1965,p.1-741.

Zoughailech A., (2017) - Biodiversité comparée et endémisme des Collemboles (Hexapoda: Collembola) de deux massifs algériens dans un même contexte bioclimatique. Thèse de Doctorat 3^{ème} 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.

Etat des connaissances sur la diversité et l'appartenance biogéographique des collemboles du Nord-Est Algérien

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

Notre présent travail est une tentative de compilation des données, sur les collemboles du Nord-Est Algérien, recueillies dans quatre (04) thèses soutenues au cours des 15 dernières années (depuis 2005 à ce jour).

Ces travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés sont réalisés dans plusieurs localités appartenant à 08 Wilayas : **Annaba** (Edough), **Constantine** (Chettabah, Djbel El Ouahch, Khroub et Sidi Driss), **El-Tarf** (El-Kala), **Guelma** (Djebel Taya), **Jijel** (Béni Belaid), **Mila** (Béni Haroun), **Oum El Bouaghi** (Ain M'lila, Guerioun et Sidi Rgheiss) et **Skikda** (Azzaba, Collo, Filfila, Guerbès et Ouled Habeba).

Parmi les 127 espèces recensées dans notre liste, neuf (09) sont endémique du Nord-Est algérien dont *Edoughnura rara* est endémique du Massif de L'Edough. *Friesea laouina* et *Friesea major* ont été décrite de ce dernier massif. Trois espèces appartenant au même genre : *Pseudachorutes deficiens*, *P. labiatus* et *P. octosensillatus* sont décrites du massif voisin de Collo tandis que *Deutonura zana* est commune aux deux massifs. Pas loin de l'Edough Cassagnau (1963) a décrit *Proctostephanus sanctiaugustini* alors que *Superodontella tayaensis* est décrite de Djebel Taya à Guelma.

Par localités, c'est la wilaya de Skikda et celle d'Annaba qui ont bénéficiées d'un effort d'échantillonnage avéré. Cela traduit le nombre élevé d'espèces identifiées, 72 espèces à l'Edough (Brahim Bounab et al., 2020) et 74 espèces à Collo (Bendjaballah et al., 2018), comparées aux autres localités.

Cette liste reste, certainement, incomplète et ne reflète pas la diversité d'un territoire aussi vaste que le Nord-Est algérien. Nous estimons que le chiffre donné (127 espèces) peut facilement doubler.

Mots clés : Collemboles, Biodiversité, Nord-Est algérien.

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

Jury d'évaluation :

Président du jury : BAKIRI Asma (MCB - UFM Constantine 1).

Rapporteur : HAMRA KROUA Salah (Prof. - UFM Constantine 1).

Examineur : BRAHIM BOUNAB Hayette (MCA - UFM Constantine 1).

Date de soutenance : **18/07/2021**