

Université Frères Mentouri - Constantine1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale

N° d'ordre : 22/D3C/2023

N° de série : 05/Bio/2023



Thèse de Doctorat
Présentée pour obtenir le diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle
Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biodiversité des arthropodes

Présentée et soutenue par :

LACHI Nouredine

Intitulé :

**Biodiversité des Collemboles (Arthropoda ; Hexapoda)
de divers habitats naturels du Constantinois**

Membres du jury :

Président : BENKENANA Naima

Prof. Université frères Mentouri - Constantine 1

Directeur de thèse : HAMRA KROUA Salah

Prof. Université frères Mentouri - Constantine 1

Examineurs : BRAHIM BOUNAB Hayette

MCA Université frères Mentouri - Constantine 1

SAOUACHE Yasmina

MCA Université Salah Boubnider- Constantine 3

Soutenue le : 20 Juin 2023

Université Frères Mentouri - Constantine I
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale

N° d'ordre : 22/D3C/2023

N° de série : 05/Bio/2023



Thèse de Doctorat
Présentée pour obtenir le diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle
Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biodiversité des arthropodes

Présentée et soutenue par :

LACHI Nouredine

Intitulé :

**Biodiversité des Collemboles (Arthropoda ; Hexapoda)
de divers habitats naturels du Constantinois**

Membres du jury :

Président : BENKENANA Naima

Prof. Université frères Mentouri - Constantine 1

Directeur de thèse : HAMRA KROUA Salah

Prof. Université frères Mentouri - Constantine 1

Examineurs : BRAHIM BOUNAB Hayette

MCA Université frères Mentouri - Constantine 1

SAOUACHE Yasmina

MCA Université Salah Boubnider- Constantine 3

Soutenu le : 20 Juin 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Les mots les plus simples étant les plus forts, j'adresse toute mes affections à mes parents, qui se sont consacrés à leur tâche avec dévouement et patience et ceci tout le long de mes études.

Merci pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A mes frères et sœurs : Tarek, Ouafia, Hanan, Mohamed et Assia.

A mes nièces et neveux : Rouia, Mahdi, Madjda, Ritaje et Nihal.

A mes enseignants et enseignantes

A mes chères/chers amis et collègues doctorants

A mes collègues de travail.

A mes amis Aziz, Azouz, Amine, Faycal, Monir et Fouad.

Remerciements

Nous remercions avant tous, Dieu le tout puissant pour la volonté et la santé qu'Il nous a donné durant toutes les longues années d'études afin que nous puissions arriver là.

Nous exprimons nos plus vifs remerciements à notre Directeur de thèse **Mr. HAMRA KROUA Salah** professeur à l'Université frères Mentouri - Constantine 1. Son soutien pendant notre parcours universitaire, son encadrement académique exemplaire, sa disponibilité, sa compétence, son aide précieuse pour notre recherche, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance, nous ont beaucoup appris. Nous avons l'honneur de vous exprimer nos très profondes reconnaissances et nos sentiments les plus chaleureux. Merci pour ce que vous faites pour nous.

Nous voudrions bien remercier du plus profond du cœur **Mme. BENKENANA Naima** professeur à l'Université frères Mentouri - Constantine 1 et directrice du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, qui nous a fait l'honneur de présider ce jury et d'avoir eu l'amabilité de lire, de juger le présent travail et l'évaluer d'une manière pertinente. Nous lui exprimons nos reconnaissances pour sa bienveillance et sa qualité humaine.

Nous tenons à remercier **Mme. SAOUACHE Yasmina** Maître de conférences à l'Université Salah Boubnider- Constantine 3, pour avoir accepté notre invitation et d'être membre de ce jury. Ses remarques et conseils me seront d'une grande utilité. Qu'elle trouve ici mes plus profondes expressions de respect.

Nous exprimons notre profonde gratitude à **Mme. BRAHIM BOUNAB Hayette** Maître de conférences à l'Université frères Mentouri-Constantine 1, pour avoir accepté de siéger à notre jury, nous la remercions vivement pour sa gentillesse et l'intérêt qu'elle a porté à ce travail, tant par la lecture du manuscrit que par sa présence au jury.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements et notre gratitude aux Professeurs **DEHARVENG Louis** et **BEDOS Anne** du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (France) pour leur précieuse aide dans l'identification de nos espèces ainsi que pour leurs conseils. Qu'ils trouvent ici nos plus sincères sentiments de reconnaissance.

Nous remercions du fond du cœur **Mr. BENDJABALLAH Mohamed** Maître de conférence à l'Université frères Mentouri - Constantine 1, pour son énergie, son soutien moral, son assistance, ses conseils précieux, ainsi que pour les corrections et les relectures de ce manuscrit. Ses compétences et sa constante disponibilité a toujours fait preuve d'enthousiasme et de bonne humeur. Merci pour ce que vous faites pour nous.

Nous exprimons toute notre gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cette thèse.

LACHI Noureddine

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciements	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction.....	02
Chapitre I : Données générales sur les collemboles.....	03
1. Généralité sur les collemboles.....	05
2. Morphologie.....	06
2.1. La tête.....	07
2.1.1. Les antennes.....	07
2.1.2. Les yeux.....	09
2.1.3. L'organe post-antennaire.....	10
2.1.4. Les pièces buccales.....	11
2.2. Le thorax.....	13
2.3. Les pattes.....	13
2.4. L'abdomen.....	13
2.5. Les organes spécifiques des collemboles.....	14
2.5.1. Le tube ventral ou collophore.....	14
2.5.2. La furca.....	16
2.5.3. Le rétinacle ou tenaculum.....	17
3. Anatomie et physiologie des collemboles.....	17
3.1. Anatomie externe.....	17
3.1.1. Tégument.....	17
3.1.1.1. La cuticule.....	18
3.1.1.2. L'ornementation.....	18
3.1.2. Les soies.....	20
3.1.2.1. Les soies ordinaires.....	20
3.1.2.2. Les soies sensorielles.....	22
3.1.2.3. Les trichobothries.....	23
3.1.2.4. Les écailles.....	24
3.1.2.5. Les épines.....	25
3.1.2.6. Les pseudocelles.....	25
3.1.3. Les pseudopores.....	26
3.1.4. Chaetotaxie.....	26
3.2. Anatomie interne.....	27
3.2.1. Système excréteur.....	27
3.2.2. Système digestif.....	27

3.2.3. Système respiratoire.....	28
3.2.4. Système circulatoire.....	28
3.2.5. Système nerveux.....	28
3.2.6. Système endocrinien.....	29
3.2.7. Système reproducteur.....	30
3.2.7.1. Gamètes males et organes reproducteurs.....	30
3.2.7.2. Gamètes femelles et organes reproducteurs.....	30
3.2.7.3. Chromosomes.....	30
4. La biologie des collemboles.....	31
4.1. La reproduction.....	31
4.1.1. Spermatophore.....	31
4.1.2. Dimorphisme sexuel.....	31
4.1.3. Comportement d'accouplement.....	32
4.1.4. Fécondité.....	33
4.1.5. Parthénogenèse.....	33
4.1.6. Ovoposition.....	34
4.2. Développement.....	35
4.2.1. Développement embryonnaire.....	35
4.2.2. Développement post-embryonnaire.....	37
4.3. Ecomorphose, épitoquie et cyclomorphose.....	39
4.4. Adaptations physiologiques.....	41
4.4.1. Adaptation à la sécheresse.....	41
4.4.2. Adaptation au froid.....	41
4.4.3. Adaptation à l'inondation.....	42
4.4.4. Adaptation à l'hypoxie.....	42
4.4.5. Adaptation à la diminution des ressources alimentaires.....	42
5. Ecologie des collemboles.....	43
5.1. Habitat et abondance.....	43
5.2. Types éco-morphologiques.....	43
5.3. Les collemboles cavernicoles.....	44
5.4. Alimentation des collemboles.....	46
5.5. Les prédateurs des collemboles.....	48
5.6. Les parasites des collemboles.....	48
5.7. Interactions entre les collemboles.....	49
5.8. Influence des facteurs du milieu sur la vie des collemboles.....	49
5.8.1. La température.....	49
5.8.2. L'humidité.....	50
5.9. L'impacte de changement climatique et la pollution sur les collemboles.....	50
6. Rôle des collemboles.....	51
7. La systématique des collemboles.....	52
8. La phylogénie des collemboles.....	56
9. Les collemboles dans le monde.....	58
10. Les collemboles d'Algérie.....	60

Chapitre II : Présentations des localités d'étude et Méthodologie.....	62
1. Présentations des localités d'étude.....	63
1.1. Localisation géographique et administrative.....	64
1.1.1. Jijel.....	64
1.1.2. Skikda.....	64
1.1.3. Constantine.....	64
1.1.4. Mila.....	64
1.1.5. Guelma.....	64
1.1.6. Oum El-Bouaghi.....	65
1.2. Reliefs.....	65
1.2.1. Jijel.....	65
1.2.2. Skikda.....	65
1.2.3. Constantine.....	66
1.2.4. Mila.....	66
1.2.5. Guelma.....	66
1.2.6. Oum El-Bouaghi.....	67
1.3. Cadre géologique générale.....	67
1.4. Contexte climatique.....	68
1.4.1. Sources des données climatiques.....	68
1.4.2. Correction les données climatiques.....	69
1.4.3. Températures.....	70
1.4.4. Précipitations.....	71
1.4.5. Synthèse climatique.....	72
1.5. La végétation.....	73
1.6. Le Milieu cavernicole.....	76
1.6.1. Grotte de Rhar-El-Djema.....	76
1.6.2. Grotte de Roknia.....	76
1.6.3. Grotte d'Ibn Ziad (Rhar-Edbaa).....	77
1.6.4. Grotte d' Hamma Bouziane.....	77
2. Matériels et méthodes d'étude.....	78
2.1. L'échantillonnage des habitats forestier.....	78
2.1.1. Chasse à vue.....	79
2.2. L'échantillonnage à l'intérieur des grottes.....	79
2.3. Extraction des collemboles.....	81
2.3.1. Principe de Berlese-Tullgren.....	81
2.3.2. La technique et le matériel de Berlese-Tullgren.....	81
2.4. Le tri.....	82
2.5. Le contage des individus.....	83
2.6. Identification des collemboles.....	83
2.6.1. Préparation entre lame et lamelle.....	83
2.6.1.1. Fixation.....	84
2.6.1.2. Eclaircissement.....	84

2.6.1.3. Montage et conservation.....	85
2.6.2. Observation.....	86
2.6.3. Clé d'identification des collemboles.....	86
2.6.3.1. Clé des ordres.....	86
2.6.3.2. Clé des familles.....	87
2. Etude statistique de la biodiversité des collemboles dans la station Bouraoui Belhadeh (Jijel).....	90
3.1. Statistique sommaire.....	90
3.2. Mesure la biodiversité des collemboles dans la station Bouraoui Belhadf (Jijel).....	90
3.2.1. Indices de diversité (Indices de biodiversité Alpha).....	90
3.2.1.1. Richesse spécifique S.....	90
3.2.1.2. Indice Simpson (D).....	91
3.2.1.3. Indice de Shannon-Weaver (H').....	91
3.2.1.4. Indice de Piélou (J).....	91
3.2.1.5. L'indice de Fisher (α).....	92
3.2.2. Indices de diversité de la différenciation (Indices de biodiversité Beta).....	92
3.2.2.1. L'indice de Sørensen.....	92
3.2.2.2. L'indice de Jaccard.....	93
3.2.2.3. L'indice de Morisita.....	93
3.2.2.4. L'indice de Bray-Curtis.....	94
Chapitre III : Résultats et discussion.....	95
I. Inventaire et étude taxonomique.....	96
1. Composition faunistique.....	96
2. Etude taxonomique.....	106
3. Etude statistique de la biodiversité des collemboles dans la station Bouraoui Belhadeh (Jijel).....	161
3.1. Statistique sommaire.....	165
3.2. Mesure de la biodiversité des collemboles dans la station Bouraoui Belhadeh (Jijel)....	167
II. Discussion.....	172
1. Discussion des résultats faunistiques et taxonomiques.....	172
2. Discussion des résultats statistiques.....	182
Conclusion.....	186
Références bibliographiques	
Annexes	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Moyennes annuelles des données climatiques

Tableau 2. Liste des espèces de collemboles identifiées dans les différentes stations forestières et leur type biologique. La hiérarchie taxonomique suit Deharveng (2004)

Tableau 3. Liste des espèces de collemboles récoltés dans des grottes ou à leurs alentours

Tableau 4. Les effectifs des espèces récoltées dans chaque biotope à Bouraoui Belhadeff (Jijel)

Tableau 5. Statistique sommaire avec et sans *Proisotoma minuta*

Tableau 6. Analyse de la variance à un facteur pour les collemboles identifiés par biotope sans *Proisotoma minuta*

Tableau 7. Test de Tukey après ANOVA sans *Proisotoma minuta*

Tableau 8. Indices de biodiversité Alpha avec et sans *Proisotoma minuta*

Tableau 9. Nombre de relevés, nombre d'espèce et effectifs par biotope avec et sans *Proisotoma minuta*

Tableau 10. Indices de similarité entre les biotopes avec et sans *Proisotoma minuta*

LISTE DES FIGURES

- Figure 01.** Les quatre ordres des collemboles (Cipola *et al.*, 2018)
- Figure 02.** Photographie au microscope électronique à balayage d'une tête *Sminthurides sp.* (Thibaud, 2017)
- Figure 03.** Photographie au microscope électronique à balayage d'une antenne de *Proctostephanus sanctiaugustini* (Zoughailech, 2017)
- Figure 04.** Plaque oculaire latéral avec huit ocelles chez *Friesea najtae* (D'haese, 2017)
- Figure 05.** Organe post-antennaire d'*Isotomurus bimus* (Hakseo et Kyung-Hwa, 2018)
- Figure 06.** Pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*) (Eisenbeis et Wichard, 2012)
- Figure 07.** Morphologie générale *Seira dowlingi* (Seiridea) (Cipola *et al.*, 2018)
- Figure 08.** Collophore avec des vésicules étendues avec les segments 1–4 (Favret *et al.*, 2015)
- Figure 09.** Furca de *Neelus murinus* et mucron de *Neelus murinus* (Schneider, 2017)
- Figure 10.** Tenaculum de *Megalothorax minimus* (Schneider, 2013)
- Figure 11.** Schéma de la cuticule des collemboles (Eisenbeis et Wichard, 2012)
- Figure 12.** Micro-sculpture épicuticulaire et son évolution chez les Arthropleones (Cassagnau, 1990)
- Figure 13.** Les soies ordinaires selon la structure (Massoud & Ellis, 1977)
- Figure 14.** Les soies selon la forme (Massoud & Ellis, 1977)
- Figure 15.** Les formes de sensilles selon de Massoud & Ellis (1977)
- Figure 16.** Photo des trichobothries sur la face dorsale de Symphypléona (Garcelon, 2018)
- Figure 17.** Ecailles et soies d'*Heteromurus major* (Zoughailech, 2017)

Figure 18. Six épines sur le 6^e segment abdominal de *Friesea najtae* (D'haese *et al.*, 2017)

Figure 19. Pseudopores de coxa *Homidia jordanai* (Entomobryidae) (Zhang *et al.*, 2011)

Figure 20. Coupe anatomique schématique d'un collembole Arthropléona (Thibaud & D'haese, 2010)

Figure 21. Spermatophore de *Dicyrtomina ornata*, *Dicyrtomina saundersi* vérifié son spermatophore (Bellinger *et al.*, 2022)

Figure 22. Œufs de *Desoria trispinata* déposés en grappe (Bellinger *et al.*, 2022)

Figure 23. Étapes successives du développement embryonnaire (Uemiya et Ando, 1987)

Figure 24. Photographies représentant divers stades de croissance de *Neanura muscorum* (Hoskins *et al.*, 2015)

Figure 25. Morphologies adaptatives générales chez les collemboles (Potapov *et al.*, 2016)

Figure 26. Les collemboles troglobies (Lukic, 2019)

Figure 27. *Sminthurus hispanicus* se nourrissant de pollen ; *Sminthurus hispanicus* entraîne de mâchez la couche supérieure de l'épiderme d'une feuille (Bellinger *et al.*, 2022)

Figure 28. Un collembole proie d'un acarien (Garcelon, 2018)

Figure 29. Les relations phylogénétiques entre les Hexapodes et les taxons des sous-groupes d'arthropodes (Derst *et al.*, 2016)

Figure 30. Carte du Nord-est Algérien avec les localités de récoltes (Photo originale)

Figure 31. Carte géologique de l'Algérie orientale (Askri *et al.*, 2005 cité par Laala, 2016)

Figure 32. Température moyenne annuelle au niveau des forêts de l'Est Algérien pour la période (1982-2011) (Laala, 2016)

Figure 33. La carte pluviométrique de la région d'étude (ANRH, 1996, modifiée)

Figure 34. Climagramme d'EMBERGER des stations d'étude

Figure 35. Couverture végétale de l'Est Algérien (Mébariki, 2005)

Figure 36. Les forêts des stations d'étude (Photo originale)

Figure 37. Les grottes prospectées (Photo originale)

Figure 38. Les différents milieux échantillonnés dans les localités d'étude (Photos originales)

Figure 39. Les techniques d'échantillonnage à l'intérieur des grottes (Photos originales)

Figure 40. Extraction des collemboles (Photo originale)

Figure 41. Matériels pour la chasse à vue, le tri et la conservation (Photo originale)

Figure 42. Les quatre ordres des collemboles (Hamra Kroua, 2005)

Figure 43. Représentation de la proportion des espèces par ordre

Figure 44. Fréquences des familles, des genres et des espèces identifiées par ordre

Figure 45. Proportion des espèces identifiées par famille

Figure 46. Fréquences des familles, des genres et des espèces par localité

Figure 47. Proportions du type d'adaptation morphologique des espèces récoltées

Figure 48. Proportions de l'appartenance biogéographique des espèces récoltées

Figure 49. Statut des espèces de collemboles identifiées

Figure 50. *Acherontiella bougisi* (Jordana *et al.*, 1997)

Figure 51. *Ceratophysella denticulata* (Jordana *et al.*, 1997)

Figure 52. *Hypogastrura vernalis* (Jordana *et al.*, 1997)

Figure 53. *Microgastrura duodecimoculata* (Popa, 2010)

Figure 54. *Brachystomella curvula* (Jordana *et al.*, 1997)

Figure 55. *Friesea mirabilis* (Jordana *et al.*, 1997)

Figure 56. *Protanura n.sp.* (Photo originale)

Figure 57. *Pseudachorudina meridionalis* (Jordana *et al.*, 1997)

Figure 58. *Pseudachorutella asigillata* (Fjellberg, 1998)

Figure 59. *Superodontella lamellifera* (Fjellberg, 1998)

Figure 60. *Deuteraphorura cebennaria* (Fjellberg, 1998 ; Greenslade *et al.*, 2012)

Figure 61. *Mesaphorura macrochaeta* (Fjellberg, 1998)

Figure 62. *Folsomides parvulus* (Fjellberg, 2007)

Figure 63. *Isotoma viridis* (Fjellberg, 2007)

Figure 64. *Isotomurus palustris* (Fjellberg, 2007)

Figure 65. *Proctostephanus cidi* (Potapov *et al.*, 2015)

Figure 66. *Proctostephanus sanctiaugustini* (Potapov *et al.*, 2015)

Figure 67. *Proisotomodes bipunctatus* (Fjellberg, 2007)

Figure 68. *Oncopodura crassicornis* (Fjellberg, 2007)

Figure 69. *Tomocerus minor* (Fjellberg, 2007)

Figure 70. *Entomobrya multifasciata* (Fjellberg, 2007)

Figure 71. *Heteromurus nitidus* (Fjellberg, 2007)

Figure 72. *Lepidocyrtus lignorum* (Fjellberg, 2007)

Figure 73. *Pseudosinella alba* (Fjellberg, 2007)

Figure 74. *Seira domestica* (Cipola *et al.*, 2018)

Figure 75. *Dicyrtomina ornata* (Fjellberg, 2007)

Figure 76. *Sminthurinus signatus* (Fjellberg, 2007)

Figure 77. Profils de diversité de 04 habitats sans *Proisotoma minuta*

Résumé

Dans le but de mieux connaître la biodiversité des collemboles d'Algérie, des centaines d'échantillons ont été prélevés dans différents milieux forestiers, cavernicoles et aux alentours des grottes dans différents étages bioclimatiques au cours des années 2018-2020.

85 espèces et morpho-espèce ont été rencontrées dans les échantillons forestiers, appartenant à 15 familles et 53 genres, dont le massif montagneux de Jijel présente une biodiversité exceptionnelle en espèces endémiques, rares et d'intérêt biogéographique.

Parmi ces espèces, 05 sont probablement nouvelles pour la science, *Edoughnura sp.*, deuxième espèce du genre *Edoughnura* endémique du massif de l'Edough, *Deutonura sp.*, proche de *Deutonura zana* endémique de l'Edough et Collo, *Protanura sp.*, endémique de massif de Jijel, *Tetracanthella sp.*, a été trouvée exclusivement dans la mousse et *Heteromurus sp.*, a été collectée dans plusieurs stations forestières de Jijel. 04 espèces nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique de Nord figurent dans la liste : *Microgastrura duodecimoculata*, *Proctostephanus cf. cidi*, *Entomobrya marginata* et *Isotomurus sp2*.

02 autres espèces remarquables par leur statut biogéographique sont présentes dans les localités prospectées : *Sensillanura austriaca* endémique des Alpes du nord et massif de Collo et *Kenyura sp.*, nouvelle espèce pour la science, appartient au genre *Kenyura*, dont toutes les espèces connues à ce jour sont endémiques de la zone tropicale Afro-Américaine.

Les résultats statistiques obtenus à partir des prélèvements dans la forêt de Bouraoui Belhadef, révèlent la présence d'une grande richesse spécifique d'intérêt taxonomique dans les échantillons de bois mort, de litière et de mousse que les échantillons de sol.

06 espèces cavernicoles non encore identifiées au niveau spécifique, ont été récoltées lors de la prospection de 04 grottes de Nord-est Algérien. 03 espèces nouvelles pour la science appartiennent au même genre *Orchesella* et une autre espèce probablement nouvelle pour la science de genre *Entomobrya*, ont été collectés dans les alentours des grottes.

Plusieurs espèces intéressantes sont en cours d'identification et de description, ce qui nous permet de s'attendre à des nouvelles découvertes.

Mots clés : Biodiversité, Collemboles, Forêts, Grottes, Jijel, Nord-est Algérien

Abstract

In order to improve the biodiversity knowledge of Algerian springtails, a hundreds of samples were collected from many forests, caverns and caves meadow, in different bioclimatic stages during the years 2018-2020.

85 species and morpho-species were encountered in forest samples, spread over 15 families and 53 genera, which the mountain range of Jijel presents an exceptional biodiversity in endemic, rare and of biogeographical interest species.

Among these species, 05 are probably new to science, *Edoughnura sp.*, second species of the genus *Edoughnura* endemic to the Edough massif, *Deutonura sp.*, close to *Deutonura zana* endemic to Edough and Collo mountains, *Protanura sp.*, endemic to the Jijel massif, *Tetracanthella sp.*, found exclusively in moss and *Heteromurus sp.*, was collected from several forest stations in Jijel. 04 new species for Algeria and North Africa fauna appear in the list : *Microgastrura duodecimoculata*, *Proctostephanus cf. cidi*, *Entomobrya marginata* and *Isotomurus sp2*.

02 other species remarkable for their biogeographic status are present in the surveyed localities : *Sensillanura austriaca* endemic to the Northern Alps and the Collo massif and *Kenyura sp.*, new species for science, belongs to the genus *Kenyura*, which all the species known to date are endemic to the tropical zone Afro-American.

The statistical results obtained from the samples in the forest of Bouraoui Belhadeff, reveal the presence of a great specific richness of taxonomic interest in the samples of rotten wood, litter and moss than the soil.

06 cave species not yet identified at the specific level, were harvested during the prospection of 04 caves in North-East Algeria. 03 species new to science belong to the same genus *Orchesella* and another species probably new to science of the genus *Etomobrya*, all were collected near the caves.

Several interesting species are being identified and described, which allow us to expect new discoveries.

Key words : Biodiversity, Springtails, Forests, Caves, Jijel, North-east Algeria

ملخص

من أجل إثراء معرفة التنوع البيولوجي لكوليمبولا في الجزائر ، تم أخذ مئات العينات من مختلف الأوساط الغابية والكهوف وإمام مداخل الكهوف، تنتمي إلى طوابق مناخية مختلفة، خلال السنوات 2018-2020 .

تم العثور على 85 نوعاً في الأوساط و الأماكن الغابية ، ينتمون إلى 15 عائلة و 53 جنساً ، جبال جيجل تحتوي على تنوع بيولوجي استثنائي في الأنواع المتوطنة والنادرة وذات الأهمية البيوجغرافية.

من بين هذه الأنواع، 05 أنواع جديدة على العلم : *Edoughnura sp.* ربما تكون النوع الثاني من جنس *Edoughnura* المتوطن في جبال الادوغ، *Deutonura sp.* قريب من نوع *Deutonura zana* الذي التقط في جبال القل و الادوغ ، *Protanura sp.* مستوطنة في منطقة واحة في جيجل، *Tetracanthella sp.* وجدت حصريا في الطحالب البرية و *Heteromurus sp.* تم جمعها في عدة محطات في غابات جيجل. 04 أنواع جديدة للجزائر و شمال إفريقيا تظهر في القائمة وهم : *Entomobrya Microgastrura duodecimoculata Isotomurus sp2.* و *Proctostephanus cf. cidi marginata*.

توجد أنواع أخرى خاصة لحالتها البيوجغرافية في المواقع التي خضعت للمسح، *Sensillanura austriaca* المتوطنة في جبال الألب الشمالية و جبال القل، *Kenyura sp.* وهي جديدة على العلم، تنتمي إلى الجنس *Kenyura*، الذي جميع الأنواع المعروفة حتى الآن مستوطنة في المناطق الاستوائية الأفريقية الأمريكية.

النتائج الإحصائية التي تم الحصول عليها من العينات في غابة بوراوي بلهادف، تكشف عن وجود ثراء كبير في الأنواع ذات أهمية تصنيفية موجودة في عينات الأخشاب الميتة و دبال الأوراق و الطحالب البرية اكبر من الموجودة في عينات التربة.

06 أنواع غير محددة بعد (تحديدها على مستوى جنس فقط) تم اكتشافهم أثناء التنقيب داخل 04 كهوف في شمال شرق الجزائر. 03 أنواع جديدة في العلم تنتمي إلى نفس جنس *Orchesella* و نوع آخر ربما يكون كذلك جديد في علم ينتمي إلى جنس *Etomobrya* ، التقطوا جميعهم قرب الكهوف.

ميزال وصف العديد من الأنواع المثيرة للاهتمام ، مما يسمح لنا بتوقع اكتشافات جديدة.

الكلمات المفتاحية : التنوع البيولوجي، كوليمبولا ، غابات، كهوف، جيجل، شمال شرق الجزائر

Introduction

Introduction

La biodiversité est une variation biologique des organismes vivants aux seins des écosystèmes, généralement l'accent est mis sur la diversité des espèces, mais d'autres formes de diversité, telle que la diversité génétique est également informative. En effet, l'étude de la biodiversité prend une grande importance dans les sciences de la biologie et de l'écologie à cause de ses liens pertinents avec de nombreux autres secteurs et domaines, tels que l'environnement, l'agriculture, la conservation de la nature et le changement climatique.

Les collemboles constituent un groupe d'embranchement des arthropodes, qui sont numériquement dominant dans la plupart des écosystèmes terrestres. Mais ils ne sont que modérément diversifiés par rapport à de nombreux autres groupes d'insectes. Avec environ 7 000 espèces connues pour être comparés à 350 000 Coléoptères ou 125 000 Diptères (Parker, 1982) cité par Deharveng (2004).

Cette classe appartient aux hexapodes aptérygotes, qui se caractérise par des appendices spécifiques (furca, tube ventral et rétinacle) articulées dans les segments abdominaux. Ils ont été classés avec les insectes, mais les systématiciens considèrent maintenant qu'ils appartiennent à une classe distincte, conformément aux Diplura et Protura.

La taxonomie des collemboles n'est toujours pas démêlée et chaque année plusieurs nouvelles espèces et parfois même de nouveaux genres sont découverts dans différents biotopes et milieux naturels (les forêts, prairies, les cavernes, les lacs et milieux profonds de sol etc.). A propos du nombre d'espèces décrites, dans le monde est aujourd'hui d'environ 9510 (Bellinger *et al.*, 2022), avec une richesse spécifique totale estimée proche de 50000 (Turnbull et Stebaeva, 2019).

En Algérie, la biodiversité des micro-arthropodes est mal connue et très peu d'études biologiques et écologiques ont été consacrées à ces classes en comparant les divers milieux et réserves naturelles existants.

Concernant les collemboles, nos données taxonomiques sont satisfaisantes, en comparaison avec celles de certains pays voisins, avec une liste de 230 espèces dont 134 découvertes dans le Nord-est Algérien, grâce aux travaux de plusieurs auteurs Européens et Algériens : Lucas (1846, 1849), Absolon (1913), Denis (1924, 1925a, 1925b, 1935, 1937), Handschin (1926, 1928), Delamare-Deboutteville (1953), Murphy (1958), Cassagnau (1963),

Jacquemart (1974), Stomp (1974, 1983), Stomp et Thibaud (1974), Thibaud et Massoud (1980), Bretfeld (1997, 2001), Hamra-Kroua et Allatou (2003), Deharveng et Hamra Kroua (2004), Hamra-Kroua (2005), Deharveng *et al.* (2007), Ait-Mouloud *et al.* (2007), Baquero *et al.* (2009), Hamra Kroua *et al.* (2009), Hamra-Kroua et Deharveng (2010), Arbea *et al.* (2013), Brahim-Bounab *et al.* (2014), Deharveng *et al.* (2015), Deharveng *et al.* (2015), Zoughailech *et al.* (2016), Brahim-Bounab *et al.* (2017), Zoughailech (2017), Bendjaballah *et al.* (2018), Bendjaballah (2019) et enfin Brahim-Bounab *et al.* (2020).

L'étude présentée dans cette thèse entre dans le champ de l'étude de la biodiversité des collemboles. Notre travail consiste à récolter des échantillons dans des stations avec des conditions éco-biologiques différentielles et nos spécimens sont prélevés à partir de différents habitats forestiers et cavernicoles dans des régions inconnues et non prospectées pour ce pays.

La zone d'étude est choisie selon la localisation des stations dans différents étages bioclimatiques avec différentes conditions écologiques. La région de Jijel est la mieux échantillonnée en raison de son climat humide et sa biodiversité botaniques. La station humide de Filfila à Skikda situe entre deux grands massifs d'Edough à Annaba et Collo à Skikda. Les localités de Grarem Gouga à Mila et Maouna à Guelma hébergent d'immenses formations boisées de contexte bioclimatique subhumide et la forêt d'Aïn Beïda contient une végétation spécifique de l'étage bioclimatique semi-aride.

Nous avons élargi nos recherches dans les milieux des grottes et les cavités naturelles qui offrent des conditions climatiques et écologiques particuliers avec la présence des faunes typiques de ce biotope. 4 grottes situent dans la chaîne Numidienne dans le Nord-est Algérien ont été prospectées plusieurs fois, bien que les espèces soient faiblement présentées, ont permis d'apporter des nouvelles connaissances sur les collemboles cavernicoles.

L'objectif principal de notre thèse est de contribuer à réaliser une étude faunistique sur les collemboles récoltées dans divers milieux et biotopes (forestiers et cavernicoles), localisés dans plusieurs régions non encore explorées pour les précédents chercheurs, avec un but de découvrir de nouvelles espèces pour la science et pour le pays et essayer de mieux connaître la préférence des habitats de sol forestier et ses annexes par cette classe.

Chapitre I :
Données
bibliographiques

1. Généralité sur les collemboles

Les collemboles, du grec « Kolla » qui veut dire « colle » et « embolon » qui signifie « toupie », sont des arthropodes aptérygotes formant une classe au sein du sous-embranchement des hexapodes. Ce sont des invertébrés qui possèdent trois 03 paires de pattes (Thibaud et D'haese, 2010).

En 350 AC, Aristote, dans son *Historia animalium*, mentionne pour la première fois un collebole, sous le nom de « Puce des neiges », rougeâtre et velue. Elle se nomme actuellement *Isotoma saltans* (Isotomidae), espèce pullulant sur les névés. En 1743, le Suédois De Geer fit la première description scientifique d'une espèce de collebole, le symphypléone *Smynturus fuscus*, connue actuellement sous le nom *Allacma fusca* (Sminthuridae). En 1873, l'Anglais Lubbock publie la première monographie des collemboles. Il y mentionne 130 espèces, toutes très bien illustrées. C'est le début de la collembologie vraiment scientifique. Après Lubbock, le taux de publication des travaux sur les collemboles a augmenté rapidement, Salmon (1964) a pu inclure 2603 références dans son index aux collemboles (Thibaud et D'haese, 2010).

L'identité des collemboles se présente dans les organes spécifiques qui se trouvent sur les appendices des sternites abdominaux et dans les pièces buccales qui se cachent dans la tête, certains auteurs estiment que c'est principalement ces caractéristiques qui séparent les collemboles du reste de la classe Insecta (Thibaud et D'haese, 2010).

Cependant, les collemboles se rapprochent des insectes par l'anatomie interne et externe : les 3 paires des pattes uniramés, corps segmenté, la cuticule externe, structures neuro-endocrines et perte de l'anamorphose. Ils se rattachent aux arthropodes par les caractères morphologiques et génétiques telle que : les appendices articulés (antennes et pattes), la structure du tube digestif et des gonades, persistance de l'appareil excréteur coelomique, céphalique et abdominal (Hamra-Kroua, 2005).

Les collemboles varient énormément en forme et en anatomie, mais tous ont quatre segments antennaires, chacun avec une musculature et tous manquent de tubules malpighiens (Hopkin, 1997).

2. Morphologie

Les collemboles sont des hexapodes entognathes, aptères et de petite taille. Cette taille est le plus souvent comprise entre 01 et 03 mm. Le collembole le plus petit actuellement connu est un male de *Sphaeridia pilleata*, un symphypléone de la famille Sminthurididae du Brésil, mesurant 0,12 mm et qui est, sans doute, le plus petit hexapode adulte connu au monde. Le plus grand collembole connu est un Neanuridae de Nouvelle-Zélande, *Holacanthella duospinosa*, long de 1,7 cm (Thibaud et D'haese, 2010).

Le corps des collemboles en générale est constitué d'une tête, un thorax et un abdomen. Sa coloration varie de blanchâtre à presque noir, en passant par toutes les teintes: jaune, orange, rose, rouge, vert, bleu. Ceux qui fréquentent souvent la surface du sol arborent généralement des couleurs plus vives (Hopkin, 1997).

Les collemboles sont divisés en deux groupes, se distinguant par leur forme corporelle : l'Arthropleona (poduromorphes et entombryomorphes) allongée, cylindrique et est clairement divisé en trois parties une tête, un thorax avec trois segments et un abdomen avec six segments; le Symphypleona (Neelipleones et les Symphypleones) globulaire, dont les segments sont en grande partie fusionnés (Fig. 01).

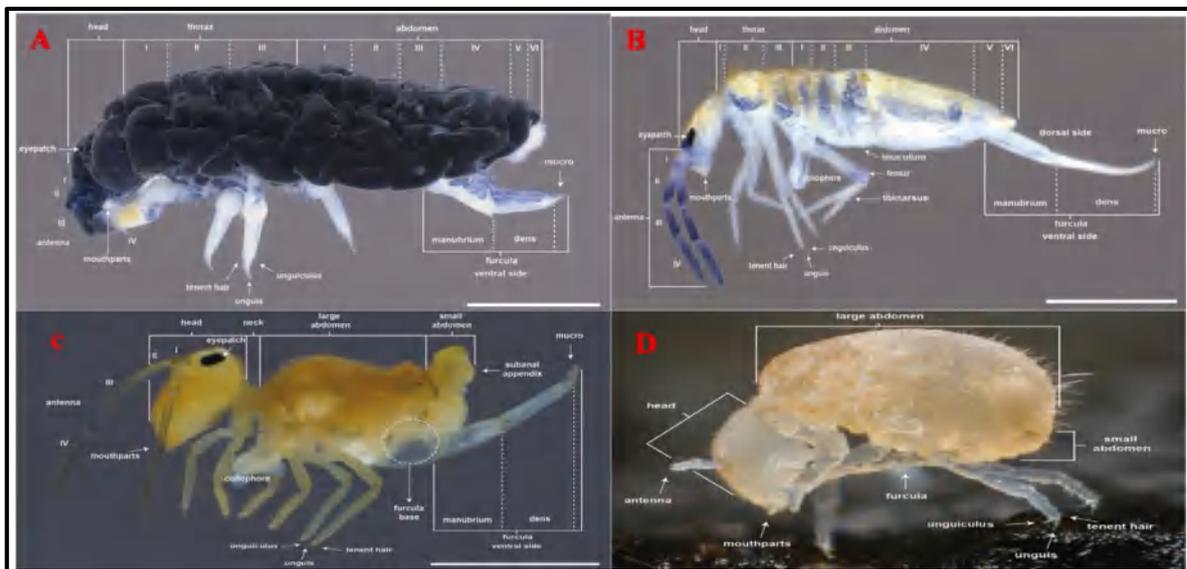


Figure 01. Les quatre ordres des collemboles

(A) : Poduromorpha (*Neotropiella carli*) Bar = 1 mm, (B) : Entombryomorpha (*Seira dowlingi*) Bar = 0,5 mm, (C) : Symphypleona (*Arlesminthurus*) Bar = 0,5 mm, (D) : Neelipleona (*Neelus murinus*) (Cipola *et al.*, 2018)

2.1. La tête

La tête des collemboles est orthognathe ou prognathe portant une paire d'antennes primaires à quatre segments qui se trouvent sur la partie antérieure de la tête. Près de leur base se trouvent des yeux composés simples avec un maximum de huit ommatidies. Quelques familles ont mis au point un organe sensoriel spécial dans cette région, appelé Organe Post-antennaire « OPA ». Les collemboles possèdent également des pièces buccales réunies pour former un cône buccal sur la face ventrale de la tête (Fig. 02).



Figure 02. Photographie au microscope électronique à balayage d'une tête de *Sminthurides* sp. (Sminthurididae). Taille : 0,5-1 mm (Thibaud, 2017)

2.1.1. Les antennes

Les antennes des collemboles se composent de quatre segments de base qui sont dotés d'organes sensoriels (Fig. 03). Les antennes peuvent être très longues pour les collemboles habitant dans les milieux épigés (atmobios). Certains Entomobryidae et Symphypleona ainsi que la plupart des Tomoceridae ont une sous-antenne, donnant l'apparence de plus de quatre segments antennaires. L'espèce Amazonienne *Stegoceras camponoti* (Orchesellidae) a par exemple des antennes qui ont plus de trois fois la longueur du corps (Cassagnau et Oliveira, 1992).

Chez les Mackenziellidae, les antennes du mâle sont modifiées pour lui permettre de s'accrocher à la femelle avant le dépôt des spermatophores (Fjellberg, 1989).

Les antennes sont richement dotées de structures sensorielles, en particulier sur le dernier segment (Slifer et Sekhon, 1978), qui détectent les courants et les vibrations d'air, des soies chémo-sensorielles pouvant former des complexes sensoriels (Altner et Altner, 1985).

Tous les collemboles possèdent un tel complexe sur le troisième segment antennaire, constitué de deux soies courtes et épaisses de chaque côté (Deharveng, 1983a ; Potapov, 2001; D'haese, 2002; Jantarit *et al.*, 2014).

Les antennes portent des soies et des sensilles d'une grande valeur systématiques :

Article antennaire I (Ant. I) : On y trouve des soies et chez certains groupes, écailles et sensilles. La présence de certaines soies comme la soie **p** chez les Hypogastruridae a une valeur systématique.

Article antennaire II (Ant. II) : Chez quelques Sminthurididae males, cet article peut présenter des épines, tubercules et autres formations caractéristiques ainsi que quelques sensilles.

Article antennaire III (Ant. III) : En plus des tubercules décrits chez les Sminthurididae sur le 2^{ème} article, il existe toujours un organe sensoriel formé par quatre sensilles, deux paquets centraux (bâtonnets sensoriels), deux masses cylindriques situées latéralement et une microsensille ventro-latérale. Cet organe sensoriel est présent chez tous les collemboles.

Article antennaire IV : Il porte une vésicule apicale d'une valeur systématique. A côté des soies ordinaires, il existe des soies sensorielles courtes et des microsensilles. Chez le genre *Ceratophysella*, il existe une invagination caractéristique située entre les articles antennaires III et IV.

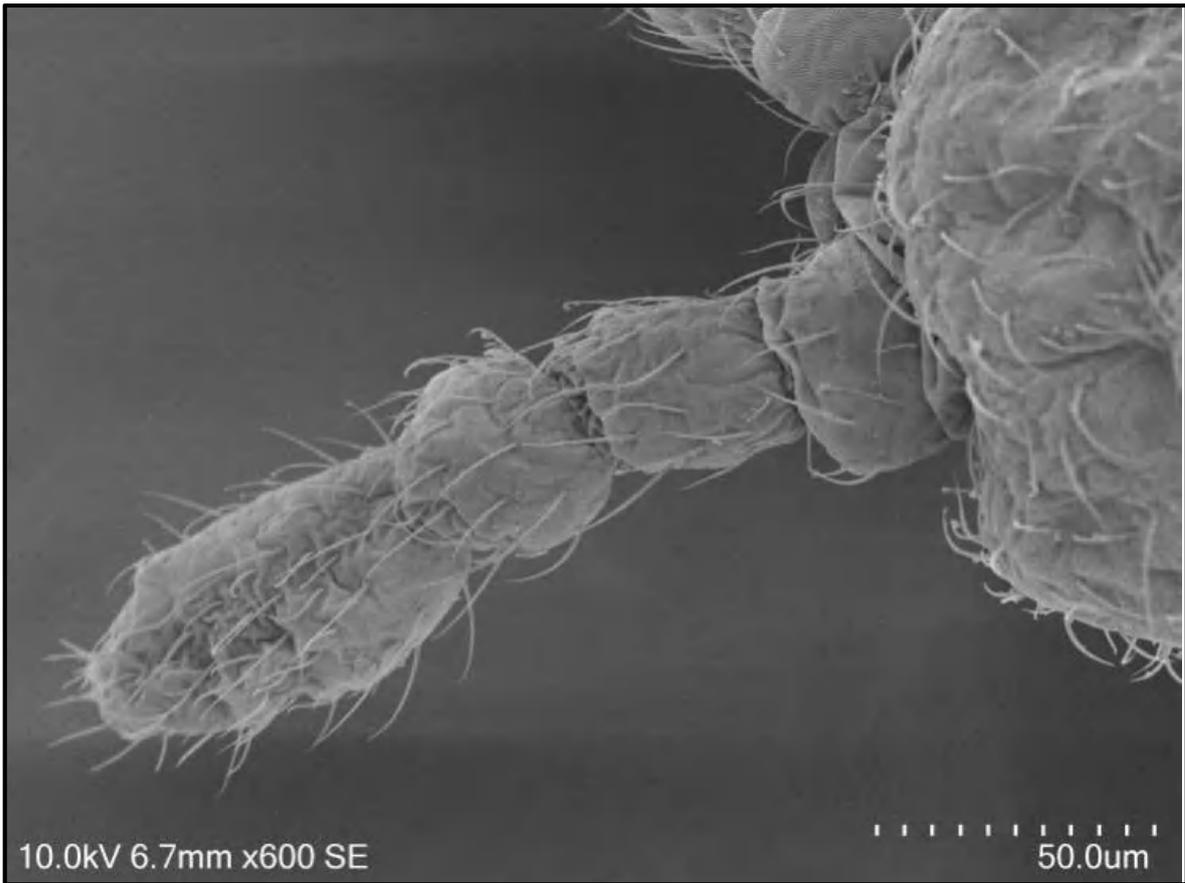


Figure 03. Photographie au microscope électronique à balayage d'une antenne de *Proctostephanus sanctiaugustini* (Isotomidae) (Zoughailech, 2017)

2.1.2. Les yeux

La tête porte classiquement 16 yeux élémentaires « atypiques », soit 8 ommatidies de chaque côté (ils ne sont pas dotés des yeux composés comme c'est le cas chez la quasi-totalité des insectes) (Fig. 04). Ce nombre est souvent réduit et parfois même nul chez des espèces euédaphiques, interstitielles ou troglobies (Thibaud et D'haese, 2010).

Chaque ommatidie se compose d'un système optique ou réfringent (appareil dioptrique) et d'un système récepteur avec pigment (appareil sensoriel). Le système optique est formé d'une cornée (ou cornéule), de cellules de Semper (ou cellules cristalliniennes), des cellules cornéagènes et d'un cristallin. La cornéule est la portion de cuticule située juste au-dessus de l'ommatidie, coiffant le système optique (Thibaud, 1976).

Vu le nombre réduit de cellules nerveuses dans les lobes optiques, l'acuité visuelle des collemboles, même pour les espèces avec 16 ommatidies, doit être très réduite.

On note cependant que la taille, la forme et la distribution des ocelles chez différents individus laisse envisager une certaine pression sélective montrant que ces ocelles contribuent à leur niveau à la survie même des collemboles (Meyer-Rochow *et al.*, 2005). Chez les *Neanurinae*, le nombre de cornéules est de 0+0, 2+2, 3+3 et 4+4 et rarement 5+5 (Deharveng, 1983).

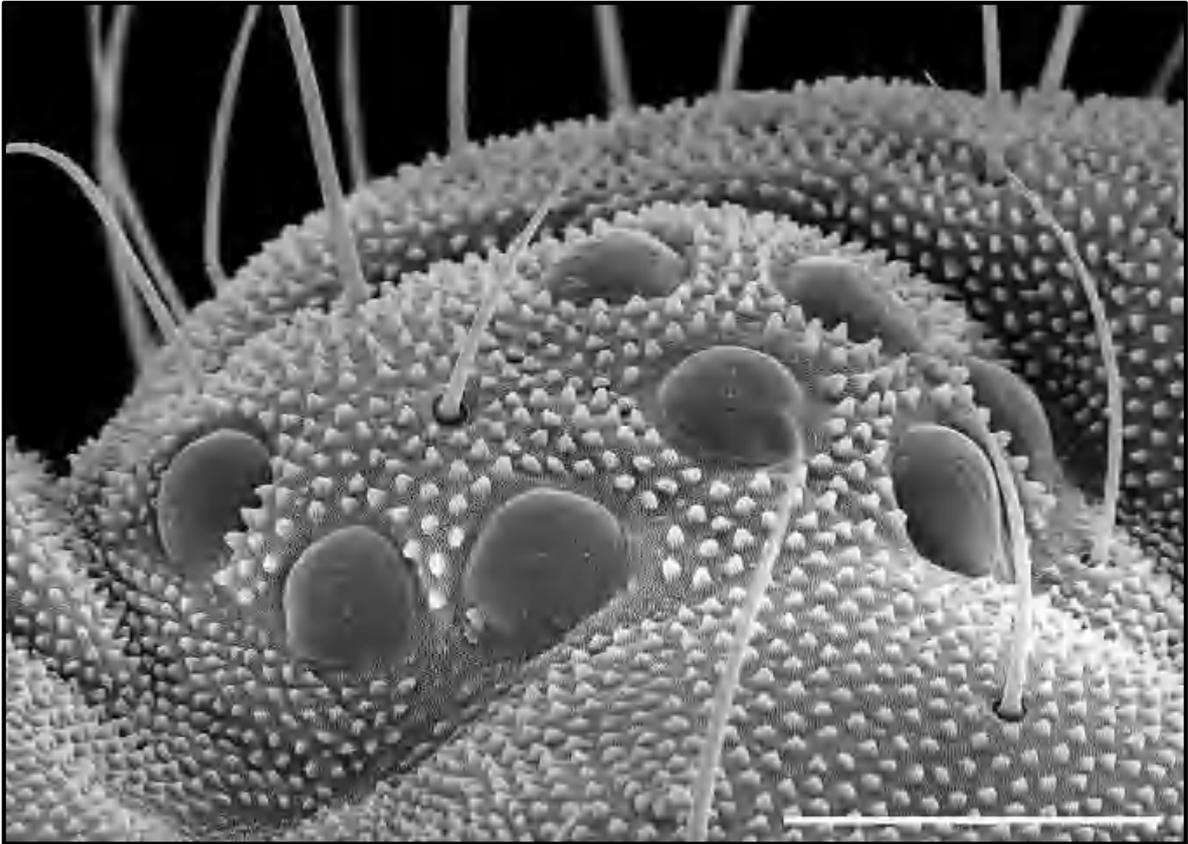


Figure 04. Plaque oculaire latéral avec huit ocelles chez *Friesea najtae*.
Bar = 50 μm (D'haese *et al.*, 2017)

2.1.3. L'organe post antennaire (OPA)

Toujours sur la tête, entre la base antennaire et l'aire oculaire, se trouve l'organe post antennaire, de forme variable selon les groupes, parfois lui aussi absent chez quelques genres d'Hypogastruridae, d'Entomobryidae, de Tomoceridae et de Sminthuridae.

La forme et l'apparence de cet organe varient sensiblement selon les familles mais sa structure interne est la même au sein d'une famille donnée. L'organe post antennaire est constitué d'un système de pores de taille infime (entre 5 et 10 nanomètres), organisés sur une unique cellule sensorielle dotée de deux segments ciliaires externes ramifiés (Fig. 05).

Cet organe aurait une fonction sensorielle olfactive et joue très probablement le rôle de sonde thermique et hygrométrique. Il est assimilé par certains auteurs à l'organe de Tömösvary des myriapodes et aux pseudoculi des protoures (Hopkin, 1997).

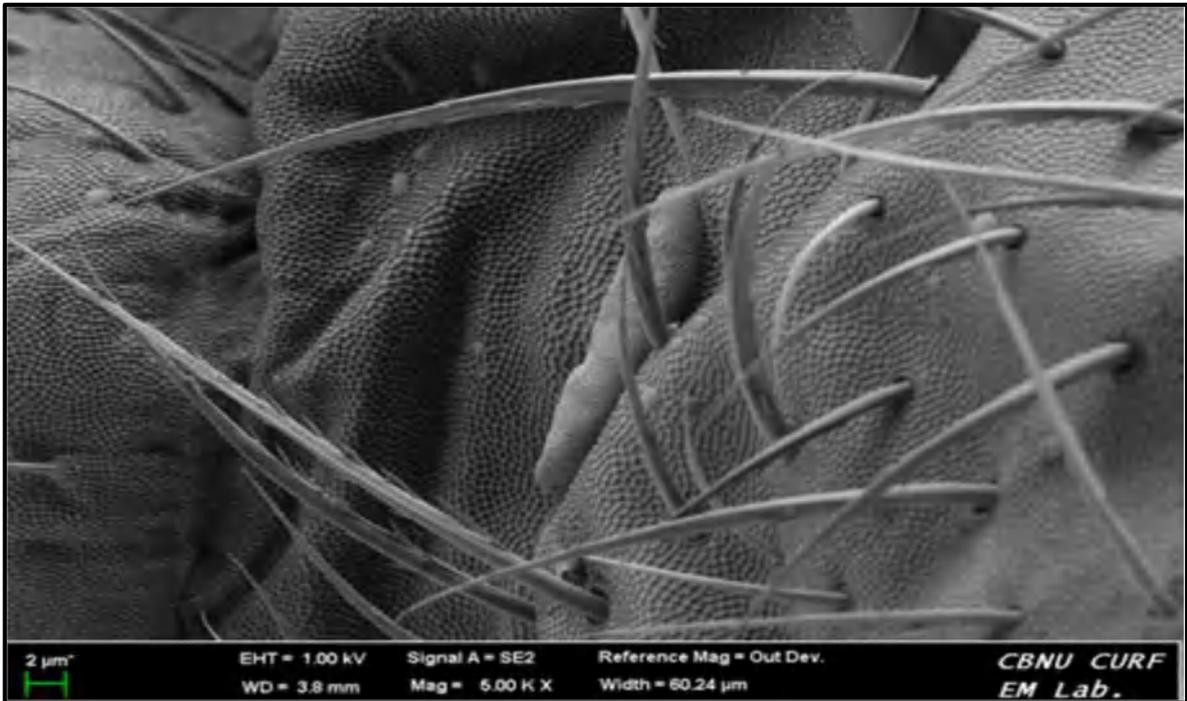


Figure 05. Organe post antennaire d'*Isotomurus bimus* (Hakseo et Kyung-Hwa, 2018)

2.1.4. Les pièces buccales

Les pièces buccales sont entognathes (cette entognathie est une caractéristique des collemboles qui les sépare des insectes) et se développent dans la cavité buccale de la tête lors de l'embryogenèse (Uemiya et Ando, 1987). Elles sont le plus souvent de type broyeur, seuls les Odontellidae, Brachystomellidae et certains Neanuridae possèdent des pièces buccales de type piqueur-suceur.

Chacun de ces éléments peut prendre différentes formes qui peuvent être utilisées comme des caractères systématiques pour la classification des différents groupes de collemboles (Deharveng, 2004).

La structure de base des pièces buccales des collemboles est montrée ci-dessous (Fig. 06), les pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*) où l'on distingue les parties constitutives de l'appareil buccal (Eisenbeis et Wichard, 2012) :

- **Le Labrum ou labre (vert)** : Cette partie est une lèvre supérieure qui recouvre les autres pièces buccales.
- **Les mandibules (jaune)** : Au nombre de deux, ils sont disposés symétriquement et portent chacun une plaque molaire et une partie incisive (dent). Les pointes dotées de dents solides permettent aux collemboles d'arracher les matières alimentaires.
- **Les maxilles (bleu)** : Au nombre de deux, ils sont disposés juste au-dessus de l'hypopharynx. Au cours de la morsure, les maxilles et les mandibules se déplacent de manière synchrone. Les mandibules et les maxilles interagissent ainsi entre eux par l'intermédiaire d'un goujon articulaire situé sur le côté dorsal des stipes maxillaires, soutenu par des structures de l'hypopharynx et de la capsule céphalique.
- **L'Hypopharynx (mauve)** : C'est une pièce située en partie supérieure du labium sous les mandibules et entre les maxillaires. Il joue le rôle d'une sorte de langue et de plancher buccal dont la fonction principale est d'aider à mélanger la nourriture avec la salive.
- **Les palpes maxillaires (orange)** : Constitués d'une paire d'appendices utiles surtout à la préhension des aliments.
- **Le labium (non repéré par une couleur)** : Constitue la partie inférieure, sorte de lèvre disposée en arc de cercle définissant les contours de la bouche.

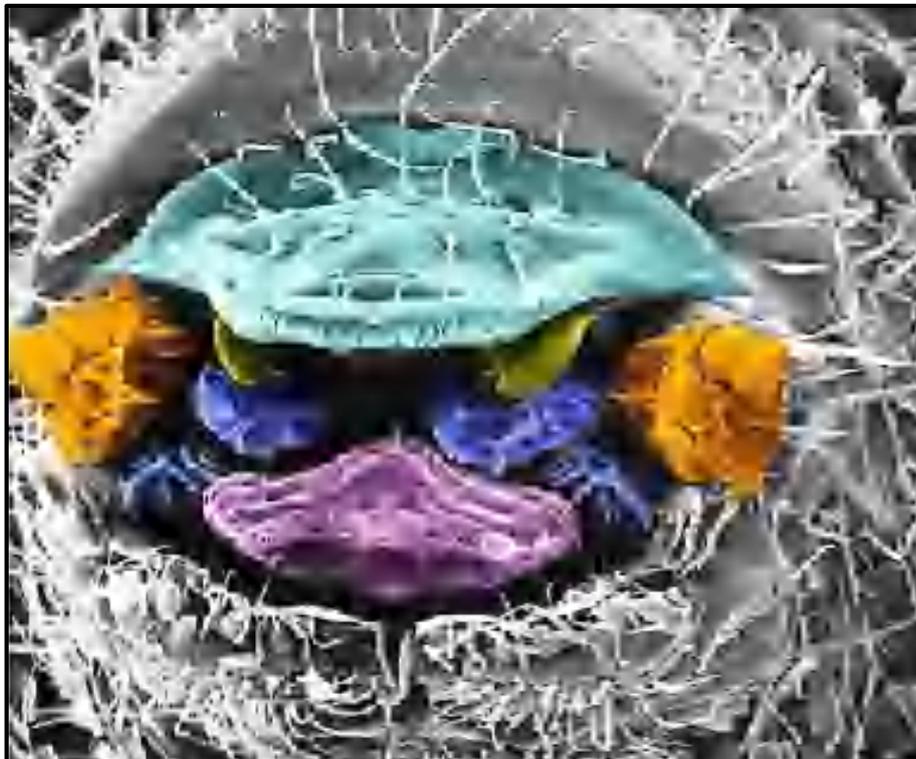


Figure 06. Pièces buccales d'un Tomoceridae (*Pogonognathellus flavescens*)
(Eisenbeis et Wichard, 2012)

2.2. Le thorax

Le thorax est formé de 3 segments portant chacun une paire des pattes (Fig. 07). Il est de taille et des segmentations variables, le prothorax (premier segment thoracique) est partiellement régressé chez les poduromorphes, totalement disparu chez les entomobryomorphes, tandis que celui des symphypleones et des neelipleones sont fusionnées avec les tergites abdominaux.

Le développement et la courbure du premier tergite thoracique varie selon les espèces au sein des Entomobryoidea. Les familles des Poduromorpha se distinguent par la présence de soies sur le premier tergite thoracique Th1, dont aucun autre groupe n'en possède (Thibaud et D'haese, 2010).

2.3. Les pattes

Les pattes des collemboles sont uniramées, constituées de 2 epicoxa ou subcoxa, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibiotarse, d'un prétarse à appendice empodial et d'une griffe plus ou moins longue et fine (Fig. 07). Dans chacune des pattes, on distingue deux bords latéraux et un interne, les deux bords latéraux peuvent présenter des dents basales ou apicales. Le bord interne peut être équipé de dents basales ou latérales ou les deux à la fois à nombre variable.

Les griffes de certaines espèces sont modifiées pour leur permettre de marcher plus efficacement sur les surfaces humides (Deharveng et Gouze, 1986). Le tibiotarsus des autres espèces à un ou plusieurs longs poils « tenant hairs » avec des extrémités collantes qui permettent à ces espèces d'adhérer aux surfaces lisses (Fjellberg, 1991).

2.4. Abdomen

L'abdomen des collemboles est formé de 6 segments. Certains d'entre eux portent des appendices ventraux (Fig. 07) :

- Le 1^{er} sternite porte le tube ventral ou collophore.
- Le 2^{ème} sternite ne porte aucun appendice.
- Le 3^{ème} sternite porte le rétinacle ou tenaculum, organe d'accrochage de la furca.
- Le 4^{ème} sternite porte la furca, l'organe de saut emblématique des collemboles.

- L'orifice génital impair est situé, chez les deux sexes, sur une plaque génitale placée sur le 5^{ème} sternite.
- L'orifice anal est situé sur le 6^{ème} et dernier sternite, où il débouche entre les 3 valves anales. Le 6^{ème} segment porte dorsalement chez de nombreux Poduromorphes et Entomobryomorphes deux ou plusieurs épines anales.

Chez le genre *Folsomia* qui ne comprend que quatre segments, le 4^{ème}, le 5^{ème} et le 6^{ème} segment sont unis en un seul.

La chétotaxie peut constituer une valeur systématique chez quelques genres par la disposition des soies sensorielles, trichobothries, microchètes, macrochètes et les soies modifiées sur les segments abdominaux.

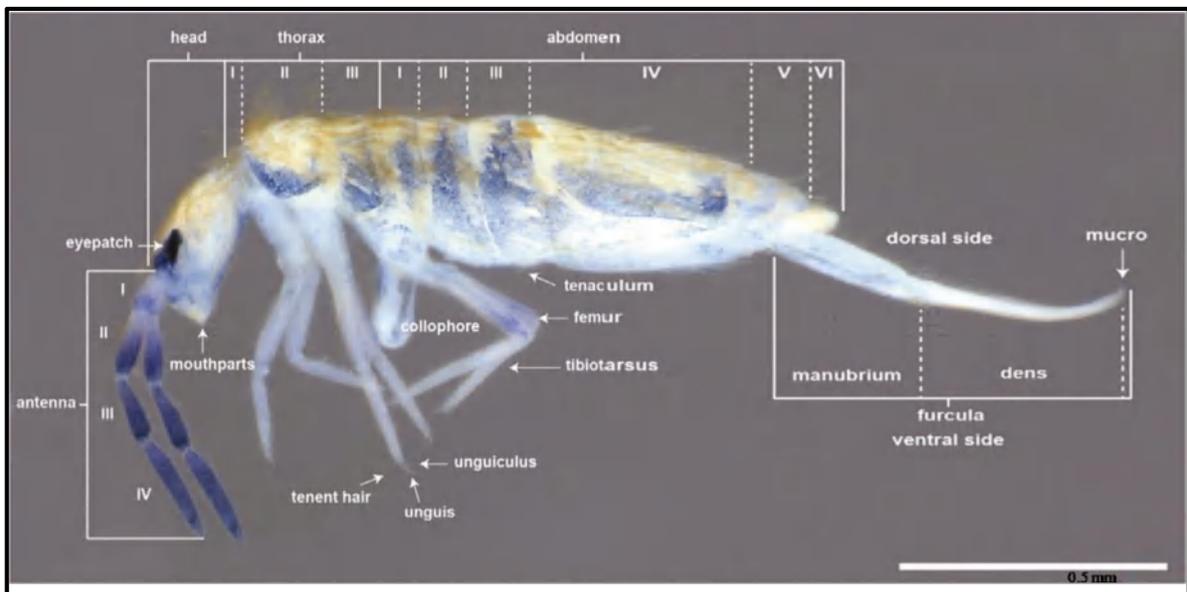


Figure 07. Morphologie générale de *Seira dowlingi* (Seiridae) (Cipola *et al.*, 2018)

2.5. Les organes spécifiques des collemboles

2.5.1. Le tube ventral ou collophore

Le collophore est toujours présent, c'est un caractère unique (synapomorphie) définissant les collemboles (Chen *et al.*, 2019). Il se compose d'une plaque basale, d'un cylindre, de lambeaux tubulaires et de vésicules tubulaires (sacs coxaux) (Farvet *et al.*, 2015).

Chez *Tomocerus* (Tomoceridae), les vésicules sont renversées en augmentant la pression hémolympatique interne et se rétractent dans le cylindre par 12 muscles

rétracteurs (Eisenbeis, 1976). Il est équipé d'organes sensoriels qui pénètrent comme des capteurs dans l'épithélium des vésicules. Ceux-ci sont interprétés comme des hygrorécepteurs ou des osmorécepteurs (aussi comme récepteurs du pH), car les animaux réagissent à l'humidité du substrat, augmentent la salinité et abaissent le pH par éversion ou rétraction de leurs vésicules (Fig. 08) (Eisenbeis et Wichard, 2012).

Les différentes parties du tube ventral varient au sein des collemboles. Chen *et al.* (2019) ont élucidé la structure fine du tube ventral chez *Sminthurus viridis*, les résultats montrent qu'une paire de vésicules peut être étendue à partir de l'ouverture apicale du tube ventral. Les vésicules sont garnies de nombreuses petites papilles et peuvent être divisées en une partie basale et une partie distale.

Le tube ventral est certainement un organe multifonctionnel. Il joue un rôle important dans l'équilibre ionique et hydrique, en transportant de l'eau et des ions de l'environnement vers l'hémolymphe, alors que la respiration et l'adhérence sur la surface du substrat sont considérées comme des fonctions auxiliaires (Eisenbeis, 1974). L'épithélium des vésicules montre les caractéristiques typiques de l'épithélium de transport, comparable à l'épithélium rectal chez les insectes.



Figure 08. Collophore avec des vésicules étendues (Favret *et al.*, 2015)

2.5.2. La furca

C'est l'organe de saut emblématique des collemboles (D'où leur nom commun, springtail). Cette furca est portée ventralement sur le quatrième segment abdominal et comprend le manubrium non apparié et les paires de dens et de mucrons (Fig. 09). Les mucrons présentent souvent une variété de formes avec des dents et des lamelles. Celles de *Sminthurides aquaticus*, qui vivent à la surface de l'eau, se différencient pour former des structures en forme d'ailes afin d'améliorer leur résistance aux chocs (Favret *et al.*, 2015).

Cet organe de saut permet un comportement de fuite devant les prédateurs. Les bons sauteurs tels que les entomobryomorphes, ont des furcas de 1 mm de long, font des sauts de 16 cm. Le collembole est lancé en poussant la furca contre le substrat à l'aide du puissant système extenseur de la musculature (Thibaud et D'haese, 2010).

Les sauts de type catapulte sont exécutés en quelques millisecondes. La cinématographie à grande vitesse a finalement révélé que les collemboles tournaient en l'air dans un saut périlleux (Christian, 1979). Après une série de sauts, il y a une diminution significative de l'ATP alors que les niveaux d'ADP et AMP augmentent (Ruhfus et Zinkler, 1995). Les muscles deviennent rapidement fatigués si le collembole est forcé de faire plusieurs sauts en succession rapide. Lors d'un saut, un collembole peut faire plusieurs culbutes. L'orientation lors de l'atterrissage est imprévisible, mais ils se redressent très vite.

Les collemboles vivant dans le sol affichent une tendance à une baisse de rapidité. Selon Bauer et Christian (1986), il existe une corrélation entre le comportement de saut des collemboles Entomobryidae et leur habitat. La furca des collemboles euédaphiques est réduite ou absente comme c'est le cas chez *Onychiurus* (Eisenbeis et Wichard, 2012).

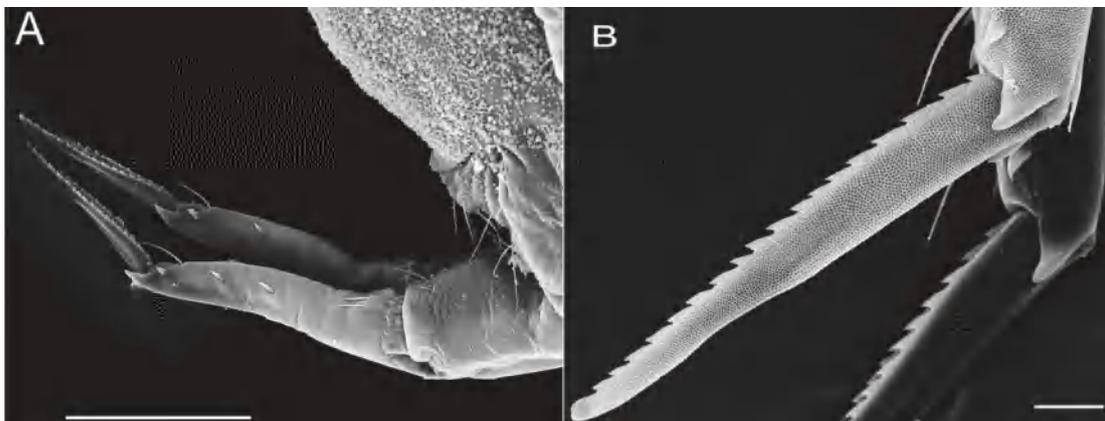


Figure 09. A : Furca de *Neelus murinus*; B : Mucron de *Neelus murinus*.
Bar A = 100 μ m, B = 10 μ m (Schneider, 2017)

2.5.3. Le rétinacle ou tenaculum

En position de repos, la furca est pliée vers l'avant et maintenue en place par le tenaculum. Ce dernier, est situé ventralement sur le troisième segment abdominal. Il est composé d'un segment basique non apparié (corpus) et de deux branches courtes dentées (rami) pour maintenir la furca plus fermement entre les paires de dents (Fig. 10). Les collemboles peuvent cependant aussi sauter lorsque la furca n'est pas tenue par le rétinacle (Eisenbeis et Ulmer, 1978).

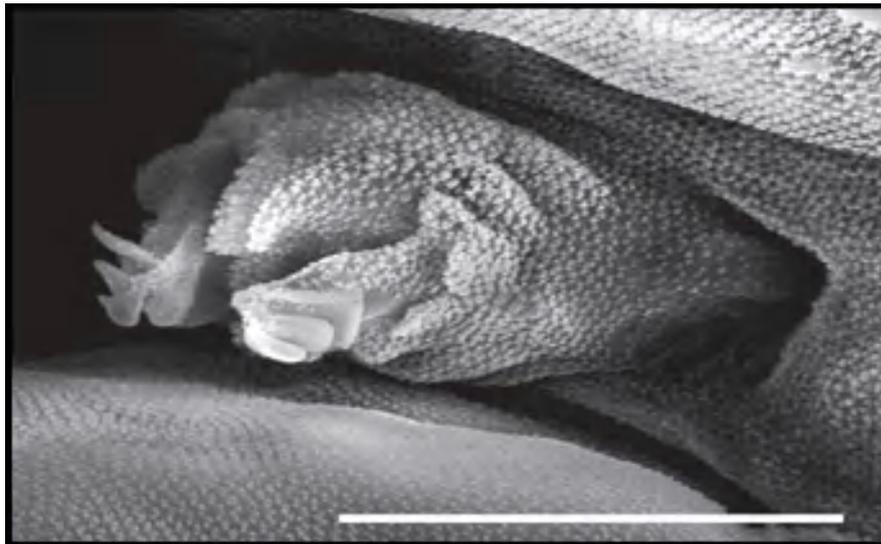


Figure 10. Tenaculum de *Megalothorax minimus*. Bar = 10 μm (Schneider, 2013)

3. Anatomie et physiologie des collemboles

3.1. Anatomie externe

3.1.1. Tégument

Le tégument malgré sa simplicité structurale détermine profondément les caractéristiques du collembole. Il se compose d'épiderme, qui est un épithélium uni-stratifié qui forme une couche continue et secrète une matière de nature chitineuse.

En contact direct avec le milieu extérieur, le tégument développe des structures sensorielles spécialisées pour la réception des différentes catégories des stimuli (Raccaud-Scholler, 1980).

3.1.1.1. La cuticule

La cuticule des collemboles, c'est une fine pellicule qui recouvre la totalité du corps, possède des étonnantes propriétés. Sa composition est assez classique, elle comporte trois couches : l'épicuticule (superficielle) ; l'exocuticule (intermédiaire), c'est une couche dure et homogène, elle comprend des pigments mélaniques et elle contient peu de chitine ; une couche profonde de l'endocuticule, c'est une couche épaisse, élastique, incolore et de structure lamellaire, elle représente la majeure partie de la cuticule (Fig. 11).

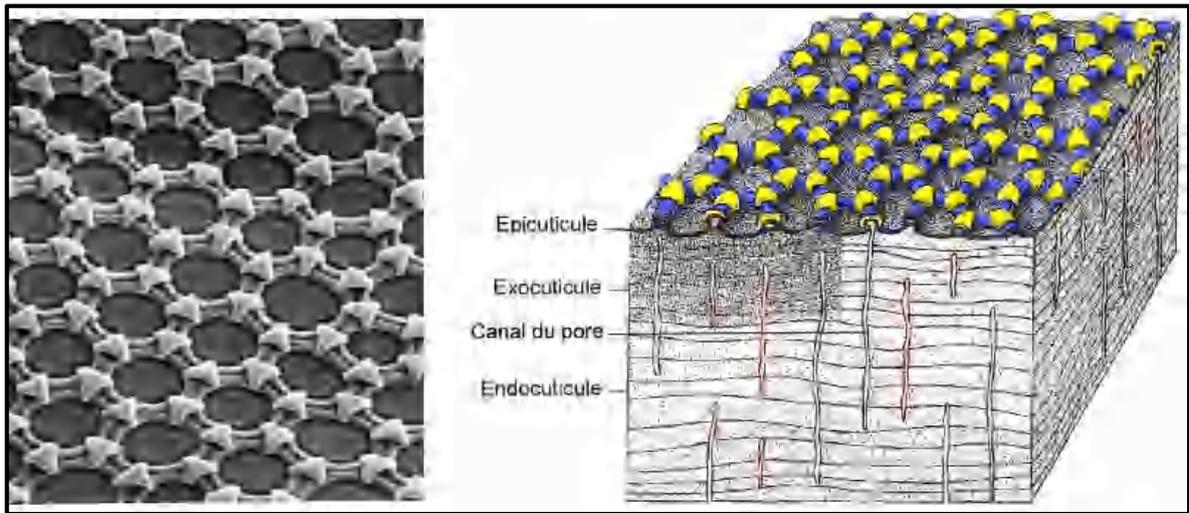


Figure 11. Schéma de la cuticule des collemboles (Eisenbeis et Wichard, 2012)

3.1.1.2. L'ornementation

Le tégument, peu sclérifié, présente des ornements ou des granulations épicuticulaires diverses et variées (Fig. 12). L'examen de la surface de la cuticule au microscope électronique à balayage indique une granulation caractéristique (Massoud et Barra, 1980). L'ornementation de la cuticule présente principalement trois degrés de complexité :

Granulation primaire : Granules de base groupés en rosettes de 6 éléments, généralement en forme de triangle, régulièrement répartis et reliés entre eux par des arêtes et formant ainsi un motif hexagonal (Massoud et Betsch, 1973). Dont chaque élément à une taille de l'ordre du micron soit 0.001 mm (d'autre formes existent suivant les espèces) (Massoud et Barra 1980). Parfois, ces granules élémentaires ont une forme carrée comme chez *Podura aquatica*.

Granules secondaires : Un ou plusieurs des granules primaires sont réunis pour former des protubérances et tubercules. Les granules secondaires se trouvent chez les Poduromorpha et Symphypleona mais pas chez les Entomobryomorpha (Massoud et Thibaud, 1979).

Granules tertiaires : Le regroupement de plusieurs granules secondaires forme les granules tertiaires caractéristiques des Neanurinae (Deharveng, 1983). *Tetrodontophora bielensis* (Onychiuridae) possède également des granules tertiaires qui ressemblent à des « pseudo-écailles » (Massoud et Betsch, 1973). Cependant, cette structure n'est pas homologue aux tubercules trouvés chez Neanurinae (D'haese, 2003).

Le tégument forme une réticulation hypodermique chez plusieurs espèces de Neanurinae (Deharveng, 1983). Ces réticulations sont causées par la présence d'un endosquelette superficiel (Cassagnau et Lauga-Reyrel, 1985). Le tégument peut se plier, formant des digitations et bosses comme dans Uchidanurinae (Neanuridae) (Cassagnau, 1980).

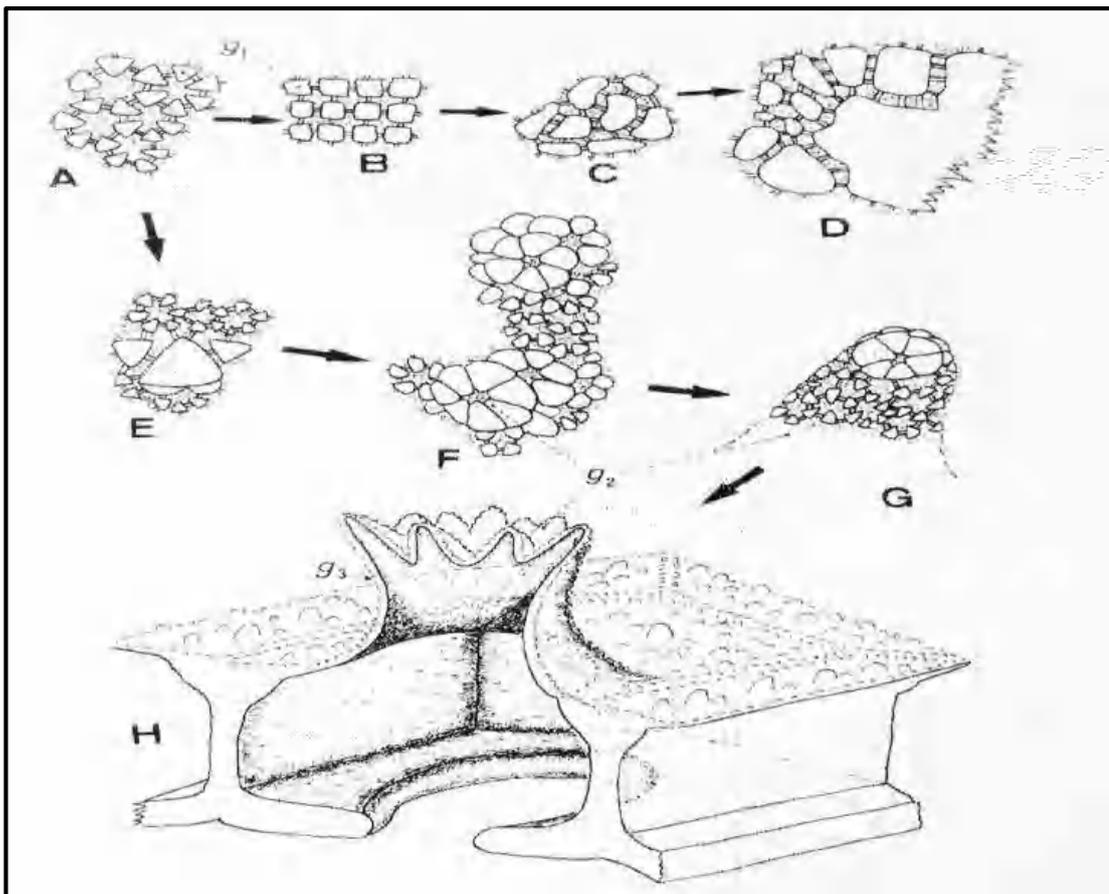


Figure 12. Micro-sculpture épicuticulaire et son évolution chez les arthropleones (Cassagnau, 1990)

3.1.2. Les soies

La cuticule peut être ornée des poils chitineux spécialisés avec un prolongement d'une cellule épidermique ou nerveuse qu'on nomme les soies, qui sont isolées et réparties en position précise.

Les collemboles possèdent cinq types principaux de soies : les soies ordinaires, les sensilles (également appelées setae), les trichobothries, les épines et les écailles (Massoud et Ellis, 1977).

3.1.2.1. Les soies ordinaires

Les soies ordinaires sont en général ornementales, cette soie est sécrétée par une cellule trichogène, qui est entourée par une autre cellule qui la protège (la cellule tormogène).

La soie comporte une embase, une courte partie basale et une partie distale constituant la plus grande longueur. La partie basale est plus large dans laquelle on peut distinguer un alvéole à son point d'insertion caractérisé par un amincissement de la cuticule permettant sa mobilité et son action comme récepteur mécano-sensoriel. Tous les collemboles sont recouverts de soies ordinaires mais leur nombre, leur dimension, leur forme et leur structure varie considérablement d'un taxon à l'autre (Hamra Kroua, 2005).

Selon la structure (Fig. 13) :

- **Soie lisse** : Sans denticulation et sans barbelure.
- **Soie denticulée** : Avec de microscultures sous forme de ponctuations.
- **Soie ciliée** : La surface de la soie est ornée de microscultures sétiformes.
- **Soie barbelée** : la surface et la longueur des microscultures dépassent le diamètre de la soie en son milieu.
- **Soie striée** : Présence de stries longitudinales.
- **Soie écailleuse** : Présence d'une ornementation en écaille agencée de façon régulière.

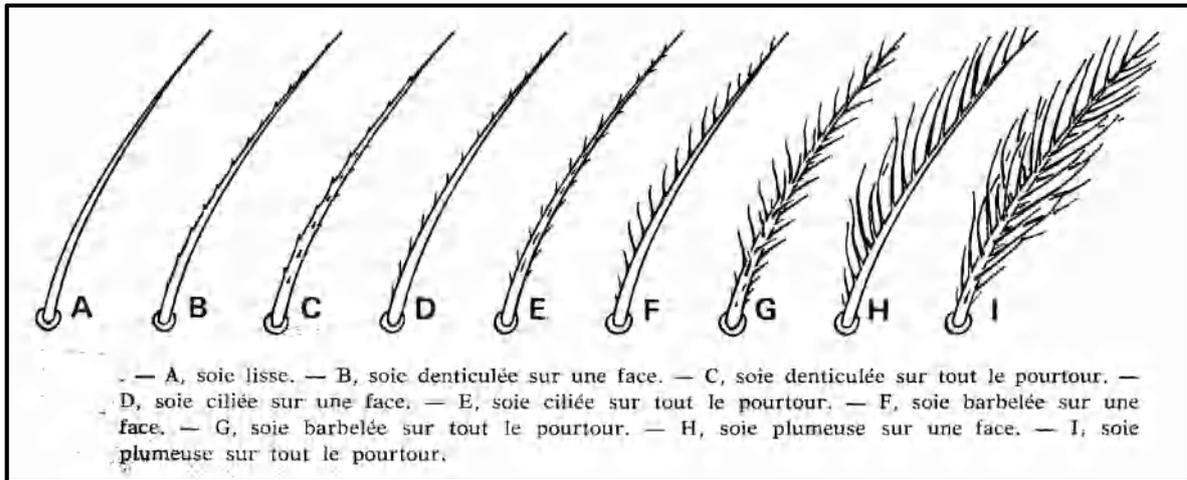


Figure 13. Les soies ordinaires selon la structure (Massoud et Ellis, 1977)

Selon la forme (Fig. 14) :

- ◆ **Soie mousse :** Présente le même aspect d'une soie normale; mais avec une extrémité émoussée.
- ◆ **Soie tronquée :** Certaines soies bien que de même épaisseur sur toute leur longueur, mais à leurs extrémités ne sont ni pointues ni émoussées.
- ◆ **Soie capitée :** Ce sont des soies normales mais portent à leur extrémité un globule plus ou moins bien développé. Ce type de soie est fréquent dans la partie distale des tibiotarses.
- ◆ **Soie claviforme :** Ce sont des soies fines à la base et élargies à l'apex.
- ◆ **Soie en crosse :** Ce sont des soies ciliées se termine par un renflement en forme de crosse.
- ◆ **Soies tibiotarsales :** Ce sont des soies spéciales, peut être glandulaires, présentent un grossissement terminal sphérique ou sous forme de spatule.
- ◆ **Soie spiniforme :** Ce sont des soies présentant un épaississement à la base et un rétrécissement vers l'extrémité.

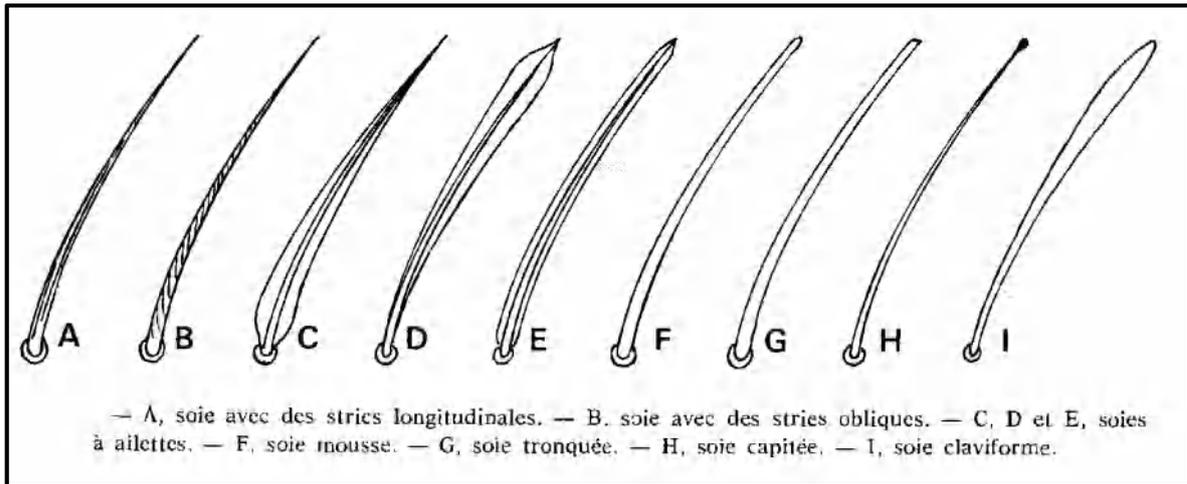


Figure 14. Les soies selon la forme (Massoud et Ellis, 1977)

Selon la dimension :

- **Macrochète** : Soie plus longue.
- **Mésochète** : Soie intermédiaire.
- **Microchète ou sétole** : Soie très petite (mesurant 0.3 de la soie la plus longue).
- **Setula** : Soie minuscule de nature différente de celles des soies, elle correspondre à des soies **S** sensu Deharveng (1983).

3.1.2.2. Les soies sensorielles

Les soies sensorielles qui ont la même organisation que les soies ordinaires mais sont reliées à une cellule nerveuse avec des dendrites qui sont dans la soie. La cellule nerveuse est entourée dans une cellule thécogène, le tout est entouré par la cellule trichogène puis par la cellule tormogène. Elles abritent des neurones sensoriels qui assurent la détection des stimuli (odeurs, goûts, chaleur, humidité). Les soies sensorielles peuvent être de deux types, elles peuvent être gustatives se trouvent souvent sur les pièces et olfactives au niveau des antennes.

Le terme «sensille» est utilisé pour ceux des antennes et «setae s» fait référence à la sensille du corps. En comparaison avec les soies ordinaires, les soies sensorielles sont lisses, émoussées et présentent une réfraction différente sous le microscope composé (Fig. 15).

La morphologie des soies ordinaires et sensorielles est un caractère très utilisé en taxonomie.

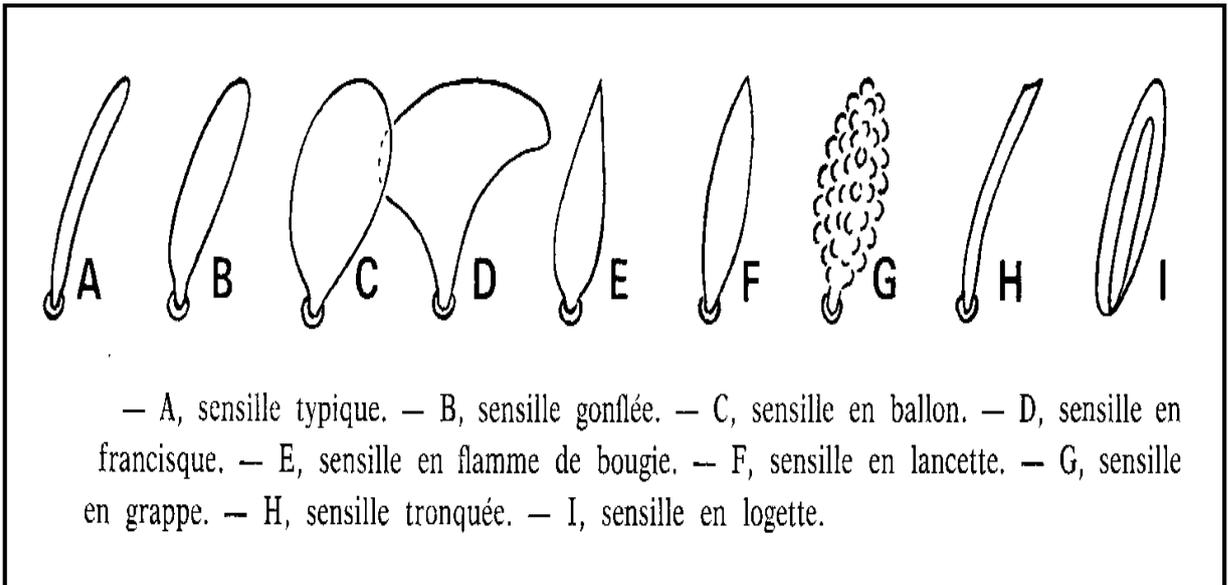


Figure 15. Les formes de sensilles selon de Massoud et Ellis (1977)

3.1.2.3. Les trichobothries

De grec (*trichos*) signifiant « poil » et (*bothrion*) « fosse, petite cavité », sont de longues soies fines et mobiles présentes chez la plupart des ordres sauf les poduromorphes. Elles sont constituées d'une cupule intra cuticulaire légèrement saillante à l'extérieur, au fond de laquelle s'insère une soie cylindrique et avec un très faible élargissement basal. Elles servent à la détection des courants et des vibrations de l'air (Betschetwaller, 1989) (Fig. 16).

Selon (Massoud et Ellis, 1977), il y a deux catégories de trichobothries :

- **Bothriotriche** : Typique des symphypléones a un filament lisse et comportant une lamelle torsadée. Peut-être plus ou moins long, plus ou moins ondulé.
- **Lasiotrie** : Trichobothrie a un filament lisse ou cilié implanté sur le tégument par une partie basal plus ou moins large, mais sans coupelle ni protubérance.

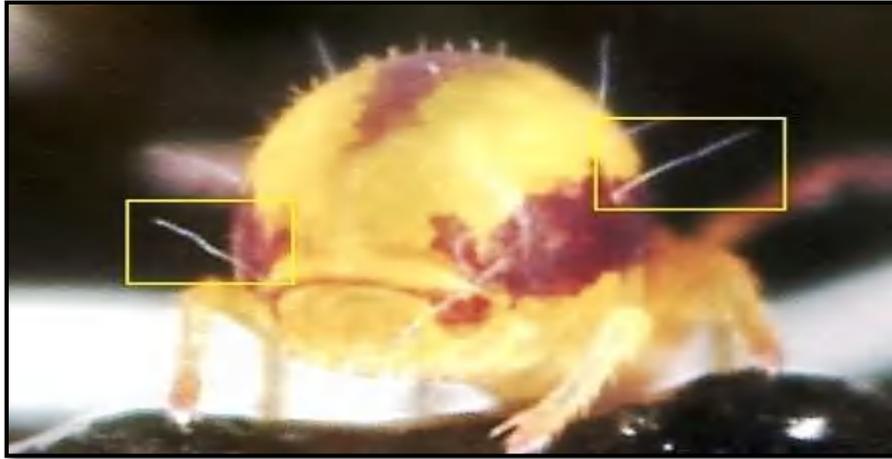


Figure 16. Photo des trichobothries sur la face dorsale de *Symphypleona* (Garcelon, 2018)

3.1.2.4. Les écailles

Le corps de nombreux genres de Tomoceridae, d'Entomobryidae et de Paronellidae est couvert d'écailles (Fig. 17), ces dernières étant des soies transformées d'un aspect lamine avec une fine ciliation superficielle produisant des irisations magnifiques et caractéristiques chez quelques espèces de la famille des Entomobryidae.

Elles présentent différents types selon les groupes et l'emplacement sur le corps. Elles peuvent être simples sans striation ou présence de stries longitudinales et transversales. Les écailles se sont des caractéristiques de diagnostic pour de nombreuses espèces. *Lepidocyrtus lignorum* a des écailles spécifiques sur les segments basaux des antennes. Les Poduromorpha sont dépourvues des écailles (D'haese, 2003).

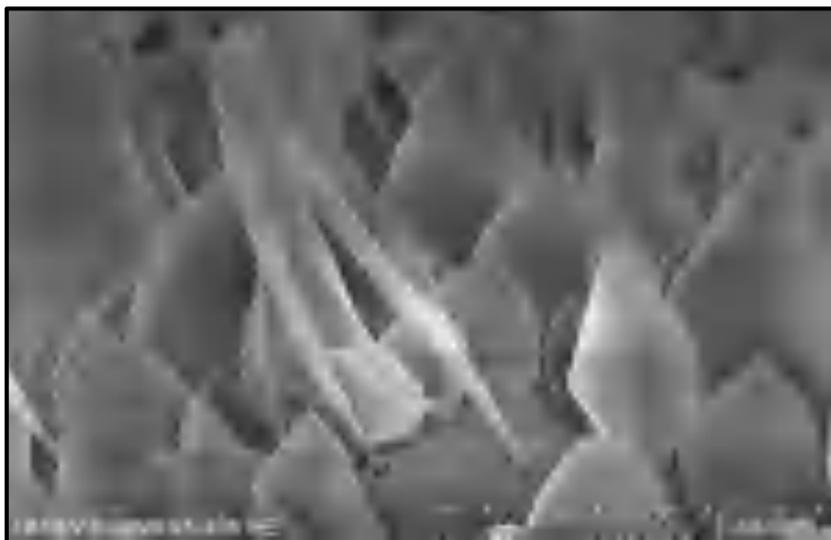


Figure 17. Ecailles et soies d'*Heteromurus major* (Zoughailech, 2017)

3.1.2.5. Les épines

La cuticule porte de nombreuses épines d'une grande variété de forme. Les épines peuvent être longues, minces et en forme de pagaie (Palacios-Vargas, 1984). Chez de nombreux Poduromorphes et Entomobryomorphes, Le 6^{ème} segment abdominal porte dorsalement deux ou plusieurs épines anales (Fig. 18) (Thibaud et D'haese, 2010).

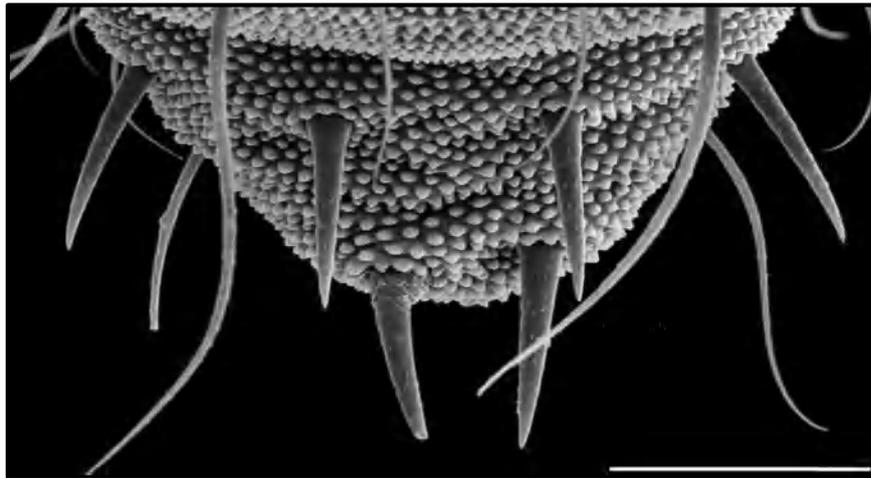


Figure 18. Six épines sur le 6^{ème} segment abdominal de *Friesea najtae*. Bar = 50 μ m (D'haese *et al.*, 2017)

3.1.3. Les pseudocelles

Le tégument des Onychiuridae porte des pores spéciaux, nommées pseudocelles qui lors de l'attaque d'un prédateur, sécrètent un liquide répugnant qui les protège. Les taxonomistes ont largement utilisé le nombre et la répartition des pseudocelles pour séparer les espèces d'Onychiurides (Pomorski, 1998).

Trois types principaux de pseudocelle ont été définis par Rusek (1984) :

- Des pseudocelles simples se trouvent chez les Tullbergiinae. Le couvercle pseudocellaire est faiblement séparé du tégument.
- Les pseudocelles chez Onychiurinae et Tetrodontophorinae ont un couvercle pseudocellaire lisse, qui est séparé du tégument granulé par un sillon circulaire.
- L'auteur a décrit un troisième type de pseudocelle trouvé sur les trochanters des espèces du genre *Onychiurus* et les a appelés «pseudocelles trochantériaux». Ils sont plus petits que les pseudocelles de type 2 et ne possèdent pas de sillon circulaire.

3.1.4. Les pseudopores

Outre les pseudocelles, les structures de tégument sont également présentes dans d'autres groupes en particulier les pseudopores observés chez Oncopoduridae, Entomobryidae, Tomoceridae et Isotomidae (Deharveng, 1978). Des éléments ressemblant à des pseudopores sont rapportés pour la première fois dans le genre *Megalothorax* (Neelidae) (Schneider *et al.*, 2016) (Fig. 19).

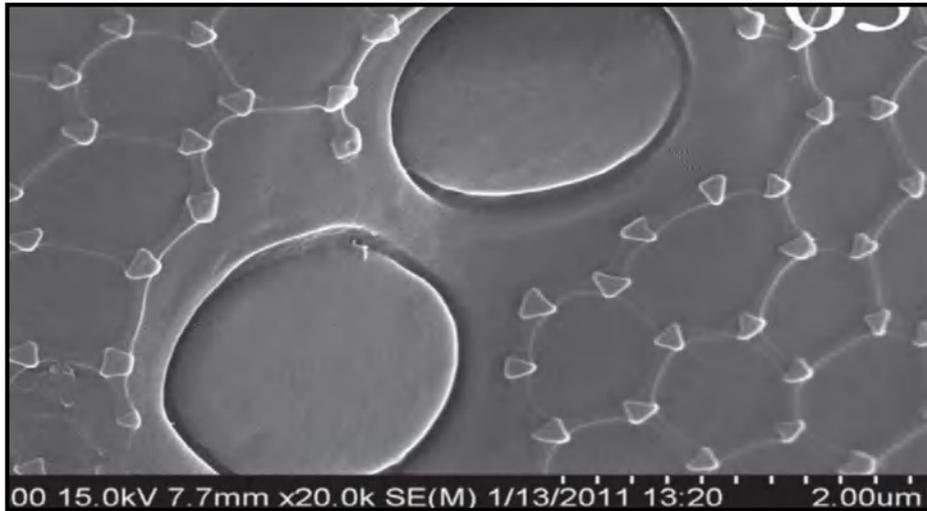


Figure 19. Pseudopores de coxa *Homidia jordanai* (Entomobryidae) (Zhang *et al.*, 2011)

3.1.5. La chaetotaxie

L'étude de la position et de la forme des différents éléments tégumentaires décrits ci-dessus, fait l'objet de la chétotaxie. Cette chétotaxie est devenue très importante pour la description des espèces et pour les études comparatives des lignées phylétiques. Plusieurs auteurs ont reconnu l'utilité de la chaétotaxie pour l'inférence phylogénétique (Dehareng et Bedos, 1991).

La chaétotaxie a été utilisée avec succès dans les phylogénies inférieures (espèces ou genres) (D'Haese, 2000). Les collemboles possèdent des assemblages chaétotaxiques dans lesquels les soies ont des positions définies, qui sont adressés selon des modèles (schéma) spécifiques (Nayrolles et Betsch, 1993).

Au sein du Poduromorpha, la chaétotaxie des soies s (sensille) est stable (à l'exception des Onychiurinae et des Tetrodontophorinae) par rapport à la chaétotaxie des soies ordinaires. La chaetotaxie des soies des Onychiuridae n'est pas bien différenciée et difficile à interpréter dans la mesure où ces soies sont très difficiles à distinguer des soies

ordinaires. Plus précisément, les Onychiurinae ont une chaétotaxie de soies s (sensille) abondante et peu différenciée (Deharveng, 1979). Le même auteur (1983) a proposé une nouvelle définition de la sous famille des Neanurinae basée sur une nomenclature plus complète de la chétotaxie des différentes parties du corps (le labium, l'antenne, les tergites, les sternites et les tibiotarses). Alors que celle utilisée avant lui, ne concernait que l'aire céphalique centrale et le labium.

3.2. Anatomie interne

Tous les collemboles, quelle que soit leur taille, présentent les mêmes organes internes.

3.2.1. Système excréteur

Une paire de néphridies labiales sont situées dans la partie caudo-ventrale de la tête. Chacun est composé de saccules dans les quels sont présents des podocytes (cellules épithéliales différenciées) et d'un tube constitué d'une partie proximale et d'une partie distale. Les parties distales des deux tubules néphridiens se rencontrent dans un sac postérieur au labium. Le liquide qui s'accumule dans le sac est généralement hypo-osmotique et peut être considéré comme des urines (Verhoef *et al.*, 1983).

L'urine est évacuée dans le sillon ventral et passe au tube ventral par action capillaire (verhoef *et al.*, 1983).

L'épithélium du tube néphridie présente les caractéristiques ultra structurales de la résorption cellulaire et remplit presque certainement les fonctions de réabsorption-ultrafiltration des reins. La néphridie labiale ainsi que le tube ventral sont impliqués dans l'équilibre hydro-électrolytique et acido-basique (Verhoef et Prast, 1989).

3.2.2. Système digestif

Le système digestif des collemboles se compose d'un intestin antérieur, d'un intestin moyen agrandi ressemblant à un sac et d'un petit intestin postérieur tubulaire. L'intestin moyen et l'intestin postérieur sont formés à partir de l'invagination de l'ectoderme embryonnaire. L'intestin moyen est d'origine endodermique avec des microvillosités en contact direct avec une membrane péritrophe sécrétée par un anneau de cellules postérieur à la jonction entre l'intestin antérieur et l'intestin moyen.

L'intestin moyen est entouré d'un réseau des muscles circulaires et longitudinaux qui mélangent la nourriture dans la lumière et forcent les résidus de digestion dans le rectum par contraction (Dallai *et al.*, 1989). Le canal situé entre l'intestin moyen et l'intestin postérieur porte un sphincter musculaire et connu sous le nom de région pylorique (Dallai, 1980).

3.2.3. Système respiratoire

La plupart des collemboles respirent à travers la cuticule, leurs cellules étant alimentées passivement en oxygène par diffusion. Quelques genres d'ordre Symphypleona et le genre *Actaletes* (Isotomidae) possèdent un système trachéal simple. L'oxygène est fourni à ce système par une paire de spiracles situés latéralement sur la tête. Celles-ci ne peuvent évidemment pas être fermées. La ramification trachéale est simple, sans anastomose. Sa genèse au cours du développement a été étudiée chez *Allacma fusca* par Betsch et Vannier (1977).

3.2.4. Système circulatoire

Les collemboles ont un système circulatoire ouvert (Fig. 21). Cela signifie que les organes internes et les tissus sont baignés dans l'hémolymphe, qui est propulsé activement sur toutes les surfaces internes par des pompes spécialisées (Jones, 1977).

Le système de circulation est principalement constitué d'un vaisseau dorsal dont la totalité ou uniquement certaines régions sont contractiles et jouent le rôle de cœur (ostioles) qui récupèrent l'hémolymphe et la réintègre dans le système circulatoire. Ce système est complété par des vaisseaux latéraux en nombre variable qui diffusent l'hémolymphe dans les cavités de l'hémocoèle ou sinus. Les collemboles ne possèdent pas les organes accessoires des pulsations au niveau des antennes (Pass, 1991).

3.2.5. Système nerveux

Le système nerveux comprend des ganglions supra et sous-œsophagiens et de trois ganglions thoraciques ventraux. Les ganglions abdominaux sont fusionnés au ganglion métathoracique qui s'étend habituellement dans le premier segment abdominal (Brauner, 1981) (Fig. 20).

Les ganglions sont interconnectés longitudinalement par une paire de connecteurs latéraux, le nerf médian de Leydig s'étend du ganglion ventral aux connecteurs latéraux (Juberthie et Cassagnau, 1971). Le système neurosécrétoire est similaire à celui des autres insectes et participe à la sécrétion des hormones (Cassagnau, 1971a).

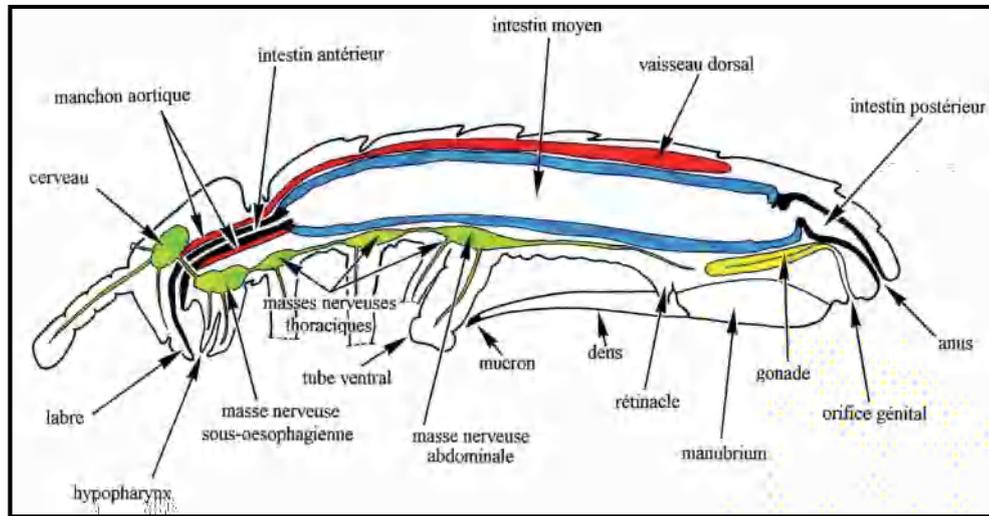


Figure 20. Coupe anatomique schématique d'un collembole Arthropléona (Thibaud et D'haese, 2010)

3.2.6. Système endocrinien

Le système endocrinien comprend les cellules neurosécrétrices cérébrales, l'ensemble d'organe neurohémal, corps allates et les nerfs *corpora cardiaca*. Les corps allates et l'ensemble du complexe rétro-cérébral ont été décrits dans un ensemble de travaux portant sur les structures nerveuses, neurosécrétions et organes endocrines chez les collemboles (Juberthie et Cassagnau, 1971). De ces travaux, ils ont ressorti que la majorité des collemboles présentent un organe neurohémal formé par les nerfs cardiaques, composé de fibres ou s'accumule le produit de neurosécrétion.

Un contact neurosécréteur direct s'établit ainsi entre les cellules neurosécrétrices cérébrales et les corps allates. Ces derniers renferment un petit nombre de grosses cellules, qui sont innervés par le nerf d'Hoffmann d'origine sous-oesophagienne (Lauga-Reyrel, 1984).

3.2.7. Système reproducteur

En général, il n'y a pas de différence morphologique très importante entre les deux sexes, seule la forme des orifices génitaux diffère, longitudinale chez les mâles et celui des femelles sont de forme transversale (Cassagnau, 1990).

3.2.7.1. Gamètes males et organes reproducteurs

Les spermatozoïdes sont produits dans une paire de testicules à germarium latéral. Les spermatozoïdes s'accumulent dans la vésicule séminale, mêlés à des gouttelettes nutritives secrétées par la paroi et éjaculés à partir de simple ouverture génitale (Cassagnau, 1990).

Le sperme de collembole se compose de quatre parties principales, le pédoncule attache le sperme à la paroi du testicule, mais sa fonction est par ailleurs inconnue, l'acrosome est distal au pédoncule et qui est suivi par un noyau allongé et un axonème qui présente un arrangement de micro fibrilles 9 + 2 (Dallai, 1994).

3.2.7.2. Gamètes femelles et organes reproducteurs

Les paires d'ovaires de collemboles en chaque côté de l'abdomen, qui sont en arrière unis pour former un vagin, qui s'ouvre entre l'anus et la base de la furca. Ils sont en forme de sac et ne sont pas composées d'ovarioles discrètes. Chaque ovaire est divisé en deux régions principales, le germanarium qui contient des amas de cellules germinales en forme de chaîne et le vitellarium où la cellule centrale de chaque chaîne différencie en un ovocyte et se nourrit des cellules nourricières de chaque côté (Jablonska *et al.*, 1993).

Les cellules germinales se forment dans le développement embryonnaire et sont nourries par des cellules nourricières entourées qui finissent par dégénérer. Des gouttelettes lipidiques, des sphères de vitellus et d'autres matériaux granulaires se déposent dans les ovocytes qui sont entourés par une enveloppe secrétée par les cellules folliculaires ou l'œuf lui-même (Kisiel *et al.*, 1994).

3.2.7.3. Chromosomes

Les collemboles ont un petit nombre de chromosomes. En dehors de *Podura aquatica* dans lequel $n = 11$ (nombre haploïde), tous les autres collemboles ont $n = 9$ (Hemmer, 1990).

Des comparaisons intraspécifiques ont été faites dans les profils de bandes de chromosomes polytènes dans les glandes salivaires de Neanuridae. Ces informations peuvent être utiles pour séparer des races géographiques de la même espèce qui sont morphologiquement identiques (Dallai *et al.*, 1983).

4. La biologie des collemboles

4.2. La reproduction

4.2.7. Spermatophore

Un spermatophore est un paquet de spermatozoïdes produits par le mâle et a une fonction dans l'insémination de la femelle, Les mâles d'*Orchesella cincta* (Orchesellidae) produisent en moyenne cinq spermatophores par jour à 20 ° C. Le spermatophore est souvent maintenu au-dessus du substrat sur une tige mince qui peut s'étendre dans la gouttelette de sperme ou être dépensé dans un petit rebord pour fournir un support (Cassagnau, 1971b) (Fig. 21).

Les spermatozoïdes et le matériel nécessaire à la production de la tige de spermatophore sont tous produits par les testicules (Witalis, 1993).



Figure 21. A : Spermatophore de *Dicyrtomina ornata*, B : *Dicyrtomina saundersi* Vérifié son spermatophore (Bellinger *et al.*, 2022)

4.2.8. Dimorphisme sexuel

Dans la plupart des familles de collemboles, un dimorphisme sexuel visible est rare. Les femelles peuvent être plus grandes que les mâles du même âge si elles sont pleines des œufs.

Chez certaines espèces, les mâles présentent des caractéristiques sexuelles secondaires relativement subtiles telles que des soies plus longues ou plus courtes sur le corps par rapport aux femelles et des épines supplémentaires sur les pattes (Deharveng, 1976). Chez les symphypléones, les mâles se développent des antennes préhensiles chez les Sminthurididae, un organe abdominal chez les Arrhopalitidae, des appendices anaux et les soies élargies chez les femelles dans la plupart des autres familles (Betsch, 1980).

Ces caractéristiques ne peuvent apparaître que pendant la saison de reproduction et peuvent être liées au comportement d'accouplement ou au dépôt du spermatophore, ainsi qu'ils sont en relation directe avec la fluctuation hormonale qui se traduit lors des phénomènes de neutralisation écologique (mâles et femelles sans caractères sexuels secondaires) et l'épitoquie (ensemble des modifications morphologiques en période du vitellogénèse) chez les *Bourletiella* et *hydroisotoma* (Cassagnau, 1986).

4.2.9. Comportement d'accouplement

La reproduction de la majorité des collemboles est bisexuée. La plupart des collemboles ne rencontrent jamais leurs partenaires sexuels (fécondation indirecte). Les mâles déposent des gouttelettes de sperme sur les tiges (spermatophores) au sol. Les femelles les emmènent dans leur ouverture génitale. Cette absorption de spermatophores est une occurrence aléatoire dépendant de la taille et de la densité des spermatophores (Schaller, 1992).

Chez d'autres espèces, les mâles approchent vers les femelles et déposent des spermatophores à proximité et manœuvrent les femelles vers les spermatophores. Doering (1984) a signalé un comportement de contact défini entre les sexes en utilisant leurs antennes dans *Orehesella cinema* (Orchesellidae).

Chez *Sminthurus viridis* (Sminthuridae), un collembole globulaire présente un dimorphisme sexuel saisissant. Lors de la parade, le mâle met ses antennes en contact avec celles de la femelle. Puis, grâce à des sortes de crochets qui garnissent ses second et troisième segments antennaire, il lui suffit de resserrer légèrement ses propres antennes pour que les partenaires se retrouvent accrochés l'un à l'autre. Ce comportement d'accouplement des partenaires enclavés implique souvent des mouvements de danse qui faciliteraient le transfert, la découverte et l'absorption des spermatophores (Schaller, 1970).

4.2.10. Fécondité

La fécondité d'une seule femelle dépend du nombre total des couvées (fournées) produits et les œufs pondus dans chaque fournée. Au laboratoire, une femelle de *Sinella curviseta* (Sinellidae) produit en moyenne 8 couvées avec 50 œufs dans chaque une avant sa mort, sa fécondité totale est donc de 400 œufs dans la vie (Waldorf, 1978). Sharma et Kevan (1963) cite par Massoud (1971) ont donné le chiffre de 3 à 14 œufs pour *Folsomia similis* (Isotomidae) à 24°C. South (1961) cité par Massoud (1971) a compté en moyenne 53 œufs par fournée pour *Entomobrya multifasciata* (Entomobryidae) à 17°C.

Comme la fécondité dépend également du stade de vie, il existe une relation entre la reproduction et la croissance (Ernting et Isaaks, 2002). Ce sont quelques-unes des raisons de la grande variation des valeurs de la fécondité pour les mêmes espèces citées dans la littérature (Hopkin, 1997).

4.2.11. La parthénogenèse

La parthénogenèse se produit lorsque les femelles pondent des œufs non fécondés qui se développent en une progéniture viable. Les males sont complètement absents dans les populations purement parthénogénétiques. Chahartaghi *et al.* (2006) ont estimé que la majorité des collemboles parthénogénétiques étaient petites et euedaphiques. La parthénogenèse peut être démontrée de deux manières : d'abord, en montrant que les populations de certaines espèces n'existent qu'en tant que femelles, en second lieu, en maintenant les femelles seulement des populations d'espèces au laboratoire pendant plusieurs générations.

De nombreuses espèces parthénogénétiques existent également sous des formes non parthénogénétiques (facultatives). Bien que Petersen (1971) a démontré qu'*Isotoma notabilis* (Isotomidae) et *Mesaphorura krausberi* (Tullbergiidae) étaient parthénogénétiques en laboratoire.

La plupart des populations de *Neanura muscorum* (Neanuridae) dans le Sud-ouest de la France présente un type parthénogénèse géographique. Néanmoins, dans le centre de l'Europe occidentale (Alpes, Massif central), il existe des populations isolées dans lesquelles les mâles sont présents et une reproduction sexuée normale se produit (Cassagnau, 1972b). La population parthénogénétique étant devenue secondairement

cosmopolite grâce à leur polyploïdie (on trouve des femelles avec tétra, tri, penta et hexaploïdie) (Cassagnau, 1972a).

La reproduction sexuelle et parthénogénétique a également été trouvée dans *Mesaphorura italica* (Tullbergiidae) en Espagne (Mateos, 1992).

4.2.12. Oviposition

Les œufs sont fécondés chez la femelle avant la ponte à l'aide de sperme stocké. La plupart des espèces mettent environ deux à trois minutes à pondre. *Tullbergia krausbaueri* (Tullbergiidae) met 35 minutes pour pondre de 8 à 10 œufs, ce qui donne le temps de 3,9 minutes pour un œuf. Ce temps est de 55,4 minutes pour *Dicyrtoma minuta* (Dicyrtomidae) et de 79,4 pour *Dicyrtoma fusca* (Dicyrtomidae) (Hale, 1965) cité par Hopkin (1997).

Les œufs peuvent être pondus individuellement chez *Tomocerus minor* (Tomoceridae), *Pogonognathellus longicornis* (Tomoceridae) et *Vertagopus arboreus* (Isotomidae) ou en petits paquets dispersés dans le sol ou la litière chez *Onychiurus procampatus* (Onychiuridae), *Onychiurus vannieri* (Onychiuridae), *Neanura muscorum* (Neanuridae), *Ceratophysella denticulata* (Hypogastruridae) et *Isotomiella minor* (Isotomidae) (Hopkin, 1997) (Fig. 23).

Au laboratoire, jusqu'à 10000 œufs peuvent s'accumuler dans un seul site dans des populations de *Proisotoma minuta* (Isotomidae) (Massoud et Betsch-pinot, 1974).

L'œuf est pondu toujours isolement mais auparavant il est enrobé par un fluide anal mélange aux excréments. Les appendices anaux sont impliqués dans ce processus d'enrobage. Les fournées d'œufs peuvent être entourées de pastilles fécales qui, lorsqu'elles sont sèches, fournissent un revêtement résistant à la dessiccation (Poinsot, 1971).



Figure 22. Œufs de *Desoria trispinata* déposés en grappe (Bellinger *et al.*, 2022)

4.3. Développement

4.3.7. Développement embryonnaire

Au moment de la ponte, les œufs des collemboles sont sphériques et lisses. Ils sont de type centrolécithe avec une segmentation totale dans les premiers stades, passant à partir de stade 8 blastomeres à une segmentation superficielle (Cassagnau, 1990). Les études les plus détaillées d'embryogenèse chez les collemboles ont été réalisées sur *Tomocerus ishibashii* (Tomoceridae) par Uemiya et Ando (1987) à partir desquelles la description suivante est établie, le développement peut être divisé en neuf étapes (Fig. 23) :

- **Stade 1** : La cuticule blastodermique est produite sous le chorion par les cellules blastodermiques. Après la rupture du chorion, la nouvelle cuticule blastodermique devient exposée à l'air.
- **Stage 2** : La segmentation de l'embryon devient d'abord évidente à ce stade. Antennule intercalée, mandibulaire, maxillaire, labiale et les premiers segments thoraciques sont formés et le sillon médio-longitudinal apparaît.
- **Stade 3** : La segmentation de l'abdomen et les rudiments des pattes thoraciques se développent. Une paire rudimentaire de deuxièmes antennes est brièvement visible sur le segment intercalaire.
- **Stade 4** : La blastokonesie, les segments thoraciques, suivis par la tête et l'abdomen, les faces ventrales de la tête et de l'abdomen se font face et l'embryon conserve cette position jusqu'à son éclosion. Six segments abdominaux sont formés et ce nombre reste fixé pour le reste de la vie du collembole. Au stade 4, les

appendices des premiers, troisièmes et quatrièmes segments abdominaux apparaissent.

- **Stade 5** : Les quatre segments des antennes deviennent distincts, les pièces buccales se différencient davantage et les segments des pattes peuvent être reconnus. Les rudiments du tube ventral et du tenaculum s'agrandissent sur les premier et troisième segments abdominaux. La furca est clairement visible.
- **Stade 6** : Le développement des pièces buccales se poursuit et les première et deuxième paires de pattes deviennent en forme de S. La région dorsale du premier segment thoracique commence à se développer plus lentement que les autres segments thoraciques. Les vésicules terminales du tube ventral deviennent visibles.
- **Stade 7** : Lorsque la fermeture dorsale avance, la région superficielle de l'organe dorsal primaire se rétrécit. Six ocelles apparaissent, les pièces buccales sont progressivement enfermées par la croissance des tergites des segments gnathal, autre différenciation des pattes et appendices abdominaux à lieu.
- **Stade 8** : La structure finale des pièces buccales est presque terminée. Au bout des pattes, des griffes se développent, constituées de la griffe primaire et de l'empodium.
- **Stade 9** : La fermeture dorsale est terminée et le développement final se produit. Les troisième et quatrième segments des antennes développent une annulation et les quatrièmes allongent. La partie postérieure de la tête forme. Le premier stade juvénile éclot de l'œuf et commence son développement vers le stade adulte.

Le développement de l'embryon de *Tomocerus ishibashii* (Tomoceridae) prend environ 10 jours à température ambiante. Chez *Entomobrya nivalis* (Entomobryidae), le développement des œufs prend 25 jours à 9 ° C et 15 jours à 13 ° C.

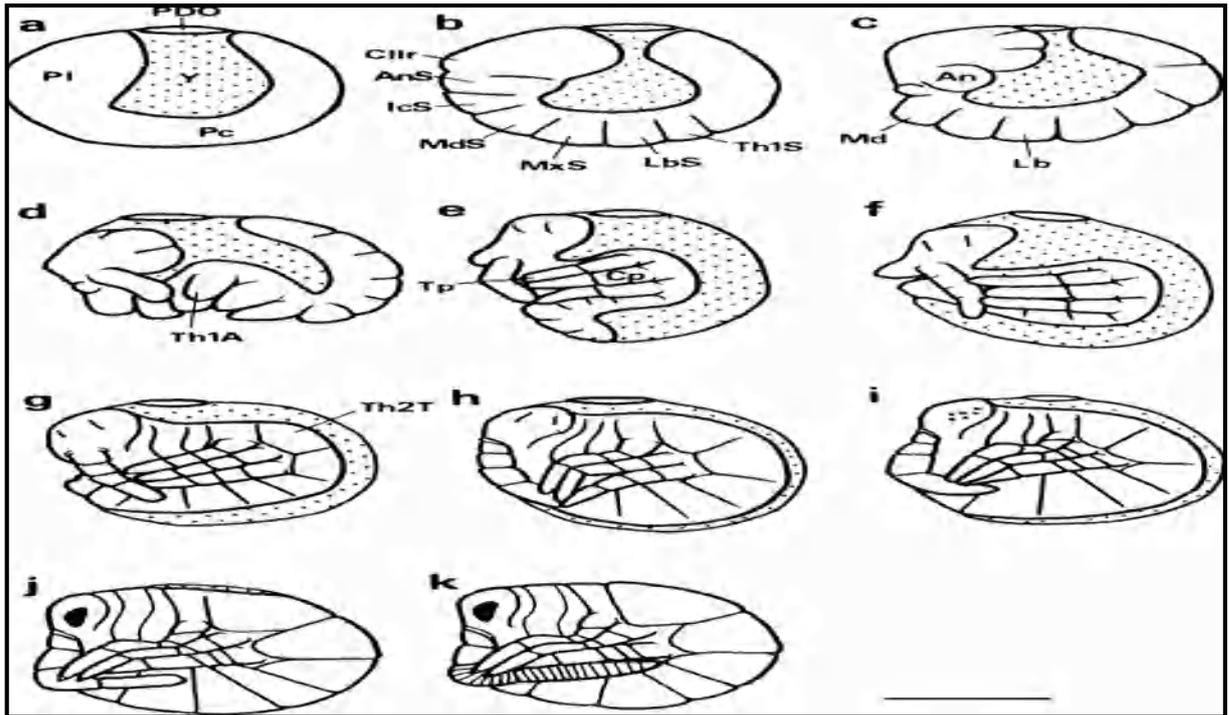


Figure 23. Étapes successives du développement embryonnaire, vue latérale.

Bar = 100 µm (Uemiya et Ando, 1987)

a : Etape 1; **b :** Etape 2; **c :** Etape 3; **d :** Stade précoce 4; **e :** Milieu étape 4; **f :** Stade tardif 4; **g :** Etape 5; **h :** Etape 6; **i :** Etape 7; **j :** Etape 8; **k :** Etape 9

Abréviation : **PDO :** Organe dorsal primaire; **AnS :** Segment antennel; **IcA :** Appendice intercalaire; **MdS :** Segment mandibulaire; **MxS :** Segment maxillaire; **LbS :** Segment labial; **Th1S :** Premier segment thoracique; **Md :** Mandibule; **Lb :** Labium; **Th1A :** Premier appendice thoracique; **Tp :** Tibiotars; **Cp :** Coxa; **Th2T :** Deuxième tergite thoracique; **Y :** Vitellus.

4.3.8. Développement post-embryonnaire

Les collemboles sont des amétaboles, c'est-à-dire qu'ils ne subissent pas de métamorphose (Fig. 24). Les collemboles juvéniles commencent à se nourrir après la sortie de l'œuf. A l'exception de leur manque d'organes reproducteurs fonctionnels, l'absence de caractères sexuels secondaires et les différences dans leur chaetotaxie, ils ressemblent à leurs imagos (Snider, 1977).

La croissance est rapide, ils traversent plusieurs stades ou états, chacune ayant une morphologie caractéristique avant de devenir adulte (André, 1988). Le nombre de stades avant que la maturité reproductrice soit atteinte, est typiquement de 5 à 8 chez

Mesaphorura krausberi (Tullbergiidae) et dans *Orchesella cincta* (Orchesellidae) est de 11-13 (Janssen et Joosse, 1987).

Un des caractères principaux de ce développement est persistance de mue tout au long de la vie de l'imago (jusqu'à 30 mues chez *Folsomia candida* et 60 mues chez les *Orchesella* (Snider, 1977).

L'existence des mues chez l'adulte est un caractère primitif que les collemboles partagent avec les autres aptérygotes et avec certains myriapodes, arachnides et crustacés. Lors de ces mues adultes, ni la taille, ni la morphologie ne changent, sauf dans les cas d'épitoquie.

Durant sa vie adulte un collembole peut muer une vingtaine à une soixantaine de fois selon les espèces et les conditions du milieu. La longueur des intermues varie selon les espèces, en général d'une semaine à 1 mois. Chez *Bonetogastrura* (Hypogastruridae), chaque intermue présente des manifestations biologiques et histologiques qu'on peut diviser en 3 périodes :

- ❖ Première période de jeûne, courte (1 jour), juste avant l'exuviation, le nouveau mesenteron n'étant pas encore fonctionnel.
- ❖ Période d'alimentation, beaucoup plus longue (26 à 30 jours), le mesenteron étant alors fonctionnel.
- ❖ Deuxième période de jeûne (3 à 7 jours), correspondant à la dégénérescence du vieux mesenteron et à la formation de la nouvelle cuticule et du nouveau mesenteron.

Les Isotomidae semblent avoir les cycles intermues les plus courts, puis les Hypogastruridae et les Entomobryidae, ensuite les Tomoceridae et enfin les Neanuridae et les Onychiuridae, dont les cycles sont aussi les plus divers en durée (Thibaud et Dhaese, 2010). Certaines espèces sont univoltines (une génération par an) comme *Tomocerus cuspidatus* tandis que d'autres sont multivoltines (plus d'une génération par an) chez *Entomobrya aino* (Hisamatsu et Mastunaga, 1994).

La longévité des collemboles est selon les espèces, de 3 mois à 3 ans. Ces durées sont de plus en plus longues au fur et à mesure que l'on passe des espèces épigées aux espèces hémiedaphiques, puis aux espèces troglobies (Thibaud et Dhaese, 2010).

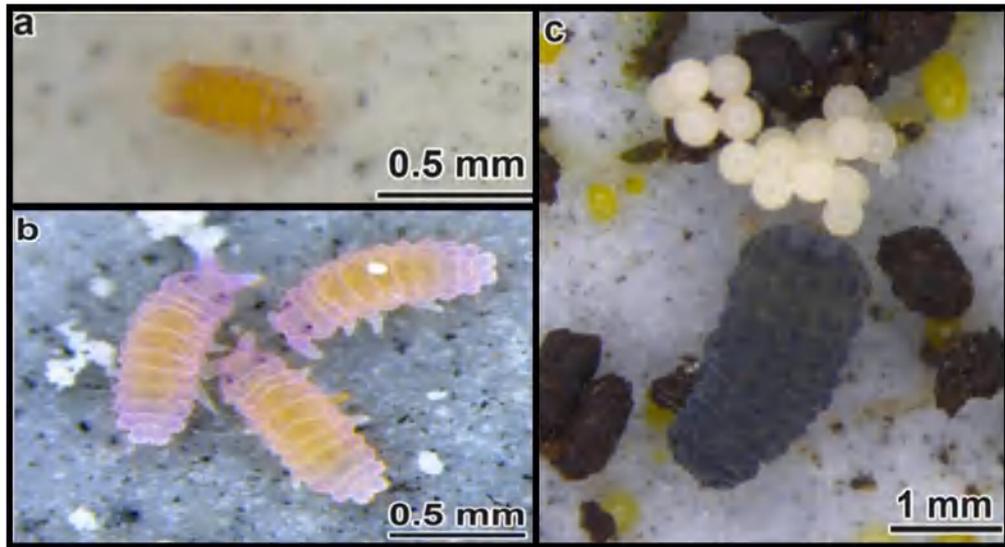


Figure 24. Photographies représentant divers stades de croissance de *Neanura muscorum*. (a < 1 jour) : Nouveau-nés *N. muscorum*; (b < 5 jours) : Juvénile avant la première mue; (c) : *N. muscorum* adulte pondre des œufs (Hoskins *et al.*, 2015)

4.4. Ecomorphose, épitoquie et cyclomorphose

Certaines espèces des collemboles adultes, principalement les familles des Hypogastruridae et des Isotomidae, peuvent passer par un ou plusieurs stades de leur cycle de vie caractérisés par une activité réduite et une morphologie distinctes (Culik et Najt, 1986). Cassagnau et ses collègues (1990) ont l'appelé «écomorphose». Bien que des scientifiques reconnaissent maintenant trois types principaux, à savoir l'écomorphose, l'épitoquie et la cyclomorphose.

L'écomorphose est maintenant réservée aux phénomènes induits par des conditions climatiques spécifiques (Rynal, 1976). Cette phase se caractérise par un certain nombre des changements morphologiques, l'arrêt de l'alimentation et une adaptation aux conditions climatiques extrêmes, principalement à haute température et faible humidité (Cassagnau, 1974). Lorsque le stade fait partie d'un cycle de reproduction, il est connu sous le nom **d'épitoquie** (Waltz et Hart, 1986). Le développement d'un stade morphologiquement distinct dans le cadre d'un cycle saisonnier régulier est appelé **cyclomorphose** (Waltz et Hart, 1995).

Les caractéristiques de la présence d'écomorphose au sens le plus large inclut les modifications du morphologie de la cheatotaxie, la forme du mucron, les pièces buccales,

la perte de caractéristiques sexuelles secondaires, la présence de grandes épines postérieures et des modifications internes telles que l'atrophie du tube digestif, altération de l'apparence des gonades, accumulation de graisse et dans le système excréteurs (Miles, 1994).

L'écomorphose peut être induite dans les populations de laboratoire d' *hypogastrura boldorii* (Hypogastruridae) en augmentant la température appelée « crise de l'écomorphose » (Bedos et Cassagnau, 1988).

La forme épitoque n'apparaît que dans un sexe : mâle chez *Coloburella zangheri* et femelle chez *Hypogastrura schaefferi*, par contre chez les *Hypogastrura*, les deux sexes sont affectés, elle se traduit lors de la vitellogenèse et de la formation des spermatophores par un raccourcissement des appendices, en particulier du mucron, des épines anales, une régression des soies dentales (épaissies chez l'adulte normal), la disparition du sec éxsertile antennaire. Tous ces organes sont rétablis dans leur structure primitive lors de la mue post-reproductrice (Cassagnau, 1990).

La cyclomorphose affecte un certain nombre d'Hypogastruridae et d'Isotomidae Nordiques dans lesquels certains morphotypes apparaissent en hiver, généralement chez des espèces actives à la surface de la neige. Soies abdominales, soies apicales des tergites, des ocelles, des mucrons et des dents peuvent être affectées (Fielberg, 1986). Chez *isotoma hiemalis* (Isotomidae), l'apparence des formes d'été et d'hiver est contrôlée par une horloge biologique endogène qui compte les jours jusqu'à la cyclomorphose (Zettel, 1985).

Ceratophysella sigillata (Hypogastruridae) traverse ces étapes au cours de son cycle de vie et comporte quatre formes différentes : A (active), B (active, transition vers C), C (cyclomorphose) et E (épitoque) (Zettel et Zettel, 1994).

Il existe de nombreux exemples d'espèces ou même de genres décrits qui ont été montrés par la suite comme des formes écomorphes de taxons existants. Par exemple *Spinisotoma*, un genre apparemment nouveau d'Isotomidae avec des épines caractérisés sur la marge postérieure de son abdomen, Stach (1961) (cité par Hopkin, 1997) a montré par la suite qu'il s'agissait d'une forme écomorphique d'*Isotoma*. Une étude minutieuse est nécessaire pour déterminer si de nouvelles espèces sont apparemment de véritables espèces biologiques et non pas simplement des taxons existants subissant une épitoque, une cyclomorphose ou une écomorphose (Najt *et al.*, 1984).

4.5. Adaptations physiologiques

4.5.7. Adaptation à la sécheresse

Les collemboles sont développés plusieurs façons de réduire la perte d'eau. Le taux de dessiccation peut être régulé par des moyens comportementaux ou physiologiques (Somme, 1994).

Les résultats des travaux de Kærsgaard et ses collaborateurs (2004) suggèrent que les collemboles ont utilisé et parfois ont combiné plusieurs stratégies face au stress de la dessiccation. Ces stratégies consistent en la production d'osmolytes, la protection cuticulaire, et les réponses comportementales.

Beleguenaoui et Barra (1998) rapportent que *Folsomides angularis* réduit son incapacité de diminuer la perte d'eau corporel par l'anhydrobiose. Pour cette espèce l'anhydrobiose représente le seul moyen de survie aux conditions de hautes températures.

Les études des Holmstrup *et al.* (2001) ont montré que de *Protaphorura armata* a induit une forte accumulation de tréhalose pendant la dessiccation. En revanche, des études sur la perméabilité cuticulaire ont montré que certaines espèces de collemboles peuvent principalement compter sur la cuticule pour survivre à la dessiccation. Les granules sont étroitement appariés et la cuticule est épaissie pour abaisser sa perméabilité et réduire la transpiration de l'eau.

4.5.8. Adaptation au froid

La tolérance au froid est une adaptation fondamentale des collemboles aux hautes altitudes (Hawes *et al.*, 2006). Les collemboles peuvent survivre à l'état dégelé dans le sol à -22 ° C pendant plusieurs années (Coulson et Birkemoe, 2000). Chown et Nicolson (2004) ont prouvé que les collemboles cessent de s'alimenter, évacuent leur contenu intestinal et subissent une gamme de changements biochimiques qui incluent la production de cryoprotecteurs en réponse aux conditions hivernales qui approchent.

Les *Hypogastrura tullbergi* et *Hypogastrura concolor* (hypogastruridae) entrent dans une diapause et qui assurent que la reproduction aura lieu au début de l'été lorsque les conditions sont plus favorables à la survie et à la reproduction (Birkemoe et Leinaas, 2001). Ainsi que *Gomphiocephalus hodgsoni* (hypogastruridae) utilise l'activité

d'hystérésis thermique et produisent des quantités massives du glycérol pour tolérer le froid et abaisser son point de surfusion (Sinclair et Sjursen, 2001).

4.5.9. Adaptation à l'inondation

Les collemboles évitent l'inondation grâce ses cuticules qui comprennent des structures spéciales afin d'empêcher la descente sous la surface de l'eau (le modèle de base de la structure épicuticulaire qui ressemble à un motif en nid d'abeille composé d'unités granulaires hexagonales composées de micro-tubercles) (Marx *et al.*, 2012). Cette composition spéciale des structures de surface conjointement avec la couche lipidique hydrophobe contribue à assurer la non-mouillabilité de la cuticule (Ghiradella et Radigan, 1974).

Anurida maritima (Neanuridae) possède un plastron soutenu par des tubercules qui résistent au mouillage par pression et tensioactifs (King *et al.*, 1990).

4.5.10. Adaptation à l'hypoxie

Les adaptations physiologiques chez les espèces de collemboles euédaphiques (vivant dans le sol) comprennent un changement métabolique dans des conditions anaérobies (anoxie). Par exemple, *Folsomia condida* (Isotomidae) a un taux de lactate nettement élevés après anoxie artificielle (Marx *et al.*, 2009). En plus, ils ont démontré que cette espèce avait une fréquence cardiaque accrue dans des environnements dépourvus d'oxygène (hypoxie).

La modification adaptative de la circulation de l'hémolymphe devrait maintenir la pression partielle entre le milieu, l'hémolymphe et les tissus (Paul *et al.*, 1997).

4.5.11. Adaptation à la diminution des ressources alimentaires

Les collemboles s'adaptent aux diminutions des nutriments dans leurs biotopes par une plus forte teneur en graisse des tissus. Chez *Tomocerus problematicus* (Tomoceridae) a une teneur en graisse de 18 à 32%, alors que chez *Tomocerus minor*, hémiedaphique-troglophile, elle est seulement de 6 à 16% (Thibaud et D'haese, 2010).

Dans ces périodes de jeûne, les collemboles peuvent survivre grâce à leurs réserves lipidiques. *Tomocerus problematicus* résiste 2 à 3 mois et *Tomocerus minor* résiste 1 mois seulement (Thibaud et D'haese, 2010).

5. Ecologie des collemboles

5.2. Habitat et abondance

Les collemboles ont envahi tous les biotopes terrestres, qui sont présents sous tous les climats et sous toutes les latitudes. Ils vivent le plus souvent en forêt dans la litière, le milieu humide, l'humus, bois mort, les premiers centimètres du sol, dans la végétation, sur la surface des lacs, des étangs ou les champs de neige et des glaciers. Certains se sont adaptés à la vie cavernicole et d'autres à la vie dans l'interstitiel sableux (Bellinger *et al.*, 2022).

Les collemboles font partie des groupes de décomposeurs de sol les plus abondants, utilisant une large gamme de sources alimentaires (Rusek, 2007; Schmidt *et al.*, 2014). Là où la matière en décomposition est abondante, en forêt par exemple, il peut y avoir jusqu'à 50 espèces dans une zone de 1 m² et l'abondance de 50 000 à 400 000 individus par mètre carré (Jeffery *et al.*, 2010). Cette diversité est associée au large spectre de forme de vie et aux adaptations spécifiques de l'habitat (Fiera, 2014; Malcicka *et al.*, 2017).

5.3. Types éco-morphologiques

En dévoilant les niches trophiques par rapport aux formes de vie des espèces de collemboles, Potapov et ses collègues (2016) ont utilisé une classification qui comprenait quatre formes de vie (Fig. 25) :

- **Forme de vie atmobiotique** : Ces collemboles habitent principalement des macrophytes tels que les graminées, les buissons, les troncs et les branches d'arbres, mais on peut toujours les trouver sur la surface de la litière. Les espèces atmobiotiques sont grandes (jusqu'à 8 à 10 mm de longueur), de couleurs vives et souvent bigarrées. Ils ont de longs membres et un ensemble complet d'ocelles, la forme du corps peut être ronde ou allongée.
- **Forme de vie épiédaphique** : Elle correspond aux habitants de la litière supérieure ou la surface de bois mort comme les entomobryoides et les symphypléones. Ces collemboles sont de taille moyenne ou grande, avec une coloration prononcée mais souvent uniforme, avec les plus souvent 6 + 6 ou 8 + 8 ocelles. Les extrémités sont généralement moins développées que chez les espèces atmobiotiques.
- **Forme de vie hémiedaphique** : Les poduromorphes et les isotomides, habitant la

litière en partie décomposée ou du bois pourri. Ces collemboles sont de taille moyenne ou petite (environ 1 à 2 mm), généralement avec pigmentation dispersée, nombre réduit d'ocelles et les appendices sont raccourcis.

- Forme de vie euédaphique** : Vivant dans le sol profond tel que la famille Onychiuridae, ces collemboles ont tendance à avoir un corps allongé ou petite taille sans pigmentation, les ocelli sont absents et la furca est réduite ou absente.

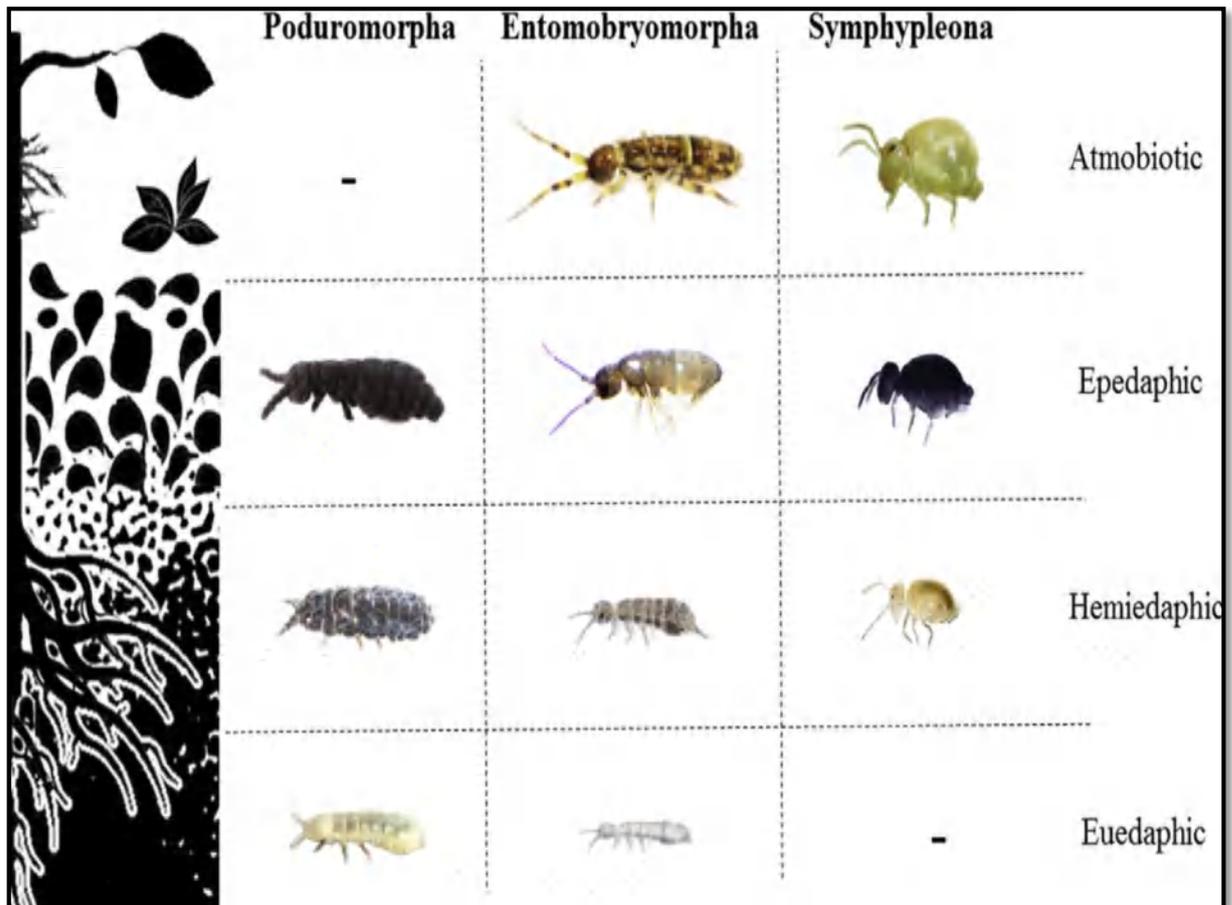


Figure 25. Morphologies adaptatives générales chez les collemboles : Ordres taxonomiques (horizontaux) et formes de vie (verticales). L'ordre Neelipleona est omis en raison de l'absence de cette étude (Potapov *et al.*, 2016)

5.4. Les collemboles cavernicoles

Cet environnement pauvre en nourriture, une humidité très élevée, une obscurité totale, conduisent les collemboles troglomorphes à présenter un certain nombre de caractères morphologiques : Dépigmentation, l'anophtalmie et allongement spectaculaire des appendices (antennes, pattes et surtout les griffes et les sensilles) (Pipan et Culver, 2012 ; Lukic, 2019) (Fig. 26).

Les collemboles troglobies se caractérisent par une productivité plus faible que les formes hémiédaphiques, un ralentissement des processus biologiques, une plus forte teneur en graisse, un moindre métabolisme respiratoire et une nette tendance à la géophagie (ingère surtout de grande quantité d'argile riche en bactéries). De nombreuses espèces sont guanobiennes (vivent dans les matières fécales des chauve souris) (Ferreira *et al.*, 2007). Le stockage de graisse est le résultat d'une adaptation à vivre dans un ce milieu. Les sources de nourriture peu abondantes et peu diversifiées, imposent les collemboles cavernicoles d'adapter leur physiologie et leur morphologie pour faire face à d'éventuelles périodes de diète (Resh et Cardé, 2009).

Sket (2008) et Zaenker *et al.* (2014) ont proposé la classification suivante :

- ❖ **Trogloxène** : Taxon uniquement se produit par erreur ou accidentellement sous terre. La plupart des individus de taxons troglaxènes résident en dehors des grottes.
- ❖ **Subtroglophile** : Taxon se produit parfois dans les cavernes, mais son résidence permanente à l'extérieur. Les taxons subtrogliphiles utilisent des grottes pour dormir, hiberner ou estiver, ainsi que pour développer des stades larvaires, juvéniles ou adultes.
- ❖ **Eutroglophile** : Taxon qui se produit en permanence ou sur plusieurs générations souterraines, mais il peut survivre également à l'extérieur des grottes.
- ❖ **Troglobie** : Taxon qui se produit de manière permanente dans les grottes, car il est strictement lié aux habitats souterrains. Les troglobionts sont incapables de survivre à l'extérieur des grottes.

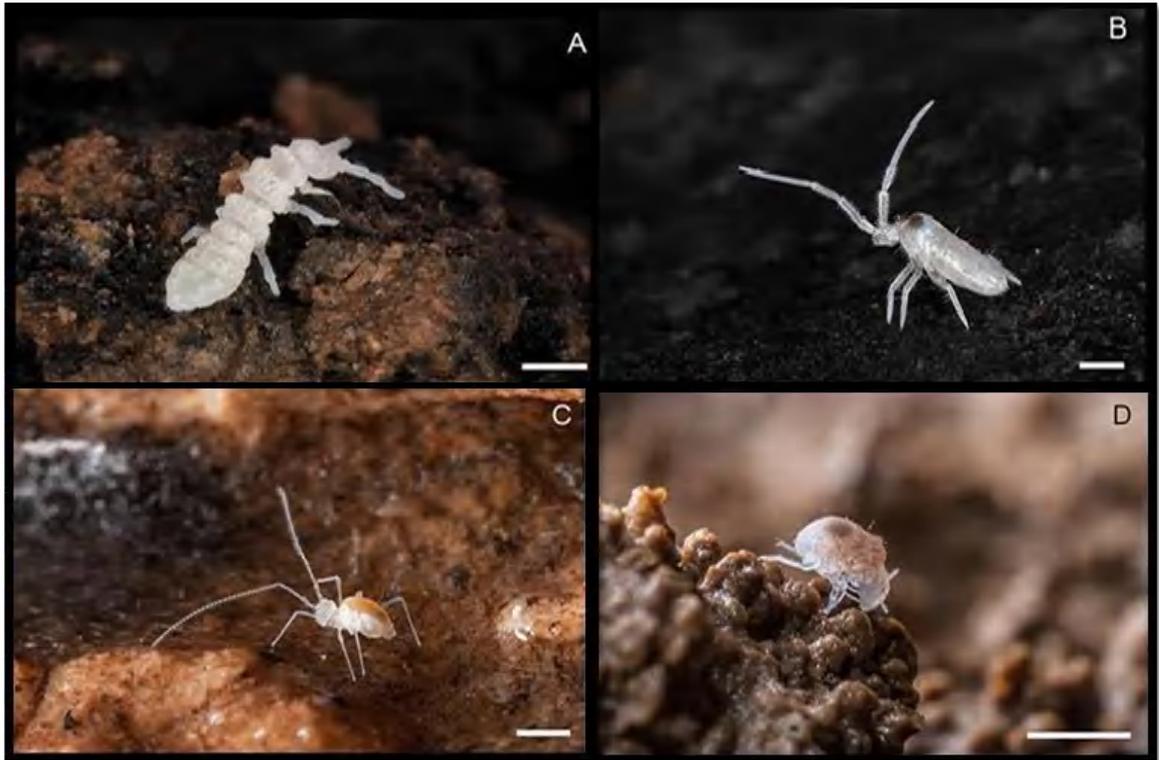


Figure 26. Les collemboles troglobies. (A) : Poduromorpha, *Absolonia gigantea* avec une longueur de corps jusqu'à 4,5 mm; (B) : Entomobryomorpha, *Pseudosinella* sp. a des antennes allongées; (C) : Symphypleona, *Galeriella liciniana* a des antennes et des pattes extrêmement allongées et (D) : Neelipleona, *Neelus absenceovici* avec longs pattes. Bar = 1 mm (Lukic, 2019)

5.5. Alimentation des collemboles

Il existe une variation et une spécialisation trophique chez les collemboles (Pollierer *et al.*, 2009; Ferlian *et al.*, 2015), qui peut être attribuée à la grande hétérogénéité de l'environnement. En effet, les sources alimentaires des collemboles sont fortement liées à leur habitat. Par exemple, dans les couches supérieures de la litière, les collemboles peuvent consommer des micro-algues, alors que dans les couches inférieures de la litière, ils utilisent des détritiques et du mycélium fongique (Anslan *et al.*, 2018).

Les interactions biotiques entre les collemboles et les plantes non vasculaires, telles que les algues, les bryophytes et les lichens, sont étudiées dans plusieurs travaux (Berg *et al.*, 2004; Cronberg *et al.*, 2006). En général, les détritivores du sol sont considérés comme des généralistes de l'alimentation avec un faible degré de spécialisation nutritionnelle (Scheu, 2002). Plusieurs études sur les stratégies d'alimentation chez les collemboles considèrent que la majorité des espèces euédaphiques et hémiedaphiques se nourrissent de manière non sélective sur une grande variété de matières alimentaires (Hopkin, 1997).

Selon les ressources disponibles, les collemboles ingèrent des bactéries, des champignons, des algues, des déchets végétaux ou d'autres animaux du sol, tels que des protozoaires, des nématodes et des enchytraéides (Scheu *et al.*, 2005). Il a été récemment suggéré que les Neanuridae se nourrissent de moisissures visqueuses (Hoskins *et al.*, 2015).

Il existe trois guildes selon l'alimentation :

- **Phytophages et herbivores** : Les familles Sminthuridae et Dicyrtomidae se nourrissent principalement des lichens, des algues et des tissus végétaux (Fig. 27). *Dicyrtoma minuta* et *Dicyrtoma fusca* sont des espèces de petite taille avec des pièces buccales à mâcher.
- **Décomposeurs primaires** : Nous assignons les genres *Entomobrya*, *Folsomia*, *Orchesella* et *Tomocerus* à ce groupe, qui se nourrissent de litière et de débris avec champignons et bactéries adhérentes.
- **Décomposeurs secondaires** : Les familles Onychiuridae, Hypogastruridae et le genre *Lepidocyrtus* se nourrissent principalement des micro-organismes, en particulier les champignons. Ces collemboles se nourrissent d'une gamme de nutriments, y compris d'autres animaux du sol (nématodes, rotifères, protozoaires), des parties du corps des animaux et des œufs.

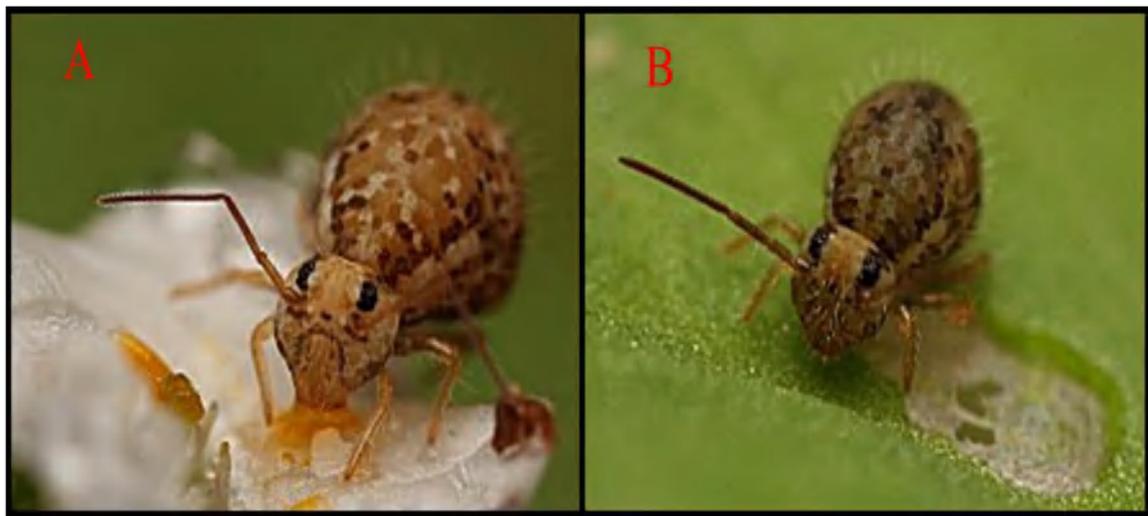


Figure 27. A : *Sminthurus hispanicus* se nourrissant de pollen; B : *Sminthurus hispanicus* entraîne de mâchez la couche supérieure de l'épiderme d'une feuille (Bellingier *et al.*, 2022)

5.6. Les prédateurs des collemboles

La plupart des collemboles sont victimes d'autres arthropodes. Parmi les prédateurs : les opilions, les coléoptères (Carabidae, Staphylinidae), les pseudoscorpions et les fourmis, ils mangent des collemboles s'ils les rencontrent (Van straalen, 1985).

Les espèces euédaphiques, les œufs et les juvéniles des espèces hémiedaphiques et épiedaphiques sont particulièrement vulnérables à la prédation par les acariens et constituent une composante majeure du régime alimentaire des araignées (Lawrence et Wise, 2000; Ferguson, 2001) (Fig. 28).

De nombreux coléoptères sont spécialisés pour s'attaquent spécifiquement les collemboles et ont mis au point des mécanismes de piégeage très efficaces pour les capturer avant qu'ils ne sautent ou pour empêcher leur évasion (Bauer et Pfeiffer, 1991).



Figure 28. Un collembole proie d'un acarion (Garcelon, 2018)

5.7. Les parasites des collemboles

Les parasites internes des collemboles sont des microsporidies et d'autres protozoaires, des grégarines et des nématodes (Maddox *et al.*, 1982).

Miles (1986) a observé de gros nématodes chez *Protaphorura armata*, *Neanura grassei* et *Orchesella villosa*. Bigliardi et Carapelli (2002) ont montré la présence de parasite microsporidien *Aurosporacanningae* (microsporides) dans les gonades mâles *Lepidocyrtus cyaneus*.

5.8. Interactions entre les collemboles

Les collemboles libèrent et détectent des phéromones comme les insectes. Les phéromones d'agrégation sont produites par plusieurs espèces, dont *Orchesella cincta* (Orchesellidae) (Mertens *et al.*, 1979) et *Heteromurus nitidus* (Entomobryidae) (Krool et Bauer, 1987).

La principale fonction des phéromones d'agrégation est d'attirer le sexe opposé. Cependant, l'attraction non sexuelle peut être sélectivement avantageuse pour favoriser l'agrégation à des sources d'aliments riches. Les collemboles étroitement agrégées peuvent également créer leur propre microclimat et être moins enclin (prédisposé) à la dessiccation.

Certaines espèces synchronisent leur comportement en muant simultanément en réponse à la phéromone, d'autres peuvent émettre une phéromone d'alarme en réponse à un danger et augmente vraisemblablement leurs chances d'évasion (Purrington *et al.*, 1991).

5.9. Influence des facteurs du milieu sur la vie des collemboles

La température et la teneur en humidité du sol sont les facteurs importants déterminant la distribution et l'abondance des collemboles (Kováč *et al.*, 2005). Cela est confirmé par les travaux de Hamra-Kroua et Cancela Da Fonseca (2009), qui ont démontré que la dynamique saisonnière des peuplements de collemboles est conditionnée par les fluctuations de la température et la teneur en eau du sol.

5.9.7. La température

Les collemboles sont des animaux eurythermes, c'est-à-dire ont assez large tolérance thermique. Les durées du développement des adultes, le cycle inermue, la longévité, le nombre total de mues et de production d'œufs, diminuent au fur et à mesure que la température augmente et ce jusqu'à la température létale supérieure (Thibaud et D'haese, 2010).

Chez *Xenylla welchi* (Hypogastruridae), le développement embryonnaire a été terminé en 5 jours à 26 ° C à 30 ° C, alors qu'il a fallu 11 et 17 jours à 20° C et 15° C respectivement. Le développement post-embryonnaire a complété dans les 10,5 jours à 26 ° C et 20 jours à 20 ° C (Bandyopadhyaya et Choudhuri, 2002).

Choi et ses collègues (2002) ont montré que le temps de développement et la reproduction *Paronychiurus kimi* (Onychiuridae) dépendant de la température. Ils suggèrent que cette population est capable de se développer de manière continue lorsque la température varie entre 8 et 30 ° C. Tandis que Lindo *et al.* (2012) ont constaté que l'augmentation des températures de 2 ° C augmente l'abondance et la richesse des collemboles.

5.9.8. L'humidité

L'humidité du sol semble être le facteur primordial pour déterminer la biodiversité des collemboles (Turnbull et Lindo, 2015). Ferguson et Joly (2002) ont signalé une plus grande densité de population se trouve dans des régions avec les précipitations et l'irrigation très élevées. L'optimum hygrométrique pour les collemboles est de 90 à 100% d'humidité relative. Ce sont donc des animaux sténogobies, c'est-à-dire ont une faible tolérance au déficit hygrométrique.

Bauer et Christian (1993) ont rapporté qu'*Onychiurus armatus* (Onychiuridae) reste immobile pendant un stress hydrique sévère, même jusqu'à sa mort. Choi *et al.*(2006) suggèrent qu'une faible disponibilité en humidité peut réduire les interactions sexuelles entre les individus plutôt que d'exercer un effet physiologique direct sur la reproduction. Choi et ses collègues (2002) ont montré que l'humidité affecte davantage la fécondité que la survie de *Paronychiurus kimi* (Onychiuridae).

La diminution d'humidité en saison sèche, de Juin à Octobre, n'entraîne pas la disparition totale de toutes les espèces des collemboles. On rencontre quelques-unes : *Cryptopygus thermophilus*, *Heteromurus major*, *Isotomiella minor*, *Acherontiella bouguisi*, *Protaphorura armata* et *Isotomiella sp.* (Hamra Kroua, 2005).

5.10. L'impact des changements climatiques et la pollution sur les collemboles

Les impacts du changement climatique tels que l'augmentation de la température, les changements dans les régimes de précipitations, la fréquence des inondations, des sécheresses et des incendies devraient avoir une grande influence sur les systèmes forestiers (Anaya-Romero *et al.*, 2015). En effet, Les effets de l'augmentation du CO2 atmosphérique et l'azote dans le sol sont considérés comme indirects, en raison des effets sur la communauté végétale (Lee *et al.*, 2011) et par conséquent, sur les systèmes trophique dont les collemboles sont dépendants (Eisenhauer *et al.*, 2012). Loranger

et al. (2004) ont décrit une diminution significative la richesse des collemboles et des acariens sous CO₂ élevé, ainsi que la réduction d'engrais azoté a diminué la densité totale des collemboles (Salmon et Ponge, 2012).

La sécheresse et les incendies pourraient également avoir des effets directs sur les collembole (Bardgett et Wardle, 2010), car la plupart dépendent fortement de la disponibilité de l'eau et l'humidité (Coleman *et al.*, 2004; Kardol *et al.*, 2011).

Les communautés des collemboles sont sensibles aux changements des conditions chimique du sol (Maisto *et al.*, 2017; Winck *et al.*, 2017), aux perturbations hydriques (Sterzyńska *et al.*, 2014) et aux pollutions (Austruy *et al.*, 2016).

Un pH faible, des nutriments réduits, une salinité élevée et des concentrations accrues de polluants organiques et inorganiques, sont des facteurs qui influence sur l'abondance des collemboles (Fiera, 2009; Santorufo *et al.*, 2014). Pour cela, Rzeszowski *et al.* (2017) ont confirmé que la diminution de la densité et de la richesse des collemboles est due aux concentrations plus élevées des polluants et à la faible disponibilité des ressources.

Nursita *et al.* (2005) ont testé certains métaux lourds sur *Proisotoma minuta* (Isotomidae) et ont conclu qu'une mortalité élevée, un taux de croissance plus lent et une reproduction réduite dans les hautes concentrations des métaux lourds de sol.

6. Rôle des collemboles

Les collemboles sont des éléments primordiaux en processus de conditionnement du litière, en stimulation de l'activité microbienne et cycle de nutriments (Carbone, Azot.etc) (Filser, 2002; Yang *et al.*, 2012) et sur la minéralisation de la litière et de la matière organique(Wang *et al.*, 2017). Dans le sol, les collemboles jouent un rôle pertinent dans la circulation des matériaux, le développement du sol, l'amélioration des propriétés physiques et chimiques du sol et le maintien de la communauté vivante terrestre (Chen *et al.*, 2007).

En effet, ils affectent le cycle des nutriments par la fragmentation de la litière (Addison *et al.*, 2003), entrent dans le fonctionnement de l'écosystème en régulant l'activité microbienne par l'alimentation directe des micro-organismes et la formation de la

microstructure du sol (Maab *et al.*, 2015) et ils contribuent également au mécanisme de reproduction des mousses par transport des spores (Jeffery *et al.*, 2010).

En plus, ils sont des hôtes de nombreux parasites, protozoaires, nématodes, trématodes et bactéries. Ils sont à leur tour attaqués par d'autres prédateurs (la chaîne trophique).

En outre, les collemboles sont souvent considérés comme des bioindicateurs potentiels des changements dans les caractéristiques du sol et la pollution de l'environnement (Greenslade, 2007; Fiera, 2009; Maisto *et al.*, 2017), tout comme les vers de terres ou encore les acariens. En effet, leur nombre dépend du taux de matière organique, de la disponibilité en eau (sensible à la dessiccation) et de la pollution des sols. Alors, ils sont utilisés pour évaluer l'écotoxicologie des sols (tests de survie et d'évitement), la nocivité des substances chimiques des sols ou encore pour analyser les effets des changements de pratiques agricoles (Jeffery *et al.*, 2010).

Enfin, ils sont considérés comme un bon marqueur biogéographique grâce à leur faible mobilité, leur sténopie et leur pouvoir de diversification écologique. Selon Hamra-Kroua (2005), par exemple, les collemboles d'Algérie peuvent être de large répartition (*Proisotoma minuta*), européennes (*Friesea albida*), euro-méditerranéennes (*Bilobella aurantiaca*), cosmopolites (*Heteromurus major*) et endémiques (*Friesea laouina*).

7. La systématique des collemboles

Les collemboles ont été classés avec les insectes, mais sont maintenant considérés comme une classe distincte, comme dans le cas de Diplura et Protura qui forment les quatre groupes principaux d'Hexapodes (Zhang, 2018).

Beaucoup de nouvelles familles de collembole ont été élevées ou érigées, y compris Heteromurinae, Bessoniellinae, Tullbergiinae, Anuridae, Protachorutidae, Setanuridae, Uchidanuridae et Proisotominae, cela s'est accompagné de changements au niveau de la super-famille et de corrections aux niveaux taxonomiques inférieurs (Hamra Kroua, 2005).

Un important travail de systématique se poursuit grâce au colloque international d'Apterygota (Deharveng, 2004) et à une étude morphologique de hauts niveaux combinée à des analyses génétiques (par exemple, Schneider *et al.*, 2011; Zhang et Deharveng, 2015;

Yu *et al.*, 2016) et conformément aux conceptions actuelles, Bellinger *et al.*(2022) ont proposé la classification suivante :

Super-règne : **Eucarya** (Woese, Kandler et Wheelis, 1990)

Règne : **Animalia** (Linnæus, 1758)

Sous-règne : **Eumetazoa** (Butschli, 1910)

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

Phylum: **Arthropoda** (Latreille, 1829)

Sous- phylum: **Pancrustacea** (Zrzavy et Stys, 1997)

Super-classe : **Hexapoda** (Blainville, 1816)

Classe : **Collembola** (Lubbock, 1870)

I-Ordre : Poduromorpha (Börner, 1913 sensu D'Haese, 2002)

Super-famille : Neanuroidea (Börner, 1901 sensu D'Haese, 2002)

Famille : Neanuridae (Börner, 1901 sensu Deharveng, 2004)

Sous-famille : Caputanurininae (Lee, 1983)

Sous-famille : Frieseinae (Massoud, 1967)

Sous-famille : Morulininae (Yosii, 1961 sensu Cassagnau, 1983)

Sous-famille : Neanurinae (Börner, 1901, sensu Cassagnau, 1989)

Sous-famille : Pseudachorutinae (Börner, 1906)

Sous-famille : Uchidanurinae (Salmon, 1964 sensu Greenslade, 2015)

Famille : Brachystomellidae (Stach, 1949)

Super-famille : Poduroidea (Latreille, 1804 sensu Palacios-Vargas, 1994)

Famille : Poduridae (Latreille, 1804)

Super-famille : Hypogastruroidea (Börner, 1906 sensu Deharveng, 2004)

Famille : Hypogastruridae (Börner, 1906)

Famille : Paleotullbergiidae (Deharveng, 2004)

Super-famille : Gulgastruroidea (Lee et Thibaud, 1998)

Famille : Gulgastruridae (Lee et Thibaud, 1998)

Super-famille : Onychiuroidea (Lubbock, 1867)

Famille : Onychiuridae (Lubbock, 1867)

Sous-famille : Onychiurinae (Börner, 190)

Sous-famille : Tetrodontophorinae (Stach, 1954)

Sous-famille : Lophognathellinae (Stach, 1954)

Famille : Tullbergiidae (Bagnall, 1935)

Famille : Isotogastruridae (Thibaud et Najt, 1992)

Famille : Pachytullbergiidae (Stach, 1954)

Famille : Odontellidae (Massoud, 1967)

II-Ordre : Entomobryomorpha (Börner, 1913)

Super-famille : Tomoceroidea (Schäffer, 1896)

Famille : Oncopoduridae (Carl et Lebedinsky, 1905)

Famille : Tomoceridae (Schäffer, 1896)

Sous-famille : Lepidophorellinae (Absolon, 1903)

Sous-famille : Tomocerinae (Schäffer, 1896)

Super-famille : Isotomoidea (Schäffer, 1896)

Famille : Isotomidae (Schäffer, 1896)

Sous-famille : Proisotominae (Stach, 1947)

Sous-famille : Anurophorinae (Börner, 1901)

Sous-famille : Isotominae (Schäffer, 1896)

Sous-famille : Pachyotominae (Potapov, 2001)

Famille : Actaletidae (Börner, 1902)

Famille : Protentomobryidae (Folsom, 1937)

Super-famille : Entomobryoidea (Schäffer, 1896)

Famille : Microfalculidae (Massoud et Betsch, 1966)

Famille : Orchesellidae (Börner, 1906 sensu Zhang et Deharveng, 2015)

Sous-famille : Heteromurinae (Absolon et Kseneman, 1942 sensu Zhang et
Deharveng, 2015)

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

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

Sous-famille : Orchesellinae (Börner, 1906 sensu Zhang et Deharveng, 2015)

Famille : Seiridae (Yosii, 1961 sensu Zhang et Deharveng, 2015)

Famille : Lepidocyrtidae (Wahlgren, 1906 sensu Zhang *et al.*, 2015)

Sous-famille : Lepidocyrtinae (Wahlgren, 1906)

Sous-famille : Cyphoderinae (Börner, 1906 sensu Janssens, 2018)

Famille : Praentomobryidae (Christiansen et Nascimbene, 2006)

Famille : Entomobryidae (Schäffer, 1896)

Sous-famille : Entomobryinae (Schäffer 1896, sensu Zhang et Deharveng, 2015)

Sous-famille : Paronellinae (Börner, 1913)

Sous-famille : Willowsiinae (Yoshii et Suhardjono, 1989)

Famille : Oncobryidae (Christiansen et Pike, 2002)

Super-famille : Coenaletoidae (Soto-Adames *et al.*, 2008)

Famille : Coenaletidae (Bellinger, 1985)

III-Ordre : Symphypleona (Börner, 1901 sensu Massoud, 1971)

Super-famille : Sminthuridoidea (Fiellberg, 1989)

Famille : Mackenziellidae (Yosii, 1961)

Famille : Sminthurididae (Börner, 1906 sensu BetschetMassoud, 1970)

Super-famille : Katiannoidea (Bretfel, 1994)

Famille : Katiannidae (Börner, 1913 sensu Bretfeld, 1999)

Famille : Spinothecidae (Delamare Deboutteville, 1961 sensu Bretfeld, 1994)

Famille : Arrhopalitidae (Stach, 1956 sensu Betsch et Massoud, 1970)

Famille: Collophoridae (Bretfeld, 1999)

Super-famille : Sturmioidea (Bretfeld, 1994)

Famille : Sturmiidae (Bretfeld, 1994)

Super-famille : Sminthuroidea (Bretfeld, 1994)

Famille : Sminthuridae (Lubbock, 1862 sensu Deharveng, 2004)

Sous-famille : Sminthurinae (Lubbock, 1862 sensu Deharveng, 2004)

Sous-famille : Songhaicinae (Sánchez-García et Engel, 2016)

Sous-famille : Sphyrothecinae (Betsch, 1980)

Famille : Bourletiellidae (Börner, 1912 sensu Bretfeld, 1994)

Super-famille : Dicyrtomoidea (Bretfeld, 1994)

Famille : Dicyrtomidae (Börner, 1906 sensu Deharveng, 2004)

Sous-famille : Dicyrtominae (Richards, 1968 sensu Bretfeld, 1999)

Sous-famille : Ptenothricinae (Richards, 1968 sensu Bretfeld, 1999)

IV-Ordre : Neelipleona (Massoud, 1971)

Famille : Neelidae (Folsom, 1896)

8. La phylogénie des collemboles

Les relations phylogénétiques de quatre groupes major d'Arthropoda (Chelicerata, Myriapoda, Crustacea, Hexapoda) ont toujours été un sujet de controverse (Stemme, 2016). En utilisant différents types des données morphologiques et anatomiques qui se basent sur le système nerveux et les neurotransmetteurs, Les rémipèdes (crustacés) sont supposés être parmi les plus proches parents de tous les hexapodes (Regier *et al.*, 2010; Von Reumont *et al.*, 2012; Edgecombe et Legg, 2014).

A l'intérieur de groupe hexapodes, Gullan et Cranston (1994) considèrent les collemboles comme le groupe sœur des Insecta et Diploura et les regroupent avec les Protoura.

Bien que traditionnellement les collemboles inclus dans Entognatha (caractérisés par la position de leurs pièces buccales, situées dans une cavité à l'intérieur de la tête, qui comprennent les collemboles, les diploures et les protoures) (Thibaud et D'Haese, 2010).

Des études phylogénétiques moléculaires ont fourni des points de vue différents sur les relations internes d'Entognatha. Les gènes nucléaires (principalement des gènes

d'ADNr) rejoignent habituellement Diplura et Protura dans Nonoculata et placent Collembola comme la classe de base d'Entognatha (Kier, 2004; Kier *et al.*, 2006). D'autre part, des études antérieures basées sur le génome mitochondrial placent systématiquement la classe Collembola en dehors du clade reliant l'Insecta à certaines lignées de crustacés (Nardi *et al.*, 2003; Carapelli *et al.*, 2007).

Sasaki *et al.*, 2013 ont montré que Protura est la lignée sœur de tous les autres Hexapodes et que Diplura + Collembola est étroitement apparenté à Ectognatha (les ectognathes sont caractérisés par des pièces buccales extérieures à la tête, qui comprennent les insectes et les thysanoures, c'est-à-dire les archaeognathes (machilis) et les zygentomes (lépismes).

En 2016, Derst et ses collaborateurs ont considéré la classe Collembola l'un des lignées monophylétique des hexapodes existants avec Protura, Diplura, Zygontoma et Insecta. Et ont conclu que phylogénétiquement, Protura, Collembola, Diplura et Archaeognatha sont actuellement placés entre Remipedia et Pterygota (insectes ailés); Zygontoma est le groupe sœur de Pterygota (Fig. 29).

Les relations phylogénétiques entre les ordres de Collembola sont très discutées et de nombreuses hypothèses ont été proposées jusqu'à présent. Poduromorpha et Neelipleona sont monophylétiques (Gao *et al.*, 2008; Xiong *et al.*, 2008; Schneider *et al.*, 2011). Yu *et al.* (2016) et Leo *et al.* (2019) ont confirmé que Neelipleona et Poduromorpha étroitement liés.

Xiong *et al.* (2008) ont considéré les Entomobryomorpha comme paraphylétique et D'Haese (2002) a proposé Tomoceromorpha (= Tomoceroidea) comme nouveau groupe basique des collemboles.

Entomobryomorpha et Symphypleona apparaissent comme des taxons monophylétiques ou polyphylétiques dans différentes approches (Schneider et D'Haese, 2013). Zhang et Deharveng (2015) et Leo *et al.* (2019a, b) ont confirmé que Entomobryomorpha forme un cluster phylogénétique avec Symphypleona.

Schneider *et al.* (2011) et Leo *et al.* (2019a) ont confirmé la monophylie de Neelipleona et que ces derniers n'est pas étroitement liée à Symphypleona. Aussi Bellinger

et al. (2022) n'ont considéré que Neelipleona comme le groupe apomorphe basal de Neocollembola (Collembola avec protergite réduit) et le groupe sœur de Neopleona.

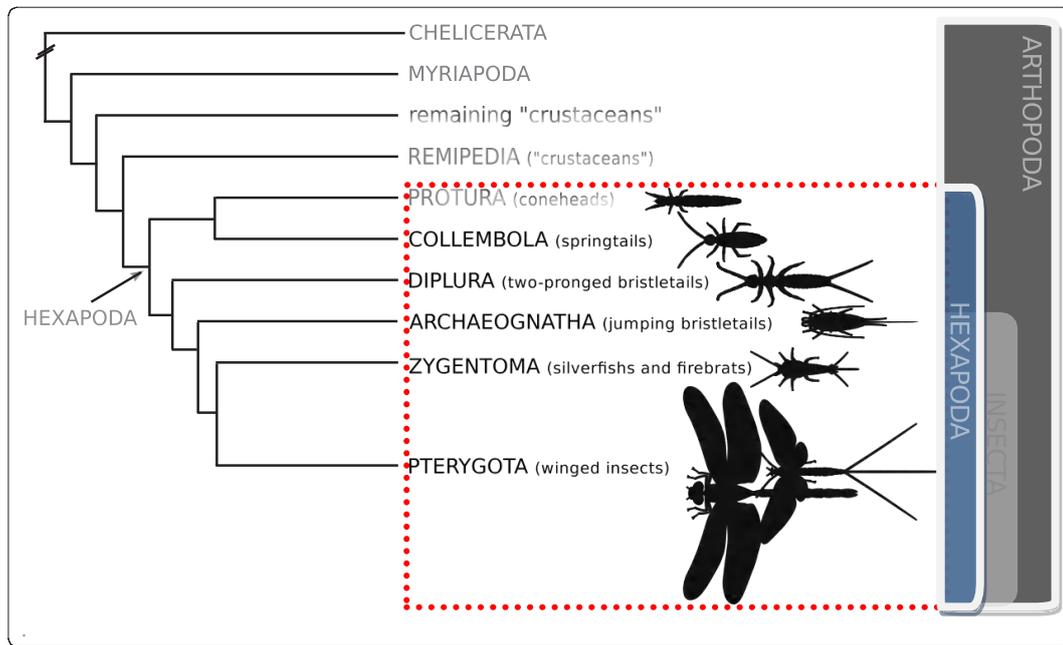


Figure 29. Les relations phylogénétiques entre les hexapodes et les taxons des sous-groupes d'arthropodes (Derst *et al.*, 2016)

9. Les collemboles dans le monde

Les statistiques taxonomiques utilisées dans cette thèse proviennent de Bellinger *et al.* (2019) et Lukic (2019). D'après ces mêmes auteurs, la classe Collembola actuellement inclut 35 familles, 710 genres et 9107 espèces.

Ordre Poduomorpha :

Il englobe 11 familles, 341 genres et 3154 espèces, est le deuxième plus grand nombre d'espèces.

- La famille **Neanuridae**, première plus grande famille des collemboles environ 174 genres et 1541 espèces dont 104 genres et 808 espèces de la sous famille Neanurinae.
- La famille **Hypogastruridae** (environ 44 genres, 719 espèces avec 52 troglobiontes) et la famille **Onuchiuridae** (53 genres et 696 espèces), sont assez diversifiées.

- Les familles **Tullbergiidae** (34 genres et 232 espèces), **Brachystomellidae** (18 genres et 137 espèces), **Odontellidae** (13 genres et 136 espèces) sont modérément diversifiées.
- Les familles qui comptent peu d'espèces sont, les **Isotogastruridae** (10) trouvées dans les régions tropicales et subtropicales, **Pachytullbergiidae** (06) et **Paleotullbergiidae** qui est une famille monotypique d'Afrique.
- **Poduridae** a deux espèces reconnues, dont *Podura aquatica*, avec une répartition holarctique,
- *Gulgastrurareticulosa* de la famille monospécifique des **Gulgastruridae**, connue des entrées de deux grottes en Corée du Sud.

Ordre Entomobryomorpha :

C'est le groupe le plus diversifié, contient 13 familles et 4329 espèces repartis majoritairement en ;

- Les **Isotomidae**, deuxième plus grande famille de collemboles (environ 1380 espèces), dont ces espèces abondent dans le monde entier.
- Les **Entomobryidae** constituent la troisième plus grande famille de collemboles (54 genres et 1043 espèces) (et le plus riche en troglobionts (210 espèces)).
- **Lepidocyrtidae** (41 genres et 974 espèces), **Orchesellidae** (20 genres et 267 espèces) et **Seiridae** (05 genres et 234 espèces), ce sont des familles largement distribuées et trouvées dans presque tous les environnements terrestres et d'eau douce.
- **Tomoceridae** (environ 200 espèces) est intéressant car la plupart des espèces non souterraines ont des antennes impressionnantes.
- La famille **Oncopoduridae**, qui compte peu d'espèces et de tailles, ne comprend que trois genres et 55 espèces, et la **Coenaletidae**, est une famille de collemboles marins avec quelques espèces enregistré au Mexique, en Amérique centrale et dans les Îles Caraïbes. **Microfalculidae** est une famille monotypique limitée à Madagascar.

Ordre Symphypleona :

Ces collemboles ont des antennes plus longues que la tête et un corps globulaire, formé par la fusion de la plupart des segments thoraciques et abdominaux, souvent très

colorés et attrayantes. Ils sont largement distribués et assez diversifié avec environ 1 263 espèces dont 126 genres, 10 familles.

- La biodiversité de cet ordre se trouve dans les familles de **Bourletiellidae** (40 genres et 242 espèces), **Katiannidae** (21 genres et 218 espèces) et **Dicyrtomidae** (08 genres et 207 espèces).
- Trois familles possèdent des espèces troglobiotiques : **Arrhopalitidae** (152 espèces, 62 troglobiontes), **Sminthuridae** (environ 266 espèces, 9 troglobiontes) et **Spinothecidae** (8 espèces et 1 troglobionte).

Ordre Neelipleona :

Le plus petit ordre de collemboles, comprend une seule famille **Neelidae**, composée de six genres et qui habitent généralement le sol, Ils incluent certains des plus petits collemboles de moins de 0,5 mm de longueur, caractérisés par un corps globulaire, aveugles et leurs antennes plus courtes que la tête.

- Le genre *Mégalothorax* présente 34 espèces, *Neelus* avec 13 espèces connues, et 07 espèces de *Neelides*.
- Toutes les 59 espèces de cet ordre sont répartir dans le monde entier.

Il existe 745 espèces de collemboles cités en France métropolitaine (Thibaud, 2017). Selon le même auteur (2013), 210 espèces décrites en Maroc, 15 en Tunisie, 17 en Lybie et 190 espèces en Algérie.

10. Les collemboles d'Algérie

Les premières citations sur les collemboles d'Algérie sont celles de Lucas (1846 et 1849) avec description 7 espèces. De 1913 à 1948, les précurseurs furent, encore, Absolon (1913), Denis (1924, 1925a, b), Handschin (1926, 1928), Denis (1935, 1937) et Delamare -Deboutteville (1948). Ces 05 auteurs publièrent ainsi 11 travaux en un siècle et un total de 67 espèces dont 17 nouvelles pour la science.

En début de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle, Delamare-Deboutteville (1953) a cité 12 espèces dont 2 nouvelles espèces: *Archisotoma interstitialis* et *Sphyrotheca bernardi*. Cinq ans après Murphy (1958) a décrit une autre nouvelle espèce : *Isotoma vaillanti*. Cassagnau (1963), dans son travail sur le Nord-Constantinois, cite 30 espèces dont deux nouvelles pour la science : *Onychiurus obsiones* et *Proctostephanus sanctiaugustini*. Stomp a repris le flambeau en 1974 et qui a cité 5 espèces, Stomp et

Thibaud (1974) ont décrit une autre nouvelle espèce *Typhlogastrura delhezi*, La même année Stomp a découvert 06 espèces cavernicoles dans la région de Djurjura. Jacquemart (1974) a cité 4 nouvelles espèces appartenant au même genre *Seira*, Thibaud et Massoud (1980) ont référencié 105 espèces. Stomp (1983) a publié 12 espèces dont 3 nouvelles pour la science : *Protaphorura delhezi*, *Orchesella delhezi* et *Isotomurus nicolae*. A la fin du dernier millénaire, Bretfeld (1997) a décrit une nouvelle espèce: *Sphaeridia foliata*. Le même auteur en (2001) a cité 37 espèces de Symphypléones et a décrit 9 nouvelles espèces.

Une nouvelle génération apparut en 2000, Hamra Kroua relève le défi d'être le premier Algérien a étudié la biodiversité. Cette période, fait la plus productive avec près de 9 travaux, Hamra Kroua et Allatou (2003), Deharveng et Hamra Kroua (2004) décrivent une nouvelle espèce *Friesea laouina*. Hamra Kroua (2005) donne une liste de 113 espèces dont 56 sont nouvelles pour l'Algérie. Deharveng, Hamra Kroua et Bedos (2007) ont décrit *Edoughnura rara*. Ait Mouloud, Lek-Ang et Deharveng (2007) s'intéressent particulièrement aux collemboles des tourbières de Kabylie. Hamra Kroua, Jordana et Deharveng (2009) ont décrit *Friesea major*. Baquero, Hamra Kroua et Jordana (2009) ont cité 25 espèces et ont décrit *Entomobrya numidica*. Jordana, Hamra Kroua et Baquero (2009) ont redécrit *Isotominella geophila* sur du matériel Algérien. Hamra Kroua et Cancela da Fonseca(2009). Hamra Kroua et Deharveng (2010). Arbea, Brahim-Bounab et Hamra Kroua (2013) ont décrit *Superodontella tayaensis*. Brahim-Bounab *et al.*(2014 ; 2017). *Deutonura zana* a été décrite par Deharveng, Zoughailech, Hamra Kroua et Porco en 2015, la même année, *Deutonura adriani*, a été aussi décrite par Deharveng, Ait-Mouloud et Bedos.

Brahim-Bounab (2016) et Zoughailech, Hamra Kroua et Deharveng (2016) ont décrit trois espèces. A Collo Zoughailech (2017). Brahim-Bounab, Bendjaballah et Hamra Kroua (2017) ont dressé une liste de 26 espèces de Poduromorpha.

Bendjaballah *et al.* (2018) ont publié 26 nouvelles espèces pour l'Algérie dans le Massif de Collo. Dans le même massif et d'autres stations de Nord-est Algérie Bendjaballah (2019) et en fin, Brahim-Bounab *et al.* (2020) ont listé 72 espèces dans le massif d'Edough.

Chapitre II :
Présentation des
localités d'étude

et

Méthodologie

Chapitre II : Présentations des localités d'étude et Méthodologie

1. Présentations des localités d'étude

Notre étude a été réalisée dans plusieurs régions du Nord-est Algérien appartenant à des étages bioclimatiques différents. Six Wilaya ont été prospectées entre 2018 et 2020 : Jijel, Skikda, Constantine, Mila, Guelma et Oum El Bouaghi (Fig. 30).

Pour chaque localité de nombreux échantillons ont été prélevés dans différents milieux naturels (sols, litières, mousses, bois mort, sous-bois, sous pierres, sur des flaques d'eau, sur les plantes et à l'intérieur des grottes).

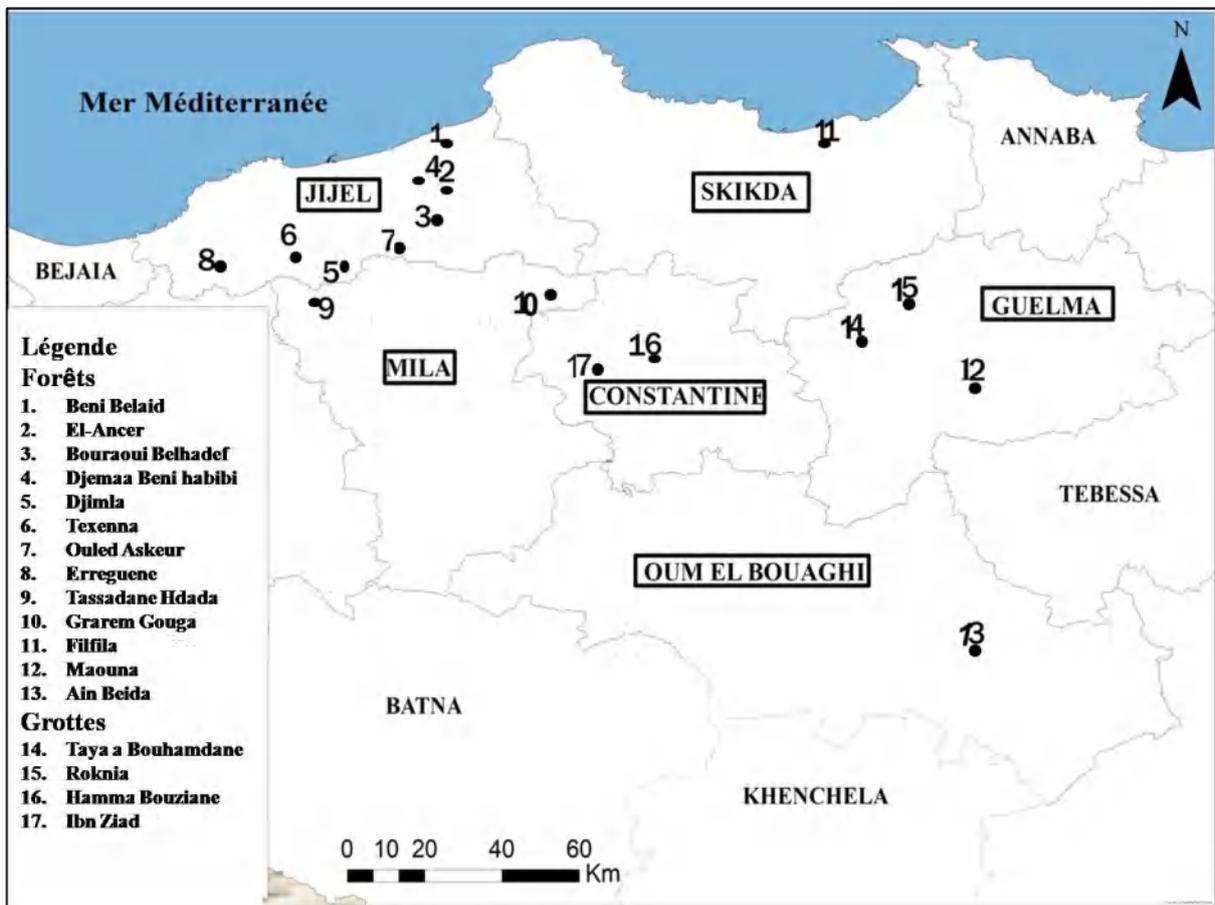


Figure 30. Carte du Nord-est Algérien avec les localités de récoltes.

Les forêts : 1 : Béni-Belaid; 2 : El-Ancer; 3 : Bouraoui Belhadef; 4 : Djemaa Beni Habibi; 5 : Djimla; 6 : Texenna; 7 : Ouled Askeur; 8 : Erreguene; 9 : Tassadane Hddada; 10 : Grarem Gouga; 11 : Filfila ; 12 : Maouna; 13 : Aïn-Beïda

Les grottes : 14 : Taya à Bouhamdane; 15 : Roknia; 16 : Hamma Bouziane; 17 : Ibn-Ziad
(Carte originale)

1.1. Localisation géographique et administrative

1.1.1. Jijel

La wilaya de Jijel est située au Nord-est de l'Algérie (Latitude : 36.8167, Longitude : 5.76667 36° 49' 0" Nord, 5° 46' 0" Est). Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Béjaïa, à l'Est par la wilaya de Skikda, au Sud-ouest la wilaya de Sétif, au Sud par la wilaya de Mila.

1.1.2. Skikda

La wilaya de Skikda se situe dans la partie Nord-est du pays (Latitude : 36.8667, Longitude : 6.98881 36° 52' 0" Nord, 6° 54' 0" Est), elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Jijel, au Sud par les wilayas de Constantine, Mila et de Guelma et à l'Est par la wilaya d'Annaba.

1.1.3. Constantine

La wilaya de Constantine se situe en plein centre de l'Est Algérien (Latitude: 36.2833, Longitude : 6.61667 36° 16' 60" Nord, 6° 37' 0" Est). Elle est limitée au Nord par la wilaya de Skikda, à l'Est par la wilaya de Guelma, au Sud par la wilaya d'Oum El Bouaghi et à l'Ouest par la wilaya de Mila.

1.1.4. Mila

La wilaya de Mila est située dans le Nord-est Algérien à 33 KM de la mer Méditerranée (Latitude : 36.45, Longitude : 6.26667 36° 27' 0" Nord, 6° 16' 0" Est). 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, à 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.

1.1.5. Guelma

La willaya de Guelma se situe au Nord-est de l'Algérie à 537 km de la capitale. (Latitude : 36.4667, Longitude : 7.43333 36° 28' 0" Nord, 7° 25' 60" Est). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. Elle est délimitée par la wilaya de Constantine à l'Ouest, Skikda au Nord-Ouest, au Nord par la wilaya d'Annaba, El Tarf et Souk Ahras au Nord-est et Est et enfin au Sud par la wilaya d'Oum El-Bouaghi.

1.1.6. Oum El-Bouaghi

La Wilaya d'Oum El-Bouaghi se situe au Nord de l'Algérie dans la région des hauts plateaux (Latitude : 35.5448, Longitude : 7.51568 35° 32' 41" Nord, 7° 30' 56" Est). Elle est limitée au Nord par la wilaya de Guelma, au Nord-ouest par la wilaya de Constantine, à l'Ouest par la wilaya de Mila, Au Sud-ouest par la wilaya de Batna, au Sud par la wilaya de Khenchela, au Sud-est et à l'Est par la wilaya de Tébessa et au Nord-est par la wilaya de Souk Ahras.

1.2. Reliefs

La région d'étude est loin de l'espace uniforme cristallin. Vu son hétérogénéité structurale très poussée, il ne correspond pas à une seule entité naturelle. Il s'agit d'un relief diversifié qui se présente sous forme d'un dispositif caractérisé par une alternance de zones élevées (rides) et de zones basses (bassins ou plaines).

1.2.1. Jijel

La wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux très accidenté avec une topographie assez contrastée, ainsi que des plaines basses.

Les plaines occupent la partie septentrionale du pays, le long de la bande littorale de la méditerranée, constituant les petites plaines de Jijel, les plaines d'El-Aouana, le bassin de Jijel, les vallées d'oued El Kebir, Milia et les petites plaines d'Oued Zhor. Les plaines côtières sont entourées au sud par les reliefs de la petite Kabyle.

Les zones montagneuses couvrent environ 82% de l'ensemble de la superficie totale de la wilaya et culminent jusqu'à 1800 m. Elles comprennent deux parties différentes à savoir des montagnes très accentuées avec des altitudes plus élevées (ex : les monts de Tamesguida et Djimla) et des moyennes montagnes qui se caractérisent par une couverture végétale abondante et un réseau hydrographique important (barrages d'Erraguen et Texenna).

1.2.2. Skikda

La Wilaya de Skikda est localisée entre Collo à l'Ouest, la plaine de Guerbés, le cap de Fer et le massif de l'Edough à l'Est, la chaîne numidique, dont le djebel Sidi Driss et le col du Contour au sud et enfin le golfe de Numidie au Nord. Cette région montagneuse (avec des pics dépassant les 1 000 m) fait partie de l'Atlas Tellien.

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

1.2.3. Constantine

La wilaya de Constantine se caractérise par une topographie très accidentée, marquée par une juxtaposition de plateaux, de collines, de dépressions et de ruptures brutales de pentes. On distingue des zones montagneuses au Nord qui sont des prolongements de la chaîne Tellienne qui s'abaisse vers l'Est (le mont de Chettaba, le massif de Djebel El-Ouahch et le mont Sidi Driss qui culmine à 1364 m d'altitude). Des zones des bassins intérieurs en forme de dépression. Elle est limitée au Sud par les hautes plaines avec une altitude variant de 500 à 600 m, cet ensemble composée de basses collines, entre coupée par les vallées du Rhumel, avec des zones des hautes plaines qui situent au Sud-est de la wilaya entre les chaînes intérieures de l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien.

1.2.4. Mila

Le relief de la wilaya de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe, irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense (barrage Beni Haroun, Oued El Kébir et Oued El Rhumel). Cette région est structurée en trois ensembles morphologiques. Au Nord, un ensemble de hautes montagnes, caractérisées par les altitudes très élevées et des pentes excessivement marquées tel que Djebel M'sid Aïcha, Zouagha et El-Halfa, traversé par l'Oued El Kebir. Au centre, un ensemble associant vallées, collines et piémonts, voire même quelques hauts versants. Au Sud, un ensemble de hautes plaines (plaines et collines).

1.2.5. Guelma

La région de Guelma est formée des reliefs montagneux et collinaires constituant l'extrémité orientale de la chaîne des monts de Constantine et des contreforts occidentaux de la chaîne de la Medjerda. Ces deux contreforts sont traversés par des vallées profondes où circulent les eaux. Le relief est composé dans sa majorité de (37,82%) de montagnes, dont les principales sont Maouna qui culmine à 1411 m, Houara qui culmine 1292 m, Taya (Bouhamdane) qui culmine à 1208 m et Debar avec 1060 m. Le reste du relief est composé de plaines et de plateaux (27,22%) de collines et de piémonts (26,29%).

1.2.6. Oum El-Bouaghi

La wilaya d'Oum El Bouaghi est située au contact du Tell et des Aurès. Au Nord de la wilaya, on distingue les versants méridionaux du Tell. Au centre, les hautes plaines, où l'altitude varie de 700 à 900 mètres et parsemées de petits massifs montagneux isolés qui se dressent au-dessus comme le djebel Sidi Rgheiss (1635 m), le djebel Rherour (1273 m), djebel Amama (1337 m), ceux-ci forment la partie Est de l'Aurès. Au Sud, elle est jalonnée par des dépressions endoréiques (Garet) ou Sebkha (lac salé). Les Garets sont moins salées que les Sebkhas. Le point culminant de la wilaya est le Djebel Guerioum (1729 m) près d'Aïn M'lila.

1.3. Cadre géologique générale

La géologie générale du Nord Algérien est marquée du Nord vers le Sud par la chaîne Alpine dite des Maghrébides et la chaîne Atlasique. Notre secteur fait partie de la chaîne des Maghrébides qui forment une chaîne s'étendant de Gibraltar jusqu'à la Sicile (regroupant les segments orogéniques rifains, telliens, Nord-Sicilien et Calabrais (Durand Delga & Fontboté, 1980). Cette chaîne fait partie de l'orogénèse Alpin péri méditerranéen d'âge Tertiaire qui s'étend de l'Ouest à l'Est sur 2000 km depuis l'Espagne du Sud, à l'arc Calabro-sicilien (Bouillin, 1986).

Du point de vue géologique de la région d'étude, on distingue les formations suivantes :

La petite Kabylie est prédominée par des sols tendres (marneux, argileux et schisteux) et des terrains sédimentaires d'âge Mésozoïque, Cénozoïque et Quaternaire, qui couvre les terrains métamorphiques et empilés sur des grandes épaisseurs au cours des ères secondaires et tertiaires, fréquemment soulevés et plissés (Durand Delga & Fontboté, 1980). Les monts de Tamzghida, Tassadane haddada, Djimla, Ouled Askeur et Texenna sont prédominés par des argiles et des grès. Selon Bouillin et sa collègue (1971), ce socle est débuté par un ensemble gneissique intercalé par des marbres et terminé par un complexe de micaschistes largement développé avec des niveaux de marbres et de Calco-schistes.

Le second système montagneux Numidien (monts de Mila, Guelma et de Constantine) constitue un maillon très important du Tell intérieur. Il est charrié sur les nappes Telliennes et sur les flyschs, parfois en rabotage basal, il est localement renversé et surmonté par des

formations carbonatées récentes comme au Djebel Maouna et Djebel Chettabah, dont le substrat géologique date de l'ère secondaire qui constitue par une épaisse formation marneuse.

Les Hautes Plaines, argileuses au Nord et calcaires au Sud, sont caractérisés par des sols essentiellement marneux et dolomitiques (Fig. 31).

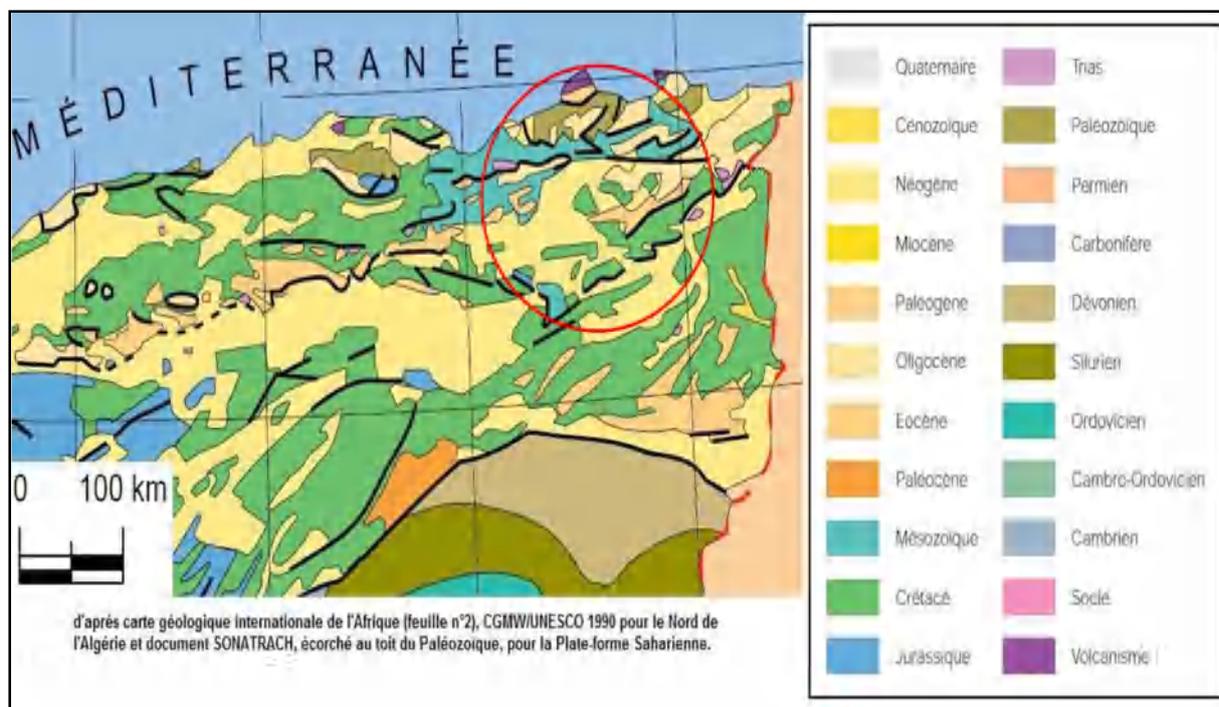


Figure 31. Carte géologique de l'Algérie orientale (Askri *et al.*, 2005, cité par Laala, 2016)

1.4. Contexte climatique

Le climat constitue le facteur le plus important et le plus caractéristique des diverses régions du Nord-est Algérien, on passe du domaine humide, sub-humide et semi-aride, subissant l'influence de la mer au Nord et des reliefs au Sud. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des hautes plaines.

1.4.1. Sources des données climatiques

Les données climatiques (thermiques et précipitations) proviennent uniquement des 05 stations météorologiques de Jijel, Skikda, Constantine, Guelma et Oum El Bouaghi.

Ces données exploitées sur une période de 28 ans (A.N.R.H, 1985-2013), période pratiquement trentenaire, suffisante afin que les moyennes soient statistiquement

significatives. Selon Choisnel (1989), une période de 30 ans permet de filtrer en quelque sorte les fluctuations climatiques.

1.4.2. Correction les données climatiques

Les températures et les précipitations sont en relation étroite avec l'altitude. De façon générale, plus on monte en altitude, plus la température diminue et la précipitation augmente.

Seltzer (1946), dans son étude sur le climat d'Algérie, préconise les gradients suivants 0,7 °C et 0,4 °C de diminution pour tous les 100 m de dénivellation pour les températures des maxima (Max) et les minima (Min) respectivement. Pour tous les 100 m, les précipitations augmentent de 40 mm.

Nous avons calculé les coefficients de correction pour les paramètres thermiques et pluviométriques. Ces coefficients nous permettent d'avoir des données plus précises concernant les points considérés.

A titre d'exemple, à partir des données mensuelles de la station météorologique de Jijel (2 mètres) (Annexe), nous pouvons estimer le régime pluviométrique mensuel et les températures de la station Djimla (1010 mètres).

La différence en altitude moyenne est 1008 (1010-2) m, donc les températures minimales vont diminuer de **4.032**[0,4 x (1008/100)] et les températures maximales vont diminuer de **7.056** [0,7 x (1008/100)].

Pour la précipitation qu'il faut rajouter (40 x1008) /100 soit 403.2 mm de pluie pour obtenir la hauteur des précipitations annuelles de notre station : 956.25+403.2=1359.45 mm/an.

A partir de ce total on procède au calcul d'un coefficient de correction **K** comme suit :
 $K=1359/956.25= 1.42$.

Tableau 1. Moyennes annuelles des données climatiques

Wilaya	Station	ASE m	Tmoy	Tmax	Tmin	K	P	Q2
Skikda	Filfila	197	18.09	28.03	8.15	1.1	818.71	141.38
Jijel	Béni Belaid	25	18.75	30.93	6.6	1.03	965.45	135.9
	El-Ancer	33	18.67	30.88	6.47	1.01	968.65	135.97
	Bourouai Belhadef	500	16.15	27.61	4.7	1.20	1155.45	174.3
	Djema Beni Habibi	430	16.83	28.7	4.97	1.17	1127.01	163.8
	Ouled Askeur	955	13.65	24.42	2.88	1.39	1337.45	216
	Djimla	1010	13.36	24.05	2.67	1.42	1335.29	217.94
	Texenna	595	15.63	26.94	4.32	1.24	1193.45	182.76
Mila	Erraguen	735	15.16	26.56	3.76	1.30	1249.45	190.04
	Tassadane Haddada	960	13.62	24.39	2.86	1.40	1339.45	216.91
Constantine	Grarem Gouga	920	17.14	32.70	1.58	1.16	628.2	69.57
	Ibn Ziad	820	17.69	33.40	1.98	1.09	588.2	64.36
Guelma	Hamma Bouziane	645	18.65	34.63	2.68	1.03	518.2	55.57
	Roknia	240	20.56	36.44	4.68	1.01	538.3	57.68
	Taya Bouhamdane	1026	17.73	33.93	1.53	1.56	845.5	88.65
Oum El Bouaghi	Maouna	960	16.29	31.4	1.18	1.51	819.1	95.54
	Aïn-Beïda	1080	17.04	33.56	0.53	1.20	454.3	47.41

*ASE(m) : Altitude de station

*Tmoy : Température moyenne ; Tmax ; maximale ; Tmin : minimale

*K : Coefficient de correction

*P : Précipitation

*Q2 : Quotient pluviométrique

1.4.3. Températures

Les températures connaissent des importantes fluctuations tout au long de l'année en fonction de la latitude, de l'altitude et de l'exposition. Elles sont souvent élevées avec une très forte amplitude qui augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral.

Dans les régions littorales, les saisons humides et fraîches alternent avec des saisons plus sèches et chaudes : les températures des maxima du mois le plus chaud varient de 24 °C à 28°C à Filfila, Bourouai Belhadef, Djimla, Texenna et Erraguen. Les mêmes stations enregistrent des températures minimales de : 8.15°C; 4.7 °C; 2.67°C; 4.32 °C; 3.76°C respectivement.

Dès que l'on pénètre vers l'intérieur, les températures deviennent plus vigoureuses et la température moyenne augmente liée à la chaleur d'été, 31.4°C à Maouna, 32.70°C à

Grarem Gouga et 33.40°C à Ibn Ziad. La moyenne annuelle des températures minimales dans ces stations varie de 1.18 à 4.68. Dans la région d'Aïn-Beïda, le mois d'Aout (33.56°C) qui est le plus chaud et Janvier enregistre les températures les plus basses avec une moyenne 0.53°C (Fig.32).

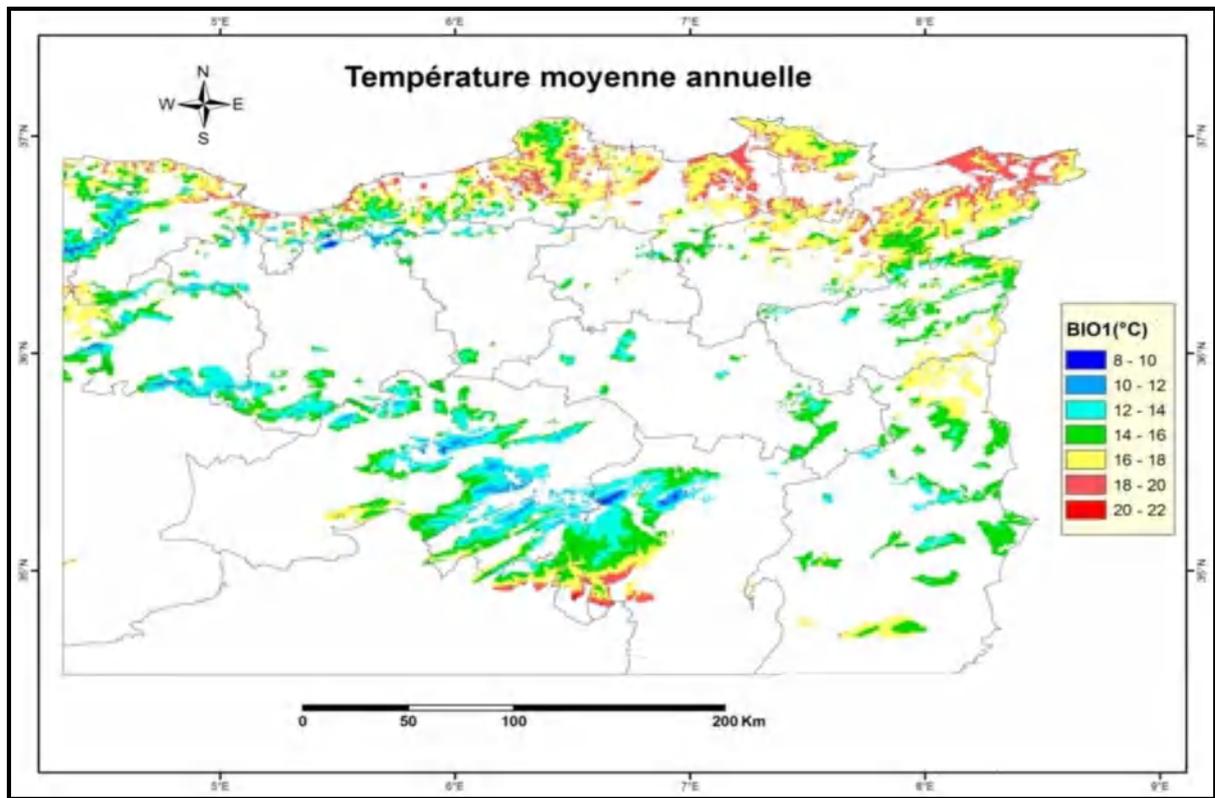


Figure 32.Température moyenne annuelle au niveau des forêts de l'Est Algérien pour la période (1982-2011) (Laala, 2016)

1.4.4. Précipitations

Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et annuelle. Elles sont commandées par plusieurs facteurs : la position en latitude et la proximité de la mer ou de la montagne. Pratiquement faible en été, elles ont leur maximum en hiver.

La figure ci-dessous permet de faire ressortir des zones de fortes précipitations (supérieures à 900 mm) de la wilaya de Jijel et Skikda comme Béni Blaid, El Ancer et Filfila.

Les pluies sont très abondantes sur le Sud de Jijel et le Nord de Mila (Djimla, Ouled Asker, Erraguen et Tassadane Haddada), elles dépassent 1200 mm.

La pluviométrie décroît vers les monts de Constantine et Guelma, les pluies varient entre 500 mm à 800 mm.

Elle décline très rapidement dès qu'on s'enfonce vers le Sud de la région d'étude à savoir Aïn-Beïda, qui a une moyenne de précipitation de 454.3 mm (Fig. 33).

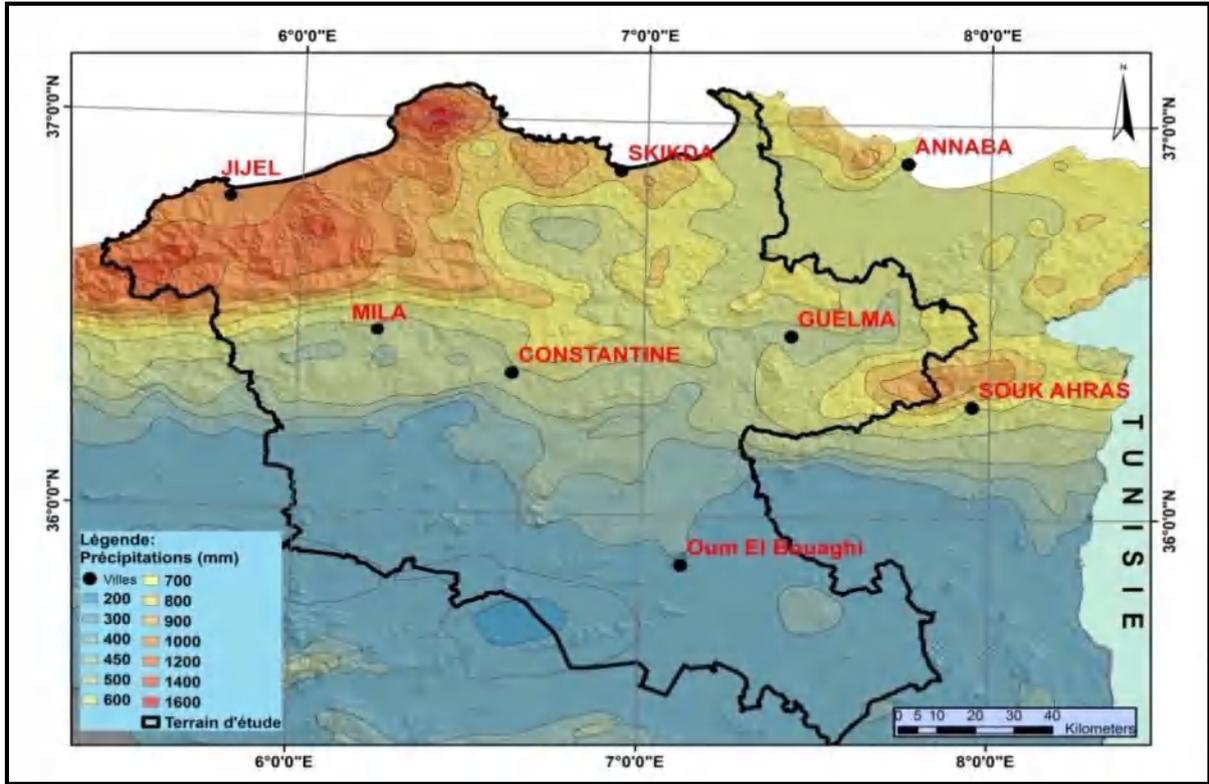


Figure 33. La carte pluviométrique de la région d'étude (ANRH, 1996, modifiée)

1.4.5. Synthèse climatique

La combinaison des données climatiques fondamentales (température et précipitations) permet de définir les étages bioclimatiques de différentes localités.

Emberger (1955) a proposé un indice (**Q2**), qui détermine le quotient pluviométrique (un rapport entre les précipitations annuelles et la température annuelle moyenne), Il s'exprime de manière suivante :

$$Q2 = 1000 P / [(M+m) / 2] [M-m]$$

Q2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

P : Pluviométrie annuelle (mm).

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (° K).
m : Moyenne des minima du mois le plus froid (° K).
 M et m sont exprimées en degré Kelvin ($0^{\circ}\text{C}=273,2^{\circ}\text{K}$)

Sur la base de cet indice et la moyenne des minima de températures du mois le plus froid (Min), les étages du bioclimat ont été définis pour les localités d'étude (Fig. 34).

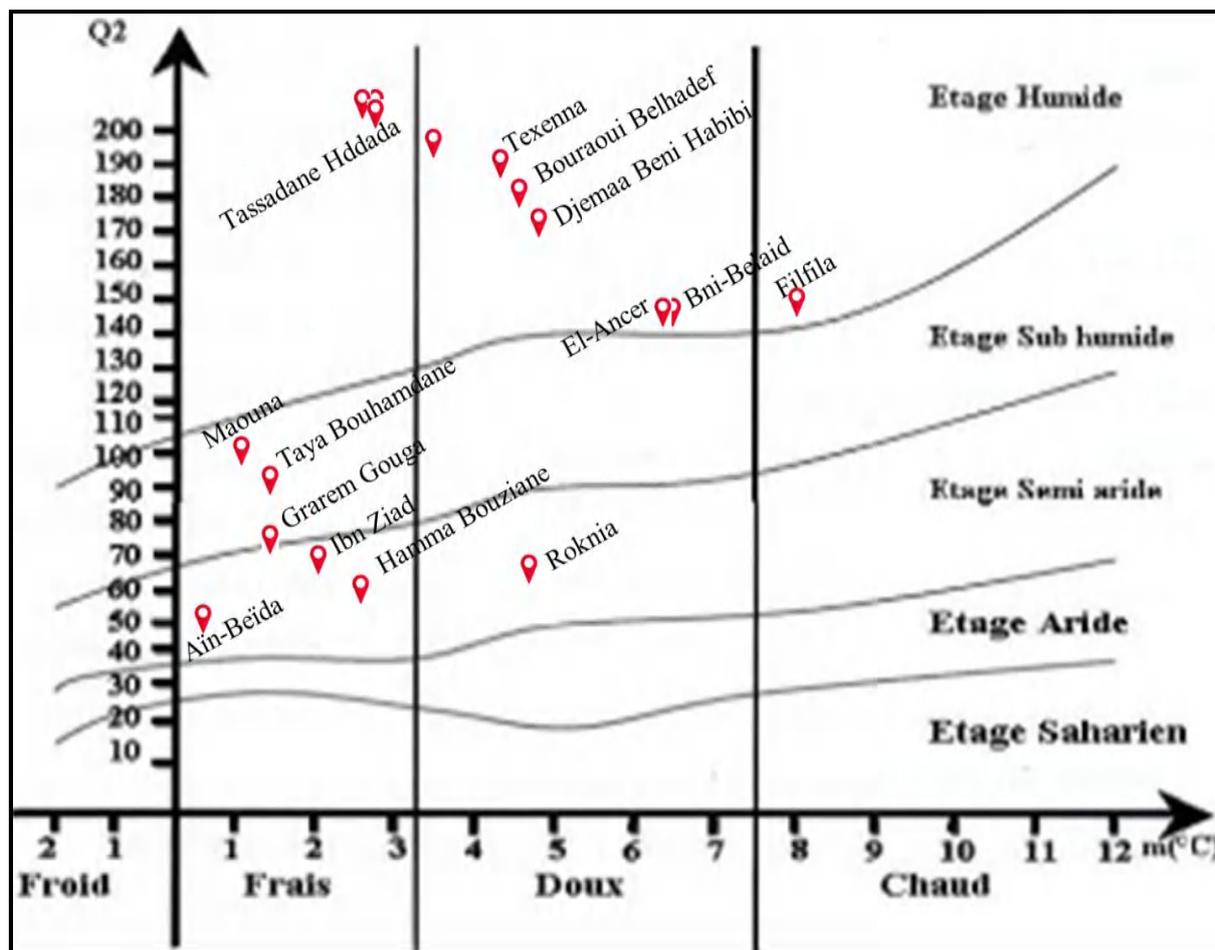


Figure 34. Climagramme d'EMBERGER des stations d'étude

1.5. La végétation

En allant du Nord vers le Sud on traverse différents paysages, on passe par des maquis, des matorrals et des forêts. Ce dernier couvre près de 18.56% de la surface totale de l'Est Algérien, elles sont caractérisées par une végétation de type méditerranéen réparties entre les feuillus et les conifères (Fig. 35 et 36).

L'essence prédominante est le chêne liège qui occupe une superficie de 35.89% de la surface totale des forêts de l'Algérie orientale. Il se localise principalement dans les zones

humides et sub-humides ou l'altitude moyenne est de 374 ± 250 m. Le chêne vert présent dans l'altitude moyenne de 1272 ± 264 m. Le chêne zen se localise dans des régions humides, l'altitude moyenne occupée par cette essence au niveau du Nord-est Algérien dépasse 900 m.

Pour les résineux, le pin d'Alep qui est considéré comme une essence thermophile se cantonne principalement dans les zones semi-arides et arides. Il préfère une tranche altitudinale variant de 1020 ± 286 m.

La répartition naturelle des essences et des formations forestières est liées aux caractères climatiques et pédologiques.

Les stations humides de Jijel ont permis le développement de forêts très denses, sur une superficie de 115000 ha. La végétation de cette région est composée essentiellement par le chêne liège (forêts de Béni-Belaid, El-Ancer, Texenna et Erraguen), chêne zen (se trouve à Djimla et Ouled Askeur), chêne afarès, des reboisements de pin maritime et accessoirement de cèdre. Elle contient des sous-bois denses, composés de lentisques, de myrtes, de cistes et de diverses plantes médicinales et aromatiques.

Le massif d'El-Alia (Filfila) est constitué de chêne liège (*Quercus suber*) qui est l'essence dominante associé au chêne zen. On se rencontre des essences secondaires de peuplier, myrte et d'eucalyptus, qui forment de petites forêts galeries le long des oueds.

Les forêts de Mila est dotée d'une superficie d'environ 33.670 ha qui se répartit en forêts naturelles représentant 6.762 ha. L'espèce dominante dans les forêts de Grarem Gouga et Tassadane Haddada est le chêne liège avec des reboisements de cyprès avec, chêne vert et genévrier.

La couverture forestière de Guelma comprend une superficie de 105.395 ha, Les grands espaces de terrains sont à vocation forestière dans la partie Sud-est, à savoir la forêt de Maouna s'étalant sur 1.035 ha. Les principales essences sont le chêne liège avec l'eucalyptus, le pin d'Alep, le cyprès, le pistachier et l'arbousier.

Les aspects fondamentaux de la végétation d'Oum El-Bouaghi sont dominés par le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) très étendues surtout au Sud et par le maquis de chêne vert (*Quercus ilex*) pour la région d'Aïn-Beïda.

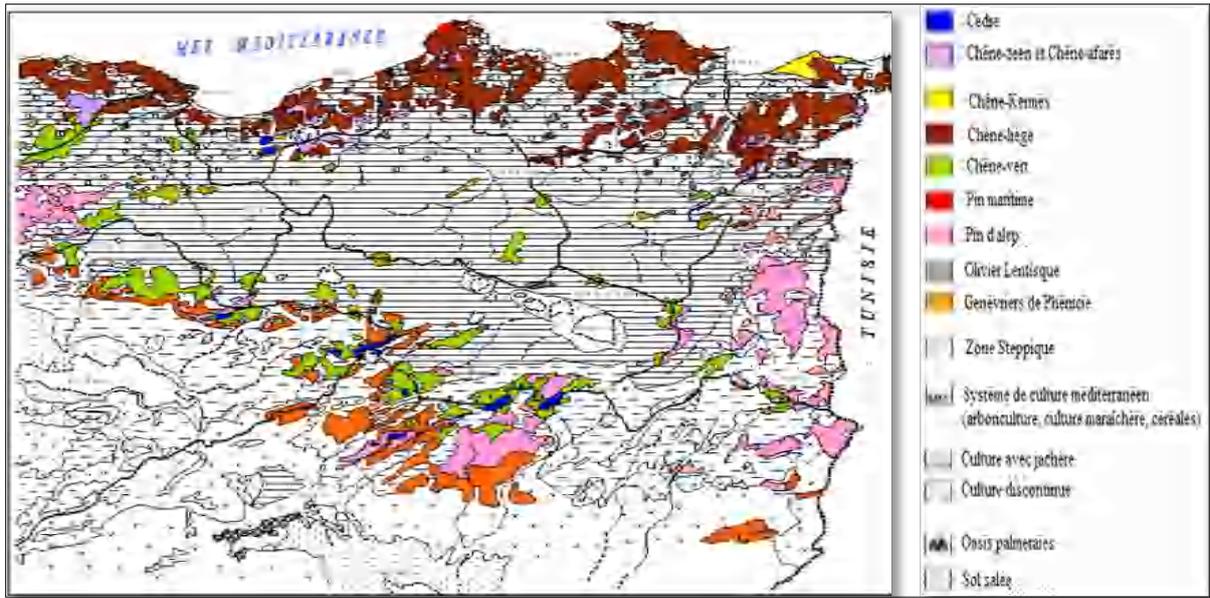


Figure 35. Couverture végétale de l'Est Algérien (d'après carte internationale du tapis végétal au 1/1000 000 feuilles Tunis-Sfax et Alger, complétées) (Mebarki, 2005)

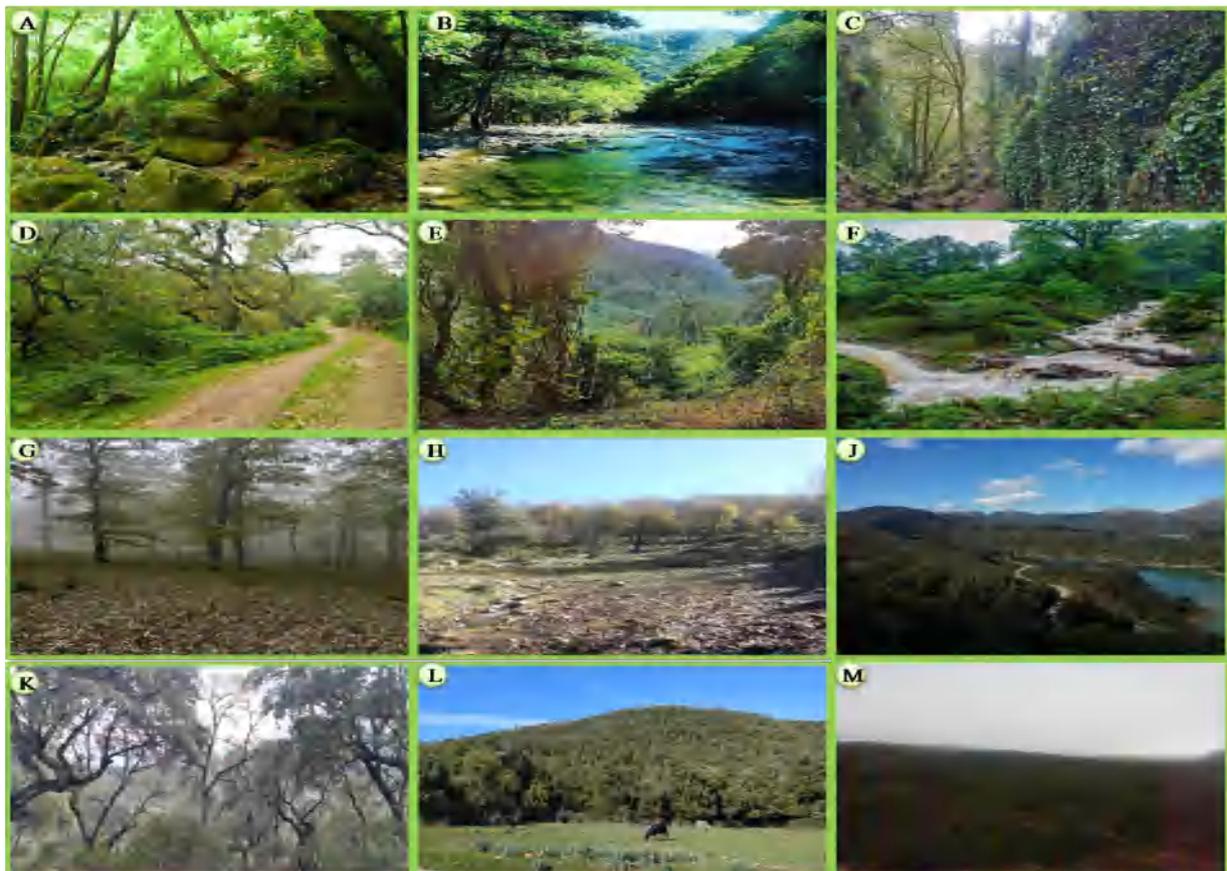


Figure 36. Les forêts des stations d'étude. **A** : Béni Belaid, **B** : El-Ancer, **C** : Djemaa Beni Habibi, **D** : Texenna, **E** : Bouraoui Belhadeb, **F** : Tassadane Haddada, **G** : Djimla, **H** : Ouled Askeur, **J** : Erraguen, **K** : Filfila, **L** : Grarem Gouga, **M** : Maouna (Photos originales)

1.6. Le Milieu cavernicole

1.6.1. Grotte de Ghar Djemaa

Située sur le versant Nord du djebel Taya, commune de Bouhamdan (40 kilomètres à l'Ouest de la ville de Guelma avec altitude de 1000 m).

Cette grotte, dont les dimensions sont considérables, On entre dans la grotte par un couloir à section circulaire qui est dû uniquement à l'action d'eau courante. On descend ensuite dans une vaste caverne, encombrée d'éboulis et dépourvue de stalactites. On entre dans la salle la Djemaa, le sol est moins déclive et qui présente de nombreuses et belles concrétions, beaucoup d'argile et des infiltrations avec quelques flaques d'eau dans les bas-fonds argileux. Du côté sud, des points d'absorption comblés par des roches indiquent que c'est par là que s'échappent les eaux qui s'infiltrent dans la grotte et du côté nord, on pénètre par un couloir très bas dans petite salle remplie de concrétions et qui n'a pas d'autre issue. La température de l'air dans le fond de la grotte était de 13° C.

1.6.2. Grotte de Roknia

Située à 30 minutes de village de la commune de Roknia (30 km au Nord de Guelma) vers l'Oued de Roknia.

L'entrée est un petit orifice arrondi avec une pente descendante, fort raide, conduit dans un couloir à double sortie. A droite, d'un semblable couloir de 30 m seulement, mais se termine par un boyau. A gauche, se trouve un orifice qui est ogival et très imposante, elle permet l'accès à un couloir très étroit, juste suffisant pour permettre le passage d'un homme difficilement, au fond duquel est une cheminée de faible hauteur avec de rochers qui bloque le passage, on a pu marcher environ 70 m.

Les parois de la grotte sont presque dépourvues de concrétions. La grotte est très sèche et chaude. Le sol est couvert d'une épaisse poussière. La faune est très pauvre et on n'a pas trouvé de vrais Troglobies.

1.6.3. Grotte d'Ibn Ziad (Ghar Edbaa)

Située environ 2 km de la commune d'Ibn Ziad (Nord-ouest wilaya de Constantine), il faut prendre 15 minutes pour arriver à la falaise qui contient la grotte.

L'entrée de la grotte est double, l'orifice inférieur vaste et facile à pénétrer. On parcourt un couloir, sur une longueur de 30 m environ pour arriver à une petite salle à une hauteur de 2 m, très faiblement éclairée par la lumière du jour. Ensuite on descend par un orifice qui permet l'accès d'un couloir onduleux de forte pente à parois sculptées par l'eau courante, qui nous ramène à une grande salle d'une forme irrégulière.

Au fond de la grotte, le sol est argileux, ou il y a quelques flaques d'eau. La grotte est très humide, mais les concrétions manquent.

1.6.4. Grotte de Hamma Bouziane

La grotte se trouve dans l'ancienne carrière de la commune de Hamma Bouziane (Nord de wilaya de Constantine).

L'entrée de la grotte est vaste, horizontale qui mène directement dans une grande chambre à des dimensions irrégulières. On entre par un orifice de petit diamètre située à droite, puis on rampe par un couloir qui amène à une petite salle circulaire. Ensuite on monte par un passage très étroit qui se termine par passerelle de forte pente ascendante. Certains endroits, la hauteur n'atteint pas 1 m.

Le développement total de la galerie que nous avons explorée peut s'évaluer à 60 m. Les concrétions sont présentes dans cette caverne, l'humidité n'est forte que dans le fond mais il n'existe pas de flaques d'eau. Le guano de chauves-souris est peu abondant (Fig. 37).

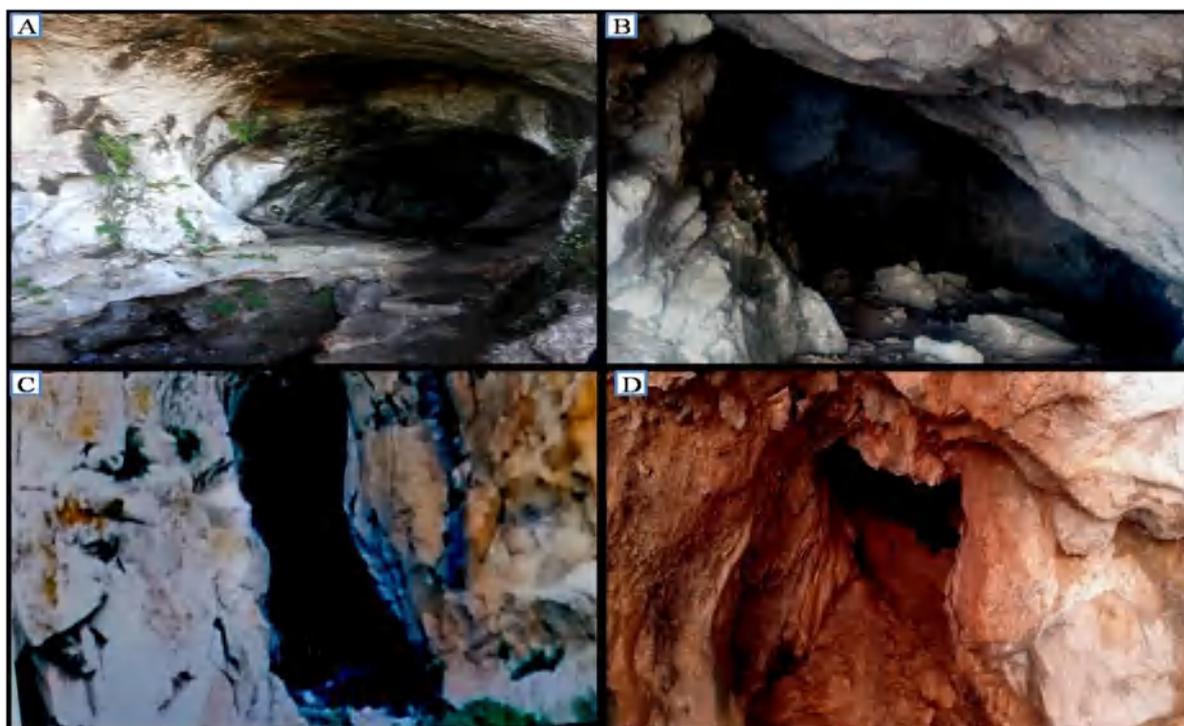


Figure 37. Les grottes prospectées. **A :** Ghar Djemaa ; **B :** Grotte de Roknia ; **C :** Ghar Edbaa ; **D :** Grotte de Hamma Bouziane (Photos originales)

2. Matériels et méthodes d'étude

Une étude faunistique du sol et ses annexes, nécessite de prélever de nombreux échantillons avec des méthodes de récoltes bien déterminées et de ramener ces échantillons au laboratoire en vue d'une extraction massive des micro-arthropodes par des techniques appropriées.

Le nombre et le volume d'échantillons prélevés est fonction de l'abondance du peuplement, de la dominance, la rareté des espèces, de la dimension et du type de distribution spatiale des individus (Cancela da Fonseca & Vannier, 1969) cité par Hamra Kroua (2005).

2.1. L'échantillonnage des habitats forestier

Nous nous sommes basés sur des techniques classiquement utilisées pour la récolte de la faune édaphique et connues pour leur efficacité.

L'échantillonnage se fait pendant la période humide entre le mois d'Octobre et Mai durant trois ans (2018 – 2020). Il était aléatoire et constitué des relevés sur plusieurs points différents de litière (chêne zen, chêne vert, chêne liège, lentisque et myrte), de mousse (sur sol, sur roches et sur arbres), milieu humide, de bois mort et de sol.

L'échantillon est un volume de sol de 200 cm³, soit l'équivalent d'une surface de 20 cm² environ, les échantillons prélevés sont mis dans des sachets en plastiques bien fermés pour éviter l'évaporation (Fig. 38).

2.1.1. Chasse à vue

La chasse à vue s'effectue dans différents milieux et biotopes, elle consiste à récolter des spécimens sur les plantes et les champignons, sur sol, sous les pierres, sous du bois et sur des flaques d'eau, à l'aide d'un aspirateur à bouche, une brosse et un pinceau.



Figure 38. Les différents milieux échantillonnés dans les localités d'étude. **A** : Litière; **B**: Bois mort; **C** : Mousse; **D** : Sol; **E**: Sur les plantes; **F** :Milieu humide; **G** : Sous pierres; **H** : Sur une flaque d'eau; **I** : Sur champignon (Photos originales)

2.2. L'échantillonnage à l'intérieur des grottes

La faune des collemboles cavernicoles se caractérise par une rareté des espèces et un faible nombre de population, la récolte des spécimens nécessite une grande exploration et de suivre des protocoles de piégeage.

Une fois à l'intérieur d'une grotte, on effectue un recensement visuel des organismes sur les murs, le sol, le plafond, sous pierres et près de l'eau. On applique plusieurs techniques pour capturer les collemboles troglobies comme : La chasse à vue (recherche visuelle) à l'aide d'un aspirateur à bouche et de petites brosses dans différents milieux cavernicoles, sur les flaques d'eau et près des infiltrations. L'extraction du substrat telle que le sol, le guano et argiles et enfin mettre des pièges :

- Une trappe : On utilise des pots en plastique contenant de l'alcool (éthanol 70°) ou bien de l'eau placés à ras du sol, sous les rochers et sous les sédiments.
- Un attractants : On utilise du fromage, du beurre, de morceaux de banane ou de tomate, des biscuits et d'arachide. Le déploiement des appâts est directement sur les sols, les murs et les plafonds des grottes, ainsi que dans les fissures et entres les rochers.
- On utilise aussi des sachets et des cartons imbibés par l'eau pour créer des micro-habitats humide à l'intérieur des grottes (Fig. 39). Après 04 à 07 jours, on vérifie les pièges.

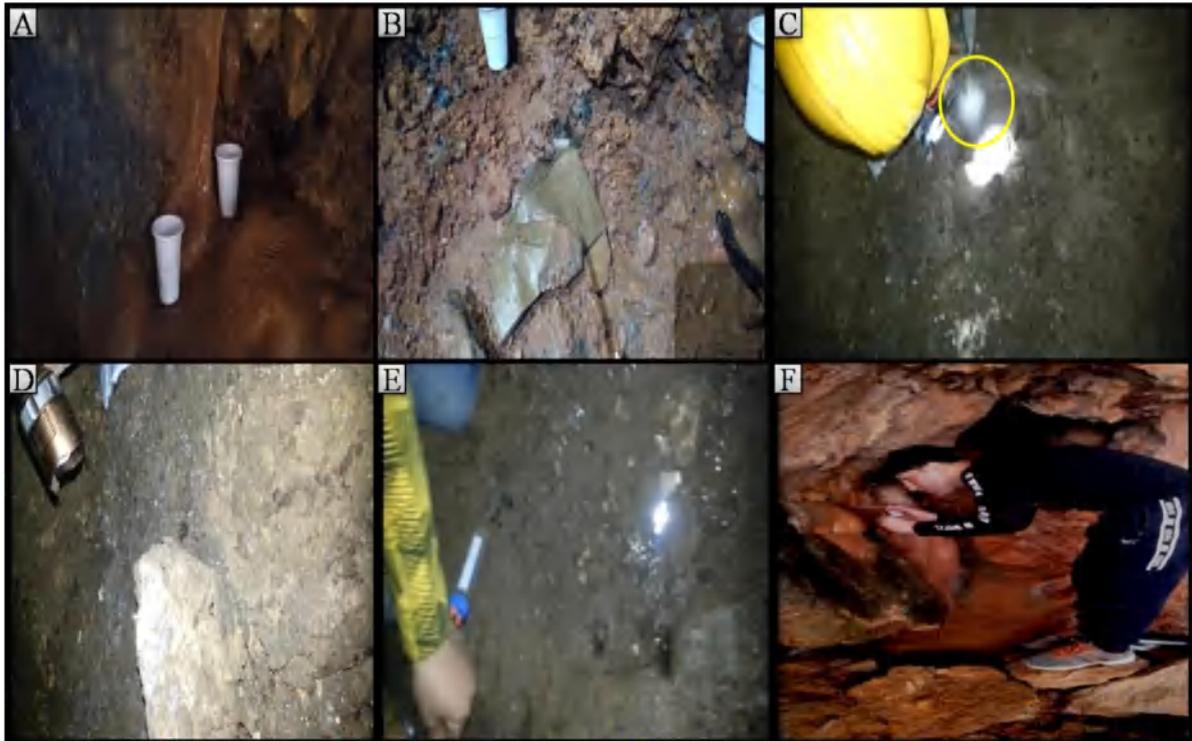


Figure 39. Les techniques d'échantillonnage à l'intérieur des grottes. **A** : Piège par des pots; **B** : Piège par des cartons; **C** : Piège des bananes; **D** : Sous les pierres; **E** : Chasse près d'eau; **F** : Chasse sur les parois (Photos originales)

2.3. Extraction des collemboles

Les échantillons récoltés sont analysés au niveau du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes à l'université Frères Mentouri - Constantine 1.

L'extraction des collemboles consiste à séparer ces derniers de leur substrat. Il existe plusieurs méthodes pour les extraire, dont trois sont utilisées :

Extraction par voie sèche, extraction par lavage et extraction par film graisseux d'Aucamp, (Cancela da Fonseca & Vannier, 1969) cité par Hamra Kroua (2005).

La méthode la plus utilisée est celle connue sous le nom de : "**Extraction par voie sèche**", appelée aussi méthode de **Berlese-Tullgren**. C'est une méthode sélective ou dynamique, par laquelle les micro-arthropodes (acariens, collemboles et autres arthropodes) sont récoltés sans l'intervention d'un opérateur.

2.3.1. Principe de Berlese-Tullgren

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

2.3.2. La technique et le matériel de Berlese-Tullgren

- Sur un entonnoir en plastique d'environ 25 cm d'ouverture, on place une cuvette en toile métallique à maille de 1 à 4 mm, sur laquelle on dispose l'échantillon de sol, de bois mort, de mousse, de milieu humide et de litière. Un tube de récolte renferme de l'alcool éthylique à 70° ferme la base de l'entonnoir.
- L'échantillon est desséché progressivement au moyen d'une lampe à filament d'une puissance de 25 ou 40 watts, située au moins à 25 cm au-dessus du tamis.
- Les collemboles, fuyant la sécheresse de l'échantillon, descendent par les mailles du tamis et finissent par tomber dans l'entonnoir et le tube de récolte. Vannier et Thibaud, (1968) ont montré que la réponse des collemboles à la dessiccation semble se situer entre pF 4,2 (point de flétrissement permanent) et pF 5.
- L'extraction dure entre 4 et 5 jours ou plus, selon l'état hydrique de l'échantillon (Fig. 40).

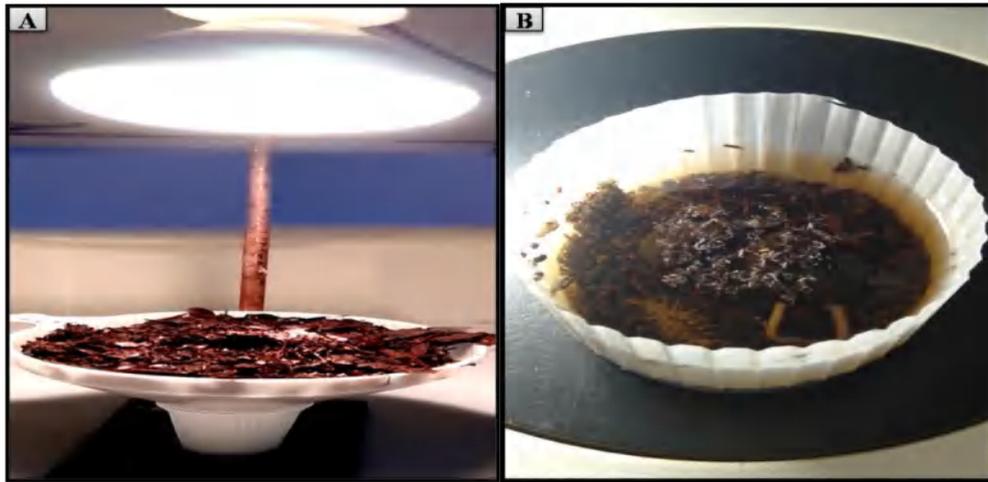


Figure 40. Extraction des collemboles. **A**: Appareils de Berlese-Tullgren, **B** : La faune extraite après 4 jours (Photos originales)

2.4. Le tri

Les collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de Pétri pour entamer le tri qui s'effectue sous la loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les collemboles des autres groupes faunistique tels que les acariens, les coléoptères, les araignées, les pseudoscorpions, les chilopodes , les diplopodes et les larves de petits insectes, à l'aide d'une brosse de Cassagnau (une tige en matière plastique très fine (0,5mm) montée sur un mandrin métallique), d'une pince, d'une pipette et/ou d'un poil de brosse monté selon la taille des individus (Fig. 41).

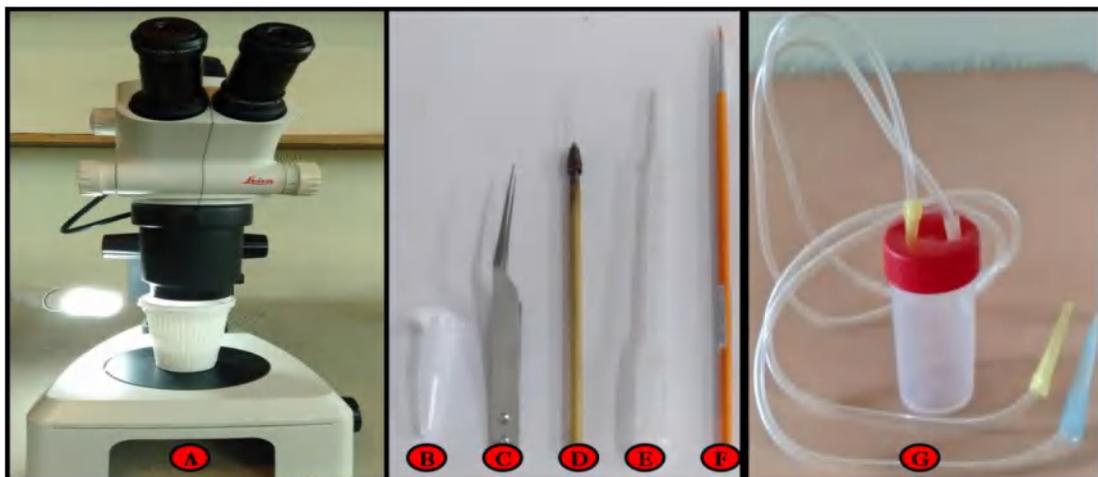


Figure 41. Matériels pour la chasse à vue, le tri et conservation. **A** : Loupe binoculaire; **B**: Eppendorf ; **C** : Pince métallique; **D** : Brosse de Cassagnau; **E** : Pipette; **F** : Pinceau; **G** : Aspirateur à bouche (Photos originales)

2.5. Le dénombrement des individus

Une fois tous les collemboles sont séparés des autres micro-arthropodes, nous procédons au dénombrement afin de déterminer le nombre des espèces et le nombre total d'individus de collemboles présents dans chaque échantillon trié, qui permet de réaliser une étude statistique.

Les spécimens d'un échantillon une fois comptés sont transférés dans des tubes Eppendorf étiquetés contenant de l'éthanol à 70°.

2.6. Identification des collemboles

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

D'autres clés d'identification sont disponibles sur le site « www.collembola.org ». Elles sont conçues et mises à jour par plusieurs éminent collemboles. On utilise aussi différents articles et livres de la littérature tels que Gisin (1960), Fjellberg (1998 et 2007).

L'identification au niveau spécifique doit être réalisée par un spécialiste en taxonomie dans le cas d'espèces difficiles à classer, qui nécessite une préparation entre lame et lamelle avant de procéder à l'observation sous microscope.

2.6.1. Préparation entre lame et lamelle

Le montage des collemboles entre lame et lamelle est un exercice assez délicat demandant un certain nombre de précautions, il n'existe pas un protocole court qui soit efficace pour un résultat convenable, la manipulation doit être soignée et rigoureuse, donc un peu longue et parfois un peu fastidieuse.

Nous avons choisi de suivre le protocole de préparation de Gisin cité par Hamra Kroua (2005) qui nécessite plusieurs étapes :

2.6.1.1. Fixation

La fixation en liquide fixateur est réalisée en plongeant les collemboles dans le liquide de Gisin (pour briser les forces de tension qui les maintient en surface) qui est composé par :

- Alcool éthylique à 95°75 ml
- Ether éthylique 25 ml
- Acide acétique 03 ml
- Formol à 40% 0,3 ml

2.6.1.2. Eclaircissement

L'observation de chétotaxie et les détails des pièces des organes à intérêt systématique nécessite un bon éclaircissement des collemboles pour débarrasse de tous les tissu internes et de mieux conserver l'exosquelette.

Le milieu d'éclaircissement de Gisin est composé de :

- Acide lactique 25 ml
- Formol à 40 %01 ml
- Glycérine05 ml

On procède à l'éclaircissement de quelques exemplaires dans de l'acide lactique à froid ou à chaud sur plaque chauffante jusqu'à parfaite extension de pour éviter son éclatement. L'inconvénient de l'acide lactique est de faire disparaître le pigment naturel des espèces.

D'autres milieux éclaircissants sont utilisés et leur utilisation a permis d'obtenir de meilleurs résultats (Jordana *et al*, 1997), cité par Hamra kroua (2005).

◆ Milieu éclaircissant de Nesbit qui se compose de :

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

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

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

2.6.1.3. Montage et conservation

Parmi les diverses préparations de milieu de montage, le plus utilisé est le liquide de Hoyer ou Gomme au chloral, qui se compose de :

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

Le montage entre lame et lamelle dans le liquide de Hoyer s'effectue directement dans du liquide éclaircissant s'ils sont propres. Sa préparation (liquide) doit être réalisée plusieurs jours avant son utilisation selon l'ordre suivant :

- ❖ Mélanger à froid les trois premiers produits.
- ❖ Mettre la gomme arabique dans un sachet de tulle très fin.
- ❖ Laisser tremper ce sachet dans le liquide, à l'air libre, à froid mais en le protégeant de la poussière (à chaud, même tiède, il y a risque de brunissement).
- ❖ Agiter fréquemment le sachet pour faciliter la diffusion de la gomme qui s'effectue lentement.
- ❖ Lorsque toute la gomme est dissoute, conserver le mélange dans un récipient approprié et si possible à l'abri de lumière.
- ❖ Si le liquide s'épaissit, rajouter quelques gouttes d'eau distillée et mélanger soigneusement.

Une fois le liquide de Hoyer est prêt à utilisé, on procède au montage des spécimens :

- On met une petite goutte de Hoyer au milieu de la lame pour qu'il ne déborde pas, on élimine l'excès avec un bout de buvard.
- On place le collembole éclairci et lavé au centre de la goutte du liquide et on l'enfonce jusqu'au contact de la lame.
- On recouvre le liquide et le collembole dedans avec la lamelle en la posant par un côté et en la rabattant lentement pour ne pas écraser l'animal et pour ne pas former des bulles d'air.
- On exerce sur la lamelle de très faibles mouvements pour orienter l'animal pour obtenir un meilleur angle de vue.
- On sèche la préparation dans une étuve à 50 °C.

- On met parfois une petite goutte de liquide sur les bords de la lamelle pour compenser les rétractions.
- On étiquète convenablement les préparations, en n'oubliant pas de les dater et de bien spécifier la préparation et le milieu de montage.

2.6.2. Observation

L'identification au niveau de l'espèce nécessite des observations au microscope à contraste de phase des préparations entre lames et lamelles afin de visualiser et dessiner les détails anatomiques et morphologiques des différents organes à intérêt systématique comme les antennes, les pièces buccales, les griffes et la chaetotaxie.

Il est parfois nécessaire de passer à des observations sous microscope électronique à balayage si les moyens le permettent pour mieux explorer ses détails.

2.6.3. Clé d'identification des collemboles

2.6.3.1. Clé des ordres (Fig. 42)

- 1.- Corps globuleux, segmentation du corps non apparente. Tout au plus les segments abdominaux V et VI sont segmentés..... 3
- 1'.- Corps allongé. Segmentation du corps apparente 2
- 2.- Prothorax (segment thoracique I) développé et avec soies dorsales. Corps avec trois segments thoraciques et six segments adnominaux, (Fig.3).....
.....Ordre **PODUROMORPHA** BÖRNER, 1913.
- 2'.- Prothorax réduit et sans soies dorsales (Fig.3).....
.....Ordre **ENTOMOBRYOMORPHA** BÖRNER, 1913.
- 3.- Animaux plus petits et sans pigments. Segments abdominaux V et VI non différenciés. Sans yeux. Tenaculum sans soies. Antennes plus courtes que la tête. Abdomen sans Trichobothries dorsales.....Ordre **NEELIPLEONA**FOLSOM, 1896.
- 3'.- Animaux avec ou sans pigments. Segments abdominaux V et VI différenciés. 0 à 8 cornéules de chaque côté de la tête. Abdomen avec trichobothries.....
.....Ordre **SYMPHYPLEONA** BÖRNER, 1901.

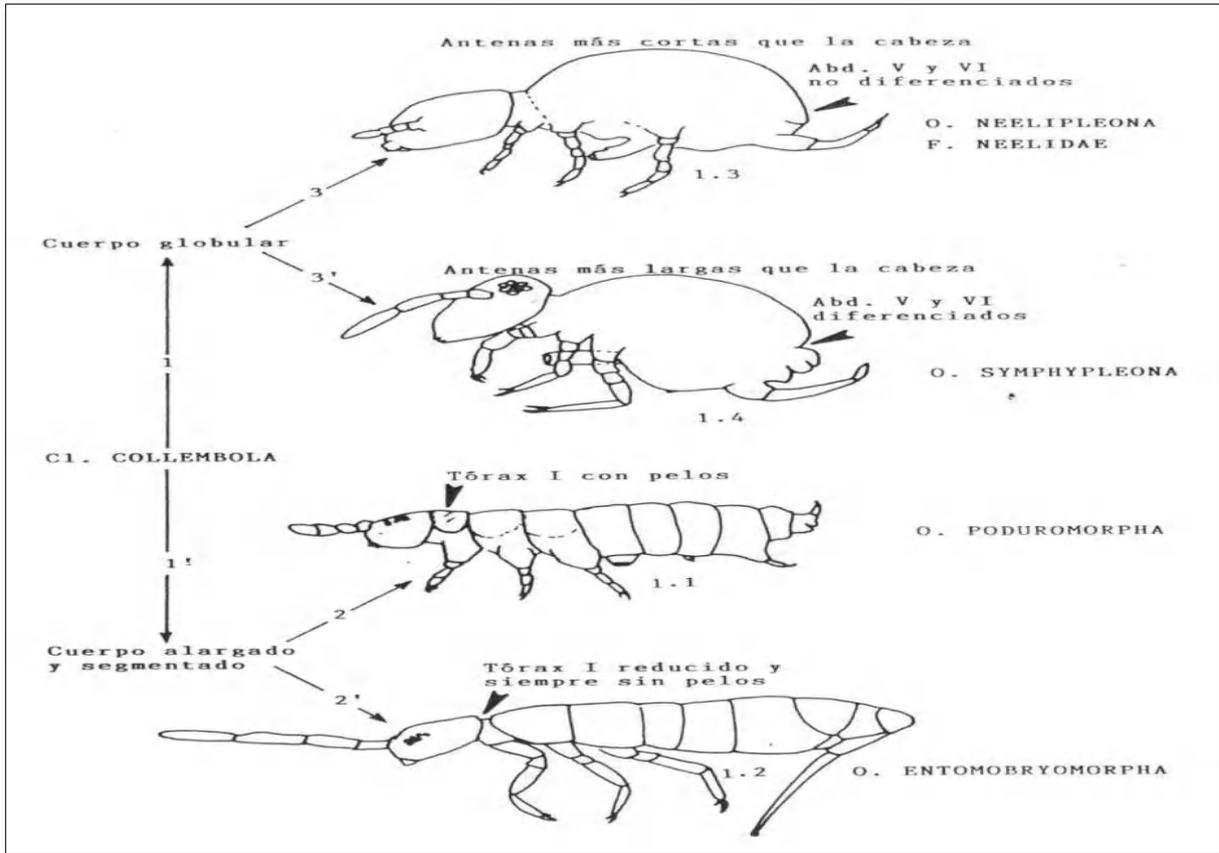


Figure 42. Les quatre ordres des collemboles, cités par Hamra Kroua (2005)

2.6.3.2. Clé des familles

Ordre **PODUROMORPHA**

- 1.- Pièces buccales broyeuses composées de maxilles et mandibules avec plaque molaire..... 2
- 1'- Pièces buccales modifiées ayant acquise des formes très; mandibules sans plaque molaire ou absente.....4
- 2.- Corps avec pseudocelles. Au sommet du segment antennaire III il y a un organe sensoriel composé de soies sensorielles en forme de "masse", très apparentes et protégées par des papilles. Sans yeux. Corps sans pigmentation**F.ONYCHIURIDAE**
- 2'- Corps sans pseudocelles. Organe sensoriel au sommet du 3^{ème} article antennaire composé par deux soies sensorielles cylindriques. 0-8 cornéules de chaque côté de la tête. Corps avec ou sans pigmentation.....3
- 3.- Furca large, quand elle est rabattue sur le corps, dépasse les coxas de la seconde paire de pattes. Les deux branches de la dens présentent une courbature vers l'intérieur**F.PODURIDAE**Lubbock, 1873: **Podura** Linnaeus, 1758

3'- Furca très courte, quand elle est rebattue ne dépasse pas les coxas de la 3^{ème} paire de pattes, ou absente. Les deux branches de la dens, quand elles sont présentes, sont parallèles ou dive.....**F.HYPOGASTRURIDAE**Börner, 1913

4.- Métathorax (3^{ème} segment thoracique) généralement avec microsensilles latérales. Furca présente. Mucron avec lames obliques ou en forme de gant.....**F. ODONTELLIDAE**Massoud, 1981

4'- Métathorax sans microsensilles latérales. Furca présente ou absente.....**F.NEANURIDAE** Cassagnau, 1955.

Ordre ENTOMOBRYOMORPHA

1- Corps couvert de soies simples ou faiblement cilié 2

1'- Corps couvert de soies très pilosées, de gros cils. Avec ou sans écailles ou soies en forme d'écailles 3

2- Segment abdominal III réduit, presque invisible en vue dorsale. Segments abdominaux IV et V fusionnés. Tibiotarse avec un éperon élargi en forme de feuillet. Tête relativement grosse. Antennes insérées vers le milieu de la tête **F. ACTALETIDAE**

2'- Segment abdominal III normal, non réduit. Segments abdominaux libres ou unis IV-V et V-VI. Tibiotarses sans éperon élargi en forme de feuillet mais porte une soie avec une pointe grossie **F. ISOTOMIDAE**

3- Mucron court, avec une ou deux dents, avec ou sans épine basale. Dens régulièrement annelé en son côté postérieur**F. ENTOMOBRYIDAE**

3'- Mucron d'autre forme, allongé. Dens non annelée 4

4- Segments abdominaux III et IV de même longueur 5

4'- Segment abdominal IV beaucoup plus large que le segment abdominal III 6

5- Mucron falciforme ou allongé et avec de nombreuses dents, avec soies chez tous les individus adultes. Si la dens porte une épine, elle est située en position basale **F. TOMOCERIDAE**

5'- Mucron cylindrique et plus allongé, avec 4-7 dents, avec soies. Dens avec 2 sub-segments qui portent des soies plumeuses, épines ou écailles sur la partie postérieure, les épines sont grandes et apparentes à la partie distale **F. ONCOPODURIDAE**

6- Dens sans épines, avec deux rangs d'écailles ciliées. Mucron cylindrique et allongé (1/3 plus moins que la longueur de la dens), griffe et empodium avec dents aliformes **F. CYPHODERIDAE**

6'- Dens avec griffe ou deux rangs d'épines ciliées. Mucron de forme conique et relativement court. Griffe et empodium sans dents aliformes **F. PARONELLIDAE**

Ordre SYMPHYPLEONA

- 1- Tenaculum avec 4 dents depuis la phase juvénile II jusqu'à l'adulte (réellement avec 3 dents et un tubercule basal) 2
- 1'- Tenaculum avec 3 dents depuis la phase juvénile II jusqu'à l'adulte (réellement avec 2 dents et un tubercule basal) 5
- 2- Femelles sans appendice anal. Mâles avec les articles antennaires II et III modifiés en un organe de fixation. Deux paires de trichobothries sur le segment abdominal V. Trichobothrie du grand abdominal A, B et C équidistants et forment un angle ouvert vers l'arrière ou vers l'avant **F. SMINTHURIDIDAE**
- 2'- Femelle avec appendice anal. Mâle avec antennes non modifiés. Au maximum 1 paire de trichobothries sur le segment abdominal V. Trichobothries du grand abdominal A, B et C en autre disposition 3
- 3- Segment antennaire IV plus court que le III ème. Appendice anal dirigé vers l'anus. Trichobothries du grand abdominal forme un angle vers l'arrière, dun A naît une papille à segmentation apparente **F. DICYRTOMIDAE**
- 3'- Segment antennaire IV plus court que le III ème. Appendice anal dirigé vers l'orifice génital. Trichobothries A et B respectivement, proche et éloigné du C, formant un angle ouvert vers l'avant 4
- 4- 0-1 cornéules de chaque côté de la tête. Corps sans pigment. Tibiotarse sans éperons. Adultes avec épines sur tous les dents **F. ARRHOPALITIDAE**
- 4'- 8 cornéules de chaque côté de la tête. Tibiotarse avec éperons fins et redressés. Dents sans épines **F. KATIANIDAE**
- 5- Avec vésicules interoculaires. Appendices anaux dirigés vers l'orifice génital. Trichobothries du grand abdominal A, B et C équidistants et formant un angle ouvert vers l'avant genre: Vesicephalus
- 5'- Sans vésicules interoculaires. Appendices anaux dirigés vers l'orifice anal 6
- 6- Segment abdominal V avec une paire de trichobothries au maximum. Trichobothries A, B et C du grand abdominal équidistants et formant un angle ouvert vers l'arrière; le B peut manquer. Les tibiotarses presque toujours sans éperons **F. SMINTHURIDAE**
- 6'- Segment abdominal V avec deux paires de trichobothries. Trichobothries A, B et C du grand abdominal formant une ligne droite oblique. Tibiotarse avec 2-4 éperons appliqués sur la largeur de la griffe **F. BOURLETIELLIDAE**

Ordre NEELIPLEONA

- 1.- Animaux plus petits et sans pigments. Segments abdominaux V et VI non différenciés. Sans yeux. Tenaculum sans soies. Antennes plus courtes que la tête. Abdomen sans trichobothries dorsales....., 1 seule famille **NEELIDAE** Folsom, 1896

3. Etude statistique de la biodiversité des collemboles dans la station Bouraoui

Belhadedf (Jijel)

La forêt de Bouraoui Belhadedf est la station la mieux échantillonnée parmi nos stations. Cette forêt représente un patrimoine forestier important, elle composée essentiellement par le chêne liège (*Quercus suber*) avec des reboisements accessoires de cèdre (*Cedrusatlantica*), de myrte (*Myrtuscommunis*), de lentisque (*Pistacialentiscus*), de bruyère arborescente (*Erica arborea*), de genêt (*Genistatricuspidata*) et le calycotome (*Calycotomespinosa*).

3.1. Statistique sommaire

Pour les analyses statistiques, l'ensemble des données a été soumis à une analyse de variance à un facteur. Une comparaison les carrées des moyennes selon le test de Fisher au seuil de 5% a été réalisée. Le calcul des données a été effectué sur le logiciel « SPSS version 23 ».

3.2. Mesure de la biodiversité des collemboles dans la station Bouraoui Belhadedf (Jijel)

Dans cette section, nous avons utilisé les informations d'ouvrages de Magurran (2004), Anderson *et al.* (2011) et Marcon (2015) qui ont décrit la diversité au sein des communautés vivantes.

5 indices de diversité d'espèces et 4 indices de diversité de différenciation ont été présentés, pour chaque indice, nous avons fournis une brève description, une formule et un bref commentaire de ses valeurs usuelles et seuils. Tous les indices ont été calculés dans le logiciel « Past 2.7 ».

3.2.1. Indices de diversité (Indices de biodiversité Alpha)

La diversité Alpha des espèces, parfois appelée hétérogénéité des espèces est utilisée pour caractériser les communautés et les écosystèmes et mesuré par la richesse spécifique (S), indice de Simpson (D), indice de Shannon (H'), indice de Pielou (J) et indice de Fisher (α).

3.2.1.1. Richesse spécifique S

La richesse des espèces est un indice de diversité qui mesure le nombre total d'espèces au sein d'un habitat.

3.2.1.2. L'indice Simpson (D)

L'indice de Simpson mesure la dominance, qui tient en compte les espèces les plus abondantes dans l'échantillon (Il ne compte pas sur les espèces rares). Cet indice mesure la régularité de la communauté lorsqu'elle est exprimée comme (1-D), Sa valeur varie dans l'intervalle de 0 à 1. Les valeurs plus proches de 1 démontrent une meilleure régularité entre les espèces. Il se calcule avec la formule suivante :

$$D = \sum Ni (Ni-1) / (N. (N-1))$$

D : Indice de Simpson

Ni : Nombre d'individus de l'espèce i.

N : Nombre total d'individus.

3.2.1.3. L'indice de Shannon-Weaver (H')

L'indice de Shannon mesure à la fois la richesse et la régularité. Il prend en compte le nombre d'espèces présentes dans un échantillon mais aussi l'abondance (le nombre d'individus) de chaque espèce et la taille totale de l'effectif. Ses valeurs habituelles varient dans l'intervalle 1,5 à 3,5, avec des valeurs supérieures à 3,5 donne une indication extrêmement précieuse en termes de richesse et d'uniformité des espèces dans l'habitat. Sa formule est la suivante :

$$H' = -\sum (ni / N) \cdot \log_2 (ni / N)$$

H' : Indice de biodiversité de Shannon.

N : Somme des effectifs des espèces.

ni : Effectif de la population de l'espèce i.

3.2.1.4. L'indice de Pielou (J)

C'est la distribution du nombre d'individus par espèce. Il exprime le degré d'égalité de l'abondance des espèces dans l'échantillon. Il s'obtient à partir de la valeur observée de l'indice de Shannon à la valeur maximale. C'est la meilleure mesure pour détecter l'apparition de nouvelles espèces.

Les valeurs sont comprises entre 0 et 1. Lorsque la valeur se rapproche de 1, cela signifie que les individus sont équitablement répartis et quand se proche de 0, indique une dominance d'une seule espèce. Il est calculé à partir de la formule (J) suivante :

$$J = H' / \log 2 S$$

H': Indice de Shannon-Wearver.

Log2 : Logarithme en base.

S : Nombre d'espèces présentes.

3.2.1.5. L'indice de Fisher (α)

Contrairement à ceux décrits précédemment, est un indice non paramétrique, basé sur l'hypothèse que l'abondance des espèces suit une distribution logarithmique et n'a pas de valeurs seuils fixes, mais un nombre plus élevé de cet indice correspond à une plus grande biodiversité.

$$S = a \cdot \ln (1 + n / a)$$

S : Nombre de taxons.

n : Nombre d'individus.

a : Indice alpha de Fisher.

3.2.2. Indices de diversité de la différenciation (Indices de biodiversité Beta)

La diversité Beta est évaluée à l'aide des indices qui ont été utilisés pour comparer la composition des espèces de collemboles et pour détecter les divergences dans la répartition ces espèces dans quatre biotopes. Ces indices sont : l'indice de Sorensen, l'indice de Jaccard, l'indice Morisita et l'indice de Bray-Curtis.

3.2.2.1. L'indice de Sørensen

Utilisé pour comparer les différents échantillons (biotopes) entre eux. L'indice de Sorensen prend en compte le nombre d'espèces communes aux deux ensembles de données. En prenant des valeurs dans l'intervalle [0,1], où des valeurs plus proches de 1 correspondent à une plus grande similitude dans la composition des espèces des collemboles. Sa formule (S) est :

$$S = 2c / (a + b) \times 100$$

a : Nombre d'espèces présentes dans le premier échantillon.

b : Nombre d'espèces présentes dans le second échantillon.

c : Nombre d'espèces communes aux deux échantillons.

3.2.2.2. L'indice de Jaccard

Les mêmes données d'entrée que pour l'indice de Sorensen, mais mesure les dissemblances dans la composition des espèces dans deux ensembles de données. Il prend des valeurs dans l'intervalle [0, 1], où les valeurs plus proches de 0 indiquent un plus grand chevauchement dans la composition des espèces entre les communautés. Sa formule (J') est :

$$J' = c / (a + b - c)$$

a : Nombre d'espèces présentes dans le premier échantillon.

b : Nombre d'espèces présentes dans le second échantillon.

c : Nombre d'espèces communes aux deux échantillons.

3.2.2.3. L'indice de Morisita

Contrairement aux indices de similarité de Sorensen et de Jaccard qui s'appliquent sur les données de présence-absence, l'indice de similarité de Morisita s'applique aux données quantitatives. Il permet d'évaluer la similarité entre les différents échantillons (biotopes) et n'est pas influencé par la richesse spécifique et l'effort d'échantillonnage. Deux groupes sont semblables si la valeur de l'indice est supérieure à 0,5 et dissemblables si cette valeur est inférieure à 0,5. Sa formule (M) est :

$$M = 2 \cdot \sum (a_{ni} \cdot b_{ni}) / [(d_a + d_b) \cdot AN \cdot BN]$$

da : $\sum a_{ni}^2 / AN^2$

db : $\sum b_{ni}^2 / BN^2$

ani : Nombre d'individus de l'espèce i dans l'échantillon A.

bni : Nombre d'individus de l'espèce i dans l'échantillon B.

AN : Nombre total d'individus dans l'échantillon A.

BN : Nombre total d'individus dans l'échantillon B.

3.2.2.4. L'indice de Bray-Curtis

Cet indice donne deux fois plus de poids à la présence conjointe de deux espèces au même biotope qu'à la présence de l'une des deux espèces seulement. Il est utilisé lorsque les inventaires sont insuffisants ou relativement variables. La valeur de cet indice peut varier de 0 à 1, où 0 signifie que les communautés de deux biotopes diffèrent complètement, et 1 signifie qu'ils sont identiques du point de vue des espèces partagées et de leur abondance. Sa formule (B) est :

$$B = \frac{\sum_s (N_s A - N_s B)}{\sum_s (N_s A + N_s B)}$$

Ns A : Nombre d'individus de l'espèce s dans l'échantillon A.

Ns B : Nombre d'individus de l'espèce s dans l'échantillon B.

Chapitre III :
Résultats
et
discussion

I. Inventaire et étude taxonomique

1. Composition faunistique

Nous donnons dans le **tableau 2** la liste des collemboles identifiés (par ordre, famille et sous famille) dans les différents milieux forestiers prospectés et leur type d'adaptation morpho-écologique.

Abréviations : **A** : Atmobios, **Eu** : Euédaphon, **H** : Hémiedaphon, **N/A** : **Non applicable** (forme non identifiée à l'espèce), **C** : Cosmopolite, **L** : Large répartition, **Em** : Européenne/Euroméditerranéenne, **En** : Endémique.

Tableau 2. Inventaire des différentes espèces de collemboles identifiées

Espèce	Béni Belaid	Bourraoui Belhadef	Djemaa Beni Habibi	Djimla	El Ancer	Erraguen	Boucif Ouled Askeur	Texenna	Garem Gouga	Tassadane Haddada	Filfila	Maouna	Ain Beida	Type biologique	Aire de distribution
Ordre I : PODUROMORPHA															
01. Hypogastruridae															
01	<i>Acherontiella bougisi</i>	X			X									EU	Em
02	<i>Ceratophysella armata</i>	X	X	X	X	X		X	X			X	X	H	L
03	<i>Ceratophysella denticulata</i>								X		X			H	C
04	<i>Ceratophysella gibbosa</i>	X	X		X		X			X			X	H	C
05	<i>Hypogastrura affinis</i>				X									H	Em
06	<i>Hypogastrura vernalis</i>				X					X		X		H	C
07	<i>Microgastrura duodecimoculata</i>		X											EU	Em
08	<i>Schoettella sp.</i>						X					X		N/A	N/A
09	<i>Xenylla brevisimilis</i>	X	X	X			X			X		X		H	Em
02. Brachystomellidae															
10	<i>Brachystomella curvula</i>		X							X	X			EU	Em
11	<i>Brachystomella parvula</i>		X				X	X				X		H	L
03. Neanuridae															
a. Frieseinae															
12	<i>Friesea afurcata</i>									X	X			H	Em
13	<i>Friesea laouina</i>		X		X	X		X			X			H	En
14	<i>Friesea major</i>		X		X	X	X		X	X		X		H	En
15	<i>Friesea mirabilis</i>	X			X					X		X	X	H	C

Tableau 2. Inventaire des différentes espèces de collemboles identifiées (suite)

Espèce	Béni Belaid	Bouroui BelhadeF	Djemaa Beni Habibi	Djimla	El Ancer	Erraguen	Boucif Ouled Askeur	Texenna	Grarem Gouga	Tassadane Haddada	Fiffla	Maouna	Ain Beïda	Type biologique		Aire de distribution
														H	L	
Ordre I : PODUROMORPHA (suite)																
03. Neanuridae (suite)																
b. Neanurinae																
16	<i>Bilobella aurantiaca</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	H	L
17	<i>Deutonura adriani</i>				X										H	En
18	<i>Deutonura n.sp.</i>					X									N/A	N/A
19	<i>Deutonura zana</i>				X										H	En
20	<i>Edoughnura n.sp.</i>		X												N/A	N/A
21	<i>Edoughnura rara</i>		X		X	X									H	En
22	<i>Protanura monticelli</i>												X		H	Em
23	<i>Protanura pseudomuscorum</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	H	L
24	<i>Protanura n.sp.</i>								X						N/A	N/A
25	<i>Sensillanura austriaca</i>		X	X	X	X									H	Em
c. Pseudachorutinae																
26	<i>Pseudachorutinae sp.</i>			X											N/A	N/A
27	<i>Kenyura n.sp.</i>		X		X					X		X			N/A	N/A
28	<i>Micranurida candida</i>		X			X									EU	L
29	<i>Pseudachorudina meridionalis</i>	X	X				X			X		X			H	L
30	<i>Pseudachorutella asigillata</i>		X	X	X		X		X		X	X	X		H	L
31	<i>Pseudachorutes sp.</i>		X							X					N/A	N/A
04. Odontellidae																
32	<i>Superodontella lamellifera</i>								X	X		X			H	L
33	<i>Superodontella tayaensis</i>	X	X		X	X	X	X				X			H	En
34	<i>Xenyllodes armatus</i>	X	X				X		X		X		X		H	L
05. Onychiuridae																
35	<i>Deuteraphorura cebennaria</i>		X	X		X									EU	Em
36	<i>Protaphorura armata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		EU	L
06. Tullbergiidae																
37	<i>Fissuraphorura sp.</i>		X												N/A	N/A
38	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	X	X		X	X			X	X		X	X	X	EU	L
Ordre II : ENTOMOBRYOMORPHA																
07. Isotomidae																
39	<i>Folsomia penicula</i>	X	X		X		X		X	X	X		X	X	H	L
40	<i>Folsomides parvulus</i>		X		X			X				X	X		EU	C
41	<i>Folsomides sp.</i>		X												N/A	N/A

Tableau 2. Inventaire des différentes espèces de collemboles identifiées (suite)

Espèce		Béni Belaid	Bouroui BelhadeF	Djemaa Beni Habibi	Djimla	El Ancer	Erraguen	Boucif Ouled Askeur	Texenna	Grarem Gouga	Tassadane Haddada	Fiffla	Maouna	Aïn Beïda	Type biologique	Aire de distribution
Ordre II :																
ENTOMOBRYOMORPHA (suite)																
07. Isotomidae (suite)																
42	<i>Hemisotoma thermophila</i>	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	H	C
43	<i>Isotoma viridis</i>													X	H	L
44	<i>Isotomiella minor</i>		X			X				X	X	X		X	H	L
45	<i>Isotomurus maculatus</i>	X													H	Em
46	<i>Isotomurus palustris</i>	X							X		X	X			H	C
47	<i>Isotomurus sp. 1</i>							X							N/A	N/A
48	<i>Isotomurus sp. 2</i>		X		X			X							N/A	N/A
49	<i>Parisotoma notabilis</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	H	L
50	<i>Proctostephanus cf. cidi</i>		X												H	Em
51	<i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>		X							X					H	En
52	<i>Proisotoma minuta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	H	C
53	<i>Proisotoma sp.</i>		X												N/A	N/A
54	<i>Proisotomodes bipunctatus</i>							X			X				H	Em
55	<i>Tetracanthella pilosa</i>	X	X	X	X	X	X				X	X			H	L
56	<i>Tetracanthella n.sp.</i>		X													N/A
08. Oncopoduridae																
57	<i>Oncopodura crassicornis</i>		X			X	X									L
09. Tomoceridae																
58	<i>Tomocerus minor</i>		X	X	X		X					X	X		H	L
59	<i>Tomocerus vulgaris</i>	X													H	L
10. Entomobryidae																
60	<i>Entomobrya marginata</i>		X		X				X						H	C
61	<i>Entomobrya multifasciata</i>		X		X										H	Em
62	<i>Entomobrya numidica</i>	X				X									H	En
63	<i>Heteromurus major</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		A	Em
64	<i>Heteromurus nitidus</i>	X	X			X	X		X		X	X	X		EU	C
65	<i>Heteromurus n.sp.</i>		X		X										N/A	N/A
66	<i>Lepidocyrtus lignorum</i>		X	X		X									H	Em
67	<i>Lepidocyrtus sp.</i>				X	X		X	X				X		N/A	N/A
68	<i>Orchesella cincta</i>	X	X	X			X	X			X				H	Em
69	<i>Orchesella quinquefasciata</i>		X		X		X		X						A	Em
70	<i>Orchesella villosa</i>	X	X		X	X		X	X				X		H	Em
71	<i>Pseudosinella alba</i>		X	X						X					EU	C

Tableau 2. Inventaire des différentes espèces de collemboles identifiées (suite)

Espèce		Béni Belaid	Bouraoui Belladef	Djemaa Beni Habibi	Djimla	El Ancer	Erraguen	Boucif Ouled Askour	Texenna	Grarem Gouga	Tassadane Haddada	Fiffla	Maouna	Ain Beïda	Type biologique	Aire de distribution
Ordre II : ENTOMOBRYOMORPHA (suite)																
10. Entomobryidae (suite)																
72	<i>Pseudosinella sp.</i>		X								X	X			N/A	N/A
73	<i>Seira domestica</i>		X		X	X	X	X	X	X		X	X		H	Em
74	<i>Seira sp.</i>	X													N/A	N/A
75	<i>Willowsia sp.</i>	X	X												N/A	N/A
Ordre III : SYMPHYPLEONA																
11. Dicyrtomidae																
76	<i>Dicyrtomina ornata</i>	X	X		X	X			X	X			X		A	Em
77	<i>Ptenothrix italica</i>	X				X									A	Em
12. Katiannidae																
78	<i>Sminthurinus aureus</i>				X		X								H	Em
79	<i>Sminthurinus niger</i>	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	H	Em
80	<i>Sminthurinus signatus</i>				X				X						H	Em
13. Sminthuridae																
81	<i>Capraïnea marginata</i>	X	X								X	X	X		H	Em
14. Sminthurididae																
82	<i>Sminthurides aquaticus</i>									X					H	Em
83	<i>Sphaeridia pumilis</i>	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	H	C
Ordre IV : NEELIPLEONA																
15. Neelidae																
84	<i>Megalothorax minimus</i>	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	EU	C
85	<i>Neelus murinus</i>	X	X	X		X		X	X			X	X		EU	C
	Total (85 espèces)	33	59	21	36	33	22	24	27	21	28	25	32	19		

Le tableau 2 contient une liste de 85 espèces et morpho-espèces appartenant à 15 familles et 53 genres réparties sur les quatre ordres de collemboles, récoltées dans différentes stations. La proportion des espèces dans les différents ordres, familles, genres et stations ainsi que leur statut et le type biologiques ont été illustrées sur les figures 43 à 49.

La figure 43 illustre en pourcentage les proportions des ordres en espèces récoltées. Les ordres Poduromorpha (38 espèces) et Entomobryomorpha (37 espèces) sont les mieux représentés, soit 45 % et 44 % des espèces récoltées respectivement. Les Symphypleona cumulent 08 espèces et représentent 09 % et les Neelipleona avec 02 espèces, soit 02%.

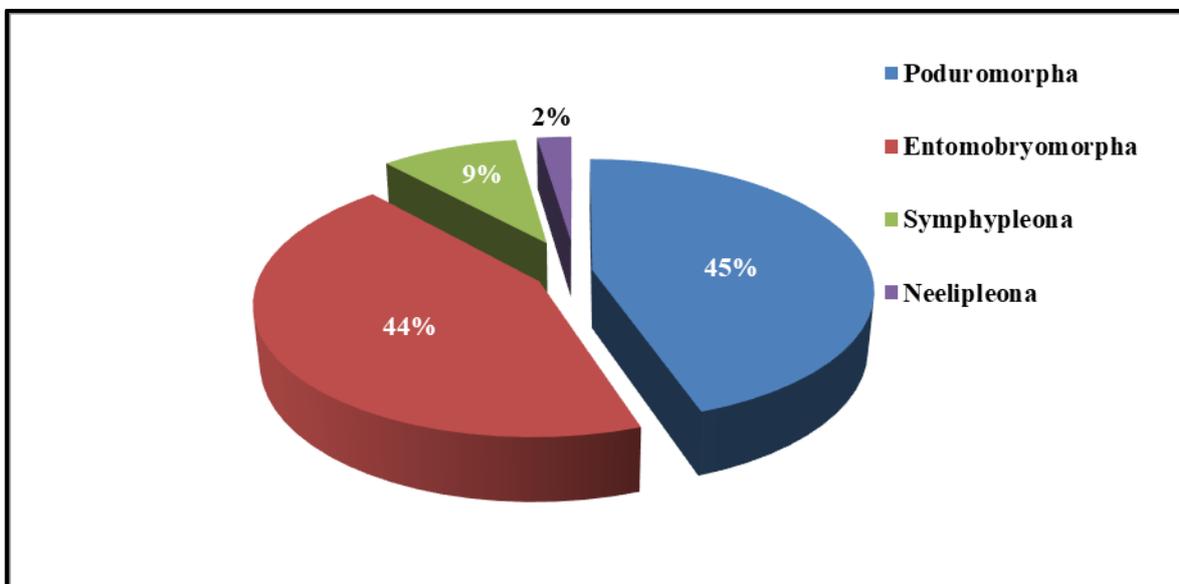


Figure 43. Proportion des espèces identifiées par ordre

Les fréquences des familles, des genres et des espèces pour chaque ordre sont représentés sur la figure 44. L'ordre des Poduromorpha est représenté par 06 familles, 25 genres et 38 espèces, les Entomobryomorpha par 04 familles, 20 genres et 37 espèces. Les Symphypleona sont représentés par 04 familles, 06 genres et 08 espèces et les Neelipleona par une seule famille, 02 genres et 02 espèces.

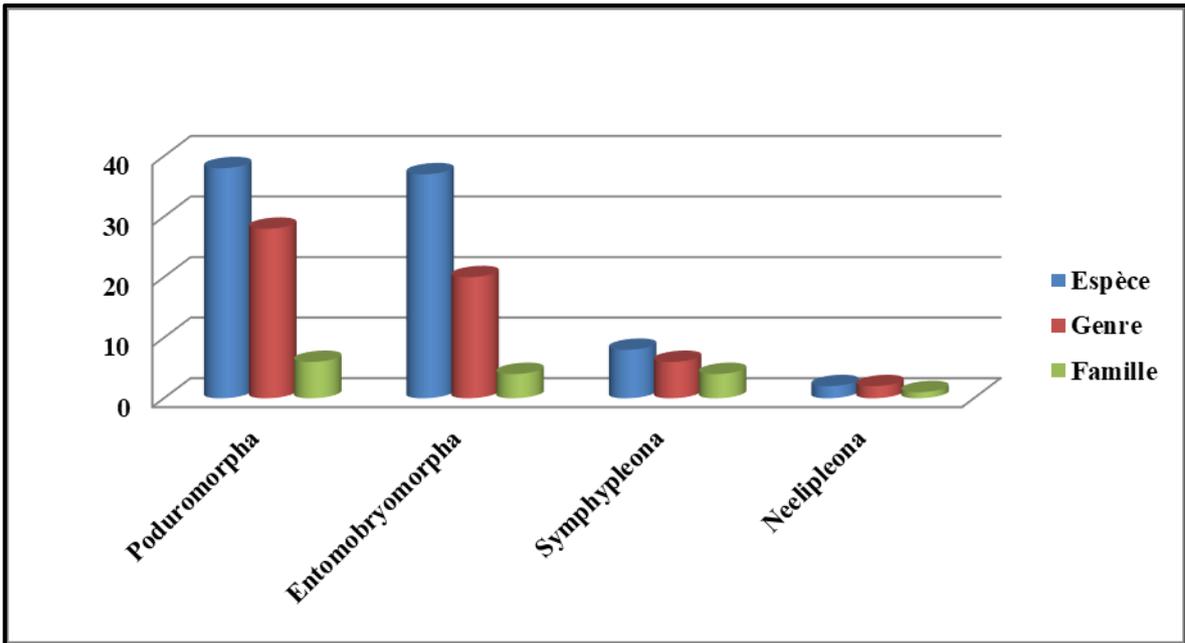


Figure 44. Fréquences des familles, des genres et des espèces identifiées par ordre

La figure 45 représente le pourcentage des espèces pour chaque famille. La famille Neanuridae est la mieux représentée avec 20 espèces, soit 23% du total d'espèces identifiées. Elle est suivie par les familles des Isotomidae et Entomobryidae avec 21% et 18% respectivement. La famille Hypogastruridae et les Symphypleona cumulent 09 et 08 espèces soit 11% et 09% respectivement. 03 espèces appartiennent à la famille Odontellidae et 02 espèces aux Neelipleona.

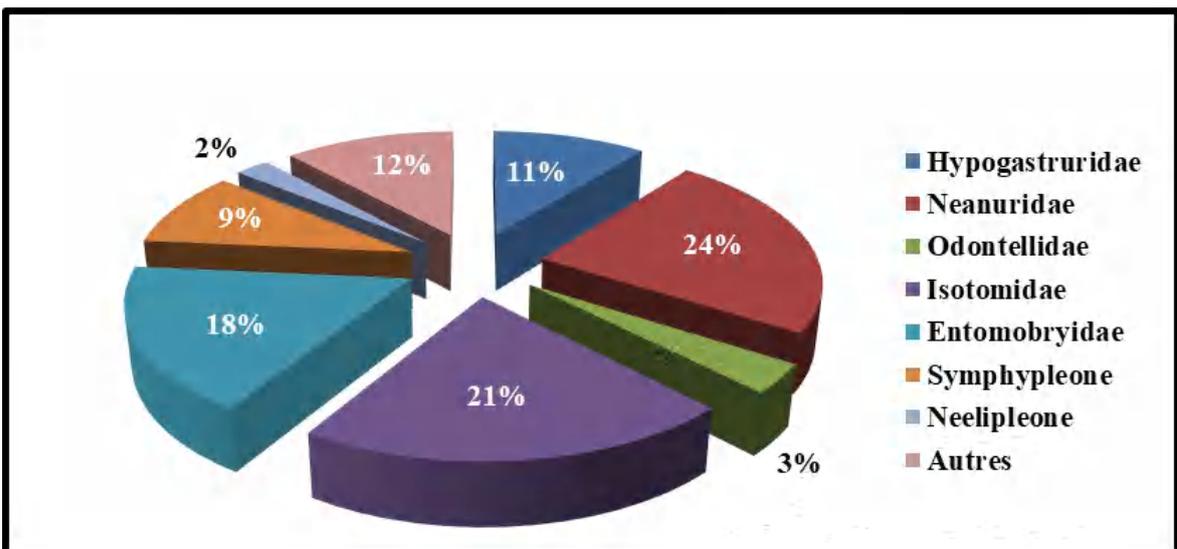


Figure 45. Proportion des espèces identifiées par famille

La figure 46 illustre la répartition des espèces, des genres et des familles par localité de récolte. 59 espèces réparties sur 45 genres et 15 familles proviennent de la station de Bouraoui Belhadeb à Jijel, c'est la localité la mieux représentée. Chacune des stations de Béni Belaid, Djimla, El Ancer à Jijel et Maouna à Guelma contribue par plus de 30 espèces à cet inventaire. Elles sont suivies par les stations Tassadane Haddada (28 espèces), Texenna (27 espèces), Filfila (25 espèces) et Boucif Ouled Askeur (24 espèces). 19 espèces et 17 genres ont été recensés dans la station d'Aïn Beïda à Oum El Bouaghi.

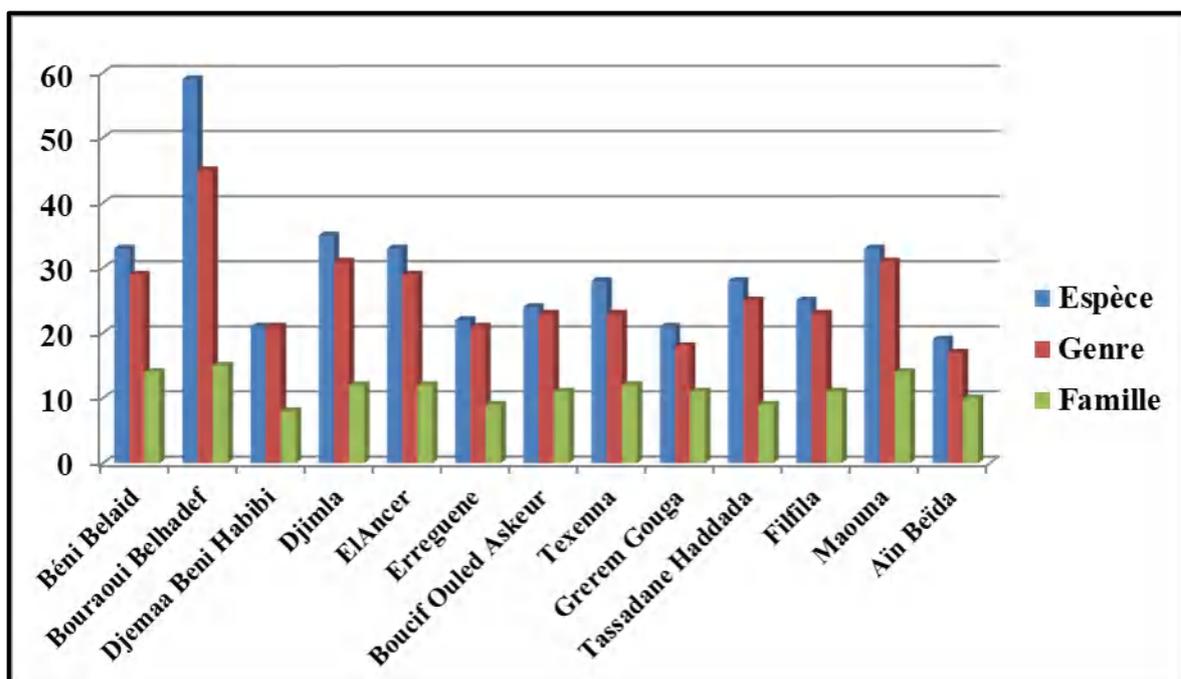


Figure 46. Fréquences des familles, des genres et des espèces par localité

La figure 47 représente le pourcentage des espèces par rapport à leurs types biologiques et adaptations morpho-écologiques. Cette figure montre que plus de la moitié des espèces récoltées dans les différentes localités sont des espèces hémiedaphiques, soit 59%. Les espèces euédaphiques représentent 14% tandis que les espèces qui ont tendance à un mode de vie épigé (atmobios) représentent 6%.

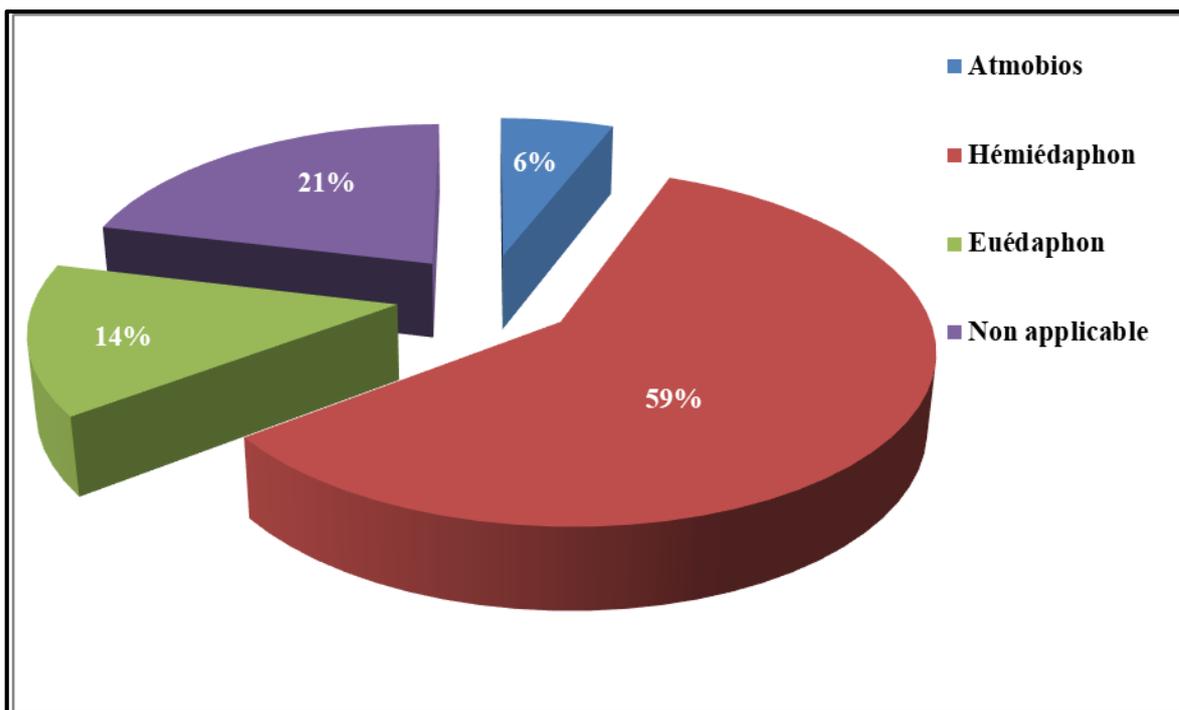


Figure 47. Proportions du type d'adaptation morphologique des espèces récoltées

Nous représentons dans la figure 48 les proportions de l'appartenance biogéographique des espèces de collemboles récoltées dans les différentes localités. 35% des espèces récoltées sont à large distribution, soit 30 espèces. 18 espèces sont euroméditerranéennes, soit 21 %. Les espèces endémiques sont au nombre de 08 espèces soit 10 % tandis que les espèces cosmopolites représentent 13 %.

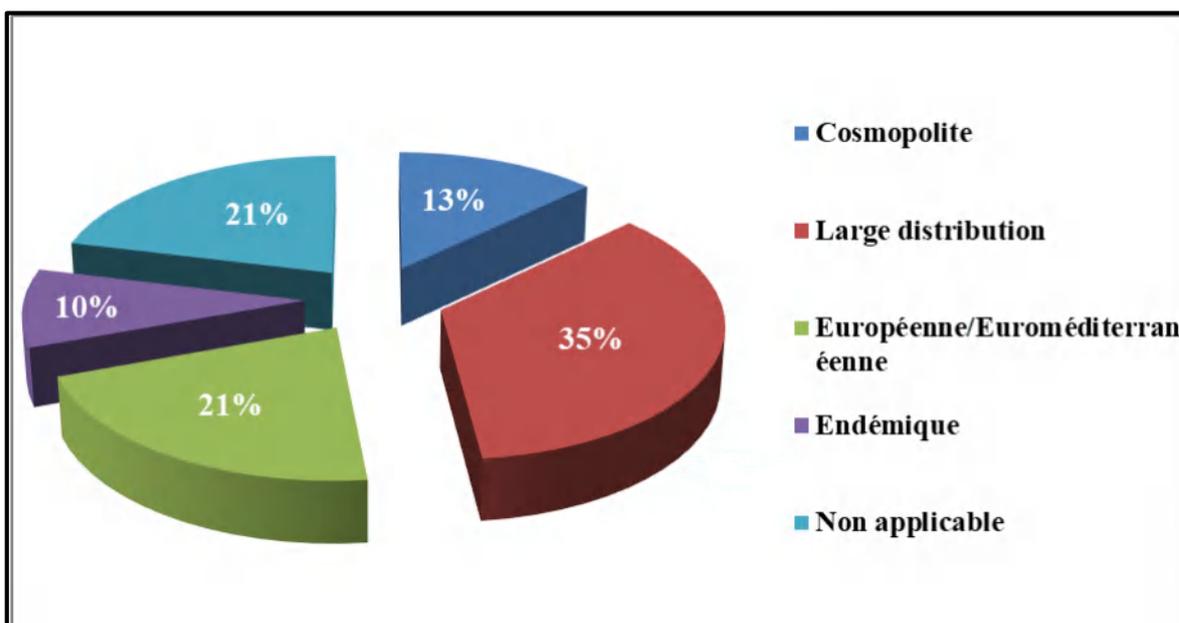


Figure 48. Proportions de l'appartenance biogéographique des espèces récoltées.

La figure 49 illustre la proportion en pourcentage des espèces récoltées en fonction de leur statut. Cette figure révèle la présence de 10 nouvelles espèces pour l'Algérie dont 06 sont nouvelles pour la science. La majorité des espèces (75 espèces) sont déjà connues en Algérie.

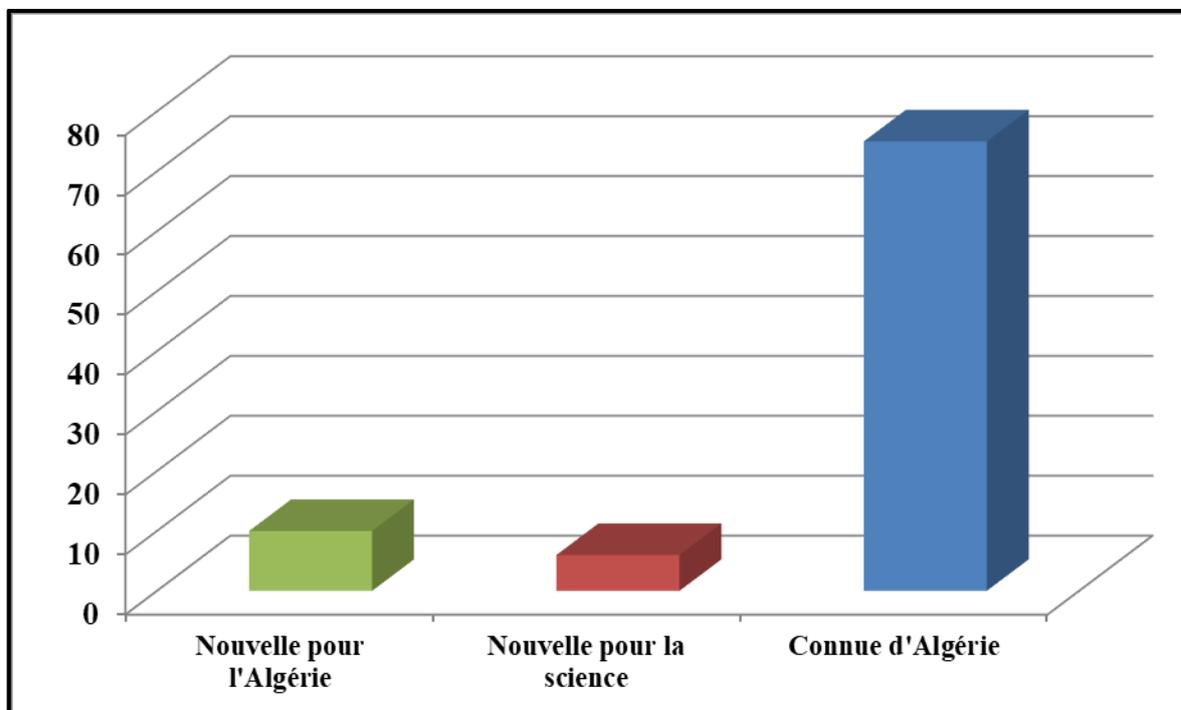


Figure 49. Statut des espèces de collemboles identifiées

Le tableau 3 contient toutes les espèces de Collemboles identifiées au niveau générique (mis à part *Entomobrya marginata*) récoltées dans et près de 4 grottes d'étude par famille et par ordre, ainsi que leur type biologique.

Six (06) espèces cavernicoles appartenant à 4 familles et 5 genres réparties sur 2 ordres de collemboles Poduromorpha et Entomobryomorpha, toutes les espèces cavernicoles récoltées dans différents milieux sont troglobiontes.

Six (06) espèces listées près des grottes prospectées se répartissent en 2 ordres Entomobryomorpha et Symphypleona, appartiennent à 3 genres et 2 familles. 05 espèces très intéressantes récoltées sous-pierres et sur sol près de la grotte d'Ibn Ziad à Constantine dont 3 espèces nouvelles pour la science appartenant aux *Orchesellini* et une autre espèce *Entomobrya marginata*, nouvelle pour l'Algérie.

Le **tableau 3** représente la liste des collemboles récoltés de quelques grottes visités ou de leurs alentours.

Tableau 3. Liste des espèces de collemboles récoltés dans des grottes ou à leurs alentours.

Espèces		Constantine		Guelma	
		Ibn Ziad	Hamma Bouziane	Taya Bouhandane	Roknia
Ordre : PODUROMORPHA					
Famille : Hypogastruridae					
01	<i>Ceratophysella sp. 1</i>			X	
02	<i>Ceratophysella sp. 2</i>		X	X	
03	<i>Hypogastrura sp.</i>		X		
Ordre : ENTOMOBRYOMORPHA					
Famille Tomoceridae					
04	<i>Tomocerus sp.</i>			X	
Famille : Oncopoduridae					
05	<i>Oncopodura sp.</i>	X			
Famille : Entomobryidae					
06	<i>Entomobrya marginata</i>	X			
07	<i>Entomobrya sp.</i>	X	X		
08	<i>Orchesella n.sp. 1</i>	X	X		
09	<i>Orchesella n.sp. 2</i>	X			
10	<i>Orchesella n.sp. 3</i>	X			
11	<i>Pseudosinella sp.</i>			X	
Ordre : SYMPHYPLEONA					
Famille : Sminthurididae					
12	<i>Sminthurides sp.</i>		X		

2. Etude taxonomique

Pour chaque espèce, nous donnons un résumé de diagnose, le milieu de récolte, la distribution générale et toutes les citations de l'espèce dans les études précédentes effectuée sur les collemboles d'Algérie. Les espèces nouvelles sont soulignées et noté d'un astérisque.

Ordre I : PODUROMORPHA

01. Hypogastruridae Börner, 1906

Genre *Acherontiella* Absolon, 1913

01. *Acherontiella bougisi* Cassagnau et Delamare-Deboutteville, 1955 (Fig. 50)

Diagnose : Les antennes sont plus courtes que la diagonale céphalique. L'article antennaire IV avec une vésicule apicale entièrement renfermée dans un repli tégumentaire. L'article antennaire III avec un organe sensoriel constitué par deux bâtons sensoriels centraux. La tête est sans yeux et sans OPA. Epines anales sont minuscules. Les pattes avec 17,17 et 16 soies pointues respectivement sur les tibiotarses I, II, III. Le tube ventral avec 4+4 soies, pas de furca ni de rétinaclé. Griffes sans dents avec absence de l'empodium.

Biotope : Espèce rare, récoltée dans le boit mort à Bouraoui Belhadeff et El Ancer.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) et Hamra-Kroua (2005 : 91).

Distribution générale : Euro-méditerranéenne (Thibaud *et al.*, 2004).

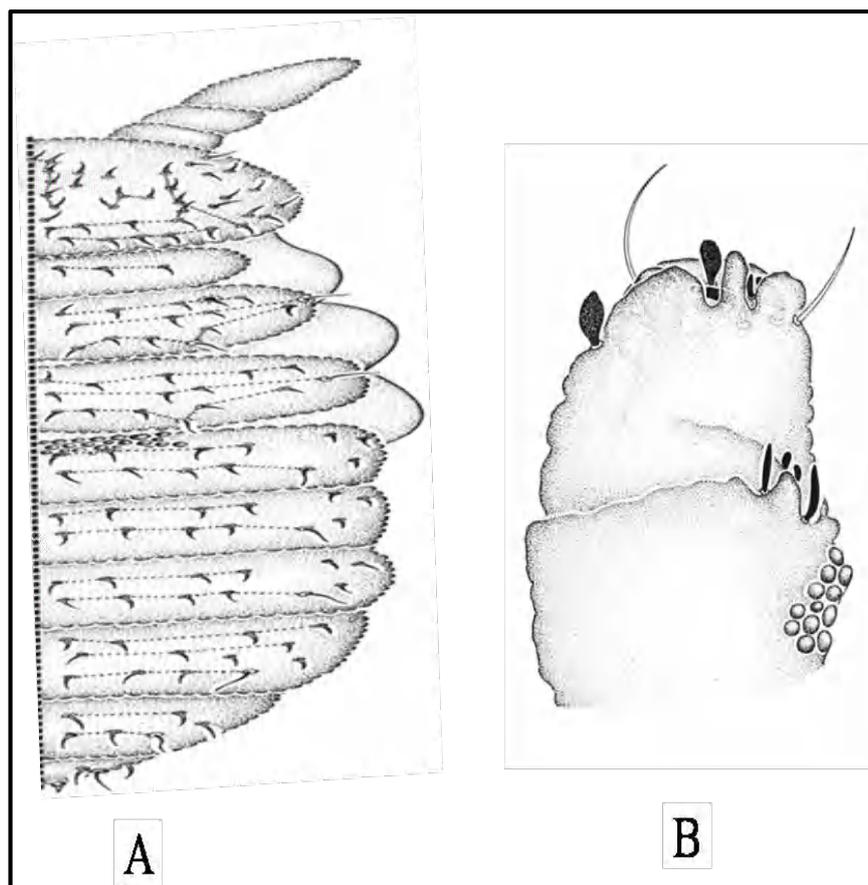


Figure 50. *Acherontiella bougisi*. (A) : Chétotaxie dorsale, (B) : Détails de la sensille des Ant. III et IV (Jordana *et al.*, 1997)

Genre *Ceratophysella* Börner, 1932

02. *Ceratophysella armata* (Nicolet, 1842)

Diagnose : Taille entre 0,8 et 1,5 mm, de couleur marron. 8+8 ocelles. L'antenne I avec 7 soies. Mandibules développées avec plaque molaire, lobe externe maxillaire avec palpe simple et 1-2 soies sublobés, labrum porte 4-5-5 soies et 4 prélabraux. Tibiotarses avec 19-19-18 soies et tenaculum à 3+3 ou 4+4 dents. Furca courte, manubrium sans soies antérieurs et dens avec généralement 7soies. Deux longues épines anales incurvées insérées dans les papilles de l'abdomen VI.

Biotope : Espèce abondante, trouvée dans les litières, la mousse, le bois mort, le milieu humide, le sol. Récoltée sur un champignon à l'aide d'un aspirateur à bouche.

Citations d'Algérie : Handschin (1926 : 117, comme *Hypogastrura armata*); Handschin (1928 : 4, comme *Hypogastrura armata*); Thibaud et Massoud (1980 : 514); Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151, comme *Ceratophysella* gr. *armata*) et Bendjaballah *et al.* (2018 : 394).

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

03. *Ceratophysella denticulata* (Bagnall, 1941)

Diagnose : La taille de corps est de 0,8 à 1,2 mm, de couleur bleutée. Sur l'article antennaire III se trouve l'organe sensoriel propre au genre avec deux sensilles latérales. OPA est formée par quatre ou cinq vésicules. Les segments abdominaux I-III présentent 4+4 soies antérieures. Le segment abdominal IV présente 3+3 soies. Le segment VI est pourvu d'épines larges. Les tibiotarses avec 19, 19 et 18 soies respectivement sur les pattes I, II et III. Empodium bien développé. Le tube ventral avec 4+4 soies et rétinacle a 4+4 dents.

Biotope : Collectée dans la litière de chêne liège, la litière de chêne zen et le bois mort.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud et Massoud (1980 : 515) ; Stomp (1983 : 191) ; Hamra-Kroua (2005: 85) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009 : 34) ; Zoughailech (2017 : 135) ; Brahim-Bounab (2016 : 83) ; Bendjaballah (2019 : 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 04).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 1998).

04. *Ceratophysella gibbosa* (Bagnall, 1940) (Fig. 51)

Diagnose : Longueur de corps est entre 1 et 1,5 mm, d'une couleur marron clair. Tergite abdominal IV avec une microsoie p1 et une macrosoie p2 ; tergite abdominal sans soie m1. Dens avec 7 soies, granulation grise sur le tergite abdominal V formant un tubercule ou bande plus ou moins développé.

Biotope : Récoltée dans la litière de chêne liège et le bois mort dans plusieurs stations.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 85); Baquero *et al.* (2009: 68); Brahim-Bounab (2016: 83); Zoughailech (2017: 135, Fig. 8); Bendjaballah, (2019: 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 05).

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

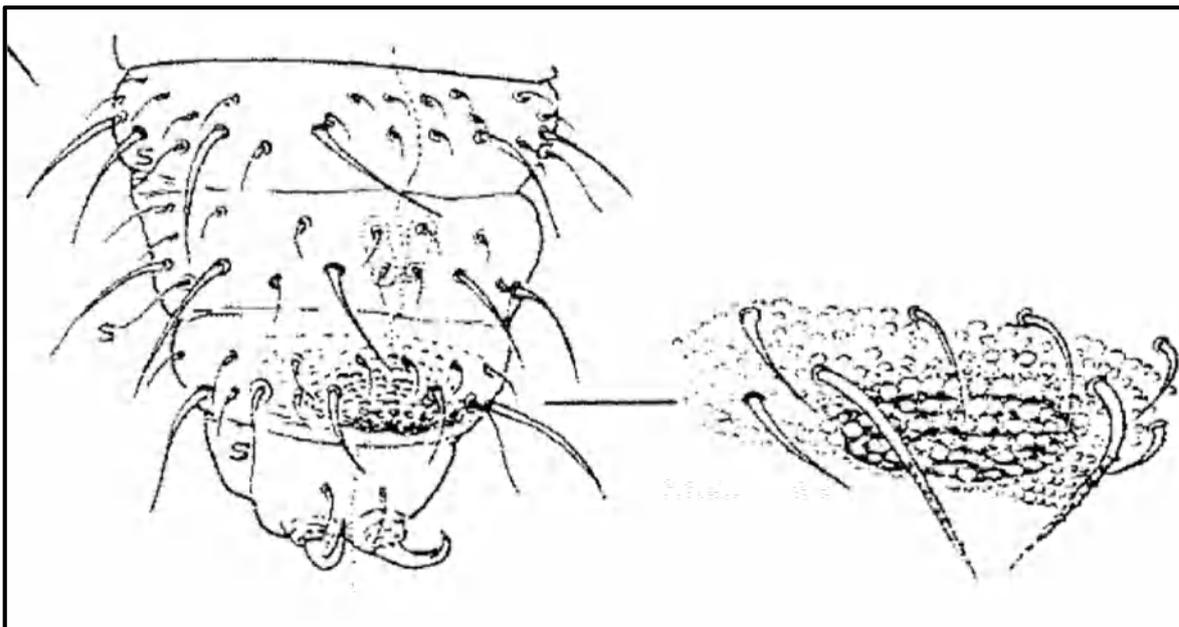


Figure 51. *Ceratophysella gibbosa*. Chaetotaxie dorsale sur Abd. III-VI avec détails sur Abd. V (Fjellberg, 1998)

Genre *Hypogastrura* Bourlet, 1839

05. *Hypogastrura affinis* (Lucas, 1846)

Diagnose : Taille du corps entre 1 et 1,5 mm, de couleur grise. Elle se caractérise par des sensilles de l'article antennaire IV plus différenciées et avec quelques soies pointues, courtes et courbées. Huit yeux de chaque côté de la tête. Pattes avec 19, 19 et 18 soies sur tous les tibiotarses I, II et III et griffe avec dent interne. Tube ventral porte 4+4 soies et rétinacle à 4 dents. Furca avec un dens légèrement granulé, six soies et un mucron avec lame courte présentant une dent. Petites épines anales sur des papilles.

Biotope : Espèce récoltée en petit nombre dans la litière de chêne zen à Djimla.

Citations d'Algérie : Lucas (1846) ; Hamra-Kroua (2005: 94).

Distribution générale : Euro-méditerranéenne (Thibaud *et al.*, 2004).

06. *Hypogastrura vernalis* (Carl, 1901) (Fig. 52)

Diagnose : Corps de 1,2 mm de couleur rouge foncé, tête a huit yeux de chaque côté et organe post-antennaire formé par quatre vésicules. Elle se caractérise par des sensilles de l'article antennaire IV plus différenciées et avec quelques soies courtes. Les Pattes avec 19, 19 et 18 soies sur tous les tibiotarses des pattes I, II et III. Griffe avec dent interne et

empodium a une lame développée. Tube ventral avec 4+4 soies et rétinacle à 4+4 dents. Furca avec un dens légèrement granulé et six soies et un mucron avec lame courte présentant une dent.

Biotope : Récoltée sur la mousse sur roche.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 85) et Brahim-Bounab (2016: 84).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 1998).

Genre *Microgastrura* Stach, 1922

07. *Microgastrura duodecimoculata* Stach, 1922 (Fig. 53) *

Diagnose : Cette espèce est de 0,5 mm de longueur (sans antenne), de couleur bleu-brun, pièce buccal et furca de couleur plus claire. Elle se caractérise par 6+6 ocelles, sur une plaque oculaire foncé et fortement pigmenté, corps vêtu de soies très courtes. Mandibules présentes, mais rudimentaires. Griffes minces, sans dent intérieure, appendice empodial réduit en une soie courte très fine. Tube ventral avec 4+4 soies. Furca bien développée, dens avec 7 soies. Unguis avec dents intérieures, unguiculus avec lamelle.

Biotope : Espèce trouvée à Bouraoui Belhadef, dans la litière de chêne liège et le bois mort.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour l'Algérie.

Distribution générale : Européenne (Thibaud *et al.*, 2004).

Genre *Schoettella* Schäffer, 1896

Diagnose du genre : Longueur de corps est entre 1,3 et 1,5 mm, d'une couleur bleue d'intensité variable. Ce genre se caractérise par 8+8 yeux. Organe post-antennaire avec une seule vésicule, avec une légère division en 4 lobes. Tibitarses avec 2 soies et fémurs avec 1 soie modifiée. Unguis avec ou sans dents internes, unguiculus souvent absent. Dens avec 2-5 soies. Mucron présent ou absent avec des épines anales courtes ou modérément longues.

08. *Schoettella* sp.

Biotope : Récoltée dans le bois mort.

Citations d'Algérie : Brahim-Bounab (2016: 83) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :06).

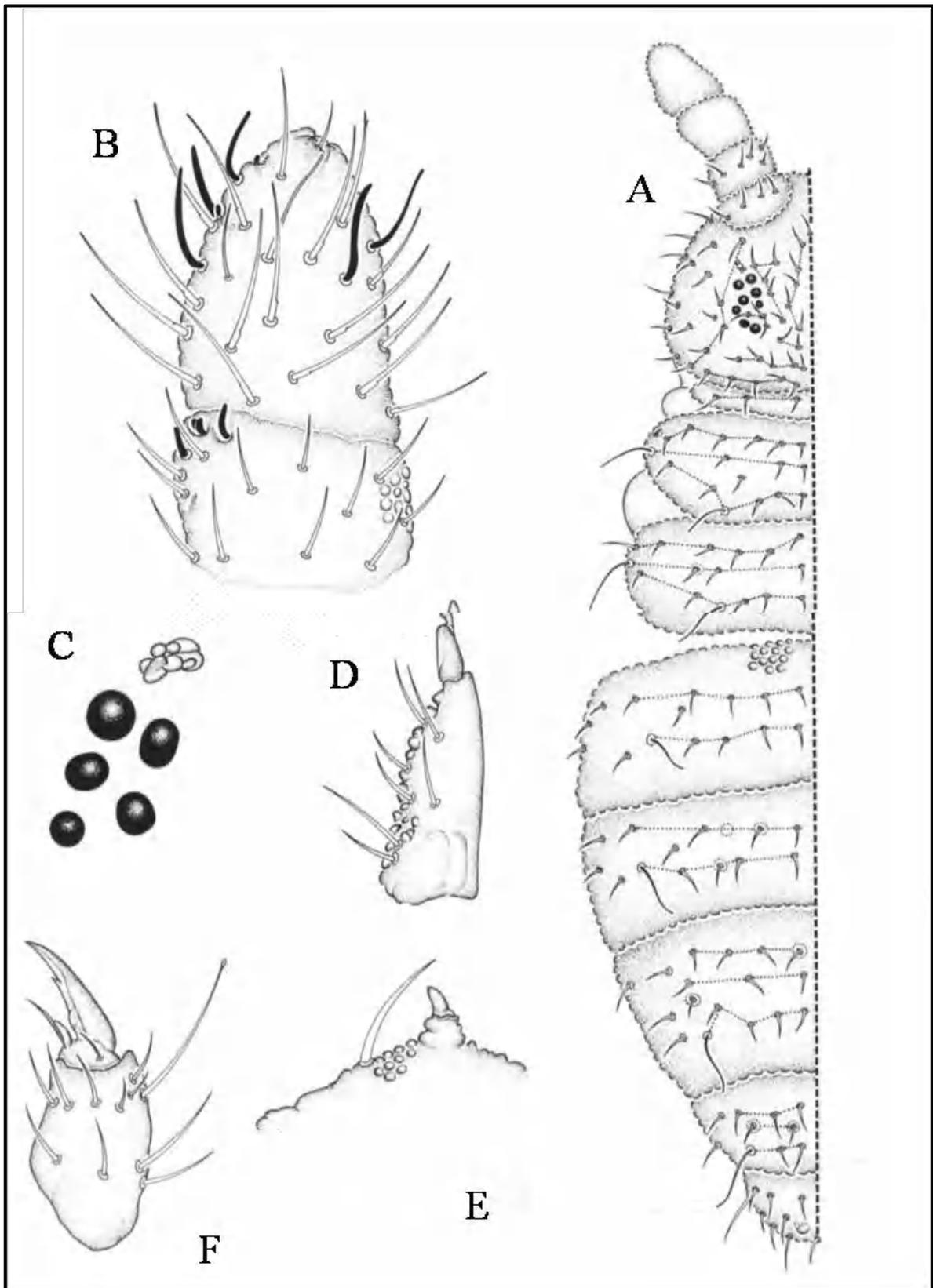


Figure 52. *Hypogastrura vernalis*. (A): Chétotaxiedorsale; (B): Ant. III et IV (C): OPA, (D): Furca; (E): Epine anale; (F): Tib. III (Jordana *et al.*, 1997)

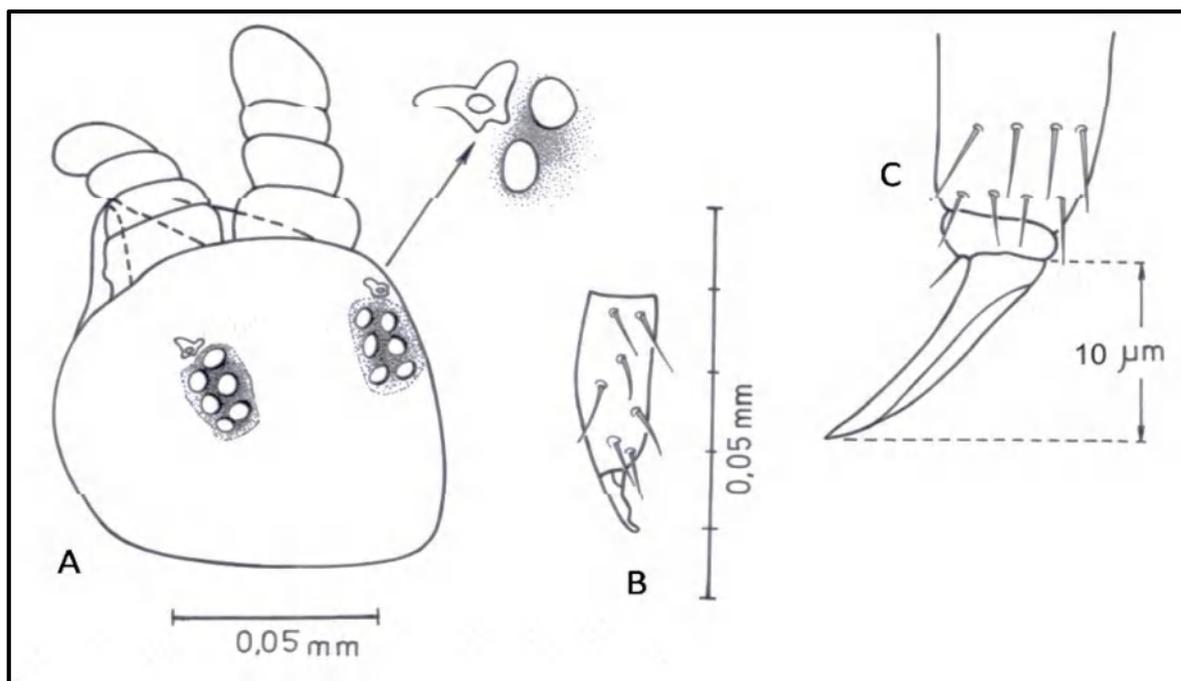


Figure 53. *Microgastrura duodecimoculata*. (A): Tête et plaque oculaire
(B): Dens et mucron; (C): Griffes et tib.I (Popa, 2010)

Genre *Xenylla* Tullberg, 1869

09. *Xenylla brevisimilis* Stach, 1949

Diagnose : Cette espèce a une taille de 1 mm, avec une couleur grise bleuâtre, la tête porte 5+5 ocelles. Les mandibules sont développées. Tube ventral avec 4+4 soies. Rétinaculum a 2+2 dents. Mucron plus petit. Dens avec deux soies. Elle a deux épines anales. Se distingue de *X. grisea* (Gama, 1964) par la présence de la soie m3 et de la soie I a sur les tergites thoraciques II et III et de soies médianes sur les sternites abdominales III.

Biotope : Très commune dans nos stations, collectée dans la litière de chêne liège, le bois mort et les mousses sur sol.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 85); Arbea *et al.* (2013: 178); Brahim-Bounab (2016: 83) ; Bendjaballah *et al.* (2018: 392); Bendjaballah (2019: 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 06).

Distribution générale : Méditerranéenne (Arbea *et al.*, 2013).

Famille Brachystomellidae Stach, 1949

Genre *Brachystomella* Agren, 1903

10. *Brachystomella curvula* Gisin, 1948 (Fig. 54)

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

Biotope : Trouvée dans la litière de chêne liège, le bois mort et le sol.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 85); Brahim-Bounab *et al.* (2016: 968); Brahim-Bounab (2017: 84) ; Bendjaballah (2019: 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 05, Fig.3).

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

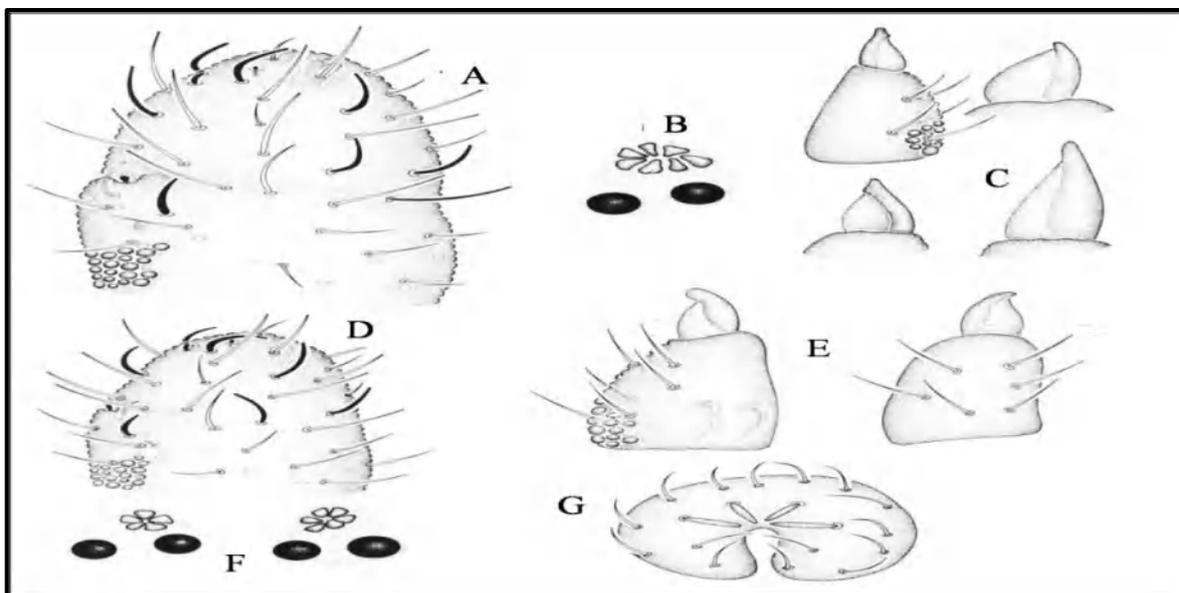


Figure 54. *Brachystomella curvula*. (A): Ant. III et IV; (B): OPA; (C): Dens et mucron ; (D): Articles antennaires III et IV; (E): Dens et mucron; (F): Organe postantennaire; (G): Plaque génitale du mâle (Jordana *et al.*, 1997)

11. *Brachystomella parvula* (Schäffer, 1816)

Diagnose : Longueur est de 1.0 mm. Couleur bleutée. Tête avec 2+2 soies, Ocelles 8+8, mandibules absentes, maxilles globuleuses avec 7 dents. Article antennaire IV avec 6 sensilles fines, 3 internes et 3 externes. Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies. Appendice empodial absent. Griffes avec 3 paires de soies. Rétinacle avec 3+3 dents. Furca bien développée. Mucron avec une extrémité ventrale droite et une lamelle large et arrondie.

Biotope : Prélèvement dans la litière de chêne zen, le bois mort et la mousse sur sol.

Citations d'Algérie : Handschin (1928: 5 comme *Schoettella parvula*); Thibaud et Massoud (1980: 516); Hamra-Kroua (2005: 85); Ait-Mouloud *et al.*(2007: 151); Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009: 36); Brahim-Bounab (2016: 84); Bendjaballah *et al.*(2018: 395); Bendjaballah (2019: 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 04).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 1998).

Famille Neanuridae Börner, 1901

Sous-famille Frieseinae Massoud, 1967

Genre *Friesea* Dalla Torre, 1895

12. *Friesea afurcata* (Denis, 1926)

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

Biotope : Trouvée dans la litière de chêne liège à Tassadane Haddada et le bois mort à Filfila.

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

Distribution générale : Européenne (Deharveng, 2013).

13. *Friesea laouina* Deharveng et Hamra-Kroua, 2004

Diagnose : Longueur du corps entre 0,8 et 1 mm. Couleur grise, cornéules pigmentées en noir. Revêtement chétotaxique dorsal constitué de soies ordinaires lisses, fines et aigues. L'article antennaire IV avec 6 soies. Tibiotarses I, II et III avec 17, 17, 16. Fémurs I, II et III avec 13, 11, 10 soies. Trochanters I, II et III avec 5, 5, 5 soies. Tube ventral à 4+4 soies. Furca totalement absente. Rétinacle absent. Quatre épines anales, égales, droites et longues sur abdomen VI.

Biotope : Trouvée dans la litière de chêne liège, le bois mort et la mousse sur sol.

Citations d'Algérie : Deharveng et Hamra-Kroua (2004 : 141); Hamra Kroua, (2005 :85); Hamra Kroua et Deharveng (2010 :62); Thibaud (2013 :234); Brahim-Bounab *et al.* (2014 :42); Brahim-Bounab *et al.* (2017 :967); Bendjaballah *et al.* (2018 :396) ; Bendjaballah (2019: 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :09).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004).

14. *Friesea major* Hamra-Kroua, Jordana et Deharveng, 2009

Diagnose : Longueur du corps est de 1,6 mm. L'Article antennaire I avec 7 soies, et 13 sur l'article antennaire II. La plaque oculaire avec 8+8 soies. Pattes avec des griffes sans dents internes. Tibiotarses I, II et III avec respectivement 18, 18 et 17 soies. Fémur I, II et III avec 12, 11, 10 soies. Trochanter I, II et III avec 5, 5, 5 soies. Le tube ventral a 4+4 soies. Furca réduite. Dens avec 02 petites tubercules chacune avec 3 microchètes. Tenaculum avec une dent. Trois grosses épines anales sur une grosse papille.

Biotope : Collectée dans la litière de chêne liège et le bois mort.

Citations d'Algérie : Hamra Kroua (2005 : 86); Hamra-Kroua *et al.* (2009: 65); Arbea *et al.* (2013 : 178); Thibaud (2013 : 234); Brahim-Bounab *et al.* (2014 : 42); Brahim- Bounab *et al.* (2017 : 967); Bendjaballah *et al.* (2018: 399); Bendjaballah (2019: 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 09).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Hamra-Kroua *et al.*, 2009).

15. *Friesea mirabilis* (Tullberg, 1871) (Fig. 55)

Diagnose : Couleur bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Trois épines anales. 8+8 cornéules. Furca sans mucron et trois soies. Tibiotarses I, II et III avec 17, 17 et 16 soies (18, 18 et 17 chez *F. mirabilis mirabilis*). Les macrosetae sur l'abdomen V et VI non clavés. Griffes sans dents.

Biotope : Espèce commune dans nos échantillons de bois mort et de mousses.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 85); Hamra-Kroua et Deharveng (2010: 62);Brahim-Bounab *et al.* (2014: 42); Brahim-Bounab (2016: 84); Zoughailech (2017: 135); Brahim-Bounab *et al.* (2017: 967); Bendjaballah (2019: 81) et Brahim- Bounab *et al.* (2020:10).

Distribution générale : Cosmopolite (Deharveng, 2013).

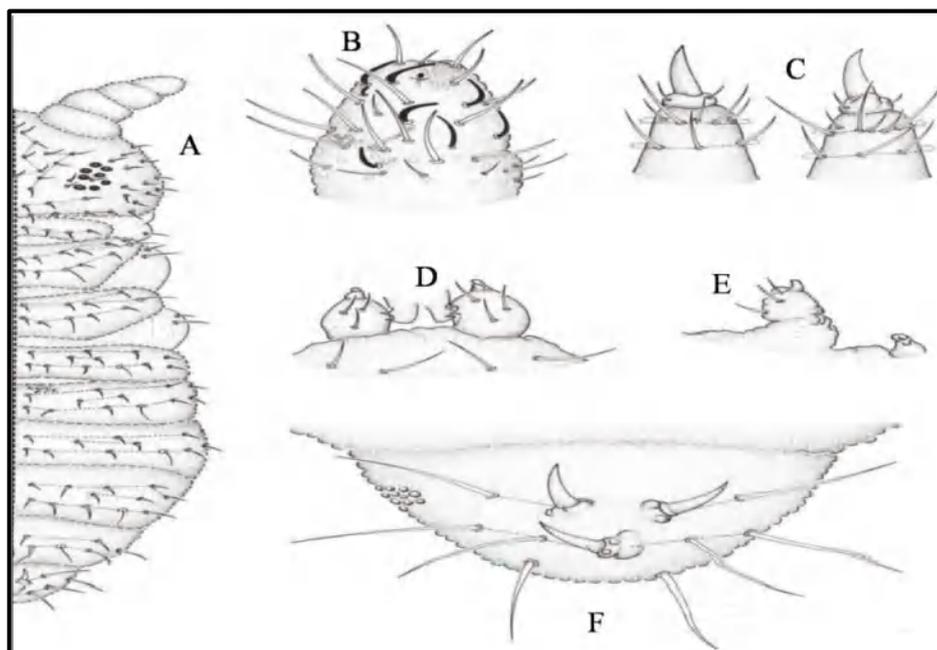


Figure 55. *Friesea mirabilis*. (A): Chétotaxie dorsale; (B): Ant.III et IV; (C) : Tib.III; (D) : Mucron et dens ; (E): Rétinacle; (F): Tergite abdominal VI (Jordana *et al.*, 1997)

Sous-famille Neanurinae Börner, 1901

Genre *Bilobella* Caroli, 1912 sensu Stach 1951

16. *Bilobella aurantiaca* (Caroli, 1912)

Diagnose : Cette espèce a une longueur de 1,5 à 2,5 mm avec une coloration jaune–orange. Segment abdominal VI caché par le tergite abdominal V. Article antennaire IV avec 8 sensilles. Tubercule céphalique anteno-frontal avec 3 paires de soies. La région ventrale de la tête avec 6 paires de soies. Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aigues. Griffes sans dents. Appendice empodial absent. Tube ventral avec 4 paires de soies. Vestige furcal a 4 microchètes.

Biotope : Espèce très commune dans nos stations, trouvée dans les litières de chênes et de myrte, dans les mousses sur roche ou sur sol ainsi que dans le bois mort.

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

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

Genre *Deutonura* Cassagnau, 1979

17. *Deutonura adriani* Deharveng, Ait mouloud et Bedos, 2015

Diagnose : Le corps de cette espèce sans antennes est entre 1 et 1,4 mm. Sa couleur est gris pâle et marbré. Les yeux ont 2+2 cornéules. Les soies dorsales différencient en macrochètes longues, épaisses, faiblement dentelées, subcylindriques et apicalement arrondies. Mandibule tridentée et maxille styliforme. Labrum long, se terminant par une rangée de dents d'environ 8 à 10, avec des sclérifications ventrales sous forme d'arcs. Le labium est allongé, avec 4 soies basales, 3 distales et 4 latérales.

Biotope : Rare, trouvée dans le bois mort de Djimla.

Citations d'Algérie : Deharveng *et al.* (2015).

Distribution générale : Endémique (Deharveng *et al.*, 2015).

18. *Deutonura n.sp.* *

Biotope : Récoltée dans le bois mort et la mousse sur roche à Erraguen.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour la science et pour l'Algérie.

19. *Deutonura zana* Deharveng, Zoughailech, Hamra-Kroua et Porco, 2015

Diagnose : La longueur de corps est de 1,3-1,4 mm. La couleur est bleue. Abd. VI bien visible. Tous les tubercules sont bien développés. Soies dorsales ordinaires de quatre types : longs macrochètes, courts macrochètes et uniquement sur la tête, mésochètes et microchètes. Segment abdominal VI est caché en partie sous Abd. V. Antenne habituelle pour le genre avec de longues soies S, épaissies et subégales, vésicule apical d'Ant. IV trilobée. Pièces buccales sont réduites. Mandibule tridentée. Maxilles styliformes. Cône buccal pointu et modérément long.

Biotope : Récoltée dans la litière de chêne zen et le bois mort de Djimla.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 86); Hamra-Kroua et Deharveng (2010: 62 comme *Deutonura* sp.); Deharveng *et al.* (2015: 281); Brahim-Bounab *et al.* (2017: 967); Zoughailech (2017: 135); Bendjaballah *et al.* (2018: 397, Fig. 6); Bendjaballah (2019 : 103, Fig. 69) et Brahim- Bounab *et al.* (2020 :10, Fig. 04).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Deharveng *et al.*, 2015).

Genre *Edoughnura* Deharveng, Hamra-Kroua et Bedos, 2007

20. *Edoughnura n.sp.* *

Biotope : Trouvée seulement dans la mousse sur sol à Bouraoui Belhadef.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour la science et pour l'Algérie.

21. *Edoughnura rara* Deharveng, Hamra Kroua et Bedos, 2007

Diagnose : Espèce de petite taille de 0.9 mm, avec des pigments Gris-bleu. Deux ocelles pigmentés de chaque côté de la tête. Granules tertiaires sont présentes sur le corps. Cône buccal est court. Formule labium 2/2, 4, 2+2 soies distales subégales. Maxille avec deux lamelles minces. Mandibule avec deux très fines dents basales. Tous les tubercules dorsaux sont développés. La chétotaxie tibiotarsiale 18,18 et 17 (soies M absent). Griffes sans dents.

Biotope : Trouvée dans la litière de chêne zen et le bois mort dans les forêts de Jijel.

Citations d'Algérie : Deharveng *et al.* (2007: 57); Hamra-Kroua et Deharveng (2010: 62, comme *Neanurini n. g. n. sp.*); Thibaud (2013: 234); Brahim-Bounab *et al.* (2017: 967); Brahim-Bounab (2017: 84); Zoughailech (2017: 136) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :11).

Distribution générale : Endémique du massif d'Edough (Deharveng *et al.*, 2007).

Genre *Protanura* Börner, 1906

22. *Protanura monticelli* Caroli, 1910

Diagnose : Longueur du corps comprise entre 0,8 et 1,1 mm. Couleur bleue. Granulation tégumentaire relativement fine. Ant. IV avec 6 sensilles subcylindriques. Mandibules réduites, difficiles à observer, avec 2 dents. Maxilles styliformes. Huit paires de cornéules. OPA circulaire, avec un nombre de vésicules qui varie entre 6 et 8. Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies. Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle avec 3 dents de chaque côté. Furca bien développée. Dens avec 6 soies, mucron plus court que la moitié de la dens, avec le bord ventral courbé et l'apex légèrement crochu.

Biotope : Récoltée dans la mousse sur sol.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 86); Deharveng *et al.* (2007: 58); Hamra-Kroua et Deharveng (2010: 62); Brahim-Bounab (2016: 84); Brahim-Bounab *et al.* (2017: 967); Zoughailech (2017: 136) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 12, Fig. 05).

Distribution générale : Méditerranéenne (Bellinger *et al.*, 2019).

23. *Protanura pseudomuscorum* (Börner, 1903)

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

Biotope : Très commune dans nos échantillons de litières, de mousses et de bois mort.

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

Distribution générale : Méditerranéenne (Arbea & Jordana, 1997).

24. *Protanura n.sp.* (Fig. 56) *

Biotope : Collectée dans la litière de chêne liège à Texenna.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour la science et pour le pays.



Figure 56. *Protanura n.sp.* (Photo originale)

Genre *Sensillanura* Deharveng, 1981

25. *Sensillanura austriaca* (Gama, 1963)

Diagnose : Cette espèce a une taille de 0,8 mm avec de couleur blanchâtre. Les pièces buccales sont réduites, mandibule avec trois dents et maxille est styliforme. Les soies céphaliques postérieures disposées en deux groupes : Di1 d'un côté, Di2 + De2 + De1 de l'autre côté, et dans le thorax I, tubercule toujours avec un macroseta (M). La chétotaxie est plus abondante dans le tubercule dorso-externe d'Abd. I-III.

Biotope : Prélèvement dans la litière de chêne liège et le bois mort des stations Bouraoui Belhadeff et Djemaa Beni Habibi, la litière de chêne zen de Djimla et le bois mort d'El Ancer.

Citations d'Algérie : Zoughailech (2017: 71); Bendjaballah *et al.* (2018: 398, Fig. 8) et Bendjaballah (2019: 106, Fig.73).

Distribution générale : Alpes (Deharveng, 1981), Collo (Bendjaballah *et al.*, 2018).

Sous-famille Pseudachorutinae Börner, 1906

26. *Pseudachorutinae sp.*

Biotope : Espèce très rare, 4 individus seulement sont récoltés dans la litière de chêne liège à Djemaa Beni Habibi. Très difficile à identifier.

Genre *Kenyura* Salmon, 1954

27. *Kenyura n.sp.* *

Diagnose : Ce genre a des segments antennaires III et IV fusionnés dorsalement. Mandibule avec 2 à 10 dents et maxillaire styliforme. Les ocelles réduits (2 – 4) ou absents. Pas d'organe post-antennaire. Tibiotarse sans « tenent hairs ». Furca réduite avec (3) 4 - 6 soies sur dens. Sixième segment abdominal visible en vue dorsale.

Biotope : Plusieurs spécimens collectés dans la litière de chêne liège et la mousse sur roche à Bouraoui Belhadeff, la litière de chêne zen à Djimla, la litière de chêne liège à Tassadane Haddada et le bois mort à Maouna.

Citations d'Algérie : Brahim-Bounab (2016: 84) et Bendjaballah *et al.* (2018: 399).

Distribution générale : Le genre *Kenyura* est connu uniquement en Afrique tropicale et en Amérique du sud (Bellinger *et al.*, 2019).

Genre *Micranurida* Börner, 1901

28. *Micranurida candida* Cassagnau, 1952

Diagnose : Longueur allant de 0,39 mm à 0,52 mm. Habitus robuste. Coloration est blanche, avec pigment bleu foncé dispersé uniquement dans le contour des yeux. Ant. IV composé de vésicule apicale unilobée, Avec 2+2 ocelles. La partie maxillaire est styliforme, avec

microsensillum latérale. Organe post-antennaire constitué de six à sept lobes et mesurant environ deux fois le diamètre d'une cornée. Retinaculum absent et griffes sans unguiculus.

Biotope : Une dizaine de spécimens récoltés dans la litière de chêne liège et le sol à Jijel.

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018: 400) et Bendjaballah, (2019: 107, Fig.75).

Distribution générale : Européenne (Bellinger *et al.*, 2019).

Genre *Pseudachorudina* Stach, 1949

29. *Pseudachorudina meridionalis* (Bonet, 1929) (Fig. 57)

Diagnose : Longueur du corps entre 0,7 et 1 mm avec une couleur gris-violacé. Granulation tégumentaire relativement fine. Soies de corps courtes, lisses et pointues. Maxille avec deux lamelles dentées développées. Mandibule a quatre dents plus une série de petites dents intermédiaires difficiles à observer. Furca et rétinaculum sont absents, le vestige furcal se compose de deux soies courtes. Tube ventral avec 3 + 3 soies. Tibiotarse I, II et III avec 14, 14 et 13 soies pointues. Appendice empodial absent et sans dent interne.

Biotope : Prélèvement dans la litière de chêne liège, le bois mort et la mousse sur sol.

Citations d'Algérie : Delamare Deboutteville (1954: 298, comme *Pseudachorudina bougisi*); Thibaud et Massoud (1980: 516, comme *P. bougisi*); Hamra-Kroua (2005: 86); Hamra-Kroua & Deharveng (2010: 62); Arbea *et al.* (2013: 178); Brahim-Bounab *et al.* (2014: 42); Brahim-Bounab (2016: 84); Brahim-Bounab *et al.* (2017: 967); Zoughailech (2017: 136); Bendjaballah *et al.* (2018: 401); Bendjaballah (2019: 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :13, Fig. 06).

Distribution générale : Euro-méditerranéenne (Arbea et Jordana, 1997).

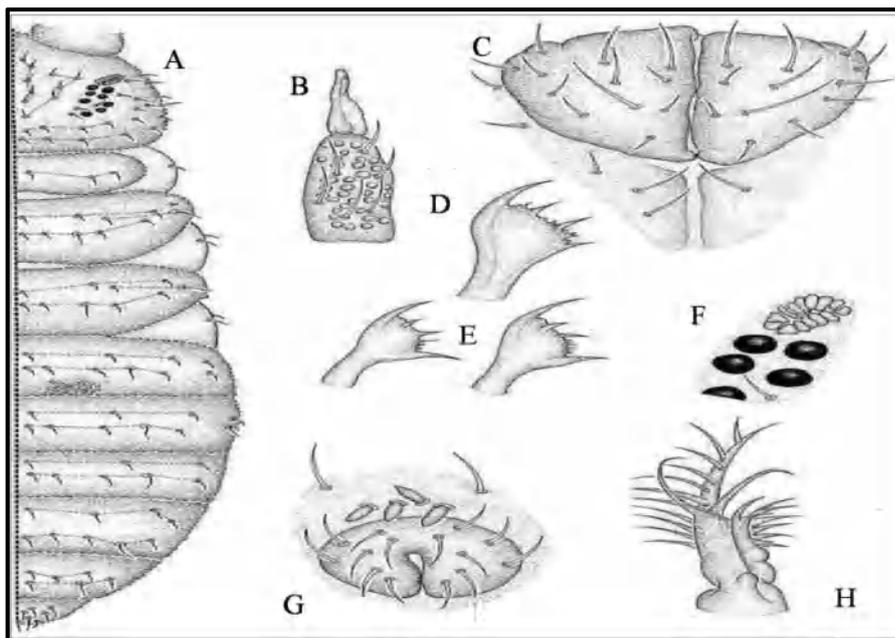


Figure 57. *Pseudachorutidina meridionalis*. (A): Chétotaxiedorsale; (B): Dens et mucron; (C): Labium ; (D-E): Mandibules; (F): OPA; (G): Aire génitale mâle (Jordana *et al.*, 1997)

Genre *Pseudachorutella* Stach, 1949

30. *Pseudachorutella asigillata* (Börner, 1901) (Fig. 58)

Diagnose : La taille du corps est de 02 mm avec une couleur bleue. Mandibules avec 2 ou 3 dents. Maxilles styloformes, avec 2 lamelles libres sur le tiers distal. Tibiotarses I, II et III avec 19, 19 et 18 soies aigues. Appendice empodial absent. Griffes avec une dent interne. Tube ventral avec 4 paires de soies. Rétinacle avec 3 dents de chaque côté. Furca bien développée, dens avec 6 soies et mucron moins long que la moitié de la largeur de la dens, unguiculus absent.

Biotope : Litière de chêne liège, litière de chêne zen et bois mort.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 86); Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009: 36); Baquero *et al.* (2009: 68); Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62); Brahim-Bounab *et al.* (2014: 42); Brahim-Bounab (2016: 84); Brahim-Bounab *et al.* (2017: 967); Zoughailech (2017:136); Bendjaballah *et al.* (2018: 401); Bendjaballah (2019: 109) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 14).

Distribution générale : Paléarctique (Fjellberg, 1998).

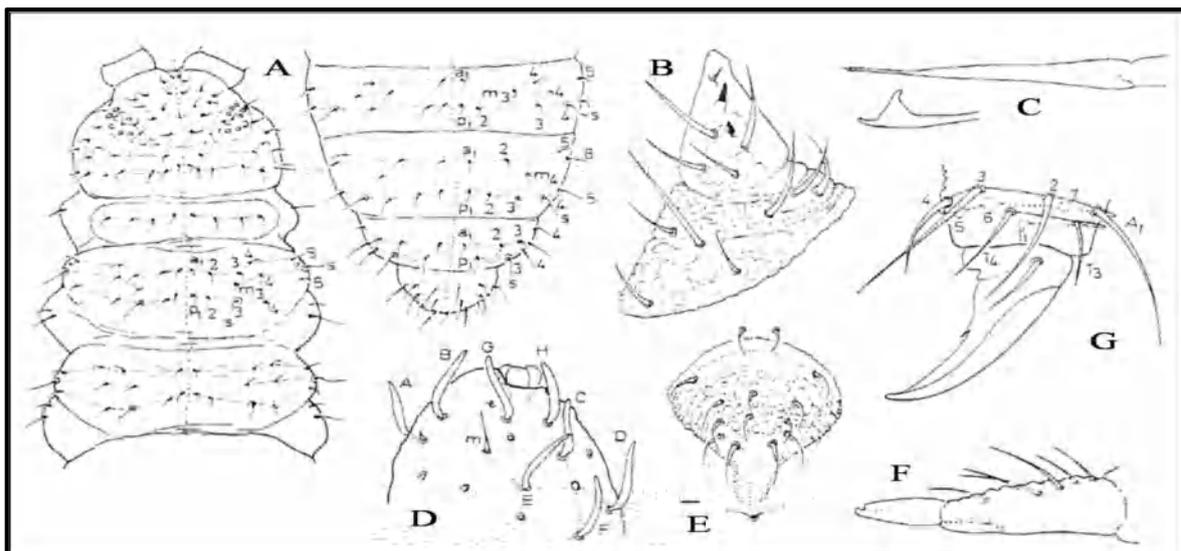


Figure 58. *Pseudachorutella asigillata*. (A): Chaetotaxie de la tête-Th.III et Abd.III-VI; (B): Labium;(C): Mandibule (ci-dessous), maxille (ci-dessus);(D): Ant.IV;(E): Labrum; (F): Dens et mucron;(G): Griffes et chaetotaxie apicale du tibiotarse (Fjellberg, 1998)

31. *Pseudachorutes* sp.

Biotope : Mousse sur sol et bois mort.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005; 86); Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151); Arbea *et al.* (2013: 178); Brahim-Bounab (2016 :84); Bendjaballah (2019: 82).

Famille Odontellidae Massoud, 1967

Genre *Superodontella* Stach, 1949

32. *Superodontella lamellifera* (Axelson, 1903) (Fig. 59)

Diagnose : Le corps environ 1,5 mm de couleur gris bleuâtre. Ocelles 5+5, large. OPA de forme angulaire, cône buccal petit. Segment anal avec 13 paires de soies ventrales. Segment abdominal VI avec une paire de petites épines anales. Tube ventral avec 3+3 soies, rétinaculum porte 3+3 soies et mucron avec deux dents obliques triangulaires. Griffes longues et étroites avec des dents latérales, unguiculus absent. Partie manubriale de la furca fortement développée.

Biotope : Récoltée exclusivement sur le bois mort.

Citations d'Algérie : Delamare Deboutteville (1954: 296 comme *Odontella lamellifera*); Thibaud et Massoud (1980: 516 comme *O. lamellifera*); Hamra-Kroua (2005: 85); Brahim-

Bounab *et al.* (2014:44, 2017: 968); Brahim-Bounab (2016: 83); Bendjaballah *et al.* (2018: 401); Bendjaballah (2019: 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :15).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 1998).

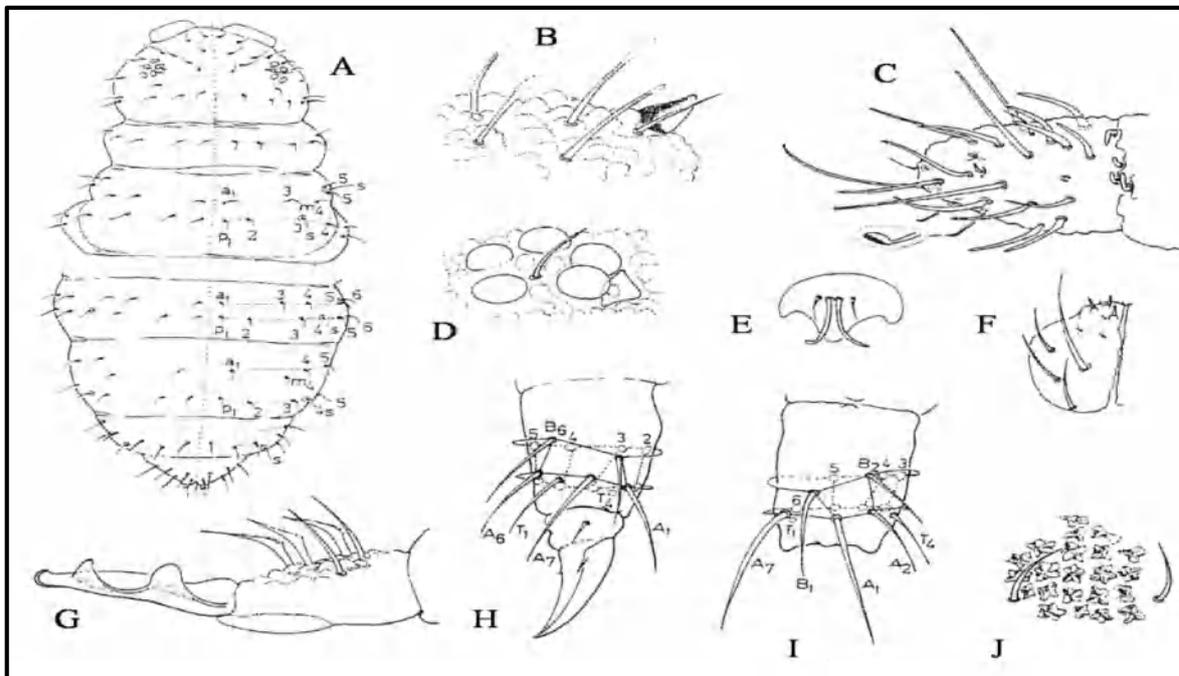


Figure 59. *Superodontella lamellifera*. (A): Habitus et chétotaxie; (B): Abd.VI; (C): Ant. III et IV; (D): OPA et ocelles; (E): Labium; (F): Labrum;(G): Dens et mucron; (H): Chétotaxie de Tib. I; (I): Chétotaxie Tib.III; (J): Partie granulaire postmédiane de la tête (Fjellberg, 1998)

33. *Superodontella tayaensis* Arbea, Brahim-Bounab & Hamra-Kroua, 2013

Diagnose : taille entre 0,6 et 1,1 mm. Coloration bleu pale. Plaque oculaire bleu-noir. Articles antennaires I, II et III avec 7,10 et 8 soies ordinaires. Labrum avec 3, 2, 2 soies. Furca bien développée avec 3 soies identiques. Manubrium avec 10 +10 soies en arrière. Tenaculum a 3 dents. Tibiotarses I, II et III avec 12, 12 et 12 soies pointues. Fémurs I, II et III avec 7, 7 et 7 soies. Épine anale plutôt courte avec une papille fortement granulée.

Biotope : Récolté dans la litière de chêne zen, bois mort, Mousse sur sol et milieu humide.

Citations d'Algérie : Arbea *et al.* (2013: 178); Brahim-Bounab (2016: 83); Zoughailech (2017: 135); Bendjaballah *et al.* (2018: 402); Bendjaballah (2019: 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020:15).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Arbea *et al.*,2013).

Genre *Xenyllodes* Axelson, 1903

34. *Xenyllodes armatus* Axelson, 1903

Diagnose : La taille de cette espèce est 1,0 mm de couleur gris pâle. Tibiotarses I, II et III avec 11, 11 et 10 soies pointues. Griffe est sans dent interne et avec une paire de petites dents latéro-basales. Appendice empodial réduit et sétiforme. Tube ventral avec trois paires de soies. Rétinacle a 2+2 dents. Dens avec deux soies dorsales. Mucron est court que la dens. Manubrium avec dix paires de soies dorsales. Le segment abdominal VI porte une paire d'épines anales courtes disposées sur les papilles.

Biotope : Litière de chêne liège, mousse sur sol, bois mort et sol.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 85); Brahim-Bounab *et al.* (2017: 968); Zoughailech (2017: 135); Bendjaballah *et al.* (2018: 402); Bendjaballah(2019: 113) et Brahim-Bounab *et al.*(2020 :16).

Distribution générale : Holarctique (Bellinger *et al.*,2019).

Famille Onychiuridae Börner, 1913

Genre *Deuteraphorura* Absolon, 1901

35. *Deuteraphorura cebennaria* (Gisin, 1956) (Fig. 60)

Diagnose : Longueur de corps est 1,6 mm. OPA avec 13–17 vésicules complexes. Organe antennaire avec 5 papilles simples. Subcoxa a 2 pseudocelles sur chaque patte et au moins une paire de parapseudocelles présents sur Abd III. Les soies sont courtes sur le corps, macrosoies sont bien développées sur Abd. V et VI. Dent interne sur les griffes est absente. Unguiculus se rétrécissant progressivement. Le mâle dépourvu des soies modifiées sur la partie ventrale d'Abd. III.

Biotope : Litière de chêne liège, bois mort et sol.

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018: 402) et Bendjaballah (2019: 82).

Distribution générale : Européenne (Arbea *et al.*, 2011).

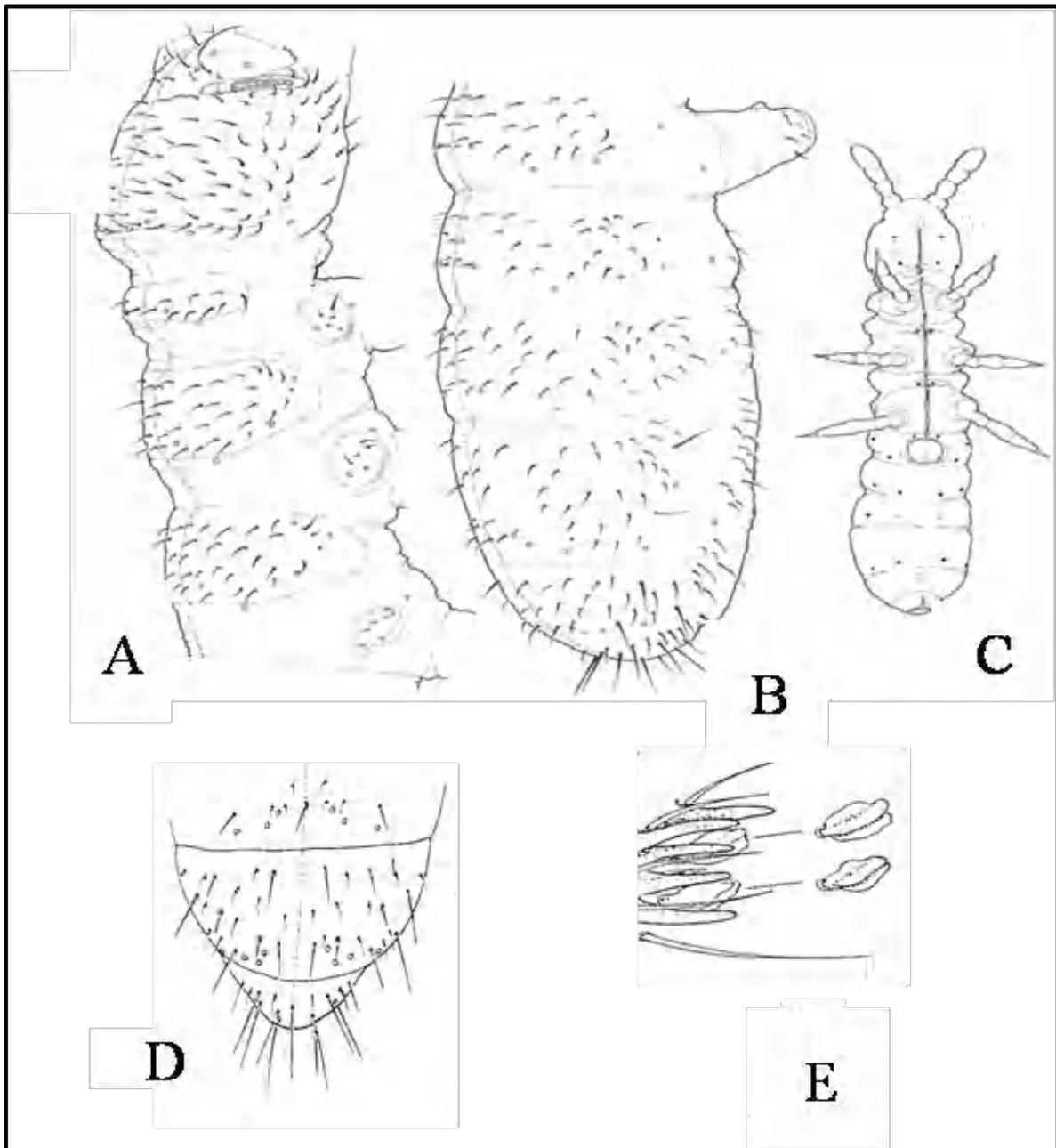


Figure 60. *Deuteraphorura cebennaria*. (A): Chétotaxie de tête et thorex; (B): Vue dorsolatérale de l'abdomen; (C): Vue ventrale montrant la disposition des pseudocelles et des parapseudocelle; (D): Chétotaxie d'Abd.IV-V; (E): Organe antennaire sur Ant. III (Fjellberg, 1998 ; Greenslade *et al.*, 2012)

Genre *Protaphorura* Absolon, 1901

36. *Protaphorura armata* (Tullberg, 1869)

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

Biotope : Litière de chêne liège, litière de chêne zen, litière de chêne vert, mousse sur sol, bois mort, milieu humide et sol.

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

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 1998).

Famille Tullbergiidae Bagnall, 1935

Genre *Fissuraphorura* Rusek, 1991

37. *Fissuraphorura* sp.

Diagnose : La pigmentation corporelle est absente. Les épines anales sont simples dans ce genre. Extrémité distale du tibiotarse avec des soies faiblement développées. Premier segment thoracique avec 1 + 1 pseudocelle. Quatrième segment antennaire sans grande papille apicale. Organe postantennaire avec 6-8 vésicules en forme de grain sur 2 rangées. Organe sensoriel du troisième segment antennaire chez l'adulte avec 2-3 soies sensorielles fortement épaissies. Sixième segment abdominal a des épines dorsolatérales devant les épines anales postérieures.

Biotope : Collectée uniquement dans les mousses sur roches.

Citations d'Algérie : Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151, comme *Fissuraphorura* sp.).

Genre *Mesaphorura* Börner, 1901

38. *Mesaphorura macrochaeta* Rusek, 1976 (Fig. 61)

Diagnose : La taille de cette espèce atteint 0.8 mm avec une couleur blanche. Les ocelles sont absents. Organe postantanal avec 38 à 40 vésicules. Les antennes sont courtes que la diagonale de la tête. Article antennaire III avec 2 soies sensorielles courbées l'une contre l'autre, dans lesquelles sont insérées 2 bâtons sensoriels qui sont protégés par un repliement tégumentaire. Le segment abdominal V avec 3+3 soies et Abd. VI présente une épine anale.

Biotope : Trouvées dans la litière de chêne liège et de chêne zen, la mousse sur sol, le bois mort et le sol.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 8); Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009: 36); Brahim-Bounab (2016: 83); Zoughailech (2017; 136); Bendjaballah *et al.* (2018: 402); Bendjaballah (2019: 82) et Brahim-Bounab *et al.*(2020: 17).

Distribution générale : Cosmopolite (Dunger et Schlitt, 2011).

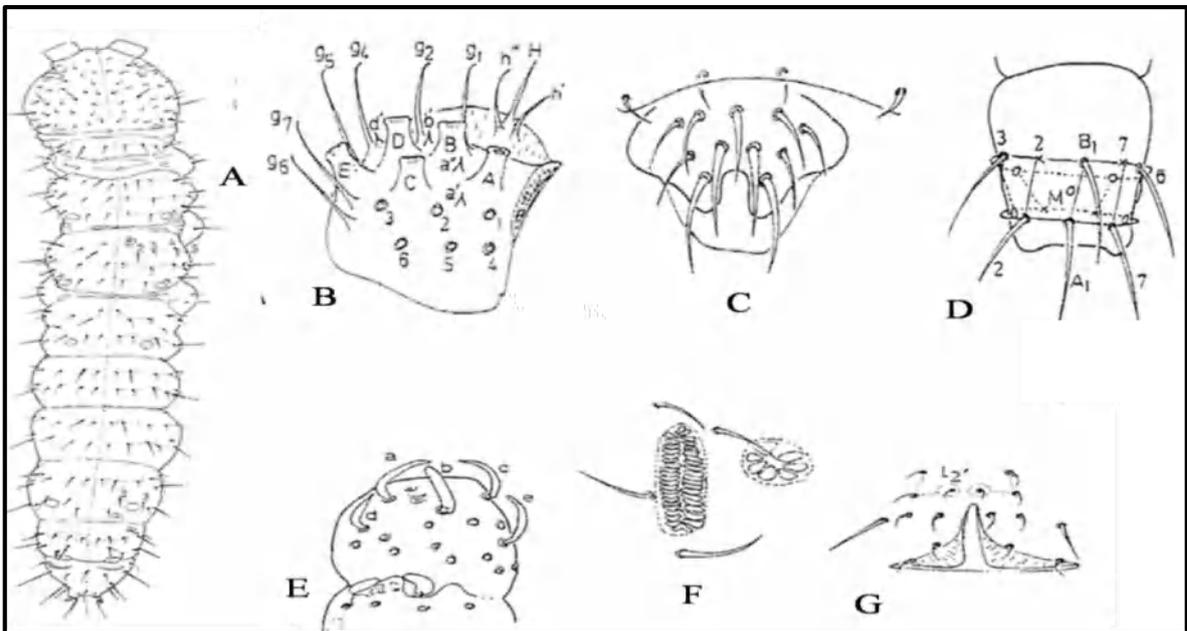


Figure 61. *Mesaphorura macrochaeta*. (A): Chétotaxie dorsale; (B): Labium; (C): Labrum; (D): Chétotaxie sur Tib.II; (E): Sensilles sur Ant.IV; (F): OPA; (G): Soies sur région anale (Fjellberg, 1998)

Ordre ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913

Famille Isotomidae Schaeffer, 1896

Genre *Folsomia* Willem, 1902

39. *Folsomia penicula* Bagnall, 1939

Diagnose : La taille atteint 1,6 mm. La couleur de cette espèce est blanchâtre avec une pigmentation noire dispersée sur tout le corps. Ocelli 2 +2. OPA est étroite. Face ventrale de l'Ant.I avec deux microsensilles apicale et une basale. Thorax est sans soies ventrales. Tube ventral avec 5+ 5 soies distales et 6–7 soies postérieures. Griffes ont une paire de dents latérales près de la base, unguiculus seulement la moitié de la longueur du bord intérieur de la griffe. Manubrium a 15–20 soies. Dens avec 4 soies postérieures.

Biotope : Espèce commune dans les litières, la mousse sur roche, le bois mort, le milieu humide et le sol.

Citations d'Algérie : Zoughailech (2017 : 100); Bendjaballah *et al.* (2018 :403) et Bendjaballah (2019: 119).

Distribution générale : Holarctique (Potapov, 2001).

Genre *Folsomides* Stach, 1922

40. *Folsomides parvulus* Stach, 1922 (Fig. 62)

Diagnose : Corps très long et tubulaire, taille jusqu'à 0,9 mm. Abd.V–VI prolongé. OPA est étroite. Ocelles 2 + 2. Macrochaetes sont bien développées, également sur les segments abdominaux antérieurs. Deux paires de sensilles inférieures sur Abd.V. Retinaculum avec 3 + 3 dents, sans soie. Furca avec des dents longues et minces qui n'ont que 3 soies dorsales. Mucrona deux dents.

Biotope : fréquents dans nos échantillons, dans la mousse sur roche, le bois mort et le sol.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963: 198); Thibaud et Massoud (1980: 517); Hamra-Kroua &Cancela da Fonseca (2009: 36); Bendjaballah *et al.* (2018: 403) et Bendjaballah (2019: 121).

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

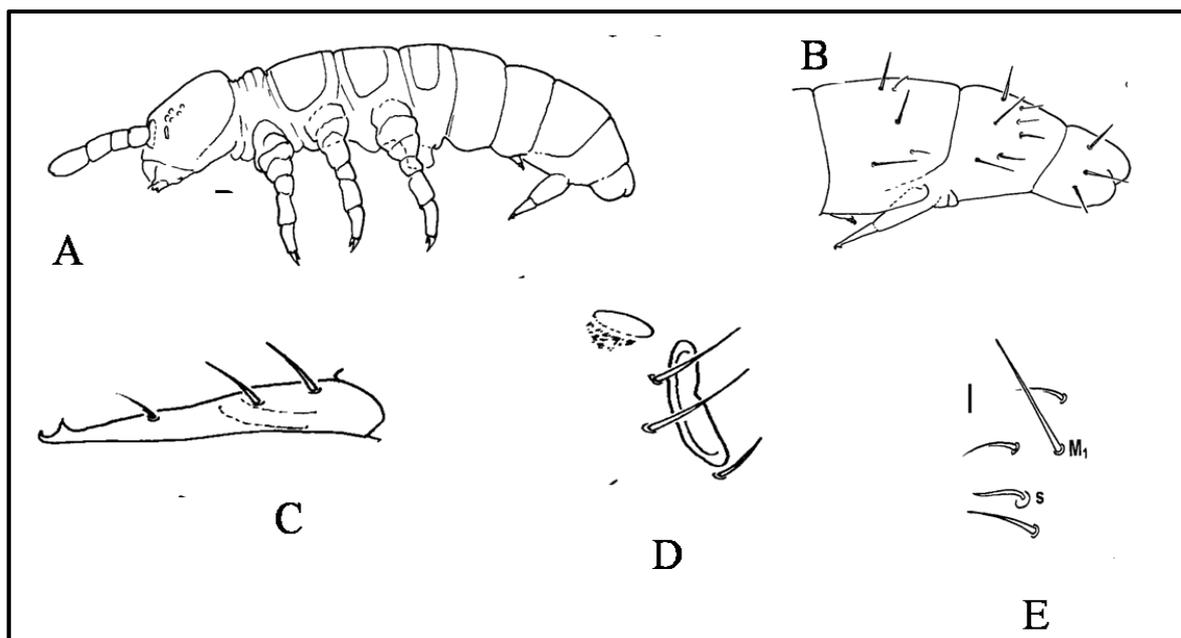


Figure 62. *Folsomides parvulus*. (A):Habitus; (B):Macrochaetes et sensilles sur Abd.IV–VI; (C): Dens et mucron; (D): OPA; (E): Sensilles supérieure sur Abd.IV (Fjellberg, 2007)

41. *Folsomides* sp.

Diagnose : Forme du corps est comme *F. angularis*, avec une longueur d'environ 0,9 mm. La couleur de cette espèce est grisâtre ou marron.

Biotope : Extraite de la mousse sur roche dans la localité de Bouraoui Belhadef.

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018: 403 comme *Folsomides angularis*) et Bendjaballah (2019: 120 comme *Folsomides angularis*).

Distribution générale : Holarctique pour *Folsomides angularis* (Potapov, 2001).

Remarque : Cette espèce est très proche de *Folsomides marchicus* Frenzel, 1941.

Genre *Hemisotoma* Bagnall, 1949

42. *Hemisotoma thermophila* (Axelson, 1900)

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

Biotope : Espèce commune dans nos forêts, trouvée dans la litière de chêne liège, litière de chêne zen, mousse sur arbre, mousse sur roche, mousse sur sol, bois mort et sol.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963: 198, comme *Isotomina thermophila*); Thibaud et Massoud (1980: 517 comme *I. thermophila*); Hamra-Kroua & Allatou (2003: 22); Hamra-Kroua (2005: 86 comme *C. thermophilus*); Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151); Baquero *et al.* (2009: 68); Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009: 36); Zoughailech (2017: 136); Bendjaballah (2019: 83) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 19).

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

Genre *Isotoma* Bourlet, 1839

43. *Isotoma viridis* Bourlet, 1839 (Fig. 63)

Diagnose : La couleur est variable, généralement verdâtre sans 3 lignes longitudinales. Bords postérieurs des tergites souvent sombres. Dents manubriales ventro-apicales sont simples. Ant.IV avec une soie subapicale bifurquée. Macrochetes médianes sur Abd.V deux fois plus longues que le tergite. Épines ventro-apicales sur manubrium sont simples. Mucron généralement avec une quatrième dent sur le bord ventral.

Biotope : Collectée dans litière de chêne vert et sur sol à l'aide d'un pinceau.

Citations d'Algérie : Handschin (1928: 5); Thibaud et Massoud (1980: 517); Stomp (1983: 196) ; Zoughailech (2017: 72); Bendjaballah *et al.* (2018: 403) et Bendjaballah (2019: 83).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

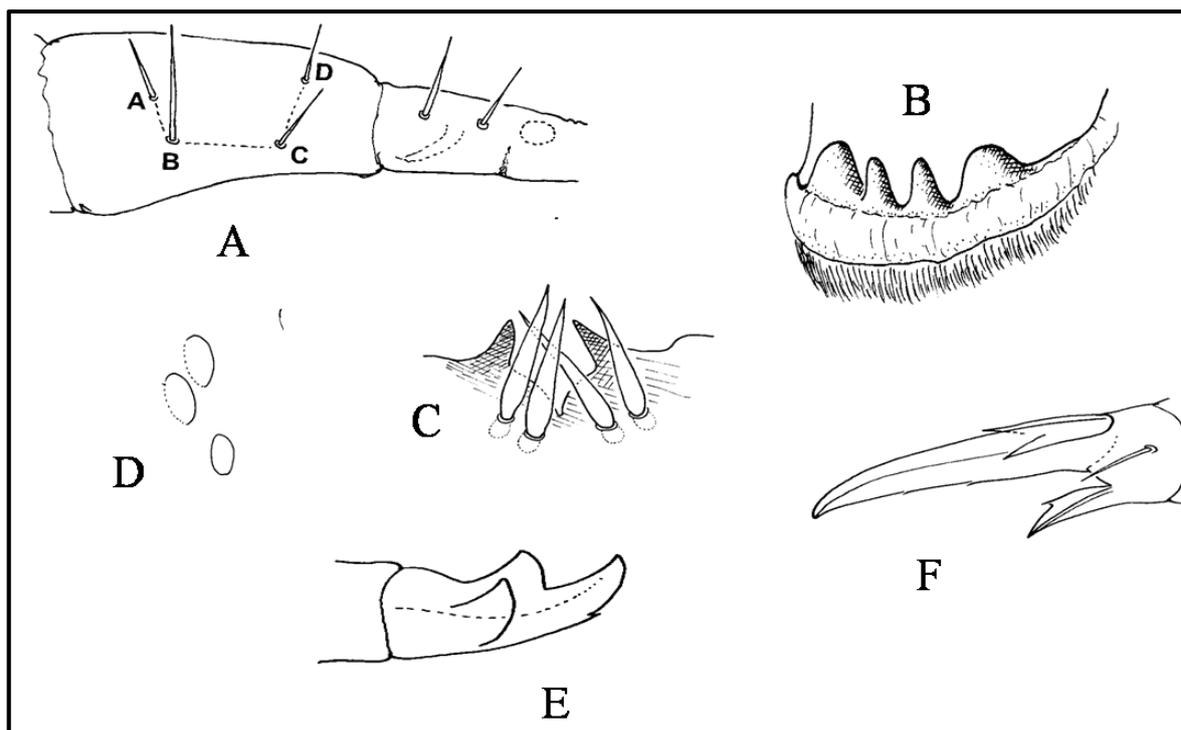


Figure 63. *Isotoma viridis*. (A) : Macrochaetes surmanubrium; (B): Papilles apicales du labrum; (C): Soies en forme d'épines dans la partie ventroapicale du manubrium; (D): OPA; (E): Mucron; (F): Griffe (Fiellberg, 2007)

Genre *Isotomiella* Bagnall, 1939

44. *Isotomiella minor* (Schäffer, 1896)

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

Biotope : Espèce commune dans nos échantillons, récoltée dans la litière de chêne liège, le bois mort et la mousse sur sol.

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

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

Distribution générale : Holarctique (Potapov, 2001).

45. *Isotomurus maculatus* (Schäffer, 1896) sensu Carapelli *et al.* 1995

Diagnose : Longueur du corps est de 2 à 3 mm. Des plaques irrégulières et des taches de couleur variable sont présentes sur les tergites. Tête avec quelques taches sombres ; une tache pigmentée symétrique est présente sur les côtés latéraux d'abd. VI. Tête a 8 + 8 yeux. PAO est ovale. Tube ventral présente 3 + 3 soies. Griffes a des dents extérieures et latérales. Appendice empodial souvent armé d'une dent. Tibiotarsus III avec 4 macrochètes ciliées. Rétinaculum a 10–30 soies ordinaires. Manubrium avec de nombreuses soies courtes.

Biotope : Rencontrée à Béni Belaid, dans la litière de chêne liège et la mousse sur roche.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 86); Zoughailech (2017: 137) et Brahim-Bounab *et al.*(2020: 20, Fig.10).

Distribution générale : La distribution nécessite une révision (Fjellberg, 2007).

46. *Isotomurus palustris* (Müller, 1776) (Fig. 64)

Diagnose : Taille du corps est jusqu'à 2,5 mm ou plus. La Couleur de fond du corps est pâle, avec pigmentation gris bleuté à violet bleuâtre. Une large bande dorsale médiane qui est plus foncé sur Th.II–Abd.I et particulièrement sur Abd.IV–V. La majeure partie de l'Abd.V est sombre, avec une grande tache pâle de chaque côté de la ligne médiane. Les pattes avec une pigmentation bleuâtre, les plus foncées dans les parties coxales. Rétinaculum avec 4 + 4 dents et plus de 20 soies. Furca est grande. Dens avec des granules dorsaux transversaux.

Biotope : Trouvée à Béni Belaid, Texenna, Tassadane Haddada et Filfila, dans la litière de chêne liège, le milieu humide.

Citations d'Algérie : Handschin (1928: 6); Thibaud et Massoud (1980: 518); Hamra-Kroua & Allatou (2003: 22); Hamra Kroua (2005: 87) ; Baquero *et al.* (2009: 68) et Bendjaballah (2019: 83).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

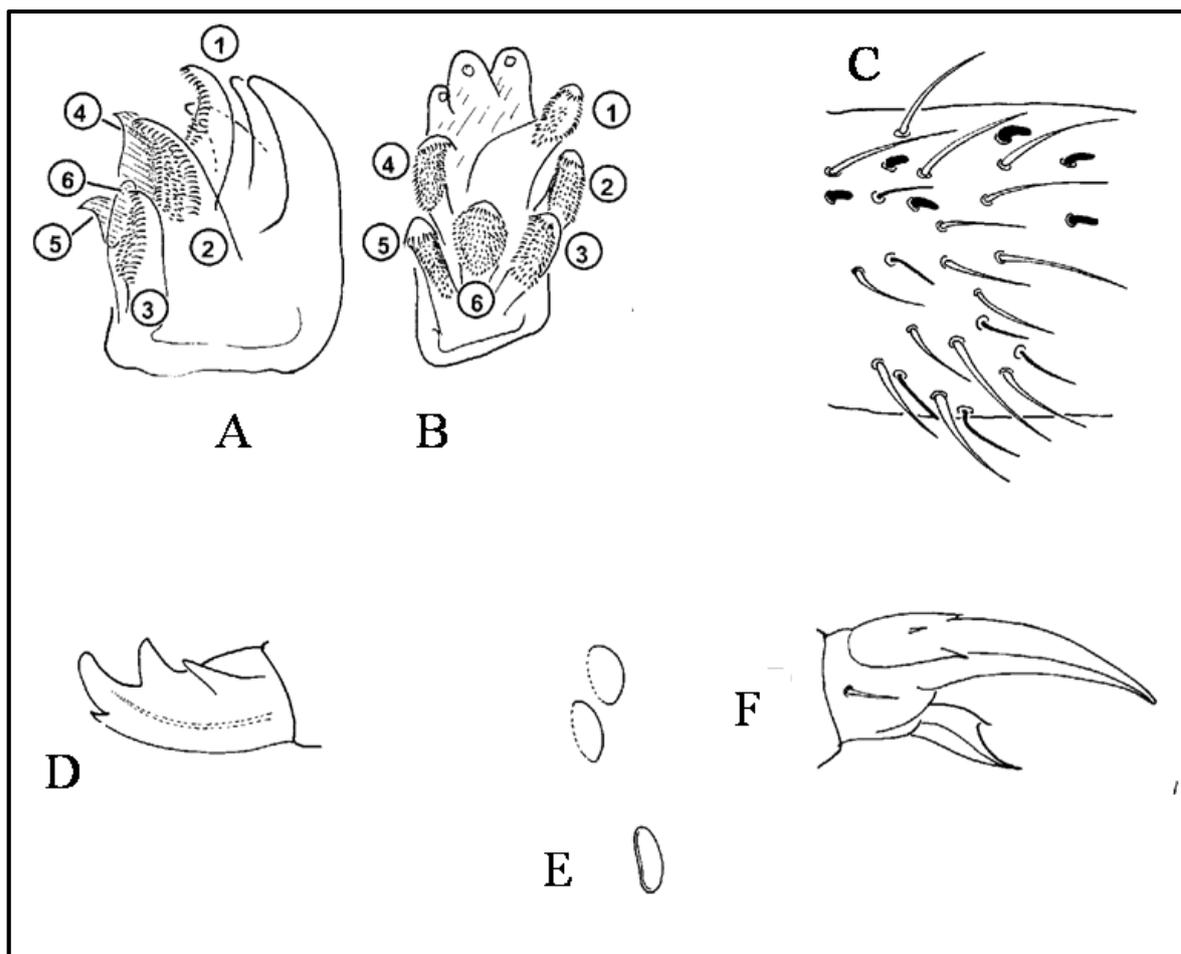


Figure 64. *Isotomurus palustris*. (A-B): Maxille; (C): Ant.IV; (D): Mucron; (E): OPA; (F): Griffes (Fjellberg, 2007)

Genre *Isotomurus* Börner, 1903

47. *Isotomurus* sp1.

Diagnose : Corps est court et habitus d'*Isotoma*. Longueur du corps est 1,3–1,4 mm. Coloration de fond est jaunâtre. Partie antérieure de tergites ont des bandes sombres transversales, plus ou moins diffuses sur le reste du segment. Partie centrale de la tête et les bases des antennes pigmentées.

Biotope : Récoltée sous pierres à Boucif Ouled Askeur.

Remarque : Cette espèce est très proche d'*Isotomurus gallicus*.

48. *Isotomurus* sp2. *

Biotope : Trouvée dans la litière de chêne liège à Jijel.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour l'Algérie.

Genre *Parisotoma* Bagnall, 1940

49. *Parisotoma notabilis* Schäffer, 1896

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

Biotope : Assez fréquente dans les échantillons des litières, la mousse sur roche, la mousse sur sol, le milieu humide, le bois mort et le sol.

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

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

Genre *Proctostephanus* Börner, 1902

50. *Proctostephanus* cf. *cidi* Selga, 1958 (Fig. 65)

Diagnose : Longueur de corps sans antennes est 1-1,3 mm avec une coloration brunâtre. Couronne anale sans dents centrales. Couronne anale avec 7 à 12 dents en forme d'étoile. Dens a 2–4 soies dorsales et 1 ou 2 soies ventro-apicales. Furca est moins développé. Granulation tégumentaire fine, avec seulement des granules primaires. Mucron pas clairement séparé des dens. Mucro et dens sont 2 fois plus courtes que le bord intérieur de l'unguis.

Biotope : Plusieurs individus récoltés dans la litière de chêne liège, la mousse sur roche et la mousse sur sol.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour l'Algérie.

Distribution générale : Méditerranéenne (Arbea, 2003).

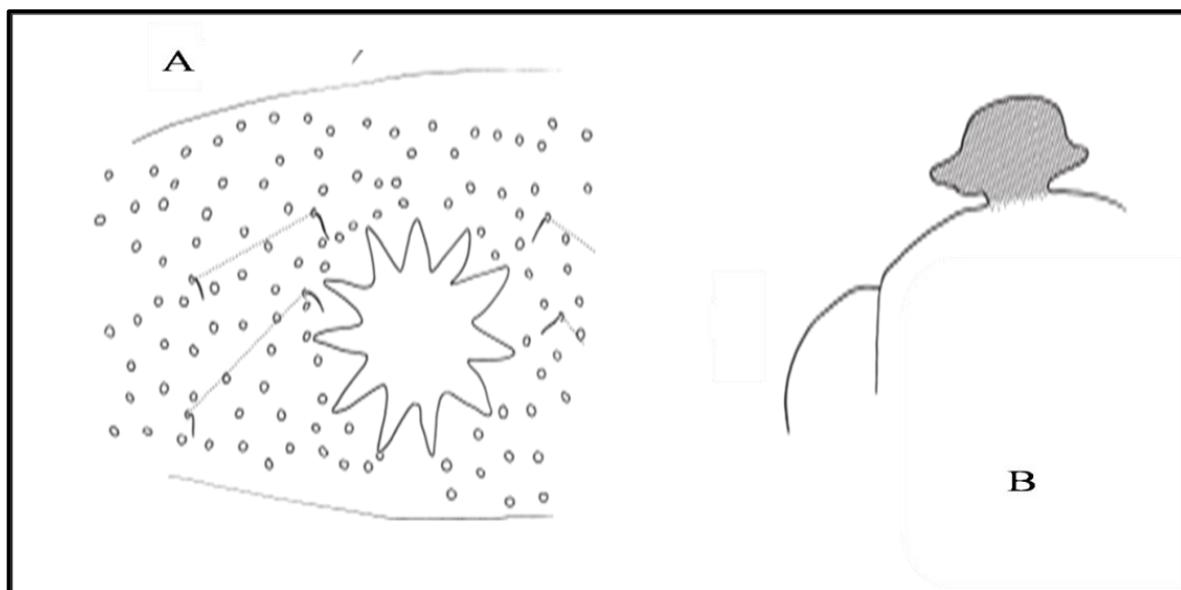


Figure 65. *Proctostephanus cidi*. (A): Vue dorsale d'Abd. V; (B): Modification de la partie postérieure de l'abdomen (Modifié d'après Potapov *et al.*, 2015)

51. *Proctostephanus sanctiaugustini* Cassagnau, 1963 (Fig. 66)

Diagnose : Cette espèce a une longueur de 1 mm. Sa couleur est bleu-vert. Couronne anale avec un ensemble irrégulier de 9 à 10 dents et de 6 à 10 dents centrales. Soies de longueur moyenne formant un revêtement uniforme dense. Les ocelles 8+8 et OPA est oval. Les griffes et appendice empodial sont simples. Il y a 2 ergots peu différenciés, légèrement plus courts que la crête interne de la griffe. Tube ventral pourvu de 5+5 soies. Rétinacle porte 3+3 dents. Furca est courte. Mucron est bidenté. Manubrium porte 20 soies dorsales et 1 paire de soies ventrales.

Biotope : Trouvée dans la litière de chêne liège, le bois mort et la mousse sur sol.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 :198); Thibaud et Massoud (1980: 518); Hamra Kroua (2005: 87); Thibaud (2013: 234); Zoughailech (2017: 72); Bendjaballah *et al.* (2018: 405, Fig.15) et Bendjaballah (2019: 126).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Potapov, 2001).

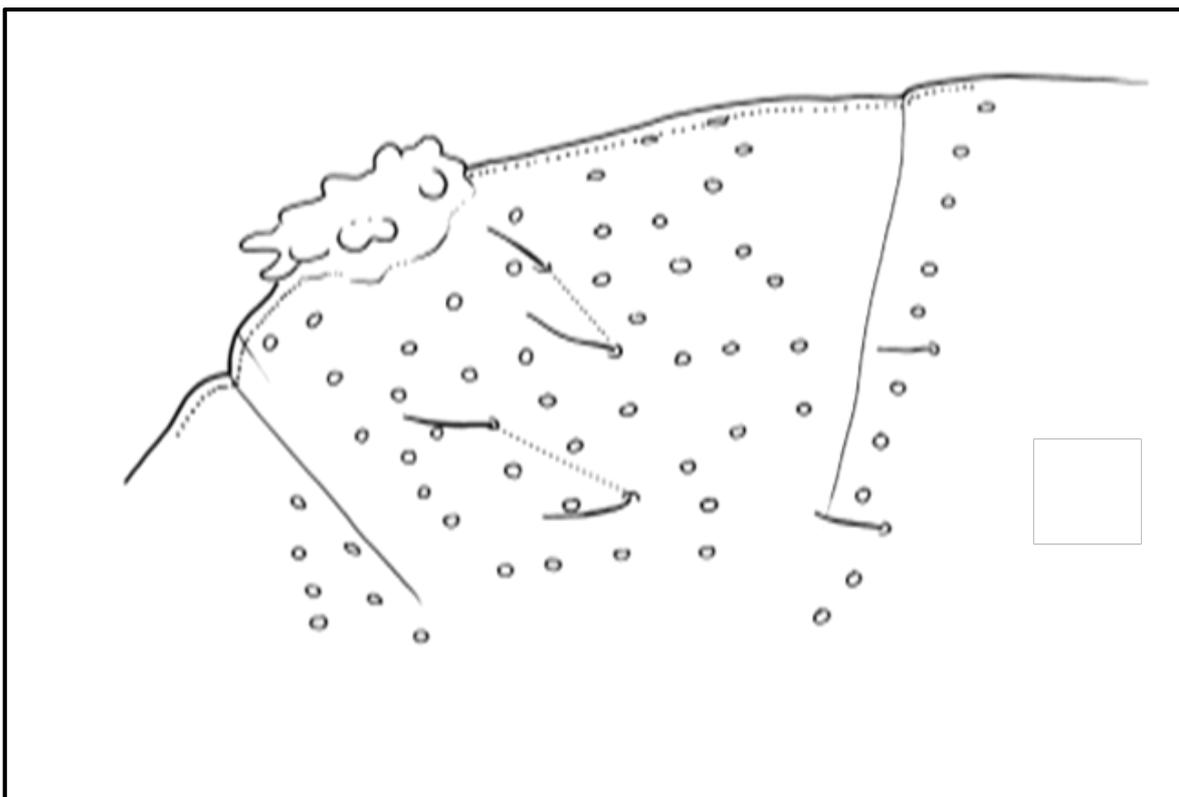


Figure 66. *Proctostephanus sanctiaugustini*. Vue latérale de partie postérieure d'Abd. V (Modifié d'après Potapov *et al.*, 2015).

Genre *Proisotoma* Börner, 1901

52. *Proisotoma minuta* (Tullberg, 1871)

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

Biotope : Espèce très fréquente dans les litières, les mousses, le milieu humide, le bois mort et le sol.

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

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

53. *Proisotoma* sp.

Biotope : Collectée exclusivement dans la mousse sur roche.

Citations d'Algérie : Handschin (1928: 5, comme *Proisotoma ripicola* et *Proisotoma schoetti*); Delamare (1953 : comme *Proisotoma oeensis*); Thibaud et Massoud (1980: 518, comme *Proisotoma ripicola*, *Proisotoma schoetti* et *Proisotoma oeensis*) et Bendjaballah (2019: 83, comme *Proisotoma* sp.).

Genre *Proisotomodes* Bagnall, 1949

54. *Proisotomodes bipunctatus* (Axelson, 1903) (Fig. 67)

Diagnose : Cette espèce a une taille environ 1,0 mm. Corps est mince, cylindrique, avec fusion Abd.V–VI et une longue furca. Couleur bleuâtre, d'intensité de pigmentation variable. Ocelles 8 + 8. Mucron à 2–3 dents et sans soies latérales. Tibiotarses ont 7 soies apicales.

Biotope : Récoltée à Boucif Ouled Askeur et Tassadane Haddada dans le bois mort.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 86 comme *Cryptopygus bipunctatus*) ; Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009: 36 comme *Cryptopygus bipunctatus*) et Brahim-Bounab *et al.*(2020: 21).

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

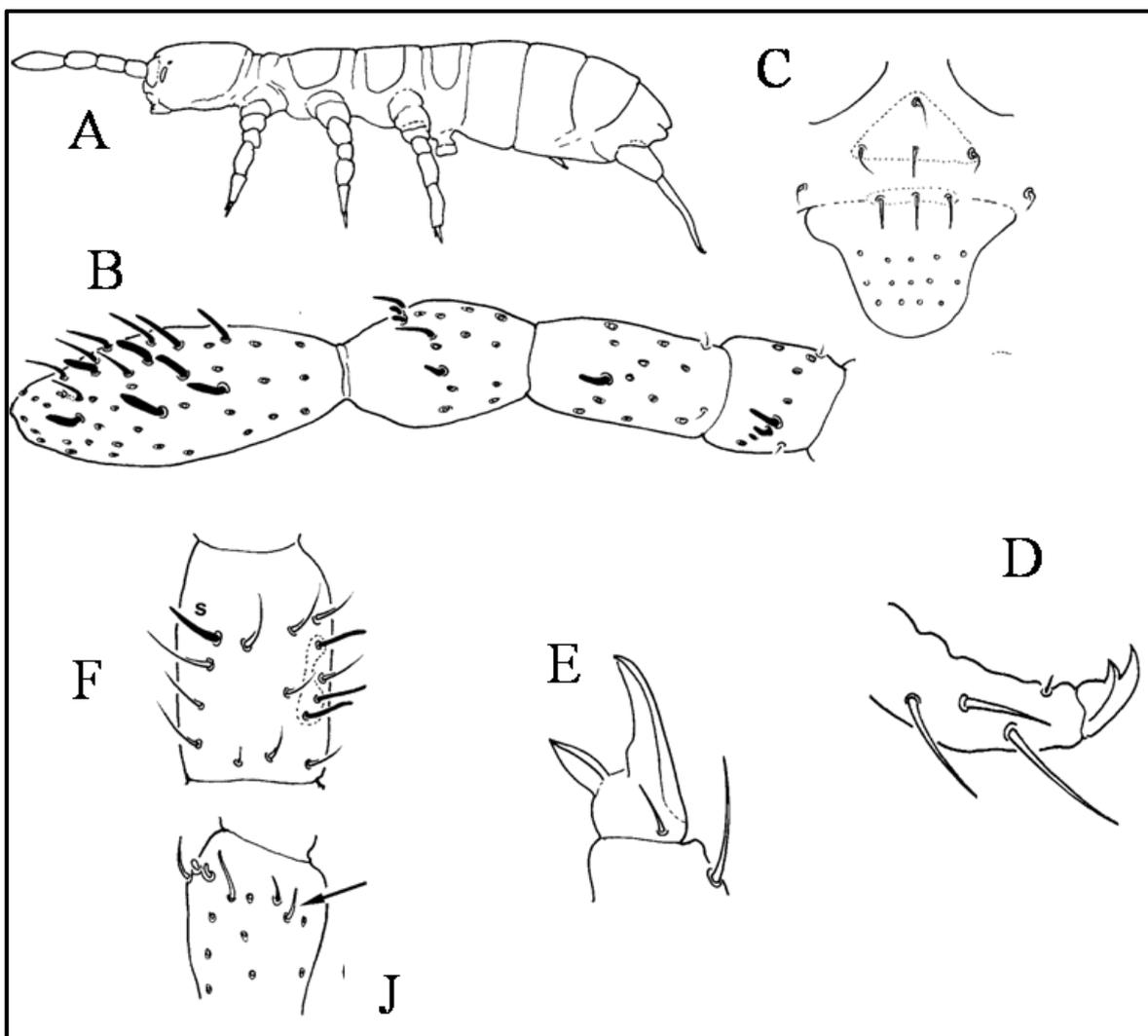


Figure 67. *Proisotomodes bipunctatus*. (A): Habitus; (B): Sensille antennaire; (C): Labrum; (D) : Mucron et dens; (E): Griffes; (F): Sensille ventrale sur Ant.II; (J): Organe Ant.III (modifié d'après Fjellberg, 2007)

Genre *Tetracanthella* Schött, 1891

55. *Tetracanthella pilosa* Schött, 1891

Diagnose : Cette espèce est de longueur 0,8 à 1,1 mm. Coloration est gris foncé, y compris les antennes. Mésochètes dorsaux assez longs en arrière d'Abd.IV. Lobe externe de la maxille avec 1 poil sub-lobal. Sternite de Th.III sans soie. Appendice empodial est réduit. Rétinacle a 3+3 dents et 1 soie. Manubrium a 10 – 12 + 10 – 12 soies dorsales. Dens longue et munie de 3 soies dorsales et 1 soie ventrale subapicale. Mucron est bidenté. Epines anales est assez courtes.

Biotope : Dizaine des spécimens rencontrés dans la litière de chêne liège, les mousse, le milieu humide et le bois mort.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 87); Zoughailech (2017: 137); Bendjaballah *et al.* (2018: 405); Bendjaballah (2019: 83) et Brahim-Bounab *et al.*(2020: 21).

Distribution générale : Méditerranéenne (Potapov, 2001).

56. *Tetracanthella n.sp.* *

Diagnose : Corps allongé. Prothorax très raccourci. Ant. V segmenté. 8 Ocelles de chaque côté. Organes post-antennaires présents. 4 Cornes anales. Micron bien développé.

Unguiculus présent ou absent. Tégument réticulé, non tuberculé.

Biotopé : Rare dans nos échantillons, récoltée uniquement à Jijel dans la mousse sur roche..

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour la science.

Famille Oncopoduridae Carl et Lebedinsky, 1905

Genre *Oncopodura* Carl et Lebedinsky, 1905

57. *Oncopodura crassicornis* Shoebbotham, 1911 (Fig. 68)

Diagnose : Taille du corps est 0,6–0,8 mm, sans yeux ni pigment. Corps est court et les antennes sont plus courtes que la tête. Maxille avec capitule a 3 dents et lamelles sont ciliées. Griffes sont non dentées et les soies latérales proximales sont prolongées. Rétinaculum a 4+4 dents, sans soie. Dens avec un ensemble caractéristique de soies en forme d'épine modifiées, mucron porte 4 dents et une large écaille ventrale. Verticille apical des tibiotarses avec seulement 5 soies qui sont lisses et les autres soies tibio-tarsiennes sont ciliées.

Biotopé : Collectée à Jijel dans la mousse sur sol et le bois mort.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963: 199); Stomp (1974:118, comme *O. delhezi*) ; Thibaud et Massoud (1980: 519); Hamra-Kroua (2005: 87); Hamra-Kroua et Cancela da Fonseca (2009: 36); Zoughailech (2017: 137) ; Bendjaballah *et al.* (2018: 405); Bendjaballah (2019: 83) et Brahim-Bounab *et al.*(2020: 22).

Distribution générale : Paléarctique (Fjellberg, 2007).

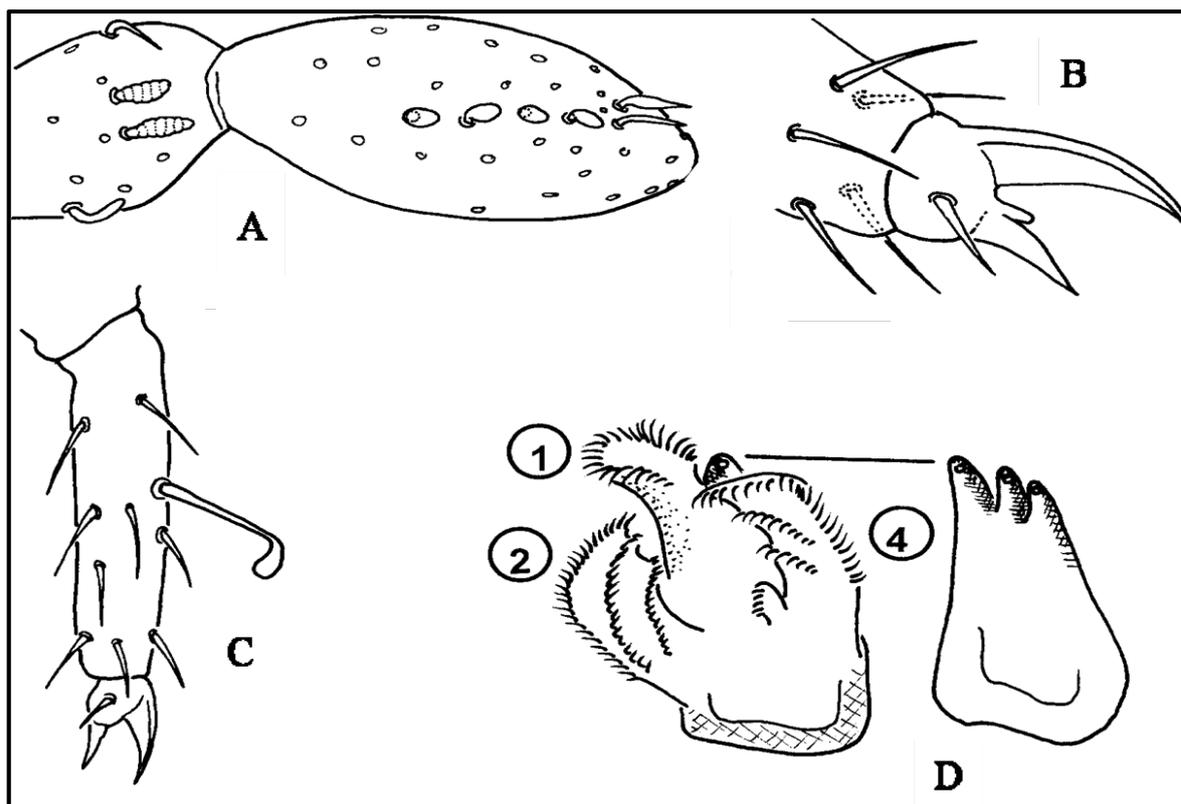


Figure 68. *Oncopodura crassicornis*. (A): Sensille sur Ant.III–IV; (B): Griffes; (C): Tib.II; (D): Maxille (Fjellberg, 2007)

Famille Tomoceridae Schäffer, 1896

Genre *Tomocerus* Nicolet, 1842

58. *Tomocerus minor* (Lubbock, 1862) (Fig. 69)

Diagnose : La taille de cette espèce atteint jusqu'à 4 mm, sa couleur grisâtre, avec une pigmentation variable dans la partie antérieure du corps. Champ fronto-clypique est rouge bleuâtre. Tibiotarse plus foncé que le fémur, rouge bleuâtre. Dens avec 3 épines et mucron a 5–7 dents sur la lamelle dorsale externe, dent basale externe avec une petite dent secondaire. Griffes portent 4–6 dents intérieures.

Biotope : Récoltée dans la litière de chêne liège et le bois mort.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963: 198); Thibaud et Massoud (1980: 518); Hamra-Kroua et Allatou (2003: 23); Hamra Kroua (2005: 87); Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151); Baquero *et al.* (2009: 68); Hamra-Kroua et Cancela Da Fonseca (2009: 36); Zoughailech (2017: 72); Bendjaballah *et al.* (2018: 406) et Bendjaballah (2019: 134).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

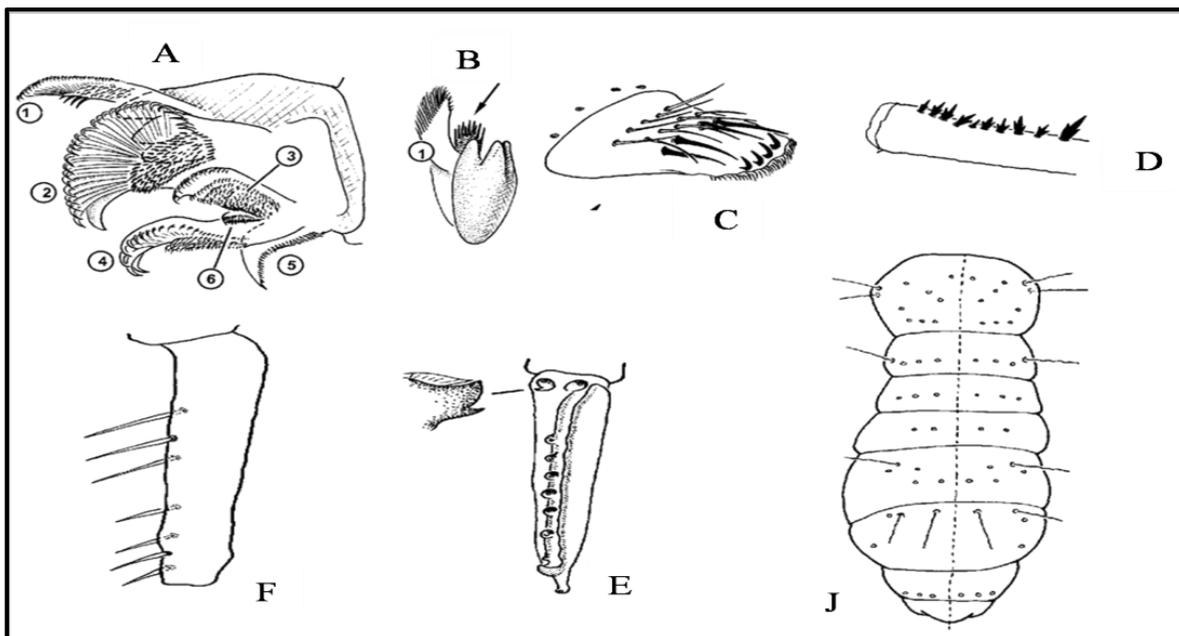


Figure 69. *Tomocerus minor*. (A) : Maxille; (B): Partie lamellaire 1 avec sa «brosse à dents» (flèche); (C): Labrum; (D): Epines dentaires; (E): Mucron; (F): Macrochètes sur la face interne du Tib.III; (J): Répartition des Macrochètes et trichobothrie, spécimen juvénile (modifié d'après Fjellberg, 2007)

59. *Tomocerus vulgaris* (Tullberg, 1871)

Diagnose : Taille du corps jusqu'à 4 mm. Mucron avec jusqu'à 10 petites dents dans la section médiane. Palpe maxillaire avec une lamelle.1 étroite, portant un petit champ de denticules derrière la ciliation apicale. Lamelle.2 avec une seule rangée de longs râteaux en plus d'un champ proximal de denticules. Épines dorsales des dens sont simples.

Biotope : Espèce rare dans nos échantillons, récoltée uniquement dans la mousse sur roche.

Citations d'Algérie : Baquero *et al.* (2009: 68).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Famille Entomobryidae Schäffer, 1896

Genre *Entomobrya* Rondani, 1861

60. *Entomobrya marginata* (Tullberg, 1871) *

Diagnose : La taille de cette espèce est environ 2 mm, qui a des pigmentations bleu violet, et se caractérise par des bandes étroites le long des bords postérieurs de Th.II–III. Ces bandes sont uniformes, sans saillies triangulaires dans les parties latérales. La plupart des Abd.IV–VI et les parties latérales des autres tergites à pigmentation bleu grisâtre. Antennes et pattes

(en particulier la dernière paire) également sombres. Papilles labrales sont lisses et la vésicule apicale sur Ant.IV est bilobée. Dents latérales des griffes sont fixées à la base.

Biotope : Trouvée dans la litière de chêne zen à Djimla et Sur sol à Bouraoui Belhadeh et Texenna.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour l'Algérie.

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

61. *Entomobrya multifasciata* (Tullberg, 1871) (Fig. 70)

Diagnose : La taille de cette espèce est jusqu'à 1,5 mm. Pigmentation est bleuâtre. Sa caractéristique est les bandes postérieures étroites et pointues sur Th II – Abd. I qui ne sont pas ou seulement reliées de manière diffuse aux bandes latérales, les deux taches latérales triangulaires sur la bande postérieure de l'Abd. II–III, la bande postérieure pointue d'Abd.III qui se connecte latéralement avec la bande latérale d'Abd.IV. Les trois segments antennaires distaux et la pointe d'Ant.I sont sombres. Les pattes sont pales, sauf sous-coxes et fémurs de 2 dernières paires de pattes.

Biotope : Quelque spécimen a été récolté à Djimla dans la litière de chêne zen et à Bouraoui Belhadeh dans la mousse sur roche et bois mort.

Citations d'Algérie : Handschin (1928: 6); Thibaud et Massoud (1980: 518); Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151); Zoughailech (2017: 72); Bendjaballah *et al.* (2018: 405) et Bendjaballah (2019: 133).

Distribution générale : Holarctique (Jordana, 2012).

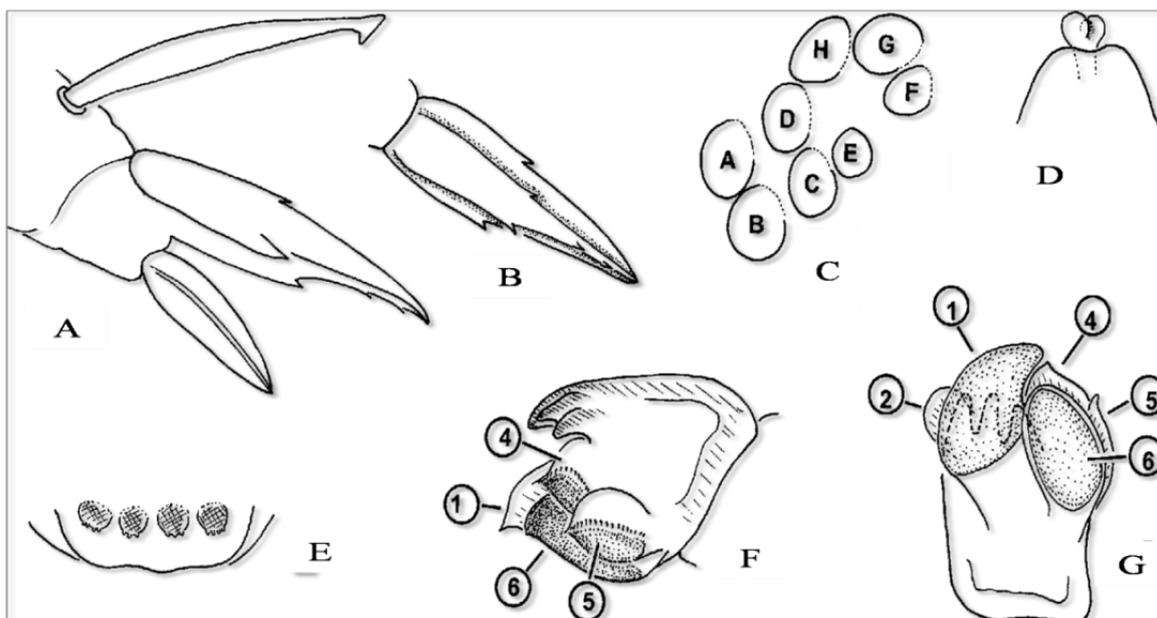


Figure 70. *Entomobrya multifasciata*. (A): Griffe avec soies apicales spatulées sur tibiotarses; (B): Vue ventrale d'unguis; (C): Ocelles; (D): Papille apicale d'Ant. IV; (E): Papilles apicales du labrum; (F): Vue dorsale maxillaire droit; (G): Vue axiale de ditto (Fjellberg, 2007)

62. *Entomobrya numidica* Baquero, Hamra-Kroua et Jordana, 2009

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

Biotope : Récoltée sur les plantes et herbes par un aspirateur à bouche.

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

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

Genre *Heteromurus* Wankel, 1860

63. *Heteromurus major* (Moniez, 1889)

Diagnose : La longueur est 3 mm et de coloration jaunâtre avec un pigment violet diffus, écailles brun fumeux dans l'alcool. Deux yeux de chaque côté, zones oculaires noires. Les 3 derniers articles antennaires sont violets. Face interne du tibiotarse III avec seulement 1 soie

lisse sur la face subapicale. Soie sensorielle des tibiotarses élargie en forme de spatule à l'extrémité. Partie non annelée de la dens 5-10 fois plus longue que le mucron.

Biotope : Très commune dans nos échantillons des litières, les mousses, le milieu humide, le bois mort et le sol.

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

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

64. *Heteromurus nitidus* (Templeton, 1835) (Fig. 71)

Diagnose : Taille du corps est jusqu'à 2,0 mm. Elle est blanche avec pigment rougeâtre diffus sur le corps et sous les 1 + 1 ocelles. Toutes les soies de la région buccale, le champ fronto clypeal et la face ventrale de la tête sont lisses. Manubrium avec environ 10 +10 soies dorsales lisses. La région anale inférieure avec deux macrochetes lisses. La région ventro-manubrial avec 2–3 petites dents. Tibiotarse a double rangée de soies lisses sur la face interne.

Biotope : Espèce assez fréquente, trouvée dans les litières, les mousses et le bois mort.

Citations d'Algérie : Handschin (1926: 125); Stomp (1974: 114); Thibaud et Massoud (1980: 518); Stomp (1983: 196); Hamra-Kroua et Allatou (2003: 23); Hamra-Kroua (2005: 129); Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151); Baquero *et al.* (2009: 68); Zoughailech (2017: 137) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :23).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

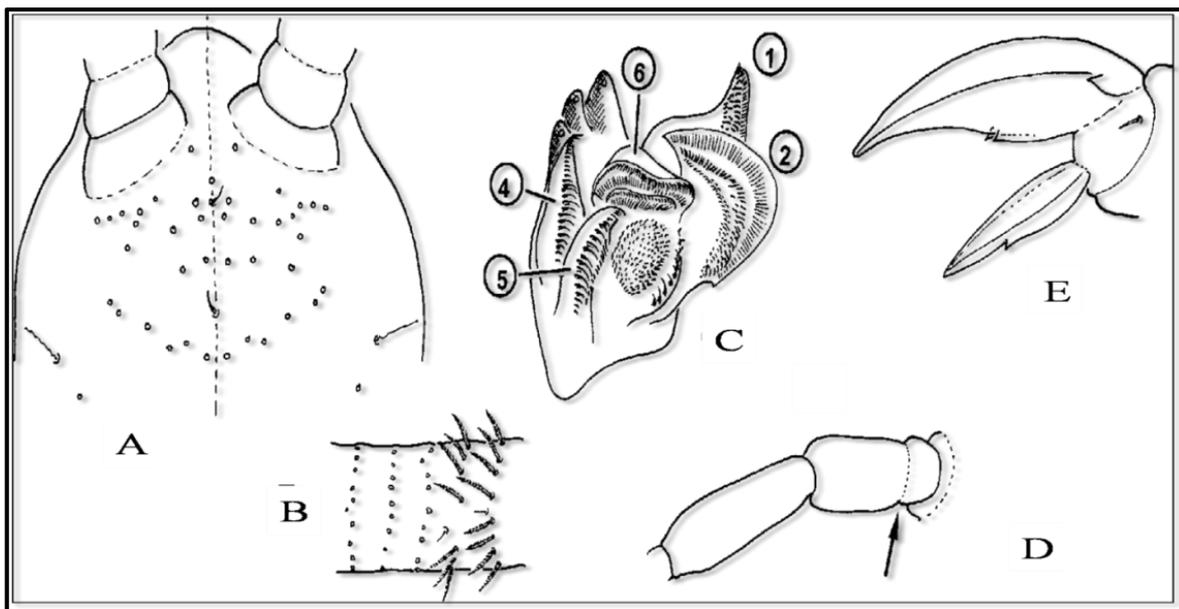


Figure 71. *Heteromurus nitidus*. (A): Macrochètes sur la face dorsale de la tête;(B) : Distribution des soies dans la section médiane de l'Ant. IV; (C): Maxille; (D) : Ant. I-II avec sous-segmentation d'Ant. I; (E): Griffes (Fjellberg, 2007).

65. *Heteromurus n.sp.* *

Biotope : Espèce rare dans nos stations, récoltée uniquement sous des pierres à Djimla et Bouraoui Belhadef.

Citations d'Algérie : Nouvelle espèce pour la science et pour l'Algérie.

Genre *Lepidocyrtus* Bourlet, 1839

66. *Lepidocyrtus lignorum* (Fabricius, 1775) (Fig. 72)

Diagnose : Taille est jusqu'à 1,6 mm. Couleur pale, souvent bleue à la base des pattes, sur la face dorsale de la tête et dans la partie postérieure de l'Abd. IV. Antennes sont bleutées dans la partie distale. Écailles présentes sur les deux premiers segments des antennes et sur les pattes. Unguiculus est lancéolé et sans dents.

Biotope : Peu d'espèces collectées dans le bois mort à Jijel.

Citations d'Algérie : Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151); Zoughailech (2017: 72); Bendjaballah *et al.* (2018: 393) et Bendjaballah (2019: 83).

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

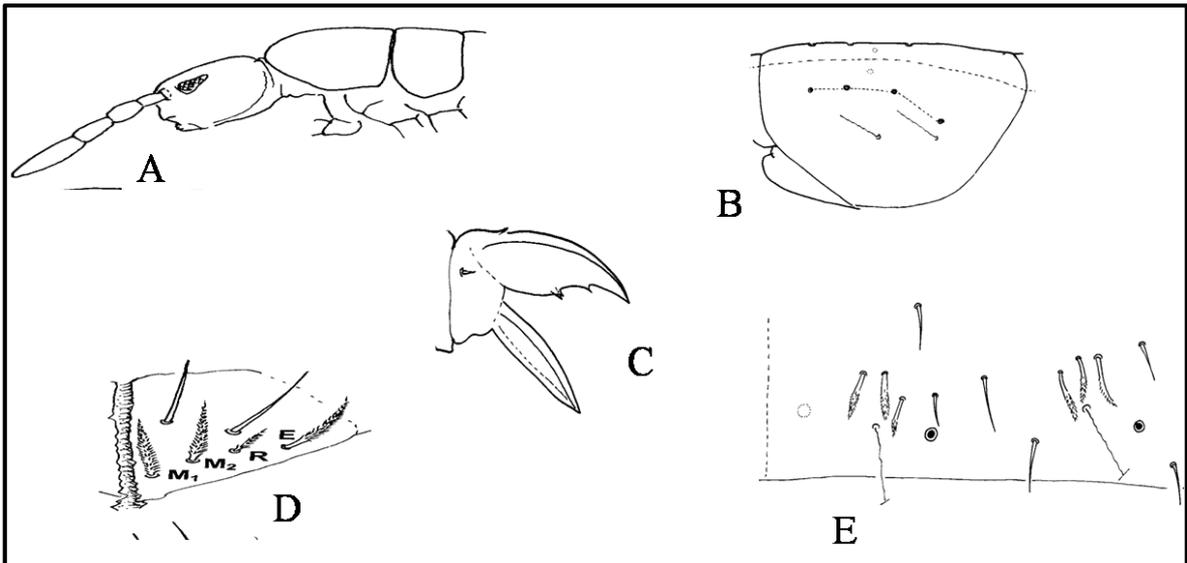


Figure 72. *Lepidocyrtus lignorum*. (A): Profil de la tête et du thorax; (B): Macrochètes sous forme de points noirs et trichobothrie sur Abd.IV; (C): Griffes; (D): Labium; (E): Chaetotaxie sur le côté droit de Abd.II (Fjellberg, 2007)

67. *Lepidocyrtus* sp.

Diagnose : La taille de cette espèce atteint 3 mm. Pigment bleu violacé ou rougeâtre présent à la base des deux premières paires de pattes, et dans les parties distales des antennes.

Biotope : Pas rare dans nos échantillons, récoltée dans la litière de chêne liège, le milieu humide et le bois mort.

Citations d'Algérie : Très proche de *Lepidocyrtus curvicollis* citée par Handschin (1926: 123); Handschin (1928: 06) et Hamra-Kroua (2005: 87).

Distribution générale : Holarctique pour *Lepidocyrtus curvicollis* (Fjellberg, 2007).

Genre *Orchesella* Templeton, 1835

68. *Orchesella cincta* (Lubbock, 1758)

Diagnose : Taille du corps est plus de 3,0 mm. Se caractérise par un disque dorsal sombre sur l'Abd.III et une partie blanche d'Abd.II. Corps avec une couverture dense de soies ciliées et de longs macrochètes. Ocelle sont 8+8. OPA est absente. Antennes sont longues. Mandibules sont normales et fortes. Maxille avec un capitule a 3 dents. Rétinaculum avec 4 + 4 dents et une soie. Mucron porte deux dents et une épine. Griffes sont fines et bord intérieur de l'unguis avec une dent au milieu.

Biotope : Espèce fréquente dans la litière de chêne liège, la mousse sur sol, le milieu humide, le bois mort, sous pierres et sur sol.

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

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

69. *Orchesella quinquefasciata* (Bourlet, 1843)

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

Biotope : Rencontrée dans la mousse sur roche, le bois mort et sur sol.

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

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

70. *Orchesella villosa* (Geoffroy, 1762)

Diagnose : Corps avec une dense de soies ciliées et de longues macrochètes. Couleur violâtre avec des taches irrégulières. Bandes dorsolatérales sur le thorax brisés en plaques obliques. Abd.III avec un patch arqué caractéristique, s'ouvrant vers l'avant. Sous-segment basal de l'Ant.I est pâle. Ocelles sont 8 +8. OAP est absent. Antennes sont longues. Maxille a 3 dents. Retinaculum porte 4 +4 dents et une soie. Furca est longue et mince, épaissement manubrial avec quelques dents. Macron à deux dents.

Biotope : Récoltée dans la litière de chêne, la mousse sur roche, le bois mort et sur sol.

Citations d'Algérie : Denis (1925: 284, comme *Orchesella luteola*); Handschin (1928:7); Cassagnau (1963: 204) et Thibaud et Massoud (1980: 540).

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

Genre *Pseudosinella* Schäffer, 1897

71. *Pseudosinella alba* (Packard, 1873) (Fig. 73)

Diagnose : Taille du corps jusqu'à 1,1 mm. De couleur blanche, à l'exception de la petite tache oculaire foncée. Ocelles 2 + 2. Abd.IV avec 3+ 3 macrochètes dans le champ médian. Unguiculus a des dents internes appariées inégales, la dent postérieure plus grande que l'antérieure. Dents latérales petites, au 1/3 basal. Bord ventral de l'unguiculus est non denté.

Biotope : Trouvée à Jijel dans la litière de chêne liège et le bois mort et à Grarem Gouga dans le bois mort.

Citations d'Algérie : Hamra Kroua (2005: 87) et Bendjaballah (2019: 84).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

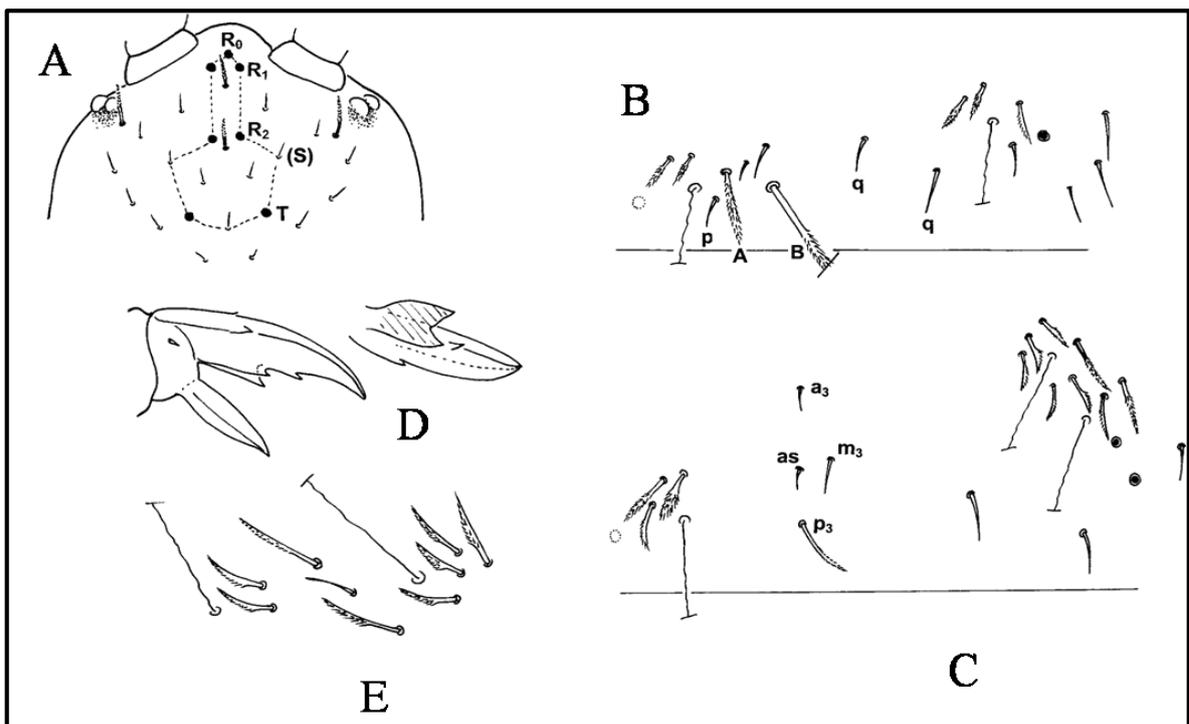


Figure 73. *Pseudosinella alba*. (A): Chétotaxie de la tête; (B): Chétotaxie sur le côté droit de Abd.II; (C): Chétotaxie d'Abd.IV; (D): Griffes et l'unguis; (E): Trichobothrie sur Abd.IV (Fjellberg, 2007)

72. *Pseudosinella* sp.

Biotope : Récoltée dans la litière de chêne liège et le sol.

Citations d'Algérie : 2 autres espèces citées en l'Algérie. *Pseudosinella albida* par Hamra-Kroua (2016: 87); Zoughailech (2017: 137) et Brahim-Bounab *et al.*(2020: 24) et *Pseudosinella octopunctata* par Hamra-Kroua et Allatou (2003: 22); Hamra-Kroua (2016: 87); Zoughailech (2017: 137) et Brahim-Bounab *et al.*(2020: 24).

Distribution générale : Européenne pour *Pseudosinella albida* (Bellinger *et al.*, 2019) et Cosmopolite pour *Pseudosinella octopunctata* (Fjellberg, 2007).

Genre *Seira* Lubbock, 1869

73. *Seira domestica* (Nicolet, 1842) (Fig. 74)

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

Biotope: Collectée dans les litières, les mousses, le milieu humide et le bois mort.

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

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

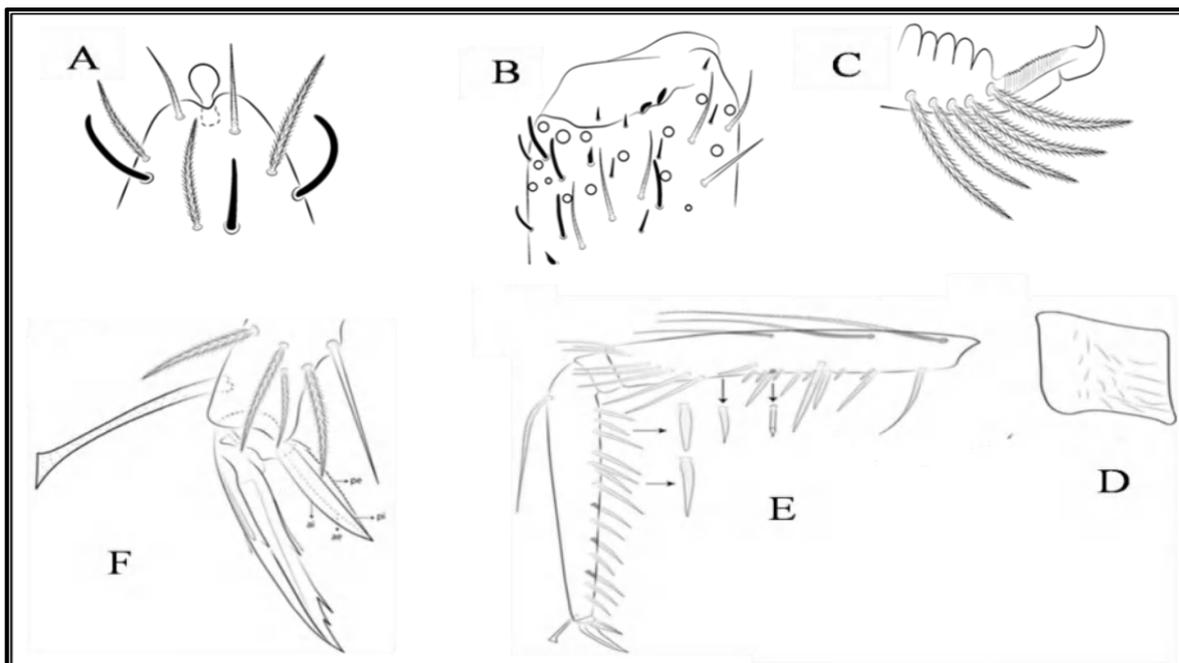


Figure 74. *Seira domestica*. (A): Ant.IV; (B): Ant.III; (C): Dens et mucron; (D): Organe trochanteral; (E): Chaetotaxie du fémur et du tibia I; (F): Tibiotarse et complexe empodial III (Cipola *et al.*, 2018)

74. *Seira sp.*

Biotope : Chassée à l'aide d'un aspirateur à bouche sous des petites pierres.

Citations d'Algérie : Denis (1924: 239, comme *Seira lesnei* et *Seira squamoornata obscuriventris*); Denis (1925: 255, comme *Seira rosei*); Handschin (1926: 124, comme *Lepidocyrtinus incertus*); Handschin (1928: 15, comme *Lepidocyrtinus incertus*, *Lepidocyrtinus dollfussi*, *Lepidocyrtinus rosei* et *Lepidocyrtinus obscuriventris*); Delamare-Deboutteville (1948: 3, comme *Lepidocyrtinus squamoornatus f. incolorata*); Jacquemart (1974: comme *Seira algira*, *Seira debruyni*, *Seira insalahi* et *Seira vanderheydeni*); Thibaud et Massoud (1980: 519, comme *Seira dollfusi*, *Seira lesnei*, *Seira squamoornata f. incerta*, *Seira quamoornata f. incolorata*, *Seira squamoornata obscuriventris* et *Seira rosei*); Hamra kroua (2005: 87, comme *Seira sp.*); Baquero *et al.* (2009 : 68, comme *Seira punica*); Bendjaballah *et al.* (2018: 408 comme *Seira sp.*); Bendjaballah (2019: 84, comme *Seira sp.*) et Brahim-Bounab *et al.*(2020:24, comme *Seira sp.*).

Genre *Willowsia* Shoebottom, 1917

75. *Willowsia* sp.

Biotope : Collectée par aspirateur à bouche sur sol.

Citations d'Algérie : Hamra Kroua (2005 : 87, comme *Willowsia* sp.).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Remarque : Cette espèce est très proche de *Willowsia buskii* Lubbock, 1870.

Ordre SYMPHYPLEONA Börner, 1901

Famille Dicyrtomidae Börner, 1906

Genre *Dicyrtomina* Börner, 1903

76. *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1842) (Fig. 75)

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

Biotope : Extraite de la litière de chêne liège et de bois mort.

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

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

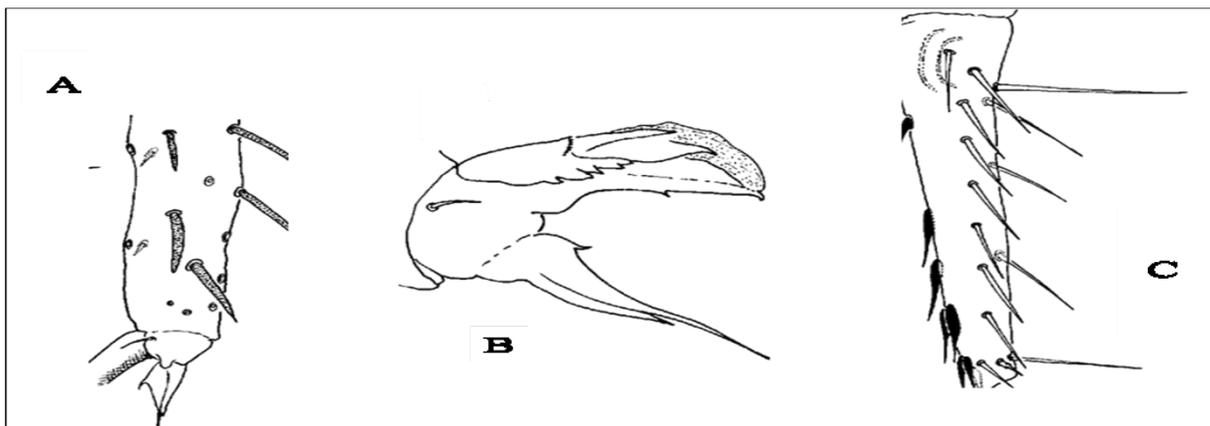


Figure 75. *Dicyrtomina ornata*. (A): Macrochaeta sur la Tib.III; (B): Griffe; (C): Dens (Fjellberg, 2007)

Genre *Ptenothrix* Börner, 1906

77. *Ptenothrix italica* Dallai, 1973

Diagnose : La taille du corps est de 2,5 mm, de couleur noir violet. Le grand abdomen de forme globulaire, en arrière avec de nombreuses épines courtes. La hauteur de la tête et l'antérieur de l'abdomen ont des grandes macrochètes en forme de colonne. L'Ant.II porte de longues soies qui sont deux fois plus longues que le diamètre du segment, Le pigment de cette antenne est violet avec 2 bandes blanches.

Biotope : Espèce rare, rencontrée uniquement dans le bois mort à Béni Belaid et à El Ancer.

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018: 409, Fig.22) et Bendjaballah (2019: 84).

Distribution générale : Méditerranéenne (Bretfeld, 2001).

Famille Katiannidae Börner, 1913

Genre *Sminthurinus* Börner, 1901

78. *Sminthurinus aureus* (Lubbock, 1862)

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

Biotope : Trouvée dans la mousse sur sol et le bois mort à Jijel.

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

Distribution générale : Paléarctique (Bretfeld, 2001).

79. *Sminthurinus niger* (Lubbock, 1868)

Diagnose : Cette espèce à une coloration bleu-noir. Les pattes et la furca sont un peu moins pigmentées. Ligne dorsale brisée entre abd.IV et V ainsi qu'entre Abd. V et VI. Tête est totalement foncée. Griffes III sont plus longue que le mucron. Tenaculum porte 2 soies, Chétotaxie avec 2 soies distales latérales dans une rangée longitudinale et 2 ventrales dans une rangée transversale. Mucron moins long que la dens; les deux arêtes postérieures sont nettement en scie.

Biotope : Commune dans nos stations, collectée dans la litière de chêne liège, la mousse sur sol, le milieu humide, le bois mort et le sol.

Citations d'Algérie : Handschin (1928: 9); Hamra Kroua (2005: 135); Zoughailech (2017: 73); Bendjaballah *et al.* (2018: 393) et Bendjaballah (2019: 84).

Distribution générale : Paléarctique (Bretfeld, 1999).

80. *Sminthurinus signatus* Krausbauer, 1898 (Fig. 76)

Diagnose : Le corps de cette espèce atteint 0,8 mm. Sa couleur de fond est blanchâtre avec une seule bande noire violette de chaque côté du grand abdomen qui continue autour de l'extrémité postérieure et sur les côtés de la tête sous les yeux, traversant les fronts entre les bases antennaires et les parties antérieures des taches oculaires. Abd.V fusionné avec Abd.IV. Tube ventral avec 1 +1 soies distales. La partie antérieure de la tête sous les bases antennaires non pigmentée.

Biotope : Pas rare, plusieurs spécimens récoltés dans la litière de chêne liège et le bois mort à Texenna et à Djimla.

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018 : 410) et Bendjaballah (2019 : 144).

Distribution générale : Paléarctique (Fjellberg, 2007).

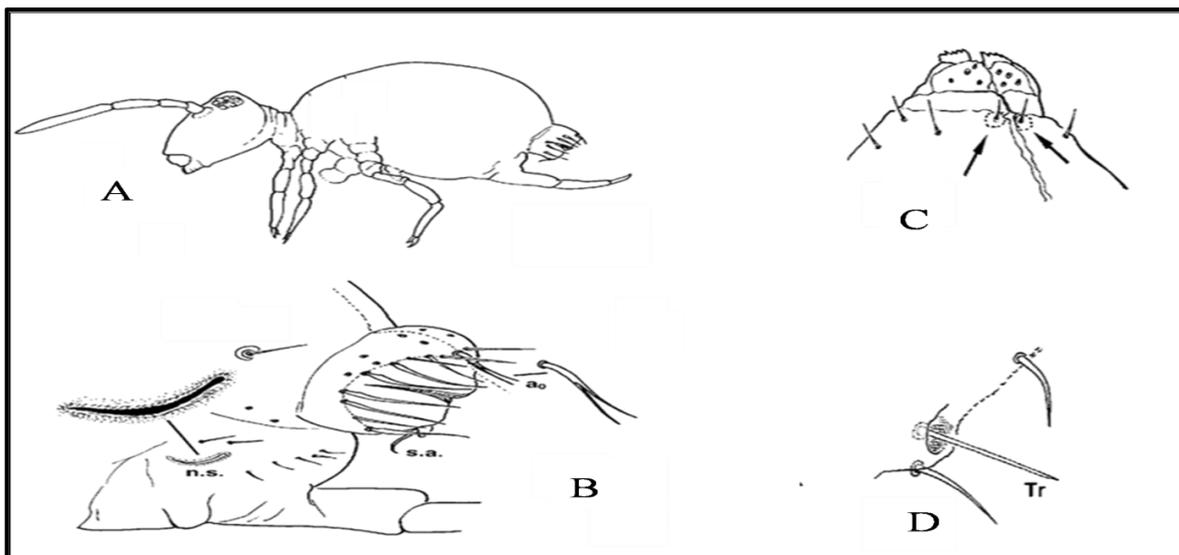


Figure 76. *Sminthurinus signatus*. (A): Habitus; (B): Extrémité abdominale; (C): Face ventrale de la tête avec 1+1 soies postlabiales (flèches); (D): Trichobothrium sur Abd.V (Fjellberg, 2007)

Famille Sminthuridae Lubbock, 1862

Genre *Capraïnea* Dallai, 1970

81. *Capraïnea marginata* (Schött, 1893)

Diagnose : La couleur de cette espèce est plus ou moins rouillée, pas de motifs distincts. Haut de la tête avec macrochètes en forme de colonne pointue, Organe post-antennaire est absent. Grand abdomen avec macrochète épineux. Tête porte 1 +1 soies post-labiales. Le tube ventral a 1+ 1 soies distales. Rétinaculum avec deux soies. Face ventrale des densa 12–13 soies. Les deux bords dorsaux du mucron sont dentelés. Appendices subanaux sont minces et courbés.

Biotope : Fréquente dans nos forêts, trouvée dans les litières, les mousses, le milieu humide et le bois mort.

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963: 199, comme *Sminthurus echinatus*); Bretfeld (2001 :99); Hamra Kroua (2005: 88); Zoughailech (2017: 73); Bendjaballah *et al.* (2018: 410, comme *Capraïnea echinata*); Bendjaballah (2019: 145) et Brahim-Bounab *et al.*(2020 :25).

Distribution générale : Paléarctique (Fjellberg, 2007).

Famille Sminthurididae Börner, 1906

Genre *Sminthurides* Börner, 1900

82. *Sminthurides aquaticus* (Bourlet, 1841)

Diagnose : Taille corporelle attend 1,0 mm chez les femelles, 0,3–0,4 mm chez les mâles. Couleur de fond gris brunâtre avec pigment violet diffus, formant parfois des taches dorsales et latérales. Rétinaculum a 3–4 soies. Griffes I et II portent des dents internes, III sans dent interne. Deux premières paires de pattes ont des unguiculus étroits. Unguis avec une dent interne pointue aux 2/3 apicaux et des dents latérales faibles. Mucron est large, furca est long avec des dens ont de nombreuses soies.

Biotope : Espèce rare, récoltée sur une flaque d'eau par aspirateur à bouche dans la station de Grarem Gouga.

Citations d'Algérie : Handschin (1928: 8); Hamra Kroua (2005: 88) et Ait mouloud *et al.* (2007: 151).

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

Genre *Sphaeridia* Linnaniemi, 1912

83. *Sphaeridia pumilis* (Krausbauer, 1898)

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

Biotope : Espèce très commune, collectée dans les litières, les mousses, le milieu humide, le bois mort et le sol.

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

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Ordre NEELIPLEONA Massoud, 1971

Famille Neelidae Folsom, 1896

Genre *Megalothorax* Willem, 1900

84. *Megalothorax minimus* Willem, 1900

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

Biotope : Trouvée dans plusieurs stations, dans les litières, les mousses, le milieu humide, le bois mort et le sol.

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

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Genre *Neelus* Folsom, 1896

85. *Neelus murinus* Folsom, 1896

Diagnose : Cette espèce est 1,1 mm de longueur, blanchâtre avec des taches brun orangé. Mandibule avec environ quatre dents apicales. Fémur avec 10 soies de taille différentes. Unguiculus est simple. Empodium est sans dent. Mucron porte 16-18 dents et 3 + 3 soies postérieures. Tenaculum a deux lobes médians sans soies, 3 + 3 dents apicales. Tube ventral avec un lobe postérieur et 2 + 2 mésochètes apicales.

Biotope : Récoltée dans la litière de chêne, le bois mort le et sol.

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005: 88); Zoughailech (2017: 138); Bendjaballah *et al.* (2018: 411, Fig. 23); Bendjaballah (2019: 84) et Brahim-Bounab *et al.* (2020: 26).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Milieu cavernicole et alentours

Ordre : PODUROMORPHA

Famille : Hypogastruridae Börner, 1906

- **Genre *Ceratophysella* Börner, 1932**

Représenté par 4 exemplaires de *Ceratophysella sp1*, trouvée environ 25m de l'entrée de Ghar Djemaa à Taya, sur une flaque d'eau. Elle se caractérise par une taille de 1,2-1,4 mm avec une couleur brunâtre, une tache oculaire noire, des griffes allongées. 05 individus de *Ceratophysella sp2*. de couleur marron foncé avec Abd.VI porte des épines anales longues, minces et furca bien visible, capturée par un aspirateur à bouche sur la paroi de grotte plein d'infiltrations, après 10 m de l'entrée de la grotte à Hamma Bouziane.

- **Genre *Hypogastrura* Bourlet, 1839**

L'espèce *Hypogastrura sp.* est chassée sur sol près d'un piège alimentaire, par un aspirateur à bouche, après un parcours de 10m. Cette espèce à une longueur environ 1,5mm de couleur bleu foncé avec beaucoup des granulations et se caractérise par un bec long, furca vestigiale, des pattes allongées et griffes grêles.

Ordre ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913

Famille : Tomoceridae Schäffer, 1896

- **Genre *Tomocerus* Nicolet, 1842**

L'espèce *Tomocerus sp.* à une taille environ 3,5mm, de teint grisâtre avec forte furca et long antennes typique de famille Tomoceridae, Cette espèce a beaucoup des épines sur la face postérieur de dens, mucron est allongé. Elles sont très actives, récoltée un bon nombre (28 individus), dans une vaste caverne encombrée d'éboulis, par un pinceau imbibé d'alcool près de guano de chauve-souris, environ 15m de l'entrée de la grotte.

Famille : Oncopoduridae Carl et Lebedinsky, 1905

- **Genre *Oncopodura* Carl et Lebedinsky, 1905**

Très rare espèce, 04 spécimens seulement récoltés après l'analyse de 35 échantillons de sol humide et argile, par technique Berlese-Tullgren. Elle a les caractères anatomiques typiques des troglobiontes épigés : dépigmentation, l'anophtalmie et allongement des appendices.

Famille : Entomobryidae Schäffer, 1896

• **Genre *Entomobrya* Rondani, 1861**

Ce genre est représenté par *Entomobrya marginata*, récoltée dans plusieurs forêts de massif de Jijel. C'est une nouvelle espèce pour l'Algérie. *Entomobrya sp.* a été trouvée sous pierres, environ 5m près grotte d'Ibn Ziad, Elle a un corps de 2,8-3,1mm, de couleur bleu avec des pigments blancs diffus. Ant.I est très foncée. Les tibiotarses sont moins claires que les fémurs.

• **Genre *Orchesella* Templeton, 1835**

Ce genre est représenté par *Orchesella nsp1*. De longueur 2,7-3,2mm, une coloration de fond blanche jaunâtre avec des bandes noires, longues et régulières sur Th.I-Abd.I. La tête présente des taches sombres entre les points d'insertion des antennes. Les pattes sont dépigmentées *Orchesella nsp2*. De couleur bleuâtre avec des bandes jaunes transversales de contours très réguliers dans les tergites thoraciques II et III et les tergites abdominaux. La tête est totalement pigmentée, les antennes sont foncées à la base de chaque segment et l'Ant.I se divise en 2 sous-segments. *Orchesella nsp3*. Très rare espèce, seulement 2 espèces trouvées sous pierres et 2 espèces sur sol récoltées par un pinceau, Elle est de taille environ 2.5mm, très blanche avec une tache oculaire noire. Les antennes sont longues, Furca est très puissant avec un manubrium allongé.

• **Genre *Pseudosinella* Schäffer, 1897**

Nos chasses ont procuré quelques spécimens superficiels très fragiles à manipuler dans un espace un peu lumineux, sur un terrain boueux de quelques mètres de profondeur, près de déjections des animaux et de guano qui sont pleins de pseudoscorpions araignées, acariens et isopodes. Cette espèce est remarquée par une couleur blanchâtre, des yeux bien visibles sur une tache oculaire noire et antennes plus longues que la tête.

Ordre SYMPHYPLEONA Börner, 1901

Famille : Sminthurididae Börner, 1906

• **Genre *Sminthurides* Börner, 1900**

Cette espèce est trouvée sur sol et entre les pierres, pas loin d'ouverture de la grotte de Hamma Bouziane. La taille corporelle de cette espèce est jusqu'à 2,5 mm, couleur de fond jaunâtre pâle à pigmentation vert variable avec une bande latérale couvre la majeure partie

du gros abdomen, laissant la face dorsale pâle. Tête, la face postérieure, les pièces buccales et les bases des antennes sont un peu foncées. La région oculaire est large, noire et les antennes sont longues et coudées.

3. Etude statistique de la biodiversité des Collemboles dans la station Bouraoui Belhadeh (Jijel)

La forêt de Bouraoui Belhadeh représente un patrimoine forestier important, elle est composée essentiellement par le chêne liège (*Quercus suber*) avec des reboisements accessoires de cèdre (*Cedrus atlantica*) et un sous-bois composé de myrte (*Myrtus communis*), de lentisque (*Pistacia lentiscus*), de bruyère arborescente (*Erica arborea*), de genêt (*Genis tatricuspidata*) et de calycotome (*Calycotome spinosa*).

Nous présentons dans le tableau 4 les résultats de l'identification des espèces de Collemboles extraits de 180 échantillons aléatoires, prélevés à partir du mois de Janvier jusqu'à Mai de 2018 et 2019 dans 4 différents habitats forestier à Bouraoui Belhadeh (litière de chêne liège, bois mort, mousse sur sol et sur roche et Sol), avec la liste des espèces de chaque habitat et pour chaque espèce le nombre de spécimens récoltés (effectifs) et le nombre de relevés dans lesquelles elle a été trouvée (fréquence).

Tableau 4. Les effectifs des espèces récoltées dans chaque biotope à Bouraoui Belhadeh

	Litière	Bois mort	Mousse	Sol	Effectifs
Ordre I : Poduromorpha					
Famille 1 : Hypogastruridae					
1- <i>Acherontiella bougisi</i>	0	10	00	00	10
2- <i>Ceratophysella armata</i>	24	17	16	02	59
3- <i>Ceratophysella gibbosa</i>	09	12	00	00	21
4- <i>Microgastrura duodecimoculata</i>	01	09	00	00	10
5- <i>Xenylla brevisimilis</i>	47	70	50	00	167
Famille 2: Brachystomellidae					
6- <i>Brachystomella curvula</i>	04	03	00	01	08

7- <i>Brachystomella parvula</i>	11	09	38	00	58
Famille 3 : Neanuridae					
8- <i>Friesea laouina</i>	68	157	42	28	295
9- <i>Friesea major</i>	11	06	00	00	17
10- <i>Bilobella aurantiaca</i>	104	98	75	33	310
11- <i>Edoughnura nsp.</i>	00	00	04	00	04
12- <i>Edoughnura rara</i>	00	09	00	00	09
13- <i>Protanura pseudomuscorum</i>	88	119	122	13	342
14- <i>Sensillanura austriaca</i>	06	10	00	00	16
15- <i>Kenyura nsp.</i>	08	00	03	00	11
16- <i>Micranurida candida</i>	39	20	00	05	62
17- <i>Pseudachorudina meridionalis</i>	04	04	15	00	25
18- <i>Pseudachorutella asigillata</i>	17	22	00	00	39
19- <i>Pseudachorutes sp.</i>	00	00	16	00	16
Famille 4: Odontellidae					
20- <i>Superodontella tayaensis</i>	55	40	10	00	105
21- <i>Xenyllodes armatus</i>	29	41	13	07	88
Famille 5: Onychiuridae					
22- <i>Deuteraphorura cebennaria</i>	24	12	00	19	55
23- <i>Protaphorura armata</i>	78	24	87	41	230
Famille 6:Tullbergiidae					
24- <i>Fissuraphorura sp.</i>	00	00	08	00	08
25- <i>Mesaphorura macrochaeta</i>	20	00	16	25	61
Ordre II. Entomobryomorpha					

Famille 7: Isotomidae					
26- <i>Folsomia penicula</i>	170	155	124	76	525
27- <i>Folsomides sp.</i>	00	00	08	00	08
28- <i>Folsomides parvulus</i>	00	79	00	06	85
29- <i>Hemisotoma thermophila</i>	102	171	135	68	476
30- <i>Isotomiella minor</i>	210	145	130	20	505
31- <i>Isotomurus sp.</i>	18	00	00	00	18
32- <i>Parisotoma notabilis</i>	19	60	33	24	136
33- <i>Proctostephanus cf. cidi</i>	04	00	13	00	17
34- <i>Proctostephanus sanctiaugustini</i>	16	60	30	00	106
35- <i>Proisotoma minuta</i>	≈1770	≈2420	≈1650	730	≈6570
36- <i>Proisotoma sp.</i>	00	00	22	00	22
37- <i>Tetracanthella pilosa</i>	00	11	08	00	19
38- <i>Tetracanthella nsp.</i>	00	00	13	00	13
Famille 8: Oncopoduridae					
39- <i>Oncopodura crassicornis</i>	00	14	3	00	17
Famille 9: Tomoceridae					
40- <i>Tomocerus minor</i>	04	17	00	00	21
Famille 10: Entomobryidae					
41- <i>Entomobrya multifasciata</i>	00	05	03	00	08
42- <i>Heteromurus major</i>	95	110	97	38	340
43- <i>Heteromurus nitidus</i>	85	70	72	33	260
44- <i>Lepidocyrtus lignorum</i>	00	12	00	00	12
45- <i>Orchesella cincta</i>	03	05	00	00	08

46- <i>Orchesella quinquefasciata</i>	00	09	04	00	13
47- <i>Orchesella villosa</i>	00	10	00	00	10
48- <i>Pseudosinella alba</i>	07	13	00	00	20
49- <i>Pseudosinella sp.</i>	05	00	00	01	06
50- <i>Seira domestica</i>	07	13	03	00	23
Ordre III: Symphypleona					
Famille 11: Dicyrtomidae					
51- <i>Dicyrtomina ornata</i>	00	19	00	00	19
Famille 12: Katiannidae					
52- <i>Sminthurinus niger</i>	21	33	16	07	77
Famille 13: Sminthuridae					
53- <i>Caprainea marginata</i>	19	18	03	00	40
Famille 14: Sminthurididae					
54- <i>Sphaeridia pumilis</i>	95	100	127	62	384
Ordre IV: Neelipleona					
Famille15: Neelidae					
55- <i>Megalothorax minimus</i>	14	18	17	09	58
56- <i>Neelus murinus.</i>	11	10	00	03	24
Total des individus	3322	4269	3026	1251	11866
Total des espèces	40	45	36	23	

Les analyses effectuées sur 45 prélèvements de chaque habitat d'étude ont permis d'inventorier 11866 individus dans tous les habitats. Le tableau 04 présente les 56 espèces trouvées seulement dans les échantillons aléatoires de 4 habitats de cette forêt. Ce nombre est inférieur au nombre total des espèces dans les résultats faunistiques. Les espèces identifiées appartiennent à 15 familles et 43 genres des quatre ordres connus des

collemboles. Le bois mort est le mieux représenté avec 45 espèces. Parmi les espèces identifiées, la plus abondante est *Proisotoma minuta*. Elle pullule dans tous les habitats d'étude, avec un effectif écrasant. On a collecté ≈ 6570 spécimens de cette espèce, qui représente environ 55% du nombre total des Collemboles récoltés.

3.1. Statistique sommaire

Les résultats de traitement des données de tableau 4 (les effectifs des espèces de chaque habitat d'étude) sont présentés dans le tableau 5 qui contient le nombre des espèces, avec et sans *Proisotoma minuta*, la somme totale, l'abondance moyenne et son erreur standard, écart type et la variance de chaque habitat.

Tableau 5. Statistique sommaire avec et sans *Proisotoma minuta*.

« avec »

Biotope	N	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance	Erreur standard de la moyenne
Litière	56	3322	59,32	236,870	56107,240	$\pm 31,653$
Bois mort	56	4269	76,23	322,162	103788,181	$\pm 43,051$
Mousse	56	3026	54,04	220,697	48706,981	$\pm 29,492$
Sol	56	1251	22,34	97,949	9594,010	$\pm 13,089$
Total	224	11868	52,98	232,803	54197,175	$\pm 15,555$

« sans »

Biotope	N	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance	Erreur standard de la moyenne
Litière	55	1552	28,22	44,362	1967,952	$\pm 5,982$
Bois mort	55	1849	33,62	46,193	2133,796	$\pm 6,229$
Mousse	55	1376	25,02	39,784	1582,796	$\pm 5,365$
Sol	55	521	9,47	18,146	329,291	$\pm 2,447$
Total	220	5298	24,08	39,545	1563,820	$\pm 2,666$

Le tableau démontre que les effectifs dans les différents habitats d'étude sont assez semblables entre la litière et la mousse avec la présence de *Proisotoma minuta*, pour des moyens de 59,32 et 54,04 respectivement. Comme on peut voir aussi que le bois mort est supérieur dans la richesse et l'abondance avec un moyen de 76,23 et un écart type 322,162, contrairement au sol avec seulement un écart type 97,9 pour un moyen de 22,34.

Une fois que l'espèce *Proisotoma minuta* est écartée des relevés analysés, le bois mort a le grand moyen de espèces 33,62 avec un écart type de 46,193, suivi par la litière et la mousse avec un moyen de 28,22 et 25,02 et une erreur standard de 5,9 et 5,3 respectivement. Le moyen le plus bas des spécimens identifiés est trouvée dans le sol avec 9,47 de moyen et une erreur standard de 2,6.

Analyse de la variance à un facteur

Pour les analyses statistiques des données, l'ensemble des données précédentes a été soumis à une analyse de variance à un facteur sur SPSS version 23. Une comparaison les carrés des moyennes selon le test de Fisher au seuil de 5% a été réalisée (Tableau 6).

Tableau 6. Analyse de la variance à un facteur pour les collemboles identifiés par biotope sans *Proisotoma minuta*

	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F(3,216)	Sig.
Inter-groupes	17729,473	3	5909,824	3,931	0,009
Intragroupes	324747,055	216	1503,459		
Total	342476,527	219			

L'analyse de la variance à un facteur pour des moyennes des collemboles identifiés dans les 4 biotopes illustre la valeur de F calculée est supérieure à celle donnée par la table F (Ddl: 3; 216) = 2.605 ($p < 0.05$). Donc il existe une différence significative entre les habitats pour le total de spécimens identifiés avec une valeur de $F = 3,931$.

Test de « Tukey »

Les effectifs des espèces rencontrées dans les quatre habitats d'étude ont été mesurés par le test non paramétrique de « Tukey » "Comparaison des habitats par paire" qui a été également mesuré par la différence des moyens entre deux biotopes (Tableau 7). Ce test utile pour examiner la significativité du résultat de l'ANOVA.

Tableau 7. Test de Tukey après ANOVA sans *Proisotoma minuta*

*. La différence de moyenne est significative (sig) au niveau 0.05.

Biotope(I)	Biotope(J)	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.
Litière	Bois mort	-5,400	± 7,394	0,885
	Mousse	3,200	± 7,394	0,973
	Sol	18,745	± 7,394	0,057
Bois mort	Litière	5,400	± 7,394	0,885
	Mousse	8,600	± 7,394	0,651
	Sol	24,145*	± 7,394	0,007
Mousse	Litière	-3,200	± 7,394	0,973
	Bois mort	-8,600	± 7,394	0,651
	Sol	15,545	± 7,394	0,156
Sol	Litière	-18,745	± 7,394	0,057
	Bois mort	-24,145*	± 7,394	0,007
	Mousse	-15,545	± 7,394	0,156

L'analyse des données des effectifs des espèces identifiées sans *Proisotoma minuta* par le test de Tukey indique une différence significative ($0,007 < 0,05$) entre le bois mort et sol avec une différence de moyen 24,145. Le même résultat montre qu'il n'y a pas une différence significative entre litière, bois mort et mousse.

3.2. Mesure la biodiversité des collemboles dans la station Bouraoui Belhadeh (Jijel)

Les résultats obtenus dans le tableau 4 ont servi à calculer différents indices permettant de caractériser la composition et l'évolution de peuplement et de communauté des collemboles (Tableau 8).

Dans cette section, On a utilisé les informations d'ouvrages de Magurran (2004), Anderson *et al.* (2011) et Marcon (2015) qui ont décrit la diversité au sein des communautés vivantes. Tous les indice sont été calculées dans le logiciel « Past 2.7 ».

Indices de diversité (Indices de biodiversité Alpha)

La diversité Alpha des espèces, parfois appelée hétérogénéité des espèces est utilisé pour caractériser les communautés et les écosystèmes et mesuré par la richesse spécifique (S), indice de Simpson (1-D), indice de Shannon (H'), indice de Piélou (J) et indice de Fisher (α).

Tableau 8. Indices de biodiversité Alpha avec et sans *Proisotoma minuta*

	Litière		Bois mort		Mousse		Sol	
	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Individus	3322	1552	4269	1849	3026	1376	1251	521
Richesse spécifique (S)	40	39	45	44	36	35	23	22
Shannon (H)	2,133	3,086	2,09	3,247	2,058	3,011	1,795	2,68
Simpson (D)	0,2975	0,0623	0,3311	0,0518	0,3104	0,0633	0,355	0,0836
Simpson (1-D)	0,7025	0,9377	0,6689	0,9481	0,6896	0,9367	0,645	0,9163
Piélou(J)	0,5782	0,8424	0,5492	0,858	0,5744	0,8469	0,5726	0,867
Fisher (α)	6,395	7,264	7,018	8,095	5,743	6,537	4,00	4,654

Il apparait de ce tableau qui a toujours la présence en grand nombre des individus d'espèce *Proisotoma minuta* dans les 4 habitats de milieu forestier (pullulation) produis certainement une forte fluctuation des effectifs qui engendrent une disparité dans les valeurs de ces indices. Donc on prend une considération seulement les valeurs des indices de diversité des collemboles dans les habitats d'étude excluant l'espèce *Proisotoma minuta*.

Le bois mort est l'habitat le plus diversifié selon l'indice de richesse spécifique avec 44 espèces, les trois autres habitats ont une richesse plus ou moins comparable avec 39, 35 et 22 espèces dans la litière de chêne, la mousse et sol respectivement.

L'indice de biodiversité de Shannon et Weaver varie entre les habitats. Pour le bois mort il est de 3,247, pour la litière la valeur est de 3,08. L'indice H pour la mousse est de 3.01 alors qu'il est de 2,68 pour le sol. Tandis que l'indice de Simpson (1-D) est de 0,9481 en bois mort 0,9377 en litière et 0,9163 en sol. Ces valeurs montrent que la diversité des espèces des collemboles collectées est plus élevée en bois mort qu'en sol.

L'indice de Piélou, montre une équitabilité supérieure à la moyenne dans les quatre habitats. 0,867 est la valeur la plus haute signalée dans le sol, le bois mort a une équitabilité d'ordre 0,858, tandis que la valeur la plus faible est enregistrée en litière (0,8424).

L'indice de Fisher estime le nombre de taxons que l'on s'attend à trouver dans un échantillon avec un plus petit nombre d'individus, la valeur 8,095 est la plus élevée pour le bois mort et la plus faible 4,654 pour le sol.

Indices de diversité de la différenciation (Indices de biodiversité Beta)

La diversité Beta est évaluée à l'aide des indices qui ont été utilisés pour comparer la composition des espèces de collemboles et pour détecter les divergences dans la répartition ces espèces dans quatre biotopes. Ces indices sont : l'indice de Sorensen, l'indice de Jaccard, l'indice Morisita et l'indice de Bray-Curtis.

Tableau 9. Nombre de relevés, nombre d'espèce et effectifs par biotope avec et sans *Proisotoma minuta*

	Litière	Bois mort	Mousse	Sol
Relevés analysés	45	45	45	45
Nombre d'espèces avec <i>Proisotoma minuta</i>	40	45	36	23
Nombre d'espèces sans <i>Proisotoma minuta</i>	39	44	35	22
Effectif avec	3322	4269	3026	1251
Effectif sans	1552	1849	1376	521

Le tableau illustre que le bois mort est le mieux représenté avec 45 espèces qui sont considérées des hémiédaphiques. Il est suivi par la litière et la mousse avec 40 et 36 espèces respectivement et le sol est le moins diversifié avec 23 espèces euédaphiques. Un écart très élevé dans les effectifs avec la présence *Proisotoma minuta* entre le bois mort et le sol d'ordre 3018 individus. Les effectifs dans la litière et la mousse sont assez semblables après avoir écarté l'espèce *Proisotoma minuta* des relevés analysés.

Les différences entre les habitats sont illustrées par les analyses de diversité effectuées dans le tableau 10.

Tableau 10. Indices de similarité entre les biotopes avec et sans *Proisotoma minuta*

Indice Biotope	Sorensen		Jaccard		Bray-Curtis		Morisita	
	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Litière/ Bois mort	0,82353	0,81928	0,7	0,69388	0,80332	0,75213	0,9938	0,89122
Litière/ Mousse	0,68421	0,67568	0,52	0,5102	0,86515	0,74863	0,99643	0,92458
Litière/ Sol	0,69841	0,68852	0,53659	0,525	0,54013	0,48722	0,98853	0,81683
Bois mort / Mousse	0,66667	0,65823	0,5	0,49057	0,76436	0,70574	0,99509	0,88777
Bois mort/ Sol	0,61765	0,60606	0,44681	0,43478	0,43514	0,39747	0,99272	0,79857
Mousse/Sol	0,57627	0,5614	0,40476	0,39024	0,56441	0,5029	0,99245	0,86388

Le tableau montre que les valeurs de l'indice de Sorensen qui est basé sur la présence et l'absence des espèces sont supérieures à 0,6 sauf celles (0,571 et 0,561) entre la mousse et le sol soit avec et sans *Proisotoma minuta*. Le score de l'indice de Sorensen le plus élevée est entre la litière et le bois mort (0,823) qui indique une grande similarité avec 35 espèces en communs (70%) pour 50 espèces identifiées pour l'ensemble des deux habitats.

Les valeurs obtenues dans l'analyse de similarité par l'indice de Jaccard qui est basé aussi sur la présence et l'absence des espèces sont trouvées dans l'intervalle 0,4 et 0,7. La similarité maximale est observée entre la litière et le bois mort due aux grands nombre des espèces cosmopolite qui présentes dans les deux habitats (*Friesea laouina*, *Bilobella aurantiaca*, *Superodontella tayaensis* et *Heteromurus major*) et la similarité minimale est enregistrée entre la mousse et le sol, qui diffèrent par 25 espèces sur les 42 identifiées pour l'ensemble des deux habitats.

Les indices de Sorensen et de Jaccard mesurent le chevauchement dans la composition des espèces et n'impliquent pas le nombre de leurs spécimens. C'est pour cela il est utile d'inclure des indices supplémentaires, comme l'indice de Bray-Curtis. En présence de *Proisotoma minuta*, la valeur (0,865) de l'indice de Bray-Curtis atteste une grande similitude entre la litière et la mousse tandis que l'exclure de cette espèce, les valeurs de l'indice supérieur à 0,7 enregistrées entre 3 habitats de litière, bois mort et mousse et le score le plus bas (0,39747) est trouvée dans le pair bois mort et sol.

Les valeurs d'indices de Morisita qui est basé principalement sur l'abondance relative sont peu différentes entre couples de habitats avec les effectifs de *Proisotoma minuta*, ce que nous n'avons pas su interpréter. Par contre, les scores de cet indice sont un peu contrastés en absence de cette espèce qui représente 55% des effectifs total. La litière et la mousse enregistre le score le plus élevé (0,92458) par rapport aux autres pairs d'habitats.

Profils de diversité des biotopes sans *Proisotoma minuta*

Dans le but de comparer plusieurs communautés, il est recommandé de tracer des profils de diversité. En utilisant la valeur de la diversité q^D en fonction de l'ordre q . Une communauté peut être déclarée plus diverse qu'une autre si son profil de diversité est au-dessus de l'autre pour toutes les valeurs de q . Si les courbes se croisent, il n'y a pas de relation d'ordre (Marcon, 2015). Ces courbes sont effectués sur le logiciel « Past 2.7 ».

Les courbes de diversité spécifiques de 4 habitats en fonction d'alpha sont représentées dans la figure 77.

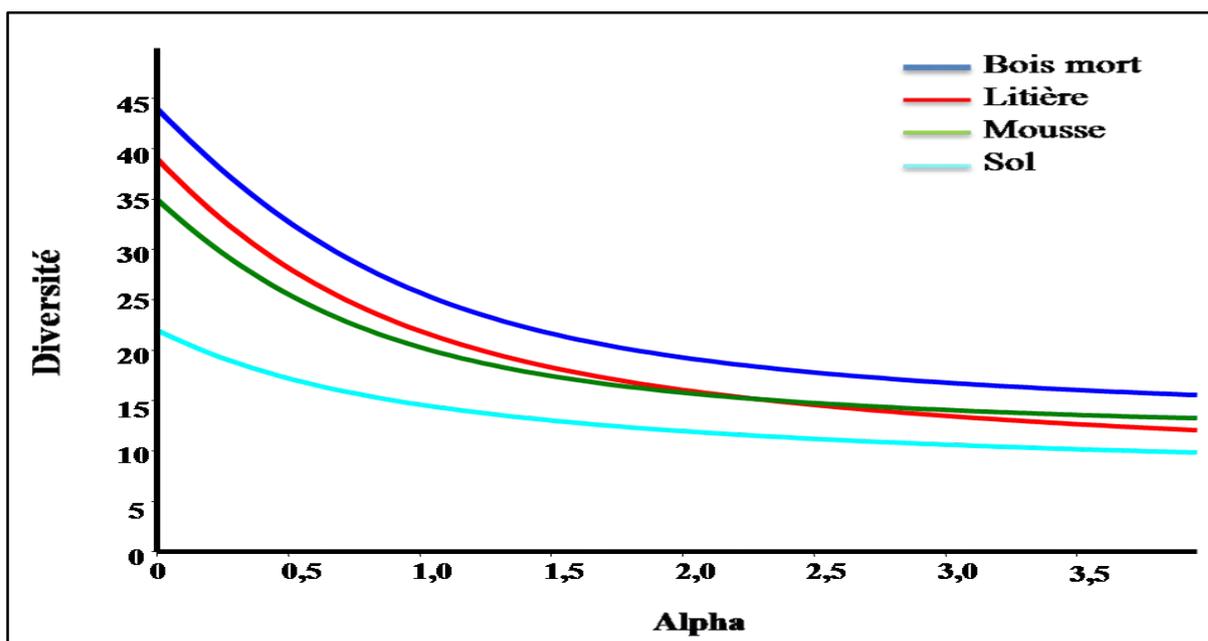


Figure 77. Profils de diversité de 4 habitats sans *Proisotoma minuta*

En se référant à cette figure, les courbes de diversité spécifiques montrent que de bois mort est l'habitat le plus diversifié. Les courbes pour la litière et la mousse se croisent dans la valeur d'alpha 2,1 et donc on ne peut pas déclarer une relation d'ordre entre ces deux habitats. On observe aussi que la courbe du sol est toujours au-dessous des autres courbes pour toutes les valeurs d'alpha. Donc on constate que le sol est le moins diversifié.

II. Discussion

1. Discussion des résultats faunistiques et taxonomiques

Les collemboles d'Algérie ont été étudiés dans plusieurs travaux principalement de Cassagnau (1963), Hamra Kroua (2005), Ait Mouloud (2007), Brahim Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019), mais il existe encore de nombreuses propriétés taxonomiques, biologiques et écologiques inconnues. La présente thèse a eu un but de tirer une conclusion générale sur la biodiversité de cette classe pourrais être utile pour des futurs travaux sur cette classe.

Avant cette étude, l'inventaire des collemboles d'Algérie se compose seulement de 230 espèces appartiennent à 19 familles et 76 genres avec 87 Poduromorpha, 87 Entomobryomorpha, 55 Symphypleona et 3 Neelipleona (Annexe : Tableau. 1). Thibaud (2013) a dénombré 190 espèces pour l'Algérie dont 46 qui sont décrites nouvelles pour la science et 210 espèces pour le Maroc. La faune collembologique de Tunisie et de Libye est représentée par seulement 15 et 17 espèces signalées de ces deux pays respectivement. Ce contraste flagrant entre la richesse spécifique des quatre pays est dû essentiellement aux disparités dans les efforts d'échantillonnage fournis (la Tunisie et la Lybie n'étant que très peu prospectés). En 2017, le même auteur a catalogué 745 espèces de collemboles dans 5120 stations française avec 327 Poduromorpha, 316 Entomobryomorpha, 90 Symphypleona 12 Neelipleona.

Dans ce travail, plusieurs régions sont prospectées pour la première fois en Algérie aucune étude n'a été effectuée avant notre travail, à savoir les forêts de massif de Jijel, la forêt de Maouna, la forêt de Grarem Gouga, la station d'Aïn Beïda et les grottes situées à Guelma et Constantine.

Nous avons identifié 85 espèces et morpho-espèces récoltées dans 13 stations forestières, réparties sur 15 familles et 53 genres. 6 morpho-espèces cavernicoles appartenant à 4 familles et 5 genres répartir sur 2 ordres de collemboles Poduromorpha et Entomobryomorpha et 6 espèces près des grottes.

Par ordre de collemboles forestier, les Poduromorpha sont les plus diversifiés avec 38 espèces réparties sur 25 genres appartenant à 6 familles, ce qui représente 45% des totales des espèces identifiées. L'inventaire de Hamra Kroua (2005) a représenté 57 espèces réparties sur 26 genres appartenant à 5 familles, récoltées dans différent écosystèmes.

Brahim Bounab (2016) a cité 49 espèces trouvées dans cinq régions de Constantinois, Zoughailech (2017) a motionné 30 espèces dans le massif de Collo et Bendjaballah (2019) a listé 43 espèces dans 8 localités forestières.

Les Entomobryomorpha avec 37 espèces, 20 genres et 4 familles soit 44%. Hamra Kroua (2005) a cité 41 espèces réparties sur 4 familles et 20 genres. Ait Mouloud (2006) a dressé 19 espèces dans la région Tizi Ouzou. Zoughailech (2017) a donné 29 espèces et Bendjaballah (2019) a recensé 33 espèces repartis sur 05 familles et 20 genres.

Les Symphypleona sont représentés par 8 espèces, 6 genres et 4 familles, soit une proportion de l'ordre de 9%. Bretfeld (2001) enrichit le patrimoine national par 30 espèces de Symphypleones dont 9 nouvelles pour la science récoltées dans la région d'Oued Taria à Mascara, Hamra Kroua (2005) a dénombré 12 espèces réparties sur 5 familles et 7 genres. Ait Mouloud (2006) a présenté 12 espèces dans le Kabylie. A Collo, Zoughailech (2017) a motionné 10 espèces et Bendjaballah (2019) a inventorié 05 familles, 09 genres et 11 espèces.

Enfin les Neelipleones avec seulement 2 espèces (*Megalothorax minimus* et *Neelus murinus*) repartis sur 2 genres. Ce résultat est comparable à celles données par Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019) à Collo. Ait Mouloud (2006) a présenté une seule espèce et Hamra Kroua (2005) dans le massif d'Edough a cité 3 espèces de la famille Neelidae.

La famille de Neanuridae est la famille la plus diversifiée parmi les familles trouvées dans notre région d'étude avec 20 espèces répartissent sur 12 genres, soit 23% du total d'espèces récoltées. Cette biodiversité est due à la présence de nombreuses espèces nouvelles pour la science (*Deutonura nsp.*, *Edoughnura nsp.*, *Protanura nsp* et *Kenyura nsp.*), les espèces rares et endémiques. En Algérie, nous avons trouvé 38 Neanuridae repartis sur 14 genres et 3 sous-familles avec 13 Frieseinae, 11 Neanurinae et 14 Pseudachorutinae. Tandis que la France présente 113 Neanuridae avec 27 Frieseinae, 52 Neanurinae et 34 Pseudachorutinae.

Cette famille domine aussi les autres familles dans les travaux de Hamra Kroua (2005) avec 26 espèces et 11 genres, son inventaire contient 11 espèces de genre *Friesea* dont 3 nouvelles espèces pour la science *Friesea Laouina*, *Friesea major* et *Friesea algerica* et un nouveau genre d'*Edoughnura*. Brahim Bounab (2016) cite 22 espèces et 12 genres dans différentes stations. Zoughailech (2017) cite 16 espèces soit 23% de son effectif total

avec description de 4 nouvelles espèces pour la science dans le massif de Collo *Deutonura zana*, *Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes labiatus* et *Pseudachorutes octosensillatus*. Dans ce même massif et d'autres régions, Bendjaballah (2019) donne une liste de 9 genres et 19 espèces dont 4 espèces nouvelles pour l'Algérie *Friesea afurcata*, *Friesea decemocolata*, *Sensillanura austriaca* et *Micranurida candida*.

La famille d'Isotomidae est la deuxième famille riche en taxons, présente 18 espèces et 11 genres. Cette famille est déjà connue en Algérie par 36 espèces appartenant à 16 genres. Ce nombre est minime que de la France avec 172 espèces. 2 nouvelles espèces ajoutées à la liste des Isotomidae Algériens : *Proctostephanus cf. cidi*, et *Isotomurus sp2*. Une autre espèce *Tetracanthella nsp.* Deuxième espèce de genre *Tetracanthella*, fort probablement une nouvelle pour la science. L'étude de Cassagnau (1963) sur les collemboles de la ville d'Annaba décèle 7 espèces avec description *Proctostephanus sanctiaugustini*. Hamra Kroua (2005) dresse 22 espèces et 10 genres principalement dans le massif de l'Edough. Zoughailech (2017) identifie 14 espèces et 9 genres dont *Isotomurus sp.* et *Proisotoma sp.* peuvent être nouvelles pour la science. Ces 2 espèces sont citées dans l'inventaire de Bendjaballah (2019) avec 14 d'autres espèces réparties sur 11 genres.

La famille Entomobryidae occupent la troisième place comme la famille la mieux représenté dans cette étude et la deuxième famille parmi les Entomobryomorpha, avec 15 espèces et 7 genres. La richesse de cette famille révèle la présence une nouvelle espèce pour la science *Heteromurus nsp.*, de couleur violet noirâtre récoltée sous pierres dans les forêts de Bouraoui Belhadeh et de Djimla à Jijel. Une espèce qui est nouvelle pour l'Algérie : *Entomobrya marginata*, huitième espèce de genre *Entomobrya* en Algérie. *Pseudosinella sp.*, une espèce anophtalmie en cours d'identification, peut être nouvelle pour le pays, ajoutée aux 3 espèces de genre *Pseudosinella* qui se caractérisent par les ocelles bien distinguées. En France, il existe une diversité spécifique de ce genre impressionnante avec 58 espèces.

Willowsia sp. espèce très proche de *Willowsia buski*. A ce moment, n'a qu'une espèce de ce genre a été citée en Algérie. Hamra Kroua (2005) a cité *Willowsia sp.*, dans la région de Jijel, avec 3 espèces de genre *Entomobrya*, 2 espèces d'*Heteromurus*, 4 espèces de *Lepidocyrtus* et 2 espèces de genre *Orchesella*.

La famille des Hypogastruridae représente par 9 espèces réparties sur 6 genres, dont *Microgastrura duodecimocolata* nouvelle pour l'Algérie, récoltée à Bouraoui Belhadeh dans

la litière de chêne liège et le bois mort. *Microgastrura minutissima* est la deuxième espèce de genre *Microgastrura* qui a été signalée par Hamra Kroua (2005) à El Kala et Brahim Bounab (2016) à l'Edough. *Hypogastrura affinis*, espèce très rare, trouvée dans les échantillons de la litière de chêne zen à Djimla. Cette espèce a été citée seulement par Hamra Kroua (2005). *Acherontiella bougisi*, troisième citation de ce taxon en Algérie après celles de Cassagnau (1963) et Hamra Kroua (2005). *Schoettella sp.*, se caractérise par une couleur bleue d'intensité variable, récoltée dans le bois mort, ce genre est signalé seulement à l'Edough par Brahim Bounab (2016). Le genre *Ceratophysella* présente par 3 espèces cosmopolites et large distributions, déjà citées en Algérie et mentionnées dans les travaux de Cassagnau (1963), Hamra Kroua (2005), Ait Mouloud (2006), Brahim-Bounab (2016), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019).

La famille d'Odontellidae est représentée par 3 espèces. *Superodontella tayaensis* récoltée à Jijel, Aïn Beïda et Maouna dans différents biotopes. Cette espèce est endémique d'Algérie, décrite par Arbea *et al.* (2013) dans la localité de Taya Bouhamdane à Guelma. *Superodontella lamellifera*, deuxième espèce de genre *Superodontella*, elle est Cosmopolite, récoltée dans le bois mort à Mila et Maouna, signalée pour la première fois en Algérie par Delamare-Deboutteville (1954) à Skikda. *Xenyllodes armatus*, espèce hémiedaphique récoltée en bonne effectif dans le massif de Jijel et déjà signalée à l'Edough par Hamra-Kroua (2005) et Brahim-Bounab *et al.* (2020), et dans le massif de Collo par Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019).

La famille Brachystomellidae présente 2 espèces appartenant au même genre. *Brachystomella curvula*, espèce Euro-méditerranéenne, trouvée pour la première fois dans l'humus et litière de Chêne zen à l'Edough et dans la litière de *Pinus pinaster* à El Kala par Hamra Kroua (2005). *Brachystomella parvula*, qui est cosmopolite, citée dans plusieurs travaux et identifiée pour la première fois dans le pays par Handschin (1928) comme *Schoettella parvula*.

Les familles Tullbergiidae et Onychiuridae sont représentées chacune par 2 espèces. *Fissuraphorura sp.* espèce très rare de famille Tullbergiidae. Le genre *Fissuraphorura* est signalé seulement à Tizi Ouzou par Ait-Mouloud. *Mesaphorura macrochaeta* espèce cosmopolite d'un autre genre de famille Tullbergiidae qui présente 8 autres espèces Algérienne citées par Cassagnau (1963) et Hamra Kroua (2005).

Deuteraphorura cebennaria espèce de famille Onychiuridae, qui est édaphique et à large répartition en Europe, citée à Collo par Bendjaballah (2019) et *Protaphorura armata*, espèce cosmopolite, identifié en Algérie à Djurdjura par Denis en 1937.

La famille Tomoceridae présente 2 espèces appartenant au même genre. *Tomocerus minor*, espèce hémiedaphique et cosmopolite, citée dans plusieurs études : Handschin (1926), Cassagnau (1963), Zoughailech (2017) et Bendjaballah (2019). *Tomocerus Vulgaris* deuxième citation de cette espèce en Algérie après celle de Baquero *et al.* (2009) dans les localités d'El Kala et Beni Haroun. *Oncopodura crassicornis* appartient au genre *Oncopodura* de la famille Oncopoduridae, espèce Paléarctique citée déjà à Annaba, à l'Edough, à Constantine et à Collo.

8 Symphypleona reparti dans les familles Dicyrtomidae, Katiannidae, Sminthuridae et Sminthurididae. *Ptenothrix italica*, espèce atmobiotique et très rare dans nos stations. Nous avons pu récolter seulement 5 spécimens dans le bois mort à El Ancer (Jijel), signalée récemment en Algérie à Collo par Bendjaballah *et al.* (2018). *Sminthurinus signatus* a des bandes noires de chaque côté de son grand abdomen, signalée aussi en 2018 à Collo par Bendjaballah et ces collaborateurs. *Dicyrtomina saundersi* se caractérise par une tache noire croisée sur le dos de son abdomen, récoltée par un aspirateur à bouche sur les plantes spontanées dans le massif de Jijel, citée en Algérie par Bretfeld (2001) et Hamra Kroua (2005).

Sur une flaque d'eau, on a récolté *Sminthurides aquaticus*, cette espèce est holarctique, mentionnée par Handschin (1928), Hamra Kroua (2005) et Ait mouloud *et al.* (2007). Les 4 autres espèces de cet ordre se sont abondantes dans nos échantillons de différentes localités et sont connus d'Algérie.

Par région, 80 espèces des collemboles ont été identifiées dans le massif de Jijel, situé dans un étage bioclimatique humide très arrosé en hiver, favorisant un développement des essences végétales denses et diversifiées. Avant ce travail seulement 06 espèces ont été signalées à Jijel par Hamra-Kroua (2005) (*Bilobella aurantiaca*, *Deutonura deficiens meridionalis*, *Heteromurus nitidus*, *Sminthurinus niger*, *Seira sp.* et *Willowsia sp.*).

Les espèces récoltées appartiennent à 50 genres, réparties sur 15 familles des 4 ordres connus des collemboles. L'ordre Poduromorpha présente 35 espèces et 24 genres, l'ordre Entomobryomorpha avec 36 espèces et 19 genres, les Symphypleona avec 7 espèces et 2

espèces se sont des Neelipleona. Parmi ces espèces, 5 sont nouvelles pour la science : *Deutonura nsp.* extraite dans le bois mort et la mousse sur roches à Erraguen, *Edoughnura nsp.*, deuxième espèce du genre *Edoughnura* endémique du massif de l'Edough, *Tetracanthella nsp.*, trouvées dans la mousse sur roche à Bouraoui, *Protanura nsp.*, récoltée dans la litière de chêne liège à Texenna et *Heteromurus nsp.*, chassée sous-pierres dans les forêts de Bouraoui Belhadeh et Djimla.

04 espèces sont citées pour la première fois en Algérie : *Microgastrura duodecimoculata*, *Proctostephanus cidi*, *Entomobrya marginata.*, *Isotomurus sp2*. Les forêts de ce massif abritent plusieurs espèces qui sont abondantes; *Bilobella aurantiaca*, *Heteromurus major*, *Megalothorax minimu*, *Parisotoma notabilis*, *Proisotoma minuta*, et *Sphaeridia pumilis*.

Ce massif héberge beaucoup d'espèces endémiques d'Algérie telle que *Deutonura adriani* (Deharveng *et al.*, 2015), *Deutonura zana* (Deharveng *et al.*, 2015), *Edoughnura rara* (Deharveng *et al.*, 2007), *Friesea laouina* (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Hamra-Kroua *et al.*, 2009), *Entomobrya numidica* (Baquero *et al.*, 2009) et *Proctostephanus sanctiaugustini* (Cassagnau, 1963) et aussi des espèces rares (*Hypogastrura affinis*, *Fissuraphorura sp.* *Micranurida candida* et *Ptenothrix italica*).

La découverte surprenant dans cette étude est la présence de certains taxons biogéographiquement inattendus, à savoir, *Sensillanura austriaca*, très abondante à Djemaa Beni Habibi, Djimla et El Ancer, trouvée récemment à Collo (Bendjaballah *et al.*, 2018). Cette espèce a été décrite pour la première fois en 1963, en Autriche par Gama, dans le genre *Neanura* et plus tard placée par Deharveng dans le genre *Sensillanura*. Les 6 autres espèces sont endémiques d'Amérique central et d'Amérique de Nord.

Une autre espèce du genre *Kenyura*, récoltée à Bouraoui Belhadeh, Djimla et Tassadane. Cette nouvelle espèce se caractérise par une taille supérieure à 2 mm, absence d'organe post antennaire, présence de 6+6 cornéules et mucron non soudé à la Dens. Toutes les espèces décrites (*Kenyura africana*, *Kenyura delicata*, *Kenyura monoculata*, *Kenyura multisensa*, *Kenyura nicaraguensis*, *Kenyura porcula* et *Kenyura xinguensis*) sont connues uniquement à Kenya, en Côte d'Ivoire et en Sud-américain.

Les études taxonomiques et faunistiques qui ont été effectuées dans différents massifs Algériens, Collo (Deharveng *et al.*, 2015 ; Bendjaballah *et al.*, 2018), Edough

(Hamra-Kroua, 2005 ; Hamra-Kroua et Deharveng, 2010 ; Brahim-Bounab *et al.*, 2020) et Djurdjura (Ait-Mouloud *et al.*, 2007 ; Deharveng *et al.*, 2015) montrent une grande similarité entre le massif de Jijel et celle du Collo avec 47 espèces en commun (74 espèces, 53 genres and 17 familles récoltées à Collo) due aux rapprochement entre les deux massifs 40 km et les ressemblances en climat , en géologie et en couvert végétal. Tandis que 37 espèces et 16 espèces pour les massifs de Edough (72 espèces et 47 genre et 14 famille) et Djurdjura (53 espèces) respectivement.

La forêt humide de Filfila localisés dans le massif d'El-Alia voisine de 2 grands massifs Collo et Edough, présente seulement 25 espèces repartis sur 23 genres et 11 familles, cette région est déjà prospectée par Hamra Kroua (2005) et Brahim-Bounab (2016) dans le site d'Azzaba avec l'identification de 28 espèces de Poduromorpha, 13 de Entomobryomorpha, et 7 de Symphypleona, Bendjaballah (2019) recense 37 espèces à Filfila et 35 à Guerbès. Cette diversité ne reflète pas les potentialités biologiques, géologiques et écologiques qui caractérisent cette zone.

La forêt sub-humide de Maouna situé dans les hauteurs de la ville de Guelma représente par 33 espèces reparties sur 31 genres et 14 familles, c'est une diversité moyenne pour cette localité. Parmi ces taxons, *Kenyura nsp.* nouvelle espèce pour la science récoltée dans la litière de chêne liège, sa présence dans cet étage bioclimatique constitue l'une des plus importante découverte. Les espèces *Friesea major* et *Superodontella tayaensis* endémiques de l'Edough et le massif rocheux de Taya au Nord Guelma, ce dernier, n'est pas éloigné de ce forêt et prospecté pour la première fois par Brahim Bounab (2016) avec l'identification de 2 genres tropicaux *Kenyura* et *Cephalachorutes* et 19 autres espèces d'ordre Poduromorpha.

La prospection de plusieurs fois la station sub-humide de Grarem Gougua à Mila a permis d'inventorier 21 espèces dans les échantillons de sol, de litière de chêne liège, de bois mort et de mousse sur arbres, sur sol et sur roche , C'est une diversité faible vus la grande biodiversité végétale de cette forêt qui nécessite une étude approfondie et prospecter plusieurs milieux et habitats comme sur les herbes et les végétations, près de milieu aquatique (les petits lacs et les ruisseaux), qui peuvent être riche en espèces originales.

La forêt de chêne vert d'Aïn Beïda à Oum El Bouaghi située dans un étage bioclimatique semi-aride, contient 19 espèces réparties sur 17 genres et 10 familles. C'est une minime biodiversité pour cette localité, aucune espèce endémique d'Algérie n'a été

rencontrée. Nos prélèvements ont été moins diversifiés juste la litière et la mousse sur sol. Les localités de Guerioun et Sidi Rgheiss à Oum El Bouaghi échantillonnées par Bendjaballah (2019) présentent une modeste diversité collembologique avec 26 et 23 espèces respectivement.

Un autre milieu a été exploré durant ce travail, les milieux souterrains ou les grottes, qui diffèrent de milieu forestier par l'obscurité totale et réduction des ressources alimentaires. Ces conditions favorisent une adaptation anatomique (anophtalmie et développement spectaculaires des appendices) et physiologique (grande tenure en graisse et un moindre métabolisme respiratoire) afin de survivre dans ce milieu. Les collemboles cavernicoles se distinguent par une rareté des espèces avec des effectifs très réduits.

Les données disponibles sur les collemboles cavernicoles d'Algérie sont très peu nombreuses. Les principaux travaux effectués sur les grottes remontent aux années 1906-1907. Jeannel et Racovitza firent une description sommaire de 117 grottes qu'ils ont explorés afin de recueillir des matériels biologiques (les insectes, isopodes, acariens, myriapodes, aranéides, pseudoscorpionides etc) nécessaire à leurs études à cette époque.

Depuis, aucun autre travail n'a été réalisé jusqu'à 1935. Denis décrit *onychiurus saccardi* échantillonnée dans une grotte située à Djurdjura centrale. Après 2 ans, le même auteur identifie *Onychiurus armatus* et décrit *Heteromurus peyerimhoffi*.

Stomp (1974), dans son étude des collemboles cavernicoles récoltés dans différentes grottes glaciaires de Djurdjura, a cité 4 espèces (*Heteromurus peyerimhoffi*, *Heteromurus tetrophthalmus*, *onychiurus saccardi* et *Arrhopalites sp.*) et a décrit 5 spécimens dépigmentés d'*Oncopodura delhezi*.

Stomp et Thibaud (1974) ont décrit une nouvelle espèce troglobienne de la famille Hypogastruridae *Typhlogastrvra delhezi*, collectée par François Delhez lors d'une expédition Belge aux grottes du Djurdjura. Cette espèce se caractérise par une pigmentation nulle, une furca et épines anales assez bien développées et une présence d'une languette médiane impaire sur le tergite abdominal V.

Stomp (1983), dans son second travail sur les collemboles cavernicoles d'Afrique du Nord, après la détermination des collemboles récoltées par François Delhez en 1973 lors de la troisième expédition Belge aux gouffres du massif de Djurdjura, a recensé 12 espèces

(*Typhlogastrura delhezi*, *Ceratophysella denticulata*, *Onychiurus armatus*, *Onychiurus sp.*, *Onychiurus saccardi*, *Heteromurus peyerimhoffi*, *Heteromurus tetrophtalmus*, *Isotoma viridis* et *Oncopodura delhezi*) dont 3 nouvelles pour la science (*Onychiurus delhezi*, *Isotomurus nicolae* et *Orchesella delhezi*).

6 espèces cavernicoles identifiées au niveau de genre ont été récoltées dans 3 grottes (au qu'une espèce n'a été trouvée dans la grotte de Roknia à Guelma) appartiennent à 4 familles et 5 genres réparties sur 2 ordres Poduromorpha et Entomobryomorpha.

Le genre *Ceratophysella* représenté par 2 espèces, *Ceratophysella sp1.*, récoltée sur une flaque d'eau dans la grotte de Ghar Djemaa à Taya dans la région de Guelma et *Ceratophysella sp2.*, deuxième espèce de ce genre chassée par un aspirateur à bouche sur la paroi humide de la grotte de Hamma Bouziane. Cette espèce est proche de *Ceratophysella denticulata* déjà signalée par Stomp en 1983 dans les grottes de Djurdjura et récoltée dans différents biotopes de grottes française (Thibaud et Vannier, 1969 et 1980).

Hypogastrura sp., récoltée près d'un piège alimentaire, aucune espèce cavernicole du genre *Hypogastrura* n'a été signalé en Algérie. En France, Thibaud (2017) a cité 4 espèces souterraines : *Hypogastrura assimilis*, *Hypogastrura boldorii*, *Hypogastrura crassaegranulata* et *Hypogastrura purpurescens* et en Espagne, Arbea et Jordana (1992) ont cité 2 espèces : *Hypogastrura purpurescens* et *Hypogastrura viatica*.

Tomocerus sp., ramassée sur un terrain argileux de Ghar Djemaa, se caractérise par les antennes typiques de genre *Tomocerus* (3^{ème} segment antennaire très allongé). Si une nouvelle citation de ce genre comme type cavernicole en Algérie. Selon Thibaud (2017), plusieurs espèces de genre *Tomocerus* ont été mentionnées dans les grottes françaises : *Tomocerus baudoti*, *Tomocerus catalanus*, *Tomocerus minor*, *Tomocerus minor orcina*, *Tomocerus problematicus* et *Tomocerus vulgaris*.

Le Genre *Oncopodura* représenté par une espèce très rare *Oncopodura sp.*, seulement 4 spécimens ont été extraits de 35 prélèvements de sol de Ghar El Dbaa à Ibn Ziad. *Oncopodura delhezi* endémique des grottes Algériennes qui diffère des formes cavernicoles Pyrénéenne de *Oncopodura occidentalis* et *Oncopodura tricuspidata* par un organe post antennaire trilobé, 3 épines dentales internes et une présence d'une soie plumeuse dorsale sur la dens.

Le Genre *Pseudosinella* représenté par une espèce *Pseudosinella sp.*, qui est dépigmentée et rare, récoltée près de guano de chauvesouris. Au qu'une espèce souterraine de ce genre n'a été mentionnée dans les études précédentes. Le travail de Thibaud (2017) sur les collemboles de France révèle la présence de 4 espèces troglonexes (*Pseudosinella alba*, *Pseudosinella decipiens*, *Pseudosinella immaculata* et *Pseudosinella wahlgreni*) et 45 troglobiennes comme (*Pseudosinella aspinata*, *Pseudosinella curtii*, *Pseudosinella delhezi*, *Pseudosinella duprei*, *Pseudosinella efficiens*, *Pseudosinella stompi* et *Pseudosinella virei*).

Nous avons élargir la prospection à l'extérieur des grottes afin de trouver des taxons troglonexes et sub-troglophiles. Toutes les espèces trouvées près des grottes d'Ibn Ziad et Hama Bouziane, sont signalées pour la première fois en Algérie :

Entomobrya marginata, espèce est abondante et cosmopolite, son caractère distinctif est les bandes latérales sur le thorax et l'abdomen. Elle est récoltée aussi dans le massif forestier de Jijel.

Entomobrya sp., taxon très rare, avec une couleur bleu foncé différent des congénères Algériennes : *Entomobrya albocincta*, *Entomobrya atrocincta*, *Entomobrya lanuginosa*, *Entomobrya multifasciata*, *Entomobrya nicoleti*, *Entomobrya numidica* et *Entomobrya quinquelineata*. Elle est probablement une nouvelle espèce pour la science.

Sminthurides sp., espèce de la famille des Sminthurididae, qui est très rare et de grande taille . Seulement 3 individus ont été chassés difficilement entre les petites pierres et les caillasses près de grotte de Hama Bouziane. Elle est ajoutée aux 3 autres espèces de ce genre signalées pour la première fois en Algérie : *Sminthurides aquaticus* citée par Handschin, 1928 à Alger et El Kala, *Sminthurides malmgreni* citée par le même auteur à Kolea et Djelfa et *Sminthurides signatus* listée à Collo en 2018 par Bendjaballah et ses collaborateurs.

Le résultat étonnant du récolte dans les alentours des grottes calcaire d'Ibn ziad et Hama bouziane est la présence de 3 espèces (non décrites) de genre *Orchesella* (Entomobryidae), qui sont nouvelles pour science (*Orchesella nsp1.*, *Orchesella nsp2.* Et *Orchesella nsp3.*). Selon Bellinger *et al.* (2022), il existé 104 espèces cataloguées dans le « checklist of Collembola » appartenant à ce genre qui se caractérise par une grande taille, des motifs colorés (pigmentation) distinctifs et des soies denses sur la tête et le thorax.

Uniquement 4 espèces d'*Orchesella* connues en Algérie : *Orchesella cincta* citée par Handschin (1928) et Hamra-Kroua (2005) ; *Orchesella quinquefasciata* mentionnée dans les travaux de Hamra-Kroua et Allatou (2003), Hamra-Kroua (2005), Zoughailech (2017), Bendjaballah (2019) et Brahim-Bounab *et al.* (2020) ; *Orchesella villosa* signalé par Denis (1925), Handschin (1928) et Cassagnau (1963) et *Orchesella delhezi* identifié par Stomp (1974). Avec très peu d'études taxonomiques, physiologiques, écologiques et phylogéniques consacrent à ce genre cosmopolite. En France, Thibaud (2017) a recensé 13 espèces d'*Orchesella* qui ont été citées dans plus 42 publications.

2. Discussion des résultats statistiques

Des connaissances sur les préférences d'habitat sont nécessaires pour comprendre l'organisation de communauté des collemboles à l'échelle locale et régionale.

L'analyse de 180 prélèvements de différents biotopes dans la station de Bouraoui Belhadef à Jijel, révèle une biodiversité surprenante (56 espèces), avec la découverte de 4 espèces nouvelles pour la science (*Edoughnura nsp.*, *Kenyura nsp.*, *Tetracanthella nsp.* et *Heteromurus nsp.*), 2 espèces nouvelles pour le pays (*Microgastrura duodecimoculata* et *Proctostephanus cf. cidi*), 4 espèces endémiques (*Friesea laouina*, *Friesea major*, *Superodontella tayaensis* et *Proctostephanus sanctiaugustini*) et 4 espèces rares (*Acherontiella bougisi*, *Edoughnura rara*, *Micranurida candida* et *Fissuraphorura sp.*) et *Sensillanura austriaca*, espèce Alpine très intéressante sur le plan biogéographique.

Cette biodiversité s'explique probablement par la présence des essences botaniques diversifiées et par localisation dans une basse altitude, plaine des ressources hydriques (Oued Ouardjana). Cette richesse est similaire d'Oued Zhor, station la plus proche du massif de Collo prospectée par 2 chercheurs, Zoughailech (2017) présente une richesse spécifique de 58 espèces dans 5 habitats et Bendjaballah (2019) récolte 2306 individus et identifie 64 espèces.

D'après le traitement des données sur le type de biotope comme un facteur sur la répartition des espèces était prévisible, vu les observations et les comptages sous la loupe après l'extraction de cette faune de son habitat. Après l'écartement de *Proisotoma minuta*, espèce pullulant dans les habitats, les résultats statistiques prouvent qu'il existe une différence significative dans l'abondance et la richesse spécifique entre les 4 habitats d'étude : Litière de chêne liège, bois mort, mousse et sol, avec une valeur de F égale 3,931

après l'analyse de la variance à un facteur. Salmon *et al.* (2014) montrent que la biodiversité des espèces de collemboles est conditionnée par l'interaction d'un ensemble de paramètres, notamment l'habitat, la stratification verticale, la forme de l'humus et la température de l'air, humidité et acidité du sol.

En se référant aux valeurs de test de Tukey et des différents indices de diversité et de similarité, notre étude indique également que la préférence de substrats influence sur l'abondance et la composition taxonomique de la communauté des collemboles. Le bois mort diffère du sol (test de Tukey égale 0,007 et l'indice de Bray-Curtis est plus bas entre les deux habitats), avec une variété des taxons très importante, le bois mort contient 45 espèces tandis que seulement 23 espèces ont été trouvées dans 45 échantillons de sol.

Cette étude démontre clairement que le bois mort, la litière et la mousse (avec une richesse spécifique de 45, 40 et 36 respectivement) sont des habitats convenables pour de nombreuses et intéressantes espèces de collemboles (nouvelles pour la science et le pays, rares, endémiques et d'intérêt biogéographique) tels que *Microgastrura duodecimoculata*, *Micranurida candida* et *Sensillanura austriaca* récoltées dans la litière et le bois mort. *Friesea major*, *Edoughnura rara* et *Orchesella villosa* ont été récoltées dans le bois mort. La mousse sur roche et sur sol contiennent *Edoughnura nsp.*, *Kenyura nsp.*, *Tetracanthella nsp.*, *Folsomides sp.* et *Fissuraphorura sp.*

Ce résultat est en accord avec celle de Ponge (1993) qui illustre la différenciation de biotopes ; le sol minéral, les couches d'humus et la litière, les habitats atmosphériques (herbes et arbres) influence sur les collemboles et la considère comme un facteur prépondérant sur répartition taxonomique.

Hamra Kroua (2005) indique que la forte proportion 71 % de total des espèces a été récoltées dans plusieurs biotopes forestiers (litière, humus, mousse, sol et bois mort), qui sont des espèces qui ont des caractères hémiedaphiques qu'elles soient hygrophiles, mésophiles ou xérophiles. Zoughailech (2017) confirme que la richesse taxonomique est corrélée avec l'altitude et le genre d'habitat. Il prouve que les 5 différents habitats récoltés dans 4 stations de massif de Collo (litière, mousse, sol, bois mort et milieux humides) ne présentent pas tout à fait la même composition et répartition spécifique et montre que le bois mort et la mousse sont les biotopes les plus diversifiés.

Cette biodiversité taxonomique dans ces habitats est due aux plus grandes disponibilités des ressources alimentaires et qui sont riches en matières organique, micro-organismes, algues et mycètes préférables par les collemboles et à la haute capacité de rétention d'eau de ces biotopes. Hoskins *et al.* (2015) démontrent que le régime alimentaire des Neanurinae, famille la plus diversifiée, est basé sur les myxomycètes trouvés dans le bois mort, Skarzynski *et al.* (2016) note que le nombre d'espèces et l'abondance de spécimens de collemboles augmente avec le taux de décomposition du bois mort, car le bois mort très décomposé attire non seulement les espèces saproxyliques, mais également celles qui résident dans le sol et la litière. En outre, Deharveng (1996) et Berg *et al.* (1998) notent que les couches du sol qui présente une faible biodiversité et une baisse des effectifs de collemboles due au déficit en ressources trophiques et hydriques.

Plusieurs auteurs ont montré l'importance de facteur d'humidité des biotopes et son influence positive sur la variété et la densité des collemboles (Berg et Bengtsson, 2007 ; Hamra-Kroua et Cancela Da Fonseca, 2009 et Da Silva *et al.*, 2016). A ce sujet plusieurs études indiquent que la litière et le bois mort ont une forte capacité de rétention hydrique que le sol, ce qui attire les espèces à tendances hygrophiles qui sont diversifiés et abondantes chez la classe de collemboles (Cassagnau, 1961).

Conclusion

Conclusion

Nos connaissances sur la classe Collembola sont encore loin de refléter la biodiversité d'un territoire aussi vaste et diversifié que l'Algérie. Suivre les précédentes études sur cette classe, notre travail a mis en évidence une importante biodiversité faunistique dans divers milieux et régions localisées dans différents étages bioclimatiques.

L'inventaire de cette faune récoltée dans plusieurs habitats forestière, cavernicoles et les alentours des grottes, permettent d'enrichir la liste des espèces des collemboles d'Algérie avec 06 nouvelles espèces pour la science, 04 espèces fortes probablement nouvelles pour la science et 04 espèces nouvelles pour le pays.

Le résultat de notre étude indique une diversité considérable de milieu forestier de 13 localités avec un recensement de 85 espèces et morpho-espèces, dont le massif de Jijel présente une biodiversité surprenante jamais encore dévoilée pour l'Algérie.

Sur les 85 espèces rencontrées dans les différents habitats forestières, les ordres Poduromorpha et Entomobryomorpha sont les mieux représentés avec 38 et 37 espèces respectivement, avec les familles Neanuridae et Isotomidae qui sont les plus diversifiés soit 23% et 21% du total d'espèces identifiées.

La station forestière de Bouraoui Belhadef renferme plusieurs espèces nouvelles, rares et d'intérêt taxonomique. L'étude statistique sur la répartition des espèces dans 04 habitats prouve que le bois mort, la litière et la mousse sont mieux diversifiées que le sol.

Le milieu cavernicole habrite plusieurs espèces rares et intéressantes, avec une extension des prospections dans les alentours des grottes, qui renferme 04 espèces des genres *Entomobrya* et *Orchesella* probablement nouvelles pour la science. La faune de ce milieu (spéléofaune) est mal connue en Algérie, vu les lacunes affrontées durant les visites des grottes et des cavernes et les techniques d'échantillonnages.

Afin de découvrir des taxons nouvelles et endémiques et connaître profondément la biologie et écologie de cette faune, il serait recommandé d'étendre les prospections sur d'autres massifs montagneux et parcs nationaux et d'intensifier les enquêtes et les recherches dans différents biotopes et habitats, car ce pays contient un immense patrimoine biologique original non encore dévoilé qui ouvre des perspectives à réaliser plusieurs projets scientifiques sur cette faune et d'autres faunes zoologique (arthropodes).

Références bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Absolon K.**, (1913) - Uber eineneuesubterrane Collembole (Insecta Apterygota): *Acherontiella onychiuriformis* N.G.N.SP. Aus den hohlen Algiers. *Zoologie expérimentale et générale*, **5**, 1-5.
- Addison J.A., Trofymow J.A. & Marshall V.G.**, (2003) - Abundance, species diversity, and community structure of Collembola in successional coastal temperate forests on Vancouver Island, Canada. *Appl. Soil Ecol.*, **24**, 233–246.
- AitMouloud S., Lek-Ang S. & Deharveng L.**, (2007) - Fine scale changes in biodiversity in a soil - water ecotone: Collembola in two peat-bogs of Kabylia (Algeria). *Vie et milieu*, **57** (3), 149-157.
- Altner H. & Altner I.**, (1985) - Multicellular antennal sensilla containing a sensory cell with a short dentrite and dense core granules in the insect *Hypogastrura socialis* (Collembola) intermoult and moulting stages. *Cell and Tissue Research*, **241**, 119-28.
- Anaya-Romero M., Abd-Elmabod S. K., Muñoz-Rojas M., Castellano G., Ceacero C. J., Alvarez S. & De la Rosa D.**, (2015) - Evaluating Soil Threats Under Climate Change Scenarios in the Andalusia Region. *Southern Spain. Land Degradation & Development*, **26**(5), 441–449.
- Anderson M.J., Crist T.O., Chase J.M., Vellend M., Inouye B.D. & Freestone A.L.**, (2011) - Navigating the multiple meanings of beta diversity : A roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, **14**: 19-28.
- Andre H.M.**, (1988b) - The phanerotaxy of the genus *Xenylla* (Collembola: Hypogastruridae). With the description of a new species from Ethiopia. *Journal of African Zoology*, **102**, 503-27.
- Anslan S., Bahram M. & Tedersoo L.**, (2018) - Seasonal and annual variation in fungal communities associated with epigeic springtails (Collembola spp.) in boreal forests. *Soil Biology and Biochemistry*, **116**, 245–252.
- Arbea J.I.**, (2003) - El género *Proctostephanus* Börner, 1902 en la Península Ibérica, con descripción de una nueva especie de la región mediterránea de España (Collembola: Isotomidae). *Boletín SEA*, **32**, 5–8.

- Arbea J.I., Brahim-Bounab H. and Hamra Kroua S.,** (2013) - Collembola Poduromorpha from Guelma Province (Northeastern Algeria), with description of a new *Superodontella* species (Collembola: Odontellidae). *Zootaxa*, **3709** (2) : 177–184.
- 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., 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.
- Austruy A., Laplanche C., Mombo S., Dumat C., Deola F. & Gers C.,** (2016) - Ecological changes in historically polluted soils: Metal(loid) bioaccumulation in microarthropods and their impact on community structure. *Geoderma*, **271**, 181–190.
- Bandyopadhyaya I. & Choudhuri D K.,** (2002) - Laboratory observations on the biology of *Xenylla welchi* (Collembola: Hexapoda). *Pedobiologia*, **46**, 311–315.
- Baquero E., Hamra Kroua S. & Jordana R.,** (2009) - New species of *Entomobrya* from northern Algeria (Collembola: Entomobryidae). *Entomological news*. **120** (1), 65-75.
- Baquero E., Ledesma E., Gilgado J.D., Ortuno V.M. & Jordana R.,** (2017) - Distinctive Collembola communities in the mesovoid shallow substratum: first data for the sierra de Guadarrama national park (Central Spain) and a description of two new species of *Orchesella* (Entomobryidae). *PLoS One*, **12** (12), 189-205. doi.org/10.1371/journal.pone.0189205
- Bardgett R.D. & Wardle D.A.,** (2010) - Aboveground–belowground linkages: biotic interactions, ecosystem processes, and global change. *oxford series in ecology and evolution*, Oxford University Press, New York, pp. 301.
- Bauer T. & Christian E.,** (1986) - Flight behaviour of springtails (Collembola) with respect to their habitat. In *Second International Seminar on Apterygota*, 177-9. University of Siena, Siena.
- Bauer T. & Christian E.,** (1993) - Adaptations of three springtail species to granite boulder habitats (Collembola). *Pedobiologia*, **37**, 280–290.

- Bauer T. & Pfeiffer M.**, (1991) - Shooting springtails with a sticky rod: the flexible hunting behaviour of *Stenus comma* (Coleoptera; Staphylinidae) and the counter-strategies of its prey. *Animal Behaviour*, **41**(5), 819-828.
- Bedos A. & Cassagnau P.**, (1988) - La réalisation de l'ecomorphose chez *Hypogastrura boldorii* (collembole) a la tourbiere du Pinet (Aude). *Revue D'écologie Et De Biologie Du Sol*, **25** (3), 315-331.
- Belgnaoui S. & Barra J.A.**, (1988) - Cytochrome oxidase activity in the anhydrobiotic *Collembola Folsomides angularis* (Insecta, Apterygota). *Pedobiologia*, **32** (5-6), 283-291.
- Bellinger P.F., Christiansen K.A. and Janssens F.**, (1996-2022) - Checklist of the Collembola of the World. Disponible en line: <http://www.collembola.org>.
- Bendjaballah M.**, (2019)- Biodiversité des micro arthropodes litéricoles (Hexapoda : Collembola) de quelques localités du Nord-Est algérien. Thèse de Doctorat: Université Mentouri de Constantine. 171p.
- Bendjaballah M., Zoughailech A., Brahim-Bounab H., Hamra-Kroua S., Bedos A. & Deharveng L.**, (2018) - Annotated checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of the Collo massif, northeastern Algeria. *Zoosystema*, **40** (16), 389-414.
- Berg M.P.**, (2007) - De springstaarten van Nederland : het genus *Orchesella* (Hexapoda: Entognatha: Collembola). *Nederlandse Faunistische Mededelingen*, **26**, 77-93.
- Berg M.P., Kniese J.P., Bedaux J.M. & Verhoef H.**, (1998) - Dynamics and stratification of functional groups of micro- and mesoarthropods in the organic layer of a Scots pine forest. *Biology and Fertility of soils*, **26**, 268-284.
- Berg M.P., Stoffer M. & Van Den Heuvel H.H.**, (2004) - Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. *Pedobiologia*, **48**, 589e 601.
- Berg, M.P. & Bengtsson J.**, (2007) - Temporal and spatial variability in soil food web structure. *Oikos*, **116**, 1789–1804.
- Betsch J.M.**, (1980) - Éléments pour une monographie des Collemboles Symphypléones (Hexapodes, Aptérygotes). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, *Nouvelle Série, Série A, Zoologie*, **116**, 1-227.

- Betsch J.-M. & Vannier G.,** (1977) - Caractérisation des deux phases juvéniles d'*Allacma fusca* (Collembola, Symphypleona) par leur morphologie et leur écophysiologie. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, **15**: 124-141.
- Betsch J.M. & Waller A.,** (1989) - L'armement entrichobothries des CollembolesSymphypléones. Recherches de schémas chétotaxiques. *Proc. 3rd. Intern. Sem. Aperygota, Siena*, (ed R. Dallai), 15-31. University of Siena, Siena.
- Bigliardi E. & Carapelli A.,** (2002) - Microsporidia in the springtail *Isotomurus fucicolus* (Collembola: Isotomidae) and possible pathways of parasite transmission. *Italian Journal of Zoology*, **69**, 109-113.
- Birkemoe T. & Leinaas H.P.,** (2001) - Growth and development in a high Arctic Collembola: adaptive variation in local populations living in contrasting thermal environments. *Ecological Entomology*, **26**, 100-105.
- Bouillin J.P.,** (1986) - Le «bassin maghrébin»: une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. *II Bulletin de la Société géologique de France*, **8**, 547–558.
- Bouillin J.P et Raoult J.F.,** (1971) - Présence sur le socle kabyle du Constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut-il être un neo-autochtone?. *Bulletin de la Société Géologique de France S7-XIII*, (3-4), 338–362.
- Brahim-Bounab H.,** (2016) - Les Collemboles (Hexapoda : Collembola) de quelques localités du Nord-est algérien : Taxonomie et Appartenance Biogéographique. Thèse de Doctorat 3eme Cycle en Biologie Animale. Université Frères Mentouri, Constantine. 229 p.
- Brahim-Bounab H., Bendjaballah M. & Hamra Kroua S.,** (2017) – Some Poduromorpha (Hexapoda: Collembola) of Northeastern Algeria. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **5** (4), 966-971.
- Brahim-Bounab H., Bendjaballah M., Hamra-kroua S., Lachi N., Bedos A. & Deharveng L.,** (2020) - Checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of the Edough massif, northeastern Algeria. *Zootaxa*, **4853** (1), 051–078. Doi: 10.11646/zootaxa.4853.1.3.

- Brahim-Bounab H., Zoughailech A. & Hamra Kroua S.,** (2014) - The Collembola Poduromorpha Families: Neanuridae and Odontellidae of some localities of Northeastern Algeria. *Sciences & Technologie C.*, **39**, 40-45.
- Brauner U.,** (1981) – Vergleichendeanatomische Untersuchungen zum Nervensystem der Collembolen. *Zoologische Jb.Anat*, **105**, 259-290.
- Bretfeld G.,** (1997) - Redescription and new descriptions of Sphaeridia species (Insecta, Collembola) from Algeria, Gambia, Peru, and Spain. *Abh. Ber. Naturkundemus, Gorlitz*, **69**, 3: 1-14.
- Bretfeld G.,** (2001) - Symphypleona from Northwest and West Africa, collected in the years, 1979-1986, by Johans Mertens, Gent. *Senckenbergiana biologica*, **80**, 87-131.
- Carapelli A., Liò P., Nardi F., van der Wath E. & Frati F.,** (2007)- Phylogenetic analysis of mitochondrial protein coding genes confirms the reciprocal paraphyly of Hexapoda and Crustacea. *BMC Evol. Biol*, **7**, S8.
- Cassagnau P.,** (1961) - Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales: les biocénoses de Collemboles. *Hermann, Paris*.
- 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), 197-20.
- Cassagnau P.,** (1971a) - Biologie de *Bilobella grassei* (Denis) dans la région toulousaine (Collembole Neanuridae). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, **107**: 279-294.
- Cassagnau P.,** (1971b) - Les chromosomes salivaires polytènes chez *Bilobella grassei* (Denis) (Collemboles : Neanuridae). *Chromosoma*, **35**, 57-83.
- Cassagnau P.,** (1972a) - Parthénogenèse géographique et polyploidie chez *Neanura muscorum* (Templ.), Collembole Neanuridae. *C. R. Acad. Sc., Paris*, **274**, 1846-1848.
- Cassagnau P.,** (1972b) – Un collembole adapté a la prédation *Cephalotomagrandiceps*. *Nouv. Rev. Ent*, **2**, 5-12.
- Cassagnau P.,** 1974. Chetotaxie et phylogénie chez les Collemboles Poduromorphes. *Pedobiologia*, **14**, 300–312.
- Cassagnau P.,** (1980) - Nouveaux critères pour un redécoupage phylogénétique des Collemboles Neanuridae. *Proc. 1st Intern. Semin. Aptery. Siena*, 115-132.

- Cassagnau P.**, (1986) - Les ecomorphoses des Collemboles: 2. Aspects phenologiques et analyse experimentale des determinismes. *Annales De La Société Entomologique De France*, **22** (3), 313-338.
- Cassagnau P.**, (1990) - Des hexapodes vieux de 400 millions d'années : les Collemboles : Biologie et évolution. II. Biogéographie et écologie. *Année Biologique, Ser.4*, **29**, 1-37,39-69.
- Cassagnau P. & Lauga-Reyrel.**, (1985) - Sur la signification adaptative de l'architecture cuticulaire chez les Collemboles Arthropléones. *Revue d'Écologie et de Biologie du sol*, **22**: 381-402.
- Cassagnau P. & Oliveira E.P.**, (1992)- *Mastigocera scamponoti* (Hindschin) collembole Orchesellinae d'Amazonie. *Bulletin de Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **128**, 27-31.
- Chahartaghi M., Scheu S. & Ruess L.**, (2006) - Sex ratio and mode of reproduction in Collembola of an oak-beech forest. *Pedobiologia*, **50**, 331-340.
- Chen J.X., Ma Z.C., Yan H.J & Zhang F.**, (2007) - Roles of springtails in soil ecosystem. *Biodivers Sci*, **15**:154–161.
- Chen C., Chen T., Hua B., & Wan T.**, (2019) -Structure and functions of the ventral tube of the clover springtail *Sminthurus viridis* (Collembola: Sminthuridae). *Sci Rep*, **9**, 897.
- Choi W.I., Ryoo M.I. & Kim J G.**, (2002) - Biology of *Paronychiurus kimi* (Collembola: Onychiuridae) under the influence of temperature, humidity and nutrition. *Pedobiologia*, **46**, 548–557.
- Choi W. I., Moorhead D. L., Neher D. A. & Ryoo M. I.**, (2006) - A modeling study of soil temperature and moisture effects on population dynamics of *Paronychiurus kimi* (Collembola: Onychiuridae). *Biology and Fertility of Soils*, **43** (1), 69–75.
- Choisnel E.**, (1989) - Variabilité du climat : sa prise en compte pour l'aménagement de l'espace rural. *C.R.Acad.Agric.Fr.*, **75** (9), 47-57.
- Chown S.L. & Nicolson S.W.**, (2004) - Lethal temperature limits. In: Chown, S.L., Nicolson, S.W. (Eds.). *Insect Physiological Ecology: Mechanisms and Patterns*. Oxford University Press, Oxford, 115-153.
- Christian E.**, (1978) - The jump of the springtails. *Naturwissenschaften*, **65**(9), 49-56.

- Christiansen K.A.**, (1965) - Behavior and form in the evolution of cave Collembola. *Evolution*, **19** (4): 529-537.
- Cipola N. G., Arbea J., Baquero E., Jordana R., Morais J. W. & Bellini B. C.**, (2018) - The survey of Seira Lubbock, 1870 (Collembola, Entomobryidae, Seirinae) from Iberian Peninsula and Canary Islands, including three new species. *Zootaxa*, **4458** (1), 1– 66. doi : 10.11646/zootaxa.4458.1.1.
- Cipola N.G., Da Silva D.D & Bellini B.C.**, (2018) - Class Collembola. *Thorpe and Covich's Freshwater Invertebrates*, 11-55.
- Coleman D.C., Crossley D.A. & Hendrix P.F.**, (2004) - Fundamentals of Soil Ecology. *Elsevier/Academic Press*, London, 386.
- Coulson S.J. & Birkemoe T.**, (2000) - Long term cold tolerance in Arctic invertebrates: recovery after 4 years at below -20°C. *Canadian Journal of Zoology*, **78**, 2055-2058.
- Cronberg N., Natcheva R. & Hedlund K.**, (2006) - Microarthropods Mediate Sperm Transfer in Mosses. *Science*, **313** (5791), 1255–1255.
- Culik M. & Najt J.**, (1986) - Ecomorphosis in *Folsomia elongata* (MacGillivray, 1896) (Collembola: Isotomidae). *Journal Of The Kansas Entomological Society*, **59** (2) 19, 395-397.
- Dallai R.**, (1977) - Considerations on the cuticle of Collembola. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, **14**, 117-24.
- Dallai R.**, (1980) - Considerations on Apterygota phylogeny. *Bollettino di Zoologia*, **47**, 35 - 48.
- Dallai R.**, (1994) - Recent findings on apterygotan sperm structure. *Acta Zoologica Fennica*, **195**, 23–27.
- Dallai R., Sbordoni V., Cobolli-Sbordoni M. & De Mattheis E.**, (1983) - Chromosome and enzyme diversity in some species of Neanuridae (Collembola). *Pedobiologia*, **25**: 301- 311
- Dallai R., Yin Y. W., Xue L. & François J.**, (1989) - The gut structure of *Sinentomonerythranum*. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, **18**, 173–184.

- Da Silva P. M., Carvalho F., Dirilgen T., Stone D., Creamer R., Bolger T. & Sousa J. P.,** (2016) - Traits of collembolan life-form indicate land use types and soil properties across an European transect. *Applied Soil Ecology*, **97** : 69-77.
- D’Haese C.A.,** (2000) - Is Psammophily an Evolutionary Dead End? A Phylogenetic Test in the Genus *Willemia* (Collembola: Hypogastruridae). *Cladistics*, **16**, 255–273.
- D’Haese C.A.,** (2002) - Were the first springtails semi-aquatic? A phylogenetic approach by means of 28S rDNA and optimization alignment. *Proceedings of the Royal Society of London B*, **269**, 1143-1151.
- 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, 563-586.
- D’Haese C.A., Stevens M. I. & Weiner W. M.,** (2017) - *Friesea najtae* n. sp. (Collembola, Neanuridae, Frieseinae) from southern Western Australia. *Zoosystema*, **39** (1), 21-29.
- Deharveng L.,** (1976) - Présence d'un caractère sexuel secondaire chez *Anurophorus serratus* n.sp. (Collembola : Isotomidae). *Nouv. Rev. Ent.*, VI, **2** ,109 - 111.
- Deharveng L.,** (1978) - Collemboles cavernicoles. I.-Grotte de l’Aguzou (France : Aude). *Bulletin de la Société d’Histoire naturelle de Toulouse*, **114**: 393-403.
- Deharveng L.,** (1979) - Contribution à la connaissance des Collemboles Neanurinae de France et de la Péninsule Ibérique. *Travaux du Laboratoire d’Ecologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse*, **1**(4): 1-61.
- Deharveng L.,** (1981) - La famille des Odentellidae : phylogénese et taxonomie. *Travaux du Laboratoire d’Ecobiologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse*, **3** (1) : 1-21.
- Deharveng L.,** (1983) - Morphologie évolutive des Collemboles Neanurinae en particulier de la lignée Neanurienne. *Travaux du Laboratoire d’Ecobiologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse*, **4** (2), 1-63.
- Deharveng L.,** (1996) - Soil Collembola Diversity, Endemism, and Reforestation: A Case Study in the Pyrenees (France). *Conservation Biology*, **10** (1), 74-84.
- Deharveng L.,** (2004) - Recent advances in Collembola systematics. *Pedologia*, **48**, 415-433.
- Deharveng L.,** (2013) - FaunaEuropaea: Collembola. FaunaEuropaea version 2017.06.
<https://fauna-eu.org>

- Deharveng L., Ait Mouloud S. & 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. & Bedos A.,** (1991) - Taxonomy and cladistic analysis of the Thai species of *Friesea* Dalla Torre 1895 (Collembola Neanuridae). *Trop. Zool*, **4**, 287–315.
- Deharveng L. & Gouze A.,** (1986) - Les collembole cavernicoles, III, sur *Onychiurus* français de sous groupe *Argus*. *Annales de la Société de Entomologie Français*, **20**, 389-97.
- Deharveng L. & Hamra-Kroua S.,** (2004) - Une nouvelle espèce de *Friesea*, 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. & 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. & Lek S.,** (1993) - Remarques sur la morphologie et la taxonomie du genre *Isotomurus* Börner, 1903 et description de deux espèces nouvelles de France (Collembola: Isotomidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)*, **29**, 245 –259.
- Deharveng L., Zoughailech A., Hamra-Kroua S. & 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.,** (1953) - 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 (1ere partie). *Annales de la Société Entomologique de France*, **93**, 211-260.
- Denis J-R.,** (1925a) - Sur les Collemboles du muséum de Paris (2eme partie). *Annales de la Société Entomologique de France*, 261-290.

- Denis J-R.,** (1925b) - Sur les Collemboles d'Afrique du Nord (2eme note). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **16**, 254-256.
- Denis J-R.,** (1935) - Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (3eme note). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, **16**, 230-233.
- Denis J-R.,** (1937) - Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (4eme note). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord*, **28**, 85-87.
- Derst C., Dirksen H., Karen Meusemann K., Zhou K., Liu S., & Predel R .,** (2016)- *Evolutionary Biology*, 16:51. Doi: 10.1186/s12862-016-0621-4.
- Doering D.,** (1984) - The structure, function and environmental adaptation of springtail spermatophores (Collembola, Arthropleona). *International Congress Of Entomology Proceedings*, **17**, p.412.
- Dunger W. & Schlitt B.,** (2011) - Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 6/1.Tullbergiidae. *Soil Organisms* 83 (1): 1-168.
- Edgecombe G. D. & Legg D. A.,** (2014) - Origins and early evolution of arthropods. *Palaeontology*, **57**(3), 457- 468.
- Eisenbeis G.,** (1974) - Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Ultrastruktur des Transportepithels am Ventraltubus arthropleoner Collembolen (Insecta). *Cytobiologie*, **9**, 180–202.
- Eisenbeis G.,** (1976) - Zur Feinstruktur und Funktion von Sensillen im Transport-Epithel des Ventraltubus von *Tomocerus* und *Orchesella* (Collembola: Tomoceridae/Entomobryidae). *Entomol. Germ*, **2**: 271-94.
- Eisenbeis G. & Ulmer S.,** (1978) - Zur Funktionsmorphologie des Sprung-Apparates der Springschwänze am Beispiel von Arten der Gattung *Tomocerus* (Collembola : Tomoceridae). *Entomologica Generalis*, **5**, 35-55.
- Eisenbeis G. & Wichard W.,** (1977) - The Effect of Salinity Adaptation on the Ultrastructure of the Transporting Epithelium in the Ventral Tube of Some Species of Collembola. *Zoomorphologie*, **88**, 175-188.
- Eisenbeis G. & Wichard W.,** (2012) - Atlas on the biology of soil arthropods (Insecta. Collembola). *Springer-Verlag, Berlin Heidelberg*.

- Eisenhauer N., Cesarz S., Koller R., Worm K. & Reich P. B.,** (2011) - Global change belowground: impacts of elevated CO₂, nitrogen, and summer drought on soil food webs and biodiversity. *Global Change Biology*, **18** (2), 435-447.
- Ernsting G. & Isaaks J.A.,** (2002) - Gamete production and sexual size dimorphism in an insect (*Orchesella cincta*) with indeterminate growth. *Ecological Entomology*, **27**, 145-151.
- Favret C., Tzaud M., Erbe E. F., Bauchan G. R. & Ochoa R.,** (2015) - An Adhesive Collophore May Help Direct the Springtail Jump. *Annals of the Entomological Society of America*, **108** (5), 814-819.
- Ferguson S.H.,** (2001) - Changes in trophic abundance of soil arthropods along a grass-shrub-forest gradient. *Canadian Journal of Zoology*, **79**, 457-464.
- Ferguson S.H. & Joly D.O.,** (2002) - Dynamics of springtail and mite populations: the role of density dependence, predation, and weather. *EcolEntomol*, **27**, 565-573.
- Ferlian O., Klarner B., Langeneckert A. E. & Scheu S.,** (2015) -Trophic niche differentiation and utilisation of food resources in collembolans based on complementary analyses of fatty acids and stable isotopes. *Soil Biology and Biochemistry*, **82**, 28-35.
- Ferreira R.L., Prous X. & Martins R.P.,** (2007) - Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave. *Tropical Zoology*, **20**: 55 - 74.
- Fjellberg A.,** (1986) - Revision of the genus *Agrenia* (Borner, 1906) (Collembola: Isotomidae). *Entomologica Scandinavica*, **17** (1), 93-106.
- Fjellberg A.,** (1989) - Redescription of *Mackenziella psocoides* Hammer, 1953 and discussion of its systematic position (Collembola, Mackenziellidae). 93-105.
- Fjellberg A.,** (1991a) - *Proisotoma reberti* (Collembola, Isotomidae) from Greenland. *Entomologisk kemeddelelse*, **59**, 81-3.
- Fjellberg A.,** (1998) – The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I : Poduromorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica*, **35**,1-183.
- Fjellberg A.,** (2007)-The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part II: Entomobryomorpha and Symphypleona. *Fauna Entomologica Scandinavica*, **42**, 1-216.

- Fiera C.**, (2009) - Biodiversity of Collembola in urban soils and their use as bioindicators for pollution. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **44** (8), 868-873.
- Fiera C.**, (2014) - Detection of food in the gut content of *Heteromurus nitidus* (Hexapoda: Collembola) by DNA/PCR-based molecular analysis. *North-Western Journal of Zoology*, **10** (1), 67-73.
- Filser J.**, (2002) - The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia*, **46**, 234–245.
- Gao Y., Bu Y. & Luan Y X.**, (2008) - Phylogenetic Relationships of Basal Hexapods Reconstructed from Nearly Complete 18S and 28S rRNA Gene Sequences. *Zoolog. Sci*, **25**, 1139–1145.
- Garcelon F.**, (2018) - Le petit monde de Collembole. Disponible sur : <https://collemboles.fr/classification/determination-de-familles.html>
- Ghiradella H. & Radigan W.**, (1974) - Collembolan cuticle: wax layer and anti-wetting properties. *J. Insect Physiol.*, **20**: 301-306.
- Gisin H.**, (1960) - Collembolen fauna Europas. Museum d'Histoire Naturelle, Genève.
- Greenslade P.**, (2007) - The potential of Collembola to act as indicators of landscape stress in Australia. *Australian Journal Of Experimental Agriculture*, **47**, 424 - 434.
- Greenslade P., Potapov M., Russell D. & Onvey P.**, (2012) - Global Collembola on Deception Island. *J Insect Sci*, **12**, 111. Doi: 10.1673/031.012.11101
- Gulan P. J. & Cranston P. S.**, (1994) - The Insects: An outline of entomology. Chapman & Hall, London.
- Hakseo K & Kyung-Hwa P.**, (2018) - New Records of the Genus *Isotomurus* (Collembola: Isotomidae) from Korea. *Anim. Syst. Evol. Divers*, **34**, 1: 39.
Doi.org/10.5635/ASED.2018.34.1.041
- 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. & Allatou D.**, (2003) - Les Collemboles du Nord-est Constantinois. *Sciences & Technologie*, **20**, 21-24.

- Hamra Kroua S. & Cancela da Fonseca J.P.**, (2009) - Dynamique saisonnière du peuplement de Collemboles d'un sol agricole de la ferme pilote d'El-Baaraouia (Wilaya deConstantine, Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, **31** (1), 33-43.
- Hamra Kroua S. & 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. & Deharveng L.**, (2009) - A new Friesea of the mirabilisgroup from Algeria (Collembola: Neanuridae, Frieseinae). *Zootaxa*, **2074**, 65-68.
- Handschin E.**, (1926) - Collembolen aus Algerien. *Zeitschrift fur wissenschaftliche Insektenbiologie*,**3**, 117-126.
- Handschin E.**, (1928) - Uber Die Von H. Gauthier in den sumpfen Algeriens gessammelten Collembolen. *Archiv fur naturgeschichte*,**92**, 1-18.
- Hawes T.C., Bale J.S., Convey P. & Worland R .**, (2006) - Ecologically realistic modalities in arthropod supercooling point distributions . *European journal of entomology*, **103** : 717 - 723.
- Helbig R., Nickerl J., Neinhuis C. & Werner C.**, (2011) - Smart Skin Patterns Protect Springtails. *PLoS ONE*, **6** (9),25-105.
- Hemmer W.**, (1990) - Karyotype differentiation and chromosomal variability in springtails (Collembola, Insec- ta). *Biol Fertil Soils*,**9**, 119-125.
- Hisamatsu M. & Matsunaga M.**, (1994) - Life cycle of the collembolans *Tomocerus cuspidatus* and *Entomobrya aino*. *Acta Zool. Fennica*, **195**, 69-70.
- Holmstrup f., Sjursen C., Ravn N. & BayleY.**, (2001) - Dehydration tolerance and water vapour absorption in two species of soil-dwelling Collembola by accumulation of sugars and polyols. *Functional Ecology*, **15**, 647-653.
- Hopkin S.P.**, (1997) -Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press, Oxford.

- Hoskins J. L., Janion-Scheepers C., Chown S. L. & Duffy G. A.,** (2015) - Growth and reproduction of laboratory-reared neanurid Collembola using a novel slime mould diet. *Scientific Reports*,**5**(1), 11957. Doi: 10.1038/srep11957
- Jablonaska A., Szklarzewicz T., Larink O. & BilinÂski S.,** (1993) - Structure of ovaries in two collembolans, *Allacmafusca* and *Arrhopalitescoecus* (Hexapoda, Entognatha). *FoliaHistochemica et Cytobiologica*,**31**, 87-92.
- Jacquemart S.,** (1974) - Résultats de la mission anthropologique au niger, collemboles nouveaux du sahara. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg*, **50** (06), 1-55.
- Janssens F. & Christians K.A.,** (2011) - Class Collembola (Lubbock, 1870). In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*, **3148**, 192-193.
- Janssen G.M. & Joosse E.N.G.,** (1987) - Reproduction and growth in Collembola under laboratory conditions. *Pedobiologia*, **30** (1), 1-8.
- Jantarit S., Deharveng L. & Chutamas S.,** (2014) – *Cyphoderus* (Cyphoderidae) as a major component of Collembolan cave fauna in Thailand, with description of two new species. *ZooKeys*,**368** (368), 1-21.
- Jeffery S., Gardi C. & Jones A.,** (2010) - The European Atlas of Soil Biodiversity. *Publications office of the European Union, Luxembourg.*
- Jones J. C.,** (1977) - The Circulatory System of Insects. C.Thomas, Springfield Illinois, p. 255.
- Jordana R.,** (2012) - Synopses on Palaearctic Collembola. Volume 7/1. Capbryinae and Entomobryini. *Soil Organisms*, **84** (1): 1-390.
- Jordana R., Hamra-Kroua S. & 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*, **2169**: 63-68.
- Juberthie C. & 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*, **1**, p.59-80.

- Kaersgaard C.W., Holmstrup M., Malte H. and Bayley M.,** (2004) - The importance of cuticular permeability, osmolyte production and body size for the desiccation resistance of nine species of Collembola. *Journal of Insect Physiology*, **50**, 5-15.
- Kardol P., Reynolds W.N., Norby R.J. & Classen A.T.,** (2011) - Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure. *Applied Soil Ecology*, **47**, 37-44.
- Kaprus I. J. & Weiner W. M.,** (2009) - The genus *Pseudachorutes* (Collembola, Neanuridae) in the Ukraine with descriptions of new species. *Zootaxa*, **2166**, 1-23.
- Kjer K. M.,** (2004) - Aligned 18S and insect phylogeny. *Syst Biol*, **53**, 506-514.
- Kjer K. M., Carle F.L., Litman J. & Ware J.,** (2006) - A molecular phylogeny of Hexapoda. *Arthropod Syst Phylogeny*, **64**, 35-44.
- King P.E., Pugh P.J.A., Fordy M.R., Love N. & Wheeler S.A.,** (1990) - A comparison of some environmental adaptations of the littoral collembolans *Anuridella marina* (Willem) and *Anurida maritima* (Guerin). *Journal Of Natural History*, **124** (3), 673-688.
- Kisiel E., Kubrakiewicz J. & Bilinski S.M.,** (1994) - Formation of the egg envelope in the Collembolan, *Orchesella flavescens* (Entognatha, Collembola). *Zool. Polon*, **39**, 69-78.
- Kovac L., Kosturova N. & Miklisova D.,** (2005) - Comparisons of collembolan assemblages (Hexapoda, Collembola) of thermophilous oak woods and Pinus/ nigra plantations in the Slovak Karst (Slovakia). *Pedobiologia*, **49**, 29-40.
- Krool S. & Bauer T.,** (1987) - Reproduction, development and pheromone secretion in *Heteromurus nitidus* (Templeton, 1835) (Collembola, Entomobryidae). *Revue d'écologie et de Biologie du Sol*, **24**, 187-195.
- Laala A.,** (2016) - Cartographie de la variabilité thermique des écosystèmes forestiers de l'Est algérien, *Thèse de doctorat d'Etat en sciences naturelles*. Université Mentouri, Constantine. 190 p.
- Lauga-Reyrel F.,** (1984) - Aspect histophysique de l'écomorphose : III. Étude ultrastructurale des modifications cuticulaires d'*Hypogastrura tullbergi* (Collembola). *Annales des Sciences naturelles, Zoologie*, **3**, 77-100.

- Lawrence K.L. & Wise D.H.**, (2000) - Spider predation on forest-floor Collembola and evidence for indirect effects on decomposition. *Pedobiologia*, **44**, 33-39.
- Lee T.D., Barrott S.H. & Reich P.B.**, (2011) - Photosynthetic responses of 13 grassland species across 11 years of free-air CO₂ enrichment is modest, consistent and independent of N supply. *Global Change Biology*, **17**, 2893-2904.
- Leo C., Nardi F., Frati F., Fanciulli P.P., Cucini C., Vitale M., Brunetti C. & Carapelli A.**, (2019 a) - The mitogenome of the jumping bristletail *Trigoniophthalmus alternatus* (Insecta, Microcoryphia) and the phylogeny of insect early-divergent lineages. *Mitochondrial DNA B*, **4**, 2855-2856.
- Leo C., Carapelli A., Cicconardi F., Frati F. & Nardi F.**, (2019) -Mitochondrial Genome Diversity in Collembola: Phylogeny, Dating and Gene Order. *Diversity*,**11**, 169.
- Lindo Z., Whiteley J. Gonzalez A.**, (2012) - Traits explain community disassembly and trophic contraction following experimental environmental change. *Global Change Biology*, **18** (8), 2448-2457.
- Loranger G.I., Pregitzer K.S. & King J.S.**, (2004) - Elevated CO₂ and O₃t concentrations differentially affect selected groups of the fauna in temperate forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, **36**, 1521-1524.
- 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.
- Lukić M.**, (2019) - Collembola. In: White W.B., Culver D.C et Pipan T (Eds.), *Encyclopedia of Caves*, 308-319. Doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00034-0
- Maab. S., Caruso T. & Rillig M. C.**, (2015) - Functional role of microarthropods in soil aggregation.*Pedobiologia*, **58** (2-3), 59-63.
- Maddox J.V., Mari-Mutt J.A. & Brunjes V.**, (1982) - Microsporidia from five species of entomobryidae Collembola. *Journal Of Invertebrate Pathology*, **40** (3), 340-349.
- Maisto G., Milano V. & Santorufo L.**, (2017) - Relationships among site characteristics, taxonomical structure and functional trait distribution of arthropods in forest, urban and agricultural soils of Southern Italy. *Ecological Research*, **32** (4), 511-521.

- Malcicka M., Berg M. P. & Ellers J.,** (2017) - Ecomorphological adaptations in Collembola in relation to feeding strategies and microhabitat. *European Journal of Soil Biology*, **78**, 82-91.
- Magurran A.E.,** (2004) - Measuring Biological Diversity. Livre, *Blackwell Science*, 2004.
- Massoud Z.,** (1969) - Entomologie. Etude de l'ornementation epicuticulaire du tegument des Collemboles au microscope electronique a balayage. *Museum National d'Histoire Naturelle* **10**: 1407-1409.
- Marcon E.,** (2015) - Mesures de la Biodiversité. *Master Kourou*, France, 187 p.
- Marx M.T., Wild A.K., Knollmann U., Kamp G., Wegener G. & Eisenbeis G.,** (2009)- Responses and adaptations of collembolan communities (Hexapoda: Collembola) to flooding and hypoxic conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **44**, 1002-1010.
- Marx M T., Guhmann P.& Decker P.,** (2012) - Adaptations and Predispositions of Different Middle European Arthropod Taxa (Collembola, Araneae, Chilopoda, Diplopoda) to Flooding and Drought Conditions. *Journal/animals*, **2**, 2076-2615.
- Massoud Z.,** (1971) - Contribution à la connaissance morphologique et systematique des Collemboles Neelidae. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **8**, 195-198.
- Massoud Z. & Barra J.A.,** (1980) - Interprétation ultrastructurale de la microsculpture épicutillaire des Collemboles Entomobryomorphes (Aptérygotes). *Rev. Écol. Biol. Sol*, **17** (2), 251-260.
- Massoud Z. & Betsch J.M.,** (1973) - Existence d'un troisieme niveau d'organisation de l'ornementation epicuticulaire chez le Collembola *Tetrodontophora* (Reuter, 1882). *C. R. Acad. Sci, Paris*, **276**, 989-990.
- Massoud Z. & Betsch-pinot M.C.,** (1974) - Observation du pont de *Proisotoma minuta* (Isotomidae). *Pedobiologia*, **14**, 208-12.
- Massoud Z. & Ellis W.,** (1977) - Proposition pour une classification et une nomenclature cohérente des phanères des Collemboles européens. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **14** (1): 163-179.
- Massoud Z. & Thibaud J.M.,** (1979)- Descussion sur l'hétérogénéité de l'arnementation épicuticulaire chez les *xenella* (Hypogastruridae). *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **17**, 591- 605.

- Mateos E.**, (1992) - The populations of *Mesaphorura italica* in Mediterranean oak soils. *Actas Do Congressolberico De Entomologia*, **5** (2), 299-310.
- Mebarki A.**, (2005) - Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : ressources en eaux, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat : Université Mentouri de Constantine (Algerie).
- Mertens J., Blancquaert J.P. & Bourgoignie R.**, (1979) - Aggregation pheromone in *Orchesella cincta* *Revue D'ecologie Et De Biologie Du Sol*, **16** (3), 441-447.
- Meyer-Rochow V B., Reid W A. & Gal J.**, (2005) - An ultrastructural study of the eye of *Gomphiocephalus hodgsoni*. *Polar Biol*, **28**, 111-118.
- Miles P.M.**, (1986) - Some parasitic and phoretic Nematoda associated with Collembola., *Entomologists' Monthly Magazine* 122, p.239-242.
- Miles P.M.**, (1994) - Ecomorphosis in Collembola in Wales. *Entomologist's Monthly Magazine*, **130** (1556-59), 47-48.
- Murphy D.H.**, (1958) - *Isotoma vaillantisp.* n., a new species of Collembola from Algeria. *Journal of Natural History Series* 13, **1**(8), 524-526.
- Najt J., Dalens H. & Deharveng L.**, (1984) - Notes sur la biologie, le polymorphisme et le statut taxonomique de quelques populations d'*Hypogastrura* du sous groupe *tullbergi*. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **21**, 395-413.
- Nardi F., Spinsanti G., Boore J.L., Carapelli A., Dallai R. & Frati F.**, (2003) - Hexapodorigins: monophyletic or paraphyletic? *Science*, **299**, 1887-1889.
- Nayrolles P. & Betsch J.M.**, (1993) - Pour une théorie de la description chétotaxique chez les Collemboles. *Ann. Soc. Entomol*, **29**, 5-15.
- Nursita A.I., Singh B. & Lees, E.**, (2005) - The effects of cadmium, copper, lead and zinc on the growth and reproduction of *Proisotoma minuta*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**, 306-314.
- Pass G.**, (1991) - Antennal circulatory organs in Onychophora, Myriapoda and Hexapoda: Functional morphology and evolutionary implications. *Zoomorphology*, **110**, 145-164.
- Palacios-Vargas J.G.**, (1984) - Segunda especie mexicana de *Palmanura* (Collembola : Neanuridae). *Folia Entomologica Mexicana*, **59**, 3-10.

- Paul J.R., Colmorgen M., Hüller S., Tyroller F. & Zinkler D.,** (1997) - Circulation and respiratory control in millimetre-sized animals (*Daphnia magna*, *Folsomia candida*) studied by optical methods. *Journal of Comparative Physiology*, **167**, 399-408.
- Petersen H.,** (1971) – Collembolernes Ernæringsbiologi og Dennes Okologiske Betydning., *Ent. Meddr*, **39**, 97-118.
- Pipan T. & Culver D. C.,** (2012) - Convergence and divergence in the subterranean realm: a reassessment. *Biological Journal of the Linnean Society*, **107**(1), 1-14.
- Poinsot N.,** (1971) - Ethologie de quelques espèces de Collemboles Isotomides de Provence., *Ann. Univ. Provence. Sciences*, **45**, 33-53.
- Pollierer M. M., Langel R., Scheu S. & Maraun M.,** (2009) - Compartmentalization of the soil animal food web as indicated by dual analysis of stable isotope ratios ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). *Soil Biology and Biochemistry*, **41** (6), 1221-1226.
- Pomorski R J.,** (1998)- Onychiurinae (Collembolla ,Onychiurinae) of Poland, Genus, 1- 201.
- Ponge J.F.,** (1993) - Biocenose of Collembola in Atlantic temperate grass-woodland ecosystems. *Pedobiologia*, **37**, 223-244.
- Porco D., Potapov M., Bedos A., Busmachiu G., Weiner W.M., Hamra Kroua S. & Deharveng L.,** (2012) - Cryptic Diversity in the Ubiquist Species *Parisotoma notabilis*(Collembola, Isotomidae): A Long-Used Chimeric Species? *PLoS ONE* **7**(9), e46056.
- Potapov M.,** (2001) - Synopses on Palaearctic Collembola. In: Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Goerlitz*, **73**, vol. **3**, p 603.
- Potapov M., Kahrarian M., Deharveng L., Shayanmehr M.,** (2015)-Taxonomy of the *Proisotoma* complex. V. Sexually dimorphic Ephemerotomagen. nov. (Collembola: Isotomidae). *Zootaxa*, **4052** (3): 345 -358
- Potapov A.M., Semenina E.E., Korotkevich A.Y., Kuznetsova N.A. & Tiunov A.V.,** (2016) - Connecting taxonomy and ecology: trophic niches of collembolans as related totaxonomic identity and life forms. *Soil Biol. Biochem*, **101**, 20-31.
- Purrington F.F., Kendall P.A., Bater J.E. & Stinner B.R.,** (1991) - Alarm pheromone in a gregarious poduromorpha collembola (Collembola: Hypogastruridae). *Great Lakes Entomol*, **24**, 75-78.

- Raccaud-Schoeller J.**, (1980) - Le tube digestif : son organisation fonctionnelle in *Les Insectes : physiologie, développement*. Paris : Ed° Masson, 146-166.
- Raynal G.**, (1976) -Les populations de *Bourletiella radula* (Collembole : Sminthuridae) du plateau d'Aumar (Pyrénées Centrales). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **112**, 23-35.
- Regier J.C., Shultz J.W., Zwick A., Hussey A., Ball B., Wetzer R., Martin J.W. & Cunningham C.W.**, (2010) - Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. *Nature*, **463**, 1079–1083.
- Resh V. & Cardé R.**, (2009) - Encyclopedia of insects, second edition, Academic press, 206-210.
- Ruhfus B. & Zinkler D.**, (1995) - Investigations on the sources utilized for the energy supply fuelling the jump of springtails. *Journal of Insect Physiology*, **41**, 297-301.
- Rusek J.**, (1984) - Two new *Folsomia*-species from Czechoslovakia (Collembola : Isotomidae). *Vestník Československé Společnosti Zoologické*, **48**, 197-204.
- Rusek J.**, (2007) - A new classification of Collembola and Protura life forms. Contributions to Soil Zoology in Central Europe. *ISB BC AS CR, Ceske Bodejovice*, 109–115.
- Rzeszowski K., Zadrożny P. & Nicia P.**, (2017) - The effect of soil nutrient gradients on Collembola communities inhabiting typical urban green spaces. *Pedobiologia*, **64**, 15-24.
- Salmon S. & Ponge J. F.**, (2012) - Species traits and habitats in springtail communities: A regional scale study. *Pedobiologia*, **55** (6), 295-301.
- Salmon S., Ponge J.F., Gachet S., Deharveng L., Lefebvre N. & Delabrosse F.**, (2014) - Linking species, traits and habitat characteristics of Collembola at European scale. *Soil Biol. Biochem*, **75**, 73-85.
- Santorufu L., Corte J., Arena C., Goudon R., Rakoto A., Morel J.L. & Maisto G.**, (2014) - An assessment of the influence of the urban environment on collembolan communities in soils using taxonomy- and trait-based approaches. *Appl. Soil Ecol*, **78**, 48–56.
- Sasaki G., Ishiwata K., Machida R., Miyata T. & Su Z.H.**, (2013) - Molecular phylogenetic analyses support the monophyly of Hexapoda and suggest the paraphyly of Entognatha. *BMC Evolutionary Biology*, **13**:236.

- Schaller F.**, (1970) - Collembola (Springschwänze). *Handbuch der Zoologie*, **4**, 72.
- Schaller F.**, (1992) - *Isotoma saltans* and *Cryptopygus antarcticus*, Struggling for Existence under Extreme Conditions. *Entomologia Generalis*, **17**, 161-7.
- Scheu S.**, (2002) - The soil food web: structure and perspectives. *European Journal of Soil Biology*, **38**, 11-20.
- Scheu S., Ruess L. & Bonkowski M.**, (2005) - Interactions between micro-organisms and soil micro- and mesofauna. In: Buscot, F., Varma, A. (Eds.), *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*. *Soil Biology*, **3**, 253-275.
- Schmidt H.P., Kammann C., Niggli C., Evangelou M.W.H., Mackie K.A. & Abiven S.**, (2014) - Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. *Agric Ecosyst Environ*, **191**, 117-123.
- Schneider C.**, (2017) - Morphological review of the order Neelipleona (Collembola) through the redescription of the type species of *Acanthoneelidus*, *Neelides* and *Neelus*. *Zootaxa*, **4308** (1), 1-94. Doi.org/10.11646/zootaxa.4308.1.1
- Schneider, C. & D'Haese, C. A.**, (2013) - Morphological and molecular insights on *Megalothorax*: the largest Neelipleona genus revisited (Collembola). *Invertebrate Systematics*, **27**(3), 317-364.
- Schneider C., Cruaud C. & D'Haese C.A.**, (2011) - Unexpected diversity in Neelipleona revealed by molecular phylogeny approach (Hexapoda, Collembola). *Soil organisms*, **83**(3), 383-398.
- Schneider C. & D'Haese C.A.**, (2013) - Morphological and molecular insights of *Megalothorax*: the largest Neelipleona genus revisited (Collembola). *Invertebrate Systematics*, **27**, 317-364.
- Schneider C., Porco D. & Deharveng L.**, (2016) - Two new *Megalothorax* species of the *minus* group (Collembola, Neelidae). *ZooKeys*, **554**, 37-68.
- Seltzer P.**, (1946) - Le climat de l'Algérie. *Trav. Inst. Météorol. Phys. Gl, Alger*, voll. 219p.
- Skarżyński D., Piwnik A. & Krzysztofiak A.**, (2016) - Saproxyllic springtails (Collembola) of the Wigry National Park. *Forest Research Papers*, **77** (3), 186-203.

- Sket B.**, (2008) - Can we agree on an ecological classification of subterranean animals?
Journal of Natural History, **42**, 1549-1563.
- Sinclair B.J. & Sjurson H.**, (2001) - Cold tolerance of the Antarctic springtail
Gomphiocephalushodgsoni (Collembola, Hypogastruridae). *Antarctic Science*, **13**,
271-279.
- Slifer E.H & Sekhone S.S.**, (1978) - Sense organs the antenna of two species of collembola
(Insecta). *Journal of Morphology*, **157**, 1-20.
- Snider R.J.**, (1977) - Development of instar chaetotaxy of *Onychiurus folsomi*. *Trans. Am.
Microsc. Soc.*, **96**, 355-362.
- Somme L.**, (1994) - The adaptation of Alpine terrestrial Arthropods to desiccation. *Acta
ecologia*, **15**, 55-62.
- Stemme T.**, (2016) - The chemical architecture of the nervous system as a character complex
of arthropod phylogeny. Doctoral Thesis in partial fulfillment of the requirements of
the degree of Doctor of Natural Sciences, Rinteln, Germany.
- Sterzyńska M., Shrubovych J. & Kaprus I.**, (2014) - Effect of hydrologic regime and forest
age on Collembola in riparian forests. *Applied Soil Ecology*, **75**, 199-209.
- Stomp N. & Thibaud J.M.**, (1974) - Description d'une espèce nouvelle de Collemboles
cavernicoles *Typhlogastrura delhezi* n. sp. *Annales de Spéléologie*, **29**, 187-190.
- Stomp N.**, (1974) - Collemboles cavernicoles d'Afrique du Nord. I. *Insecta. Ann. Speleo*,
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.**, (1976) - Structure et régression de l'appareil oculaire d'insectes collemboles
Rev. Ecol. Biol. Sol, **13**, 173-90.
- Thibaud J.M.**, (2013) - Essai sur l'état des connaissances de la diversité des collemboles de
l'Empire Africano-Malgache. *Russian Entomol. J.*, **22** (4), 233-248.
- Thibaud J.M.**, (2017) - Catalogue des collemboles de France. *Zoosystema*, **39** (3), 297-436.
Doi.org/10.5252/z2017n3a1
- Thibaud J.M. & D'haese. C. A.**, (2010) - Le petit Collembole illustré. *Bulletin de
l'association entomologique d'auvergne*, **51-52**, 56.

- Thibaud J.M. & 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., Schulz H. J. & Da Gama Assalino M. M.,** (2004). Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 4. Hypogastruridae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, **75**, 1-287.
- Turnbull M. S. & Lindo Z.,** (2015) - Combined effects of abiotic factors on Collembola communities reveal precipitation may act as a disturbance. *Soil Biology and Biochemistry*, **82**, 36-43.
- Turnbull M.S. & Stebaeva S.,** (2019) - Collembola of Canada. *Zookeys*, **819**, 187-195.
- Uemiya H. & Ando H.,** (1987) - Embryogenesis of a springtail *Tomocerus ishibashii* (Collembola): external morphology. *Journal of Morphology*, **191**, 37-48.
- Van Straalen N.M.,** (1985) - Size-specific mortality patterns in two species of forest floor Collembola. *Oecologia*, **67** (2). 220-223.
- Verhoef H. A., Prast J. E. & Verweij R. A.,** (1988) - Relative importance of fungi and algae in the diet and nitrogen nutrition of *Orchesella cincrea* and *Tomocerus minor* (Collembola). *Funct. Ecol*, **2**, 195-201.
- Verhoef H. A. & Prast J. E.,** (1989) - Effects of dehydration on osmotic and ionic regulation in *Orchesella cincta* and *Tomocerus minor* and the role of the coelomoduct kidneys. *Comp. Biochem and Phys*, **93A** (4) 691-694.
- Verhoef H. A., Witteveen J., Woude H. A. & Joosse E. N. G.,** (1983) - Morphology and function of the ventral groove of Collembola. *Pedobiologiu*, **25** - 339.
- Von Reumont B.M., Jenner R.A., Wills M.A., Dell’Ampio E., Pass G., Ebersberger I., Meyer B., Koenemann S., Iliffe T.M., Stamatakis A., Niehuis O., Meusemann K. & Misof B.,** (2012) - Pancrustacean phylogeny in the light of new phylogenomic data: support for Remipedia as the possible sister group of Hexapoda. *Mol Biol Evol*, **29**, 1031-1045.
- Wang M., Zhang W., Xia H., Huang J., Wu Z. & Xu, G.** (2017) - Effect of Collembola on mineralization of litter and soil organic matter. *Biology and Fertility of Soils*, **53** (5), 563-571.

- Waltz R.D. & Hart J.W.**, (1986) - Epitoky in *Hypogastrura (Cyclograna) horrida* Yosii, (Collembola: Hypogastruridae). *Proceedings Of The Indiana Academy Of Science*, **95**, 275-276.
- Waltz R.D. & Hart J.W.**, (1995) - First report of males of *Tullbergia clavata* (Collembola Onychiuridae). *Entomological News*, **106**, 115-116.
- Waldorf E.S.**, (1978) - Variation in self-grooming in male *Sinella coeca* (Collembola: Entomobryidae). *Transactions Of The American Microscopical Society*, **97** (1), 111-116.
- Winck B. R., Saccol de Sá E. L., Rigotti V. M. & Chauvat M.**, (2017) - Relationship between land-use types and functional diversity of epigeic Collembola in Southern Brazil. *Applied Soil Ecology*, **109**, 49-59.
- Witalis J.**, (1993) - Differentiation of somatic cells in the adult testis of the collembolan *Tetrodontophora bielensis* (Hexapoda). *Cytobios*, **75** (300), 37-48.
- Xiong Y., Gao Y., Yin W. & Luan Y.**, (2008) - Molecular phylogeny of Collembola inferred from ribosomal RNA genes. *Mol. Phylogenet. Evol.*, **49**, 728 -735.
- Yang X., Yang Z., Warren M.W. & Chen J.**, (2012) - Mechanical fragmentation enhances the contribution of Collembola to leaf litter decomposition. *European Journal of Soil Biology*, **53**, 23-31.
- Yu D., Zhang F., Stevens M.I., Yan Q., Liu M. & Hu F.**, (2016) - New insight into the systematics of Tomoceridae (Hexapoda, Collembola) by integrating molecular and morphological evidence. *Zool. Scr.*, **45**, 286 -299.
- Zaenker, S., Weber D & Weigand A.**, (2014) - Liste der cavernicolen Tierarten Deutschlands. [<http://www.hoehlentier.de/taxa.pdf>].
- Zettel J.**, (1985) - Die Cyclomorphose von *Isotoma hiemalis* (Collembola): Endogene Steuerung, phanologische und physiologische Aspekte., *Zoologische Jahrbuecher Abteilung Fuer Systematik Oekologie Und Geographie Der Tiere*, **112** (3), 383-404.
- Zettel J. & Zettel U.**, (1994) - Adaptations to the Alpine environment in *Isotomurus alticola* (Collembola: Isotomidae) in the Swiss Alps. *Acta Oecologica*, **15**, 93-104.

- Zhang B.**, (2018) - Habitat selection, cryptic diversity, phylogeny, and phylogeography of the European *Lepidocyrtus lanuginosus* species group (Collembola: Entomobryidae). the degree Ph.D. Division of Mathematics and Natural Sciences of the Georg-August-Universität Göttingen, 137 p.
- Zhang F. & Deharveng L.**, (2015) - Systematic revision of Entomobryidae (Collembola) by integrating molecular and new morphological evidence. *Zool. Scr.*, **44**,298-311.
- Zhang F., Deharveng L., Chen J.X.**, (2011) - New insight into the systematics of the *Willowsia* complex (Collembola: Entomobryidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 47, 1–20.
- Zoughailech A.**, (2017) - Biodiversité comparée et endémisme des Collemboles (Hexapoda: Collembola) de deux massifs algériens dans un même contexte bioclimatique. Thèse de Doctorat 3eme Cycle en Biologie Animale. Université Frères Mentouri, Constantine. 294 p.
- Zoughailech A., Hamra Kroua S. & Deharveng L.**, (2016) - New species of Pseudachorutes (Collembola: Neanuridae) from Northeastern Algeria. *Zootaxa*, **4158** (4), 557-568.

Articles publiés

Premières données sur la faune collembologique (Hexapoda: Collembola) de la Wilaya de Jijel au Nord-est de l'Algérie

Noureddine Lachi* ⁽¹⁾, Mohamed Bendjaballah ⁽¹⁾, Hayette Brahim-Bounab ⁽¹⁾ & Salah Hamra-Kroua ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri Constantine 1, 25000 Constantine, Algérie. E-mail : lachi.noureddine88@gmail.com

Reçu le 4 août 2022, accepté le 4 décembre 2022.

Dans le but de mieux connaître la biodiversité des collemboles d'Algérie, nous avons prélevé des dizaines d'échantillons de différents biotopes forestiers dans la région de Jijel au cours des années 2018-2020.

60 espèces ont été identifiées et se répartissent sur 15 familles et 47 genres dont deux sont nouvelles pour le pays et l'Afrique de Nord, *Microgastrura duodecimoculata* et *Proctostephanus cidi*. Huit espèces de cette liste sont endémiques d'Algérie : *Deutonura adriani*, *Deutonura zana*, *Edoughnura rara*, *Friesea laouina*, *Friesea major*, *Entomobrya numidica*, *Proctostephanus sanctiaugustini* et *Superodontella tayaensis*. Une autre espèce, remarquable par son statut biogéographique, est présente dans les localités prospectées : *Sensillanura austriaca*, endémique des Alpes du nord et du massif de Collo (Algérie).

Plusieurs autres espèces intéressantes récoltées à Jijel sont en cours de description.

Mots clés : Collemboles, Biodiversité, *Microgastrura duodecimoculata*, *Proctostephanus cidi*, Jijel

In order to improve our knowledge on the biodiversity of Algerian springtails, a dozens of samples were collected from different forest biotopes in Jijel region during the years 2018-2020.

60 species have been identified, spread over 15 families and 47 genera two of which are new for the country and North African fauna, *Microgastrura duodecimoculata* and *Proctostephanus cidi*. Eight species on this list are endemic to Algeria : *Deutonura adriani*, *Deutonura zana*, *Edoughnura rara*, *Friesea laouina*, *Friesea major*, *Entomobrya numidica*, *Proctostephanus sanctiaugustini* and *Superodontella tayaensis*. Another species remarkable for its biogeographic status, is present in the surveyed localities: *Sensillanura austriaca*, endemic to the northern Alps and the Collo massif (Algeria).

Several other interesting species collected in Jijel are being described.

Key words : Springtails, Biodiversity, *Microgastrura duodecimoculata*, *Proctostephanus cidi*, Jijel.

INTRODUCTION

Les collemboles constituent l'un des groupes d'arthropodes terrestres les plus répandus et les plus abondants. Cette classe est divisée en quatre ordres comprenant Poduromorpha,

Entomobryomorpha, Symphypleona et Neelipleona (Fjellberg, 2007) avec environ 9107 espèces décrites dans le monde, réparties en 710 genres et 35 familles (Bellinger *et al.*, 2019).

En Algérie, les premières espèces de collemboles citées sont celles de Lucas (1846, 1849), suivi par différents travaux sporadiques qui s'étalent tout au long du 20^{ème} siècle. Citons comme exemple Absolon (1913), Denis (1924, 1925, 1935, 1937), Handschin (1926, 1928), Delamare-Deboutteville (1948, 1953), Murphy 1958, Cassagnau (1963), Stomp (1974), Stomp & Thibaud (1974), Jacquemart (1974), Thibaud & Massoud (1980), Stomp (1983) et Bretfeld (1997, 2001).

Pendant les 20 dernières années, plusieurs inventaires et descriptions de nouvelles espèces pour la Science et pour l'Algérie ont vu le jour grâce à une série des publications : Hamra Kroua et Allatou (2003), Deharveng et Hamra Kroua (2004), Ait-Mouloud *et al.* (2007), Deharveng *et al.* (2007), Hamra Kroua *et al.* (2009), Baquero *et al.* (2009), Jordana *et al.* (2009), Arbea *et al.* (2013), Thibaud (2013), Deharveng *et al.* (2015), Zoughailech *et al.* (2016), Bendjaballah *et al.* (2018) et enfin Brahim-Bounab *et al.* (2020).

Cette étude fait suite aux travaux réalisés dans les différents massifs du Nord-Est Algérien afin d'explorer aussi exhaustivement que possible cette faune et d'enrichir nos connaissances sur les collemboles d'Algérie.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Site d'étude

Notre étude a été réalisée dans la Wilaya de Jijel, située au Nord-Est Algérien. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Skikda (massif de Collo), au sud par la wilaya de Mila, au sud-ouest par la wilaya de Sétif et enfin à l'ouest par la wilaya de Béjaïa. Les altitudes restent modérées avec un point culminant enregistré à Djebel Tamesguida (1630 m). Le climat de cette région est méditerranéen avec un étage bioclimatique humide (Mebarki, 2005), se qui permet le développement de forêts denses dominées par le chêne-liège (*Quercus suber*) et le chêne-zen (*Quercus canariensis*) (**Figure 1**).

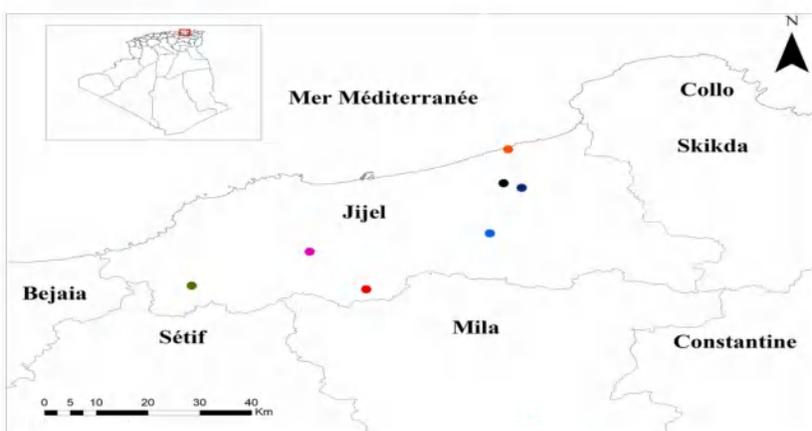


Figure 1 : Localisation de la Wilaya de Jijel dans le Nord-est Algérien

Échantillonnage

Sept localités ont été prospectées entre 2018 et 2020, Beni-Belaïd (kheiri Oued Adjoul) (36°51'13.57"N, 6°08'36.30"E et altitude : 35m), El-Ancer (36°47' 25.13"N, 6°06'16.29"E et

altitude : 50 m) (**Figure 3**), Bouraoui Belhaded (36°42'45.99"N, 6°07'34.27"E et altitude : 500 m), Djemaa Beni habibi (36°47'51.43"N, 6° 05'48.52"E et altitude : 430 m), Texenna (36°38' 56.29"N, 5°46' 15.67"E et altitude : 580 m), Djimla (36°34'12.67"N, 5°54'12.70"E et altitude : 1010 m) et Erraguen (36° 57' 50.87" N, 6°55' 87.35"E et altitude : 735 m).

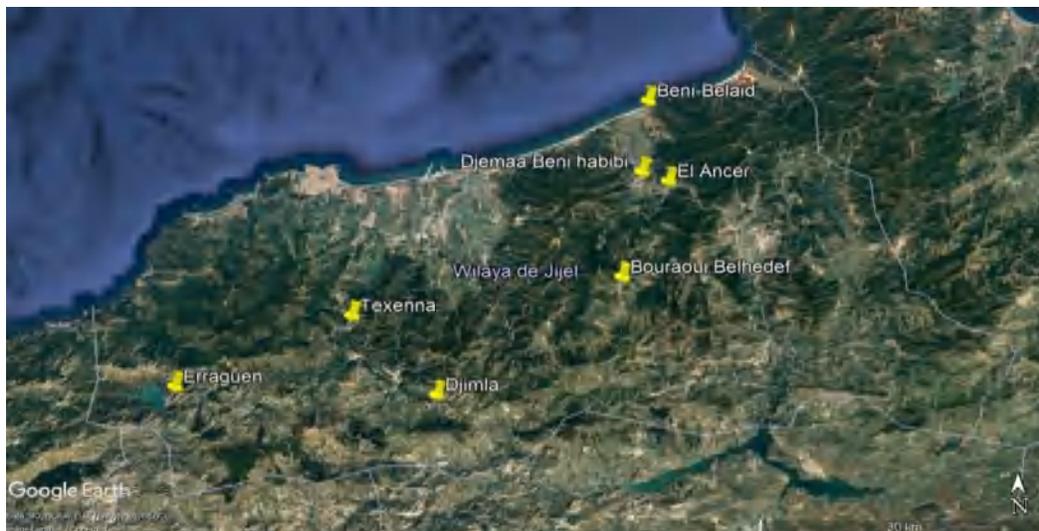


Figure 2 : Les sites d'échantillonnage dans la Wilaya de Jijel.



Figure 3 : La forêt dans la région d'El-Ancer (Algérie).

320 échantillons ont été prélevés entre octobre et mai pendant 3 ans (2018-2020) dans différents biotopes naturels : sols (30 échantillons), litières (90 échantillons), mousses sur sol (50 échantillons), mousses sur roche (50 échantillons), bois morts (70 échantillons) et milieux humides (30 échantillons). Plusieurs spécimens ont été récoltés avec un aspirateur à bouche (sur sol et sur les plantes).

Extraction, tri et identification

Les échantillons récoltés sont analysés au niveau du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes à l'université Frères Mentouri - Constantine 1 (Algérie). L'extraction de

collemboles est faite par la méthode de Berlese-Tullgren. Les collemboles extraits sont conservés dans l'alcool à 70°. L'identification des espèces récoltées est confirmée par le professeur Louis DEHARVENG au Muséum national d'Histoire naturelle (Paris, France).

RÉSULTATS

Cette étude révèle la présence de 60 espèces appartenant à 15 familles et 47 genres. Cette liste contient 2 espèces nouvelles pour l'Algérie.

Tableau 1 : Espèces de collemboles identifiés dans la région de Jijel (Algérie). La hiérarchie taxonomique suit Deharveng (2004).

	Espèces	Nouvelle pour Algérie	Beni-Belaïd	Bouroui Belhadef	Djemaa Beni Habibi	Djimla	El-Ancer	Erreguene	Texenna	Biotope
	Ordre 1. Poduromorpha									
	Famille 1. Hypogastruridae									
1	<i>Acherontiella bougisi</i> (Cassagnau & Delamarre-Debouteville 1955)			X						BM
2	<i>Ceratophysella armata</i> (Nicolet 1842)		X		X	X	X	X	X	LCL, LCZ, BM, M/S, M/R
3	<i>Ceratophysella gibbosa</i> (Bagnall 1940)		X	X			X			LCL, BM
4	<i>Hypogastrura affinis</i> (Lucas 1846)					X				LCL
5	<i>Microgastrura duodecimoculata</i> (Stech 1922)	X		X						LCL, BM
6	<i>Xenylla brevisimilis</i> (Stach 1949)		X	X	X					LCL
	Famille 2. Brachystomellidae									
7	<i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer 1816)			X						BM
	Famille 3. Neanuridae									
	Sous-Famille Frieseinae									
8	<i>Friesea laouina</i> (Deharveng & Hamra-Kroua 2004)			X		X	X		X	LCL, M/S, MH
9	<i>Friesea major</i> (Hamra-Kroua, Jordana & Deharveng 2009)						X	X		LCL
10	<i>Friesea mirabilis</i> (Tullberg 1871)		X			X				BM, M/R
	Sous-Famille Neanurinae									
11	<i>Bilobella aurantiaca</i> (Caroli 1912)		X	X	X	X	X	X	X	LCL, LCZ, BM, M/S, M/R
12	<i>Deutonura adriani</i> (Deharveng, Ait mouloud & Bedos 2015)					X				BM

13	<i>Deutonura zana</i> (Deharveng, Zoughailech, Hamra-Kroua & Porco 2015)					X				LCZ
14	<i>Edoughnura rara</i> (Deharveng, Hamra kroua & Bedos 2007)					X	X			LCZ, BM
15	<i>Protanura pseudomuscorum</i> (Börner 1903)		X	X	X	X	X		X	LCL, LCZ, LM, BM, M/S
16	<i>Protanura sp.</i>								X	LCL
17	<i>Sensillanura austriaca</i> (Gama 1963)				X	X	X			LCL, LCZ
	Sous-Famille Pseudachorutinae									
18	<i>Micranurida candida</i> (Cassagnau 1952)			X						LCL
19	<i>Pseudachorudina meridionalis</i> (Bonet 1929)		X	X						M/S
20	<i>Pseudachorutella asigillata</i> (Börner 1901)				X	X		X	X	LCL, LCZ, BM
21	<i>Pseudachorutes sp.</i>			X						M/S
	Famille 4. Odontellidae									
22	<i>Superodontella tayaensis</i> (Arbea, Brahim-Bounab & Hamra-Kroua 2013)		X	X	X	X	X		X	LCZ, BM, M/S, MH
23	<i>Xenyllodes armatus</i> (Axelson 1903)		X					X	X	LCL, BM, M/S
	Famille 5. Onychiuridae									
24	<i>Deuteraphorura cebennaria</i> (Gisin 1956)				X		X			LCL
25	<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg 1869)		X	X	X	X	X	X	X	LCL, LCZ, BM, M/S, S
	Famille 6. Tullbergiidae									
26	<i>Fissuraphorura sp.</i>			X						M/R
27	<i>Mesaphorura macrochaeta</i> (Rusek 1976)		X	X		X	X		X	LCL, LCZ, M/S, S
	Ordre 2. Entomobryomorpha									
	Famille 7. Isotomidae									
28	<i>Folsomia penicula</i> (Bagnall 1939)		X	X		X		X	X	LCL, LCZ, LM, M/S, MH
29	<i>Folsomides parvulus</i> (Stach 1922)			X		X				BM, M/R
30	<i>Hemisotoma thermophila</i> (Axelson 1900)		X	X	X	X	X	X		LCL, LCZ,

										LM, BM , M/R, M/S
31	<i>Isotomiella minor</i> (Schäffer 1896)		X			X				LCL, BM
32	<i>Isotomurus sp.</i>		X							LCL
33	<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer 1896)		X	X	X	X	X	X	X	LCL, LCZ, LM, BM, S, M/S, M/R
34	<i>Proctostephanus cidi</i> (Selga 1958)	X		X						LCL, M/R, M/S
35	<i>Proctostephanus sanctiaugustini</i> (Cassagnau 1963)			X						LCL
36	<i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg 1871)		X	X	X	X	X	X	X	LCL, LCZ, LM, BM, S M/S, M/R
37	<i>Proisotoma sp.</i>			X						M/R
38	<i>Tetracanthella pilosa</i> (Schött 1891)		X	X	X	X	X	X		LCL, BM, M/S, M/R
39	<i>Tetracanthella sp.</i>			X						M/R
	Famille 8. Oncopoduridae									
40	<i>Oncopodura crassicornis</i> (Shoebtham 1911)						X	X		M/S
	09. Tomoceridae									
41	<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock 1862)					X	X			LCL, BM
	Famille 10. Entomobryidae									
42	<i>Entomobrya multifasciata</i> (Tullberg 1871)					X				LCZ, M/R
43	<i>Entomobrya numidica</i> (Baquero, Hamra-Kroua & Jordana 2009)		X				X			Sur les plantes
44	<i>Heteromurus major</i> (Moniez 1889)		X	X	X	X	X	X	X	LCL, LCZ, BM, M/S, M/R, MH
45	<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton 1835)		X	X			X			LCL, BM
46	<i>Lepidocyrtus lignorum</i> (Fabricius 1775)					X	X		X	LCL, BM, MH
47	<i>Orchesella cincta</i> (Lubbock 1758)		X	X	X			X	X	LCL, Sur sol
48	<i>Orchesella quinquefasciata</i> (Bourlet 1843)					X			X	M/S
49	<i>Pseudosinella sp.</i>			X						LCL

50	<i>Seira domestica</i> (Nicolet 1842)			X		X	X		X	LCL, BM, M/S, MH
51	<i>Willowsia</i> sp.		X					X		Sur sol
	Ordre 3. Symphypleona									
	Famille 11. Dicyrtomidae									
52	<i>Dicyrtomina ornata</i> (Nicolet 1842)		X	X		X	X		X	LCL, BM
53	<i>Ptenothrix italica</i> (Dallai 1973)		X				X			BM
	Famille 12. Katiannidae									
54	<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock 1862)					X		X		BM, M/S
55	<i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock 1868)		X	X			X		X	BM
56	<i>Sminthurinus signatus</i> (Krausbauer 1898)						X		X	LCL, BM
	Famille 13. Sminthuridae									
57	<i>Caprainea marginata</i> (Schött 1893)		X	X						LCL, BM
	Famille 14. Sminthurididae									
58	<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer 1898)		X	X	X		X	X	X	LCL, LCZ, LM, BM, M/S, MH
	Ordre 4. Neelipleona									
	Famille 15. Neelidae									
59	<i>Megalothorax minimus</i> (Willem 1900)		X	X	X	X	X	X		LCL, LCZ, BM, S, M/S
60	<i>Neelus murinus</i> (Folsom 1896)		X	X	X		X		X	LCL, BM, S

Abréviation : LCL : Litière de chêne liège ; LCZ : Litière de chêne zen ; LM : Litière de myrte ; M/R : Mousse sur roche ; M/S : Mousse dur sol ; BM : Bois mort ; MH : Milieu humide ; S : Sol.

Espèces de collemboles identifiés dans la région de Jijel (Algérie). La hiérarchie taxonomique suit Deharveng (2004).

Ordre Poduromorpha Börner 1913

Famille Hypogastruridae Börner 1906

Genre *Acherontiella* Absolon 1913

1. *Acherontiella bougisi* (Caassagnau & Delamarre-Debouteville 1955)

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) et Hamra-Kroua (2005 : 91).

Distribution générale : Méditerranéenne (Thibaud *et al.*, 2004).

Genre *Ceratophysella* Börner 1932

2. *Ceratophysella armata* (Nicolet 1842)

Citations d'Algérie : Handschin (1926 : 117, comme *Hypogastrura armata*) ; Handschin (1928 : 4, comme *Hypogastrura armata*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 514) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) et Bendjaballah *et al.* (2018 : 394).

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

3. *Ceratophysella gibbosa* (Bagnall 1940)

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 85) ; Baquero *et al.* (2009 : 68) ; Brahim-Bounab (2016 : 83) ; Zoughailech (2017 : 135) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 392) ; Bendjaballah (2019 : 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 05).

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

Genre *Hypogastrura* Bourlet 1839**4. *Hypogastrura affinis*** (Lucas 1846)

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 94).

Distribution générale : Euro-méditerranéenne (Hamra-Kroua, 2005).

Genre *Microgastrura* Stach 1922**5. *Microgastrura duodecimoculata*** (Stach 1922)

Citations d'Algérie : nouvelle espèce pour l'Algérie.

Distribution générale : Européenne (Arbea & Jordana, 1997).

Genre *Xenylla* Tullberg 1869**6. *Xenylla brevisimilis*** (Stach 1949)

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 85) ; Arbea *et al.* (2013 : 178) ; Brahim-Bounab (2016 : 83) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 392) ; Bendjaballah (2019 : 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 06).

Distribution générale : Euro-Méditerranéenne (Thibaud *et al.*, 2004).

Famille *Brachystomellidae* Stach 1949**Genre *Brachystomella*** Agren 1903**7. *Brachystomella parvula*** (Schäffer 1816)

Citations d'Algérie : Handschin (1928 : 5, comme *Schoettella parvula*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 516) ; Hamra-Kroua (2005 : 85) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Brahim-Bounab (2016 : 84) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 395) ; Bendjaballah (2019 : 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 04).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 1998).

Famille *Neanuridae* Börner 1901**Sous-Famille *Frieseinae*** Massoud 1967**Genre *Friesea*** Dalla-Torre 1895**8. *Friesea laouina*** (Deharveng & Hamra-Kroua 2004)

Citations d'Algérie : Deharveng & Hamra-Kroua (2004 : 141) ; Hamra Kroua (2005 : 85) ; Hamra Kroua & Deharveng (2010 : 62) ; Thibaud (2013 : 234) ; Brahim-Bounab *et al.* (2014 : 42) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 396) ; Bendjaballah (2019 : 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 09).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Deharveng & Hamra-Kroua, 2004).

9. *Friesea major* (Hamra-Kroua, Jordana & Deharveng 2009)

Citations d'Algérie : Hamra Kroua (2005 : 86) ; Hamra-Kroua *et al.* (2009 : 65) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62, comme *Friesea* sp1 cf. *truncata* Cassagnau, 1958) ; Arbea *et al.* (2013 : 178) ; Thibaud (2013 : 234) ; Brahim-Bounab *et al.* (2014 : 42) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 399) ; Bendjaballah (2019 : 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 09).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Hamra-Kroua *et al.*, 2009).

10. *Friesea mirabilis* (Tullberg 1871)

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 85) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62) ; Brahim-Bounab *et al.* (2014 : 42) ; Brahim-Bounab (2016 : 84) ; Zoughailech (2017 : 135) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Bendjaballah (2019 : 81) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 10).

Distribution générale : Cosmopolite (Deharveng, 2013).

Sous-Famille Neanurinae Börner 1901

Genre *Bilobella* Caroli 1912 *sensu* Stach 1951

11. *Bilobella aurantiaca* (Caroli 1912)

Citations d'Algérie : Handschin (1926 : 119, comme *Achorutes aurantiacus*) ; Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980 : 516) ; Hamra-Kroua & Allatou (2003 : 22) ; Hamra-Kroua (2005 : 86) ; Deharveng *et al.* (2007 : 57) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Deharveng *et al.* (2007 : 57) ; Baquero *et al.* (2009 : 68) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62) ; Arbea *et al.* (2013 : 178) ; Brahim-Bounab (2016 : 84) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Zoughailech (2017 : 71) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 397) ; Bendjaballah (2019 : 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 10).

Distribution générale : Méditerranéenne (Arbea & Jordana, 1997).

Genre *Deutonura* Cassagnau 1979

12. *Deutonura adriani* (Deharveng, Ait-Mouloud & Bedos 2015)

Citations d'Algérie : Deharveng *et al.* (2015).

Distribution générale : Endémique (Deharveng *et al.*, 2015).

13. *Deutonura zana* (Deharveng, Zoughailech, Hamra-Kroua & Porco 2015)

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 86) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62, comme *Deutonura* sp.) ; Deharveng *et al.* (2015 : 281) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Zoughailech (2017 : 135) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 397, fig. 6) ; Bendjaballah (2019 : 103, fig. 69) et Brahim-Bounab *et al.* (2020:10, fig. 4).

Distribution générale : Endémique (Deharveng *et al.*, 2015).

Genre *Edoughnura* Deharveng, Hamra-Kroua & Bedos 2007

14. *Edoughnura rara* (Deharveng, Hamra kroua & Bedos 2007)

Citations d'Algérie : Deharveng *et al.* (2007 : 57) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62, comme *Neanurini* n. g. n. sp.) ; Thibaud (2013 : 234) ; Brahim-Bounab (2016 : 84) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Zoughailech (2017 : 136) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :11).

Distribution générale : Endémique du massif d'Edough (Deharveng *et al.*, 2007).

Genre *Protanura* Börner 1906**15. *Protanura pseudomuscorum*** (Börner 1903)

Citations d'Algérie : Denis (1925 : 254) ; Handschin (1928 : 15) ; Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980 : 516) ; Arbea & Jordana (1997 : 425) ; Hamra-Kroua (2005 : 86) ; Deharveng *et al.* (2007 : 58) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62) ; Brahim-Bounab (2016 : 84) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 398, fig. 8) ; Bendjaballah (2019 : 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :12).

Distribution générale : Méditerranéenne (Arbea & Jordana, 1997).

16. *Protanura* sp.

Citations d'Algérie : une autre espèce appartenant a ce genre est citée par : Hamra-Kroua (2005 : 86, cite *Protanura monticellii*) ; Deharveng *et al.* (2007 : 58, cite *Protanura monticellii*) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62, cite *Protanura monticellii*) ; Brahim-Bounab (2016 : 84, cite *Protanura monticellii*) Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967, cite *Protanura monticellii*) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 12, cite *Protanura monticellii*, fig. 5).

Genre *Sensillanura* Deharveng 1981**17. *Sensillanura austriaca*** (Gama 1963)

Citations d'Algérie : Zoughailech (2017 : 71) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 398, fig. 9) et Bendjaballah (2019 : 106, fig.73).

Distribution générale : Alpes Françaises et Autrichiennes (Deharveng, 1981) et massif de Collo en Algérie (Bendjaballah *et al.*, 2018).

Sub-famille *Pseudachorutinae* Börner 1906**Genre *Micranurida*** Börner 1901**18. *Micranurida candida*** (Cassagnau 1952)

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018 : 400) et Bendjaballah (2019 : 107, fig.75).

Distribution générale : Euro-méditerranéenne (Bellinger *et al.*, 2019).

Genre *Pseudachorudina* Stach 1949**19. *Pseudachorudina meridionalis*** (Bonet 1929)

Citations d'Algérie : Delamare-Deboutteville (1954 : 298, comme *Pseudachorudina bougisi* Delamare-Deboutteville, 1951) ; Thibaud & Massoud (1980 : 516, comme *Pseudachorudina bougisi*) ; Hamra-Kroua (2005 : 86) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62) ; Arbea *et al.* (2013 : 178) ; Brahim-Bounab *et al.* (2014 : 42) ; Brahim-Bounab (2016 : 84) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 401) ; Bendjaballah (2019 : 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 13, fig. 6).

Distribution générale : Euro-méditerranéenne (Arbea & Jordana, 1997).

Genre *Pseudachorutella* Stach 1949**20. *Pseudachorutella asigillata* (Börner 1901)**

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 86); Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Baquero *et al.* (2009 : 68) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62) ; Brahim-Bounab *et al.* (2014 : 42) ; Brahim-Bounab (2016 : 84) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 401) ; Bendjaballah (2019 : 109) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :14).

Distribution générale : Paléarctique (Fjellberg, 1998).

Genre *Pseudachorutes* Tullberg 1871**21. *Pseudachorutes* sp.**

Citations d'Algérie : plusieurs espèces appartenants a ce genre sont citées par : Murphy (1958: cite *Pseudachorutes corticolis*) ; Cassagnau (1963 : 198, cite *Pseudachorutes parvulus*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 516, cite *Pseudachorutes corticolis* et *Pseudachorutes parvulus*) ; Hamra-Kroua (2005 : 86, cite *Pseudachorutes subcrassus*, *Pseudachorutes parvulus* et *Pseudachorutes* sp.) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151, cite *Pseudachorutes* sp.) ; Hamra-Kroua & Deharveng (2010 : 62, cite *Pseudachorutes parvulus* et *Pseudachorutes subcrassus*) ; Arbea *et al.* (2013 : 178, cite *Pseudachorutes* sp.) ; Brahim-Bounab *et al.* (2014 : 42, cite *Pseudachorutes subcrassus*) ; Brahim-Bounab (2016 : 84, cite *Pseudachorutes* sp.) ; Zoughailech *et al.* (2016 : *Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes labiatus* et *Pseudachorutes octosensillatus*) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017 : 967, cite *Pseudachorutes subcrassus* et *Pseudachorutes parvulus*) ; Zoughailech (2017 : 72, cite *Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes labiatus* et *Pseudachorutes octosensillatus*) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 392, cite *Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes labiatus* et *Pseudachorutes octosensillatus*) ; Bendjaballah (2019 : 82, cite *Pseudachorutes deficiens*, *Pseudachorutes labiatus*, *Pseudachorutes octosensillatus* et *Pseudachorutes* sp.) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 14, cite *Pseudachorutes subcrassus* et *Pseudachorutes parvulus*).

Famille Odontellidae Massoud 1967**Genre *Superodontella* Stach 1949****22. *Superodontella tayaensis* (Arbea, Brahim-Bounab & Hamra-Kroua 2013)**

Citations d'Algérie : Arbea *et al.* (2013 : 178) ; Brahim-Bounab (2016 : 83) ; Zoughailech (2017 : 135) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 402) ; Bendjaballah (2019 : 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :15).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Arbea *et al.*, 2013).

Genre *Xenyllodes* Axelson 1903**23. *Xenyllodes armatus* (Axelson 1903)**

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 85) ; Brahim-Bounab *et al.* (2017: 968) ; Zoughailech (2017 : 135) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 402) ; Bendjaballah (2019 : 113) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 16).

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 1998).

Famille Onychiuridae Lubbock 1867

Genre *Deuteraphorura* Absolon 1901**24. *Deuteraphorura cebennaria* (Gisin 1956)**

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018 : 402) et Bendjaballah (2019 : 82).

Distribution générale : Européenne (Arbea *et al.*, 2011).

Genre *Protaphorura* Absolon 1901**25. *Protaphorura armata* (Tullberg 1869)**

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

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 1998).

Famille Tullbergiidae Bagnall 1935**Genre *Fissuraphorura* Rusek 1991****26. *Fissuraphorura* sp.**

Citations d'Algérie : peut être la même espèce citée par Ait-Mouloud *et al.* (2007: 151) en Kabylie.

Genre *Mesaphorura* Börner 1901**27. *Mesaphorura macrochaeta* (Rusek 1976)**

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 8) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Brahim-Bounab (2016 : 83) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 402) ; Bendjaballah (2019 : 82) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 :17).

Distribution générale : Cosmopolite (Dunger & Schlitt, 2011).

Ordre Entomobryomorpha Börner 1913**Famille Isotomidae Schaeffer 1896****Genre *Folsomia* Willem 1902****28. *Folsomia penicula* (Bagnall 1939)**

Citations d'Algérie : Zoughailech (2017 : 100) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 403) et Bendjaballah (2019 : 119).

Distribution générale : Holarctique (Potapov, 2001).

Genre *Folsomides* Stach 1922**29. *Folsomides parvulus* (Stach 1922)**

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980 : 517) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 403) et Bendjaballah (2019 : 121).

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

Genre *Hemisotoma* Bagnall 1949

30. *Hemisotoma thermophila* (Axelson 1900)

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198, comme *Isotomina thermophila*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 517, comme *Isotomina thermophila*) ; Hamra-Kroua & Allatou (2003 : 22) ; Hamra-Kroua (2005 : 86 comme *Cryptopygus thermophilus*) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Baquero *et al.* (2009 : 68) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah (2019 : 83) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 19).

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

Genre *Isotomiella* Bagnall 1939

31. *Isotomiella minor* (Schäffer 1896)

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980 : 517) ; Hamra-Kroua & Allatou (2003 : 22) ; Hamra-Kroua (2005 : 86) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Baquero *et al.* (2009 : 68) ; Zoughailech (2017 : 136) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 403, fig. 12) ; Bendjaballah (2019 : 83) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 19).

Distribution générale : Holarctique (Potapov, 2001).

Genre *Isotomurus* Börner 1903

32. *Isotomurus* sp.

Citations d'Algérie : plusieurs espèces appartenants a ce genre sont citées par : Handschin (1928 : 6, cite *Isotomurus palustris*) ; Thibaud & Massoud 1980 : 518, cite *Isotomurus palustris* et *Isotomurus poinsotae*) ; Stomp (1983 : 194, cite *Isotomurus nicolae*) ; Hamra-Kroua & Allatou (2003 : 22, cite *Isotomurus palustris*) ; Hamra-Kroua (2005 : 87, cite *Isotomurus cf. fucicolus*, *Isotomurus maculatus*, *Isotomurus palustris* et *Isotomurus cf. unifasciatus*) ; Baquero *et al.* (2009 : 68, cite *Isotomurus palustris*) ; Zoughailech (2017 : 72, cite *Isotomurus* sp.) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 404, cite *Isotomurus* sp.) ; Bendjaballah (2019 : 83, cite *Isotomurus palustris* et *Isotomurus* sp.) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 19, cite *Isotomurus cf. fucicolus* et *Isotomurus maculatus*).

Genre *Parisotoma* Bagnall 1940

33. *Parisotoma notabilis* (Schäffer 1896)

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

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

Genre *Proctostephanus* Börner 1902

34. *Proctostephanus cidi* (Selga 1958)

Citations d'Algérie : nouvelle espèce pour l'Algérie.

Distribution générale : Méditerranéenne (Arbea, 2003).

35. *Proctostephanus sanctiaugustini* (Cassagnau 1963)

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980 : 518) ; Hamra- Kroua (2005 : 87) ; Thibaud (2013 : 234) ; Zoughailech (2017 : 72) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 405, fig. 15) et Bendjaballah (2019 : 126).

Distribution générale : Endémique d'Algérie (Potapov, 2001).

Genre *Proisotoma* Börner 1901

36. *Proisotoma minuta* (Tullberg 1871)

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

Distribution générale : Cosmopolite (Potapov, 2001).

37. *Proisotoma* sp.

Citations d'Algérie : une espèce appartenant à ce genre est citée par : Handschin (1928 : 5, cite *Proisotoma ripicola* et *Proisotoma schoetti*) ; Delamare-Deboutteville (1954: 298, cite *Proisotoma oeensis*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 518, cite *Proisotoma ripicola* et *Proisotoma schoetti*) et Bendjaballah (2019 : 83, cite *Proisotoma* sp.).

Genre *Tetracanthella* Schött 1891

38. *Tetracanthella pilosa* (Schött 1891)

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 87) ; Zoughailech (2017 : 137) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 405) ; Bendjaballah (2019 : 83) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 21).

Distribution générale : Méditerranéenne (Potapov, 2001).

39. *Tetracanthella* sp.

Citations d'Algérie : une espèce appartenant à ce genre est citée par : Hamra-Kroua (2005 : 87, cite *Tetracanthella* sp.) ; Zoughailech (2017 : 137, cite *Tetracanthella* sp.) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 21, cite *Tetracanthella* sp., fig. 11).

Famille *Oncopoduridae* Carl & Lebedinsky 1905

Genre *Oncopodura* Carl & Lebedinsky 1905

40. *Oncopodura crassicornis* (Shoebbotham 1911)

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 199) ; Stomp (1974 : 118, comme *Oncopodura delhezi*) ; Thibaud & Massoud (1980 : 519) ; Hamra-Kroua (2005 : 87) ; Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca (2009 : 36) ; Zoughailech (2017 : 137) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 405) ; Bendjaballah (2019 : 83) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 22).

Distribution générale : Palaearctique (Fjellberg, 2007).

Famille *Tomoceridae* Schäffer 1896

Genre *Tomocerus* Nicolet 1842

41. *Tomocerus minor* (Lubbock 1862)

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 198) ; Thibaud & Massoud (1980 : 518) ; Hamra-Kroua & Allatou (2003 : 23) ; Hamra-Kroua (2005 : 87) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Baquero *et*

al. (2009 : 68) ; Hamra-Kroua & Cancela Da Fonseca (2009 : 36) ; Zoughailech (2017 : 72) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 406) et Bendjaballah (2019 : 134).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Famille Entomobryidae Schäffer 1896

Genre *Entomobrya* Rondani 1861

42. *Entomobrya multifasciata* (Tullberg 1871)

Citations d'Algérie : Handschin (1928 : 6) ; Thibaud & Massoud (1980 : 518) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Zoughailech (2017 : 72) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 405) et Bendjaballah (2019 : 133).

Distribution générale : Holarctique (Jordana, 2012).

43. *Entomobrya numidica* (Baquero, Hamra-Kroua & Jordana 2009)

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

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

Genre *Heteromurus* Wankel 1860

44. *Heteromurus major* (Moniez 1889)

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

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

45. *Heteromurus nitidus* (Templeton 1835)

Citations d'Algérie : Handschin (1926 : 125) ; Stomp (1974 : 114) ; Thibaud & Massoud (1980 : 518) ; Stomp (1983 : 196) ; Hamra-Kroua & Allatou (2003 : 23) ; Hamra-Kroua (2005 : 129) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Baquero *et al.* (2009 : 68) ; Zoughailech (2017 : 137) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 23).

Distribution générale : Méditerranéenne (Gisin, 1960).

Genre *Lepidocyrtus* Bourlet 1839

46. *Lepidocyrtus lignorum* (Fabricius 1775)

Citations d'Algérie : Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151) ; Zoughailech (2017 : 72) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 393) et Bendjaballah (2019 : 83).

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

Genre *Orchesella* Templeton 1835

47. *Orchesella cincta* (Linnaeus 1758)

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

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

48. *Orchesella quinquefasciata* (Bourlet 1843)

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

Distribution générale : Holarctique (Fjellberg, 2007).

Genre *Pseudosinella* Schäffer 1897

49. *Pseudosinella* sp.

Citations d'Algérie : plusieurs espèces appartenants a ce genre sont citées par : Hamra-kroua (2005 : 87, cite *Pseudosinella alba*, *Pseudosinella albida*, *Pseudosinella octopunctata* et *Pseudosinella* sp.) ; Ait-Mouloud *et al.* (2007 : 151, cite *Pseudosinella* sp.A et *Pseudosinella* sp.B) ; Zoughailech (2017 : 72, cite *Pseudosinella alba*, *Pseudosinella* sp.1 et *Pseudosinella* sp.2) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 393, cite *Pseudosinella* sp.1, fig. 21 et *Pseudosinella* sp.2) ; Bendjaballah (2019 : 84, cite *Pseudosinella alba*, *Pseudosinella* sp.1 et *Pseudosinella* sp.2) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 24, cite *Pseudosinella albida*, *Pseudosinella octopunctata* et *Pseudosinella* sp.).

Genre *Seira* Lubbock 1869

50. *Seira domestica* (Nicolet 1842)

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

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

Genre *Willowsia* Shoebbotham 1917

51. *Willowsia* sp.

Citations d'Algérie : Hamra kroua (2005 : 87).

Ordre Symphypleona Börner 1901

Famille Dicyrtomidae Börner 1906

Genre *Dicyrtomina* Börner 1903

52. *Dicyrtomina ornata* (Nicolet 1842)

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

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

Genre *Ptenothrix* Börner 1906

53. *Ptenothrix italica* (Dallai 1973)

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018 : 409, fig. 22) et Bendjaballah (2019 : 84).

Distribution générale : Méditerranéenne (Bretfeld, 2001).

Famille Katiannidae Börner 1913

Genre *Sminthurinus* Börner 1901

54. *Sminthurinus aureus* (Lubbock 1862)

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

Distribution générale : Paléarctique (Bretfeld, 2001).

55. *Sminthurinus niger* (Lubbock 1868)

Citations d'Algérie : Handschin (1928 : 9) ; Hamra Kroua (2005 : 135) ; Zoughailech (2017 : 73) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 393) et Bendjaballah (2019 : 84).

Distribution générale : Paléarctique (Bretfeld, 1999).

56. *Sminthurinus signatus* (Krausbauer 1898)

Citations d'Algérie : Bendjaballah *et al.* (2018 : 410) et Bendjaballah (2019 : 144).

Distribution générale : Paléarctique (Fjellberg, 2007).

Famille Sminthuridae Lubbock 1862**Genre *Caprainea*** Dallai 1970**57. *Caprainea marginata*** (Schött 1893)

Citations d'Algérie : Cassagnau (1963 : 199, comme *Sminthurus echinatus*) ; Bretfeld (2001 : 99) ; Hamra-Kroua (2005 : 88) ; Zoughailech (2017 : 73) ; Bendjaballah *et al.* (2018 : 410, comme *Caprainea echinata*) ; Bendjaballah (2019 : 145) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 25).

Distribution générale : Paléarctique (Fjellberg, 2007).

Famille Sminthurididae Börner 1906**Genre *Sphaeridia*** Linnaniemi 1912**58. *Sphaeridia pumilis*** (Krausbauer 1898)

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

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Ordre Neelipleona Massoud 1971**Famille Neelidae** Folsom 1896**Genre *Megalothorax*** Willem 1900**59. *Megalothorax minimus*** (Willem 1900)

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

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

Genre *Neelus* Folsom 1896**60. *Neelus murinus*** (Folsom 1896)

Citations d'Algérie : Hamra-Kroua (2005 : 88); Zoughailech (2017 : 138); Bendjaballah *et al.* (2018 : 411, fig. 23) ; Bendjaballah (2019 : 84) et Brahim-Bounab *et al.* (2020 : 26).

Distribution générale : Cosmopolite (Fjellberg, 2007).

DISCUSSION

Un total de 60 espèces des collemboles ont été identifiées dans les différentes localités prospectées à Jijel. Avant ce travail 6 espèces seulement ont été signalées par Hamra-Kroua (2005) dans cette région (*Bilobella aurantiaca*, *Deutonura deficiens meridionalis*, *Heteromurus nitidus*, *Sminthurinus niger*, *Seira* sp. et *Willowsia* sp.).

Les espèces récoltées appartiennent à 47 genres réparties sur 15 familles des 4 ordres connus des collemboles, dont 2 espèces sont citées pour la première fois en Algérie : *Microgastrura duodecimoculata* et *Proctostephanus cidi*.

Plusieurs espèces sont abondantes dans les forêts de cette région : *Bilobella aurantiaca*, *Heteromurus major*, *Parisotoma notabilis*, *Proisotoma minuta*, et *Sphaeridia pumilis*.

Beaucoup d'espèces sont endémiques d'Algérie : *Deutonura adriani* (Deharveng *et al.*, 2015), *Deutonura zana* (Deharveng *et al.*, 2015), *Edoughnura rara* (Deharveng *et al.*, 2007), *Friesea laouina* (Deharveng & Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Hamra-Kroua *et al.*, 2009), *Entomobrya numidica* (Baquero *et al.*, 2009), *Proctostephanus sanctiaugustini* (Cassagnau, 1963) et *Superodontella tayaensis* (Arbea *et al.*, 2013).

Un des résultats surprenants de cette étude est la présence de taxons biogéographiquement inattendus, à-savoir *Sensillanura austriaca*, endémique des Alpes et trouvée récemment à Collo (Bendjaballah *et al.*, 2018).

Les études taxonomiques et faunistiques effectuées dans différents massifs forestiers Algériens (Collo à Skikda, l'Edough à Annaba et le Djurdjura à Tizi Ouzou) montrent une grande similarité entre la faune rencontrée à Jijel et Collo avec 40 espèces en commun. Ceci est dû probablement aux ressemblances sur le plan climatique, géologique et couvert végétal tandis que 31 espèces et 15 espèces sont communes pour les massifs de l'Edough et du Djurdjura respectivement.

Dans un sens plus large, la faune des collemboles d'Algérie, et par extension celle de l'Afrique du nord, demeure mal connue malgré les progrès et les efforts consentis pendant ses 20 dernières années. En effet, depuis le travail de synthèse réalisé par Thibaud et Massoud (1980), qui énumèrent 112 espèces (131 pour le Maroc, 15 espèces citées de Tunisie et 09 en Libye), le nombre total de collemboles rencontrés en Algérie a pratiquement doublé, en dépit du manque de spécialistes. Entre 1980 et 2001 un total de 13 espèces ont été décrites d'Algérie (Stomp, 1983 ; Bretfeld, 1997 ; 2001).

Au début du présent millénaire, Hamra-Kroua (2005) viens rajouter 56 espèces nouvelles pour le pays dont 49 sont signalées pour la première fois en Afrique du Nord, tandis que Bendjaballah *et al.* (2018) signalent 26 autres espèces. Depuis 2005 jusqu'à ce jour, 10 nouvelles espèces ont été décrites d'Algérie, trois d'entre elles appartiennent au même genre *Pseudachorutes*, deux au genre *Deutonura*, deux au genre *Friesea* plus la redescription d'une espèce du genre *Isotominella*.

Thibaud (2013) estime que la faune collembologique d'Algérie est relativement assez bien connue avec environ 190 espèces. Les chiffres donnés par ce même auteur pour le Maroc sont similaires avec environ 210 espèces citées. La faune collembologique de Tunisie et de Libye est représentée par seulement 15 et 17 espèces signalées de ces deux pays respectivement. Ce contraste flagrant entre la richesse spécifique des quatre pays est dû essentiellement aux disparités dans les efforts d'échantillonnage fournis (la Tunisie et la Lybie n'étant que très peu prospectés).

L'inventaire des Collemboles d'Algérie se compose à ce jour d'environ 230 espèces dont 52 décrites du pays. Nous songeons que, si les collemboles d'Algérie et de l'Afrique du Nord peuvent bénéficier d'une attention particulière, et que d'autres milieux et habitats sont davantage prospectés, la richesse spécifique de la faune collembologique de nos pays devrait avoisiner les chiffres observés dans d'autres pays circumméditerranéens.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements et notre gratitude au Professeur Louis Deharveng pour l'identification d'espèces ainsi que pour ses précieuses aides et conseils. Qu'il trouve ici nos plus sincères sentiments de reconnaissance.

RÉFÉRENCES

- 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.
- Ait Mouloud S., Lek-Ang S. & Deharveng L., 2007. Fine scale changes in biodiversity in a soil - water ecotone : Collembola in two peat-bogs of Kabylia (Algeria). *Vie et milieu*, **57**(3), 149-157.
- Arbea J.I., 2003. El género Proctostephanus Börner, 1902 en la Península Ibérica, con descripción de una nueva especie de la región mediterránea de España (Collembola : Isotomidae). *Boletín. SEA*, **32**, 5–8.
- Arbea J.I. & Jordana R., 1997. Familia Neanuridae. In : Ramos M. *et al.* (eds), *Collembola Poduromorpha, Fauna Iberica*, vol. 8. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, pp. 272–477.
- Arbea J. I., Pérez T. & 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.
- Arbea J.I., Brahim-Bounab H. & 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. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3709.25>
- Baquero E., Hamra Kroua S. & Jordana R., 2009. New species of *Entomobrya* From northern Algeria (Collembola : Entomobryidae). *Entomological news*, **120**(1), 65-75. <https://doi.org/10.3157/021.120.0113>
- Bellinger P.F., Christiansen K.A. & Janssens F., 2019. *Checklist of the Collembola of the World*, <http://www.collembola.org>. (31/12/2019).
- Bendjaballah M., 2019. *Biodiversité des microarthropodes litéricoles (Hexapoda : Collembola) de quelques localités du Nord-Est algérien*. Thèse de Doctorat : Université Mentouri de Constantine (Algerie).
- Bendjaballah M., Zoughailech A., Brahim-Bounab H., Hamra-Kroua S., Bedos A. & Deharveng L., 2018. Annotated checklist of the springtails (Hexapoda : Collembola) of the Collo massif, northern Algeria. *Zoosystema*, **40**(16), 389-414. <https://doi.org/10.5252/zoosystema2018v40a16>
- Brahim-Bounab H., 2016. *Les collemboles (Hexapoda : Collembola) de quelque localités du Nord-est algérien Taxonomie et Appartenance Biogéographique*. Thèse de Doctorat : Université Mentouri de Constantine (Algerie).
- Brahim-Bounab H., Bendjaballah M. & 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. & Hamra Kroua S., 2014. The Collembola Poduromorpha Families : Neanuridae and Odontellidae of some localities of Northeastern Algeria. *Sciences & Technologie C*, **39**, 40-45.
- Brahim-Bounab H., Bendjaballah M., Hamra-kroua S., Lachi N., Bedos A. & Deharveng L., 2020. Checklist of the springtails (Hexapoda : Collembola) of the Edough massif, northeastern Algeria. *Zootaxa*, **4853**(1), 051–078. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4853.1.3>
- Bretfeld G., 1997. Redescription and new descriptions of Sphaeridia species (Insecta, Collembola) from Algeria, Gambia, Peru, and Spain. *Abh. Ber. Naturkundemuseums 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., 1963. Les Collemboles d’Afrique du Nord. Étude de quelques espèces du Nord Constantinois. *Bulletin de la Société d’Histoire naturelle de Toulouse*, **98**(1/2), 197-206.
- Cipola N. G., Arbea J., Baquero E., Jordana R., Morais J. W. & Bellini B. C., 2018. The survey of Seira Lubbock, 1870 (Collembola, Entomobryidae, Seirinae) from Iberian Peninsula and Canary Islands, including three new species. *Zootaxa*, **4458**(1), 1– 66. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4458.1.1>
- 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., 2004. Recent advances in Collembola systematics. *Pedologia*, **48**, 415-433. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2004.08.001>
- Deharveng L., 2013. Fauna Europaea : Collembola. *In : Fauna Europaea version 2017*. 06, <https://fauna-eu.org>.
- Deharveng L. & 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. & Bedos A., 2007. *Edoughnura Rara* n. gen., n. sp., an enigmatic genus of Neanurinae Collembola from the Edough massif (Algeria). *Zootaxa*, **1652**, 57-61. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1652.1.5>
- Deharveng L., Ait-Mouloud S. & 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. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4000.4.5>
- Deharveng L., Zoughailech A., Hamra-Kroua S. & 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. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3920.2.4>
- Delamare-Deboutteville C., 1953. Collemboles marins de la zone souterraine humide des sables littoraux. *Vie et milieu*, **4**(2), 290-319.
- Denis J.R., 1924. Sur les Collemboles du muséum de Paris (1ere partie). *Annales de la Société Entomologique de France*, **93**, 211-260.
- Denis J.R., 1925. Sur les Collemboles d’Afrique du Nord (2eme note). *Bulletin de la Société d’Histoire Naturelle d’Afrique du Nord*, **16**, 254-256.

- Denis J.R., 1935. Sur la faune française des Aptérygotes (XIX) (*Achorutes sinister* n. sp. et *Pseudosinella Marteli* (Carp.) m.). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **67**, 353-358.
- Denis J.R., 1937. Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (4eme note). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord*, **28**, 85-87.
- Dunger W. & Schlitt B., 2011. Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 6/1. Tullbergiidae. *Soil Organisms*, **83**(1), 1-168.
- Fjellberg A., 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I : Poduromorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica*, **35**, 1-183.
- Fjellberg A., 2007. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part II : Entomobryomorpha and Symphyleona. *Fauna Entomologica Scandinavica*, **42**, 1-216.
- Gisin H., 1960. *Collembolen fauna Europas*. Muséum d'Histoire Naturelle, Genève, 312 pp.
- Hamra Kroua S., 2005. *Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-est algérien : Taxonomie, Biogéographie et Ecologie*. Thèse de Doctorat : Université Mentouri de Constantine (Algérie).
- Hamra Kroua S. & Allatou D., 2003. Les Collemboles du Nord-est Constantinois. *Sciences & Technologie*, **20**, 21-24.
- Hamra Kroua S. & 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, section Sciences de la Vie*, Rabat, **31**(1), 33-43.
- Hamra Kroua S. & Deharveng L., 2010. Les Neanuridae (Collembola, Arthropoda) du massif forestier de l'Edough (Annaba, Algérie). In : *Actes de la VI^e conférence internationale Francophone d'Entomologie. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie*, Rabat, **47**(1), 61-65.
- Hamra Kroua S., Jordana R. & Deharveng L., 2009. A new Friesea of the mirabilis group from Algeria (Collembola : Neanuridae : Frieseinae). *Zootaxa*, **2074**, 65-68.
- Handschin E., 1926. Collembolen aus Algerien. *Neue Beiträge zur systematischen Insektenkunde*, **3**(13/14), 117-126.
- Handschin E., 1928. Über Die Von H. Gauthier in den Sumpfen Algeriens gessammelten Collembolen. *Archiv für naturgeschichte*, **92**(7), 1-18.
- Jordana R., 2012. Synopses on Palaearctic Collembola. Volume 7/1. Capbryinae and Entomobryini. *Soil Organisms*, **84**(1): 1-390.
- Jordana R., Hamra-Kroua S. & 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*, **2169**, 63-68.
- 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.
- Mari-Mutt J. A., 1980. A Revision of *Heteromurus* sp. str. (Insecta : Collembola : Entomobryidae). *Transactions of the Illinois State Academy of Science*, **72**(3), 29-50.
- Mebarki A., 2005. *Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : ressources en eaux, aménagement et environnement*. Thèse de Doctorat : Université Mentouri de Constantine (Algérie).
- Murphy D. H., 1958. *Isotoma vaillanti* sp. nov., a new species of Collembola from Algeria. *Journal of Natural History*, **1**(8), 524-526. <https://doi.org/10.1080/00222935808650977>

- Porco D., Potapov M., Bedos A., Busmachiu G., Weiner W. M., Hamra-Kroua S. & Deharveng L., 2012. Cryptic diversity in the ubiquitous species *Parisotoma notabilis* (Collembola, Isotomidae) : a long used chimeric species? *PLoS One*, **7**(9), e46056. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046056>
- Potapov M., 2001. Synopses on Palaearctic Collembola, Volume3. Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, **73**(2), 1-602.
- Stomp N., 1974. Collemboles cavernicoles des Causses (Insecta). *Annales de Spéléologie*, **29**(1), 105-108.
- Stomp N., 1983. Collemboles cavernicoles d'Afrique du Nord. II (Insecta). *Revue suisse de Zoologie*, **90**(1), 191-198. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.81972>
- Thibaud J.M., 1990. Révision de genre *Acherontiella* Absolon, 1913 (Insect : Collembola). *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, **12**, 401-414.
- Thibaud J.M., 2013. Essai sur l'état des connaissances de la diversité des Collemboles de l'Empire Africano-Malgache. *Russian Entomological Journal*, **22**(4), 233-248.
- Thibaud J.M. & Massoud Z., 1980. Etude des Collemboles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. *Revue suisse de Zoologie*, **87**(2), 513-548. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.85530>
- Thibaud J. M., Schulz H. J. & Da Gama Assalino M. M., 2004. Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 4. Hypogastruridae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, **75**, 1-287.
- Zoughailech A., 2017. *Biodiversité comparée et endémisme des Collemboles (Hexapoda : Collembola) de deux massifs algériens dans un même contexte bioclimatique*. Thèse de Doctorat : Université Mentouri de Constantine (Algerie).
- Zoughailech A., Hamra Kroua S. & Deharveng L., 2016. New species of *Pseudachorutes* (Collembola : Neanuridae) from Northeastern Algeria. *Zootaxa*, **4158**(4), 557-568. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4158.4.7>

(58 Réf.)

Annexes

ANNEXES

Annexe 1. Tableau des collemboles d'Algérie cités pour la première fois

Famille et Espèce	Statue	Citation
I-Ordre: PODUROMORPHA		
1-Famille: Hypogastruridae (Börner, 1913)		
01- <i>Acherontiella bouguisi</i> (Cass & Delam., 1955)	++	Cassagnau, 1963
02- <i>Acherontiella onychiuriformis</i> (Absolon, 1913)	++	Absolon, 1913
03- <i>Ceratophysella gibbosa</i> (Bagnall, 1940)	+	Hamra kroua, 2005
04- <i>Ceratophysella armata</i> (Nic, 1841)	*	Handschin, 1926
05- <i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	*	Stomp, 1980
06- <i>Ceratophysella tergilobata</i> (Cass, 1954)	++	Cassagnau, 1963
07- <i>Hypogastrura (Achorutes) affinis</i> (Lucas, 1846)	n.sp, o	Lucas, 1846
08- <i>Hypogastrura vernalis</i> (Carl, 1901)	*	Hamra kroua, 2005
09- <i>Hypogastrura pityusica</i> (Ellis, 1974)	++	Baquero et al., 2009
10- <i>Hypogastrura manubrialis</i> (Tull., 1869)	*	Handschin, 1928
11- <i>Hypogastrura purpurescens</i> (Lubbock, 1867)	*	Denis, 1925
12- <i>Hypogastrura sahlbergi</i> (Reuter, 1895)	**	Lucas, 1846
13- <i>Hypogastrura sigillata</i> (Uzel, 1891)	+	Handschin, 1928
14- <i>Mesachorutes quadriocellatus</i> (Abs., 1900)	+	Cassagnau, 1963
15- <i>Microgastrura minutissima</i> (Mills, 1934)	--	Hamra kroua, 2005
16- <i>Typhlogastrura Delhezi</i> (Stomp & Thibaud, 1974)	n.sp, o	Stomp & Thibaud, 1974
17- <i>Willemia anophthalma</i> (Börner, 1901)	*	Delamare-Deboutteville, 1954
18- <i>Willemia intermedia</i> (Mills, 1934)	*	Hamra kroua, 2005
19- <i>Xenylla brevisimilis mediterranea</i> (Gama, 1964)	++	Hamra kroua, 2005
20- <i>Xenyllogastrura afurcata</i> (Deharveng et Gers, 1979)	++	Hamra kroua, 2005
21- <i>Xenylla humicola</i> (O. Fabricus, 1780)	*	Delamare-Deboutteville, 1954
2-Famille: Neanuridae (Cassagnau, 1955)		
a-Sous-famille: Frieseinae (Massoud, 1967)		
22- <i>Friesea afurcata</i> (Denis, 1926)	+	Bendjaballah et al., 2018
23- <i>Friesea algerica</i> (Deharveng, Hamra-Kroua & Jordana, 2004)	n.sp, o	Deharveng et al., 2004
24- <i>Friesea albida</i> (Arbea et Jordana, 1993)	+	Hamra kroua, 2005
25- <i>Friesea decemocolata</i> (Börner, 1903)	x	Bendjaballah et al., 2018
26- <i>Friesea espunaensis</i> (Arbea & Jordana, 1993)	++	Brahim-bounab et al., 2014
27- <i>Friesea ladeiroi</i> (Gama, 1959)	++	Hamra kroua, 2005
28- <i>Friesea laouina</i> (Deharveng & Hamra kroua, 2004)	n.sp, o	Deharveng & Hamra kroua, 2004
29- <i>Friesea major</i> (Hamra kroua, 2009)	n.sp, o	Hamra kroua et al., 2009
30- <i>Friesea mirabilis</i> (Tullberg, 1871)	+	Hamra kroua, 2005
31- <i>Friesea montchristi</i> (Dallai, 1969)	++	Ait-Mouloud et al., 2007
32- <i>Friesea oligorhopala</i> (Caroli, 1914)	++	Cassagnau, 1963

33- <i>Frieseacf.truncata</i> (Cassagnau, 1958)	x	Hamra kroua, 2005
34- <i>Frieseacf.steineri</i> (Simon, 1975)	++	Hamra kroua, 2005
b-Sous-famille: Neanurinae (Börner, 1901)		
35- <i>Bilobella braunerae</i> (Deharveng, 1983)	+	Hamra kroua, 2005
36- <i>Bilobella aurantiaca</i> (Caroli, 1912)	+	Handschin, 1926
37- <i>Deutonura zana</i> (Deharveng, Zoughailech,Hamra kroua & Porco, 2015)	n.sp, o	Deharveng <i>et al.</i> , 2015
38- <i>Deutonura adriani</i> (Deharveng, Ait mouloud, Bedos, 2015)	n.sp, o	Deharveng <i>et al.</i> , 2015
39- <i>Deutonura deficiens meridionalis</i> (Deharveng, 1979)	x	Hamra kroua, 2005
40- <i>Edoughnura rara</i> (Deharveng, Hamra kroua & Bedos, 2007)	n.sp, o	Deharveng <i>et al.</i> , 2007
41- <i>Endonura gladiolifer</i> (Cassagnau, 1954)	++	Murphy, 1958
42- <i>Neanura reticulata</i> (Axelson, 1905)	+	Handschin, 1928
43- <i>Protanura pseudomuscorum</i> (Börner,1903)	++	Denis, 1925
44- <i>Protanura monticelli</i> (Caroli, 1910)	++	Hamra kroua, 2005
45- <i>Sensillanura austriaca</i> (Gama, 1963)	+	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
c-Sous-famille: Pseudachorutinae (Börner, 1906)		
46- <i>Annurida maritima</i> (Guerin, 1836)	*	Handschin, 1928
47- <i>Anurida tullbergi</i> (Schött, 1891)	**	Handschin, 1928
48- <i>Cephalachorutes cf minimus</i> (Massoud, 1963)	++	Arbea <i>et al.</i> , 2013
49- <i>Micranurida candida</i> (Cassagnau, 1952)	+	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
50- <i>Micranurida pygmaea</i> (Borner, 190)	*	Hamra kroua, 2005
51- <i>Pratanurida boerneri</i> (Schött, 1902)	x	Hamra kroua, 2005
52- <i>Pseudachorutella assigillata</i> (Börner, 1901)	x	Hamra kroua, 2005
53- <i>Pseudochorudina bouguisi</i> (Delamare,1951)	++	Delamare-Deboutteville, 1954
54- <i>Pseudachorutes corticolis</i> (Schäeffler, 1896)	+	Murphy, 1958
55- <i>Pseudachorutes deficiens</i> (Zoughailech,Hamra kroua & Deharveng, 2016)	n.sp, o	Zoughailech <i>et al.</i> , 2016
56- <i>Pseudachorutes labiatus</i> (Zoughailech,Hamra kroua & Deharveng, 2016)	n.sp, o	Zoughailech <i>et al.</i> , 2016
57- <i>Pseudachorutes octosensillatus</i> (Zoughailech,Hamra-Kroua & Deharveng, 2016)	n.sp, o	Zoughailech <i>et al.</i> , 2016
58- <i>Pseudachorutes parvulus</i> (Börner, 1901)	**	Cassagnau, 1963
59- <i>Pseudachorutes subcrassus</i> (Tullberg, 1871)	*	Hamra kroua, 2005
3-Famille: Odontellidae (Massoud, 1967)		
60- <i>Axenyllodes bayeri</i> (Kseneman, 1935)	*	Hamra kroua, 2005
61- <i>Superodontella lamellifera</i> (Axelson, 1903)	**	Delamare-Deboutteville, 1954
62- <i>Superodontella tayaensis</i> (Arbea, Brahim-bounab&Hamra Kroua, 2013)	n.sp, o	Arbea <i>et al.</i> , 2013
63- <i>Superodontella vallvidrerensis subalpine</i> (Arbea, 1990)	x	Hamra kroua, 2005
64- <i>Superodontella vallvidrerensis vallvidrerensis</i> (Selga 1966)	x	Hamra kroua, 2005
65- <i>Xenyllodes armatus</i> (Axelson, 1903)	*	Hamra kroua, 2005
4-Famille: Brachystomellidae (Stach, 1949)		

66- <i>Brachystomella curvula</i> (Gisin, 1948)	x	Hamra kroua, 2005
67- <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1896)	*	Handschin, 1928
5-Famille: Onychiuridae (Lubbock, 1867)		
68- <i>Doutnacia xerophila</i> (Rusek, 1974)	*	Hamra kroua, 2005
69- <i>Deuteraphorura cebennaria</i> (Gisin, 1956)	+	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
70- <i>Onychiurus fimetarius</i> (sensu Denis, 1938)	+	Denis, 19 24
71- <i>Onychiurus imperfectus</i> (Denis, 1938)	+	Cassagnau, 1963
72- <i>Onychiurus obsiones</i> (Cassagnau, 1963)	n.sp,o	Cassagnau, 1963
73- <i>Onychiurus saccardyi</i> (Denis, 1935)	n.sp,o	Denis, 1935
74- <i>Protaphorura armata</i> (Tull.1869)	*	Denis, 1937
75- <i>Protaphorura delhezi</i> (Stomp, 1980)	n.sp,o	Stomp, 1980
76- <i>Protaphorura fimata</i> (Gisin, 1952)	**	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
77- <i>Protaphorura pannonica</i> (Haybach, 1960)	+	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
6-Famille: Tullbergiidae (Bagnall, 1935)		
78- <i>Metaphorura affinis</i> (Börner, 1902)	+	Murphy, 1958
79- <i>Mesaphorura critica</i> (Ellis, 1976)	+	Hamra kroua, 2005
80- <i>Mesaphorura italic</i> (Rusek, 1971)	+	Hamra kroua, 2005
81- <i>Mesaphorura macrochaeta</i> (Rusek, 1976)	+	Hamra kroua, 2005
82- <i>Mesaphorura pacifica</i> (Rusek, 1976)	*	Hamra kroua, 2005
83- <i>Mesaphorura bipartita</i> (Handschin, 1920)	+	Murphy, 1958
84- <i>Neotullbergia ramicuspis</i> (Gisin, 1953)	+	Cassagnau, 1963
85- <i>Stenaphorura quadrispina</i> (Börner, 1901)	+	Cassagnau, 1963
86- <i>Tullbergia krausbaueri</i> (Börner, 1901)	*	Delamare-Deboutteville, 1954
7-Famille: Poduridae (Latreille, 1804)		
87- <i>Podura aquatica</i> (Linné, 1758)	**	Handschin, 1928
II-Ordre: ENTOMOBRYOMORPHA		
8-Famille: Entomobryidae (Schäffer, 1896)		
88- <i>Entomobrya albocincta</i> (Templeton, 1835)	**	Hamra kroua, 2005
89- <i>Entomobrya atrocincta</i> (Schoett, 1896)	**	Ait-Mouloud <i>et al.</i> , 2007
90- <i>Entomobrya lanuginosa</i> (Nicolet, 1841)	x	Hamra kroua, 2005
91- <i>Entomobrya multifasciata</i> (Tull., 1867)	*	Handschin, 1928
92- <i>Entomobrya nicoleti</i> (Lubbock, 1867)	+	Denis, 1925
93- <i>Entomobrya numidica</i> (Baquero, Hamra-Kroua&Jordana, 2009)	n.sp,o	Baquero <i>et al.</i> , 2009
94- <i>Entomobrya quinquelineata</i> (Börner, 1901)	+	Handschin, 1926
95- <i>Mesentotoma dollfusi</i> (Denis, 1924)	+	Christiaansen, 1956

96- <i>Sinella coeca</i> (Scött, 1896)	*	Cassagnau, 1963
97- <i>Lepidocyrtus curvicollis</i> (Bourlet, 1839)	**	Handschin, 1926
98- <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> (Tullberg, 1871)	*	Handschin, 1928
99- <i>Lepidocyrtus fimetarius</i> (Gisin, 1964)	**	Hamra kroua, 2005
100- <i>Lepidocyrtus cf. flexicollis</i> (Gisin, 1965)	+	Hamra kroua, 2005
101- <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)	**	Handschin, 1928
102- <i>Lepidocyrtus lignorum</i> (Fabricius, 1793)	++	Ait-Mouloud <i>et al.</i> , 2007
103- <i>Lepidocyrtus ruber</i> (Schött, 1902)	+	Hamra kroua, 2005
104- <i>Lepidocyrtus tellecheae</i> (Arbea & Jordana, 1990)	x	Baquero <i>et al.</i> , 2009
105- <i>Pseudosinella alba</i> (Packard, 1873)	xx	Hamra kroua, 2005
106- <i>Pseudosinella albida</i> (Stach, 1930)	+	Hamra kroua, 2005
107- <i>Pseudosinella octopunctata</i> (Börner, 1901)	+	Hamra kroua, 2005
108- <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	+	Handschin, 1928
109- <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	**	Handschin, 1926
110- <i>Heteromurus peyerimhoffi</i> (Denis, 1937)	n.sp,o	Denis, 1937
111- <i>Heteromurus tetropthalmus</i> (Börner, 1903)	++	Stomp, 1974
112- <i>Orchesella cincta</i> (Lubbock, 1758)	**	Denis, 1925
113- <i>Orchesella delhezi</i> (Stomp, 1980)	n.sp,o	Stomp, 1980
114- <i>Orchesella luteola</i> (Lucas, 1846)	n.sp,o	Lucas, 1846
115- <i>Orchesella Mauritanica</i> (Lucas, 1846)	n.sp,o	Lucas, 1846
116- <i>Orchesella quinquefasciata</i> (Bourlet, 1841)	+	Hamra kroua, 2005
117- <i>Orchesella villosa</i> (Geoffroy, 1764)	+	Denis, 1925
118- <i>Seira algira</i> (Jacquemart, 1974)	n.sp,o	Jacquemart, 1974
119- <i>Seira debruyni</i> (Jacquemart, 1974)	n.sp,o	Jacquemart, 1974
120- <i>Seira dollfusi</i> (Carl, 1899)	+	Handschin, 1928
121- <i>Seira domestica</i> (Nicolet, 1841)	*	Denis, 1924
122- <i>Seira insalahi</i> (Jacquemart, 1974)	n.sp, o	Jacquemart, 1974
123- <i>Seira lesnei</i> (Denis, 1924)	n.sp,o	Denis, 1924
124- <i>Seira punica</i> (Jacquemart, 1974)	++	Baquero <i>et al.</i> , 2009
125- <i>Seira squamoornata f. incerta</i> (Handschin, 1925)	*	Handschin, 1926
126- <i>Seira squamoornata cf. incolorata</i> (Wahl, 1906)	*	Delamare-Deboutteville 1948
127- <i>Seira squamoornata obscuriventris</i> (Denis, 1924)	*	Denis, 1924
128- <i>Seira rosei</i> (Denis, 1925)	n.sp,o	Denis, 1925
123- <i>Seira vanderheydeni</i> (Jacquemart, 1974)	n.sp,o	Jacquemart, 1974
9-Famille: Isotomidae (Schäffer, 1896)		

130- <i>Archisotoma interstitialis</i> (Delm, 1953)	+	Delamare-Deboutteville, 1954
131- <i>Desoria olivacea</i> (Tullberg, 1871)	x	Hamra kroua, 2005
132- <i>Cryptopygus bipunctatus</i> (Axelson, 1903)	**	Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca, 2009
133- <i>Cryptopygus thermophilus</i> (Axelson, 1900)	xx	Hamra-Kroua & Cancela da Fonseca, 2009
134- <i>Folsomia candida</i> (Willem, 1902)	xx	Hamra kroua, 2005
135- <i>Folsomia fimetaria</i> (Linnaeus, 1758)	*	Hamra kroua, 2005
136- <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	*	Murphy, 19 58
137- <i>Folsomia penicula</i> (Bagnall, 1939)	**	Bendjaballah <i>et al.</i>, 2018
138- <i>Folsomia trisetata</i> (Jordana et Ardanaz, 1981)	+	Hamra kroua, 2005
139- <i>Folsomides angularis</i> (Axelson, 1905)	**	Bendjaballah <i>et al.</i>, 2018
140- <i>Folsomides parvus Folsom</i> (Mills, 1934)	+	Cassagnau, 1963
141- <i>Isotoma mauretanea</i> (Handschin, 1926)	n.sp,o	Handschin, 1926
142- <i>Isotoma nivalis</i> (Carl, 1910)	+	Murphy, 19 58
143- <i>Isotoma vaillanti</i> (Murphy, 1958)	n.sp,o	Murphy, 1958
144- <i>Isotoma violacea</i> (Tullberg, 1876)	**	Handschin, 1928
145- <i>Isotoma viridis</i> (Bourlet, 1839)	*	Handschin, 1928
146- <i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	*	Hamra kroua, 2005
147- <i>Isotomina bituberculata</i> (Wahlgren, 1906)	++	Handschin, 1926
148- <i>Isotomina thermophila</i> (Axels, 1900)	*	Cassagnau, 1963
149- <i>Isotominella geophila</i> (Jordana, Hamra-kroua & Baquero)	n.sp,o	Jordana <i>et al.</i>, 2009
150- <i>Isotomurus gr. balteatus</i> (Reuter, 1876)	*	Hamra kroua, 2005
151- <i>Isotomurus cf. fucicolus</i> (Reuter, 1891)	*	Hamra kroua, 2005
152- <i>Isotomurus cf. unifasciatus</i> (Börner, 1901)	*	Hamra kroua, 2005
153- <i>Isotomurus maculatus</i> (Schäffer, 1896)	*	Hamra kroua, 2005
154- <i>Isotomurus nicolae</i> (Stomp, 1983)	n.sp,o	Stomp, 1983
155- <i>Isotomurus palustris</i> (Müller, 1776)	*	Handschin, 1928
156- <i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	xx	Hamra kroua, 2005
157- <i>Proctostephanus sancti-augustini</i> (Cassagnau, 1963)	n.sp,o	Cassagnau, 1963
158- <i>Proisotoma minima</i> (Absolon, 1901)	**	Delamare-Deboutteville, 1954
159- <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	*	Cassagnau, 1963
160- <i>Proisotoma oeensis</i> (Caroli, 1914)	+	Delamare, 1953
161- <i>Proisotoma ripicola</i> (Linnaniemi, 1912)	+	Handschin, 1928
162- <i>Proisotoma schoetti</i> (D.Torre, 1895)	*	Handschin, 1928
163- <i>Pseudanurophorus isotoma</i> (Börner, 1903)	*	Cassagnau, 1963
164- <i>Subisotoma meridionalis</i> (Dallai, 1973)	++	Bendjaballah <i>et al.</i>, 2018

165- <i>Tetracanthella pilosa</i> (Schött, 1891)	x	Hamra kroua, 2005
10-Famille: Oncopoduridae (Carl et Lebedinsky, 1905)		
166- <i>Oncopodura crassicornis</i> (Shoebo, 1911)	+	Cassagnau, 1963
167- <i>Oncopodura delhezi</i> (Stomp, 1974)	n.sp,o	Stomp, 1974
11-Famille: Tomoceridae (Schäffer, 1896)		
168- <i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)	*	Handschin, 1926
169- <i>Tomocerus vulgaris</i> (Tullberg, 1871)	*	Baquero <i>et al.</i> , 2009
12-Famille: Cyphoderidae Börner, 1906		
170- <i>Cyphoderus albinus</i> (Nicolet, 1841)	*	Handschin, 1926
171- <i>Cyphoderus bidenticulatus</i> (Parona, 1883)	*	Cassagnau, 1963
172- <i>Cyphoderus marocanus</i> (Delamare, 1948)	++	Jacquemart, 1974
173- <i>Cyphoderus oraniensis</i> (Delamare, 1948)	n.sp,o	Delamare-Deboutteville, 1948
174- <i>Cyphoderus yugoslavicus</i> (Denis, 1933)	x	Hamra kroua, 2009
III-Ordre: SYMPHYPLEONA		
13-Famille: Sminthuridae (Börner, 1906)		
175- <i>Boernerides hystrix</i> (Börner, 1903)	+	Bretfeld, 2001
176- <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1843)	*	Handschin, 1928
177- <i>Sminthurides malmgreni</i> (Tullberg, 1876)	*	Handschin, 1928
178- <i>Sminthurides signatus</i> (Krausbauer, 1898)	-	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
179- <i>Sphaeridia foliate</i> (Bretfeld, 1997)	n.sp, o	Bretfeld, 1997
180- <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	*	Cassagnau, 1963
14-Famille: Dicyrtomidae (Börner, 1906)		
181- <i>Dicyrtoma alveola</i> (Lucas, 1846)	n.sp, o	Lucas, 1849
182- <i>Dicyrtoma cirtana</i> (Lucas, 1846)	n.sp, o	Lucas, 1849
183- <i>Dicyrtoma fusca</i> (Lucas, 1842)	+	Cassagnau, 1963
184- <i>Dicyrtoma oraniensis</i> (Lucas, 1846)	n.sp, o	Lucas, 1849
185- <i>Dicyrtomina minuta</i> (Fabr, 1783)	*	Handschin, 1926
186- <i>Dicyrtomina saundersi</i> (Lubbock, 1862)	+	Bretfeld, 2001
187- <i>Dicyrtomina ornata</i> (Nicolet, 1842)	+	Handschin, 1926
188- <i>Jordanathrix articulata</i> (Ellis, 1974) sensu (Bretfeld, 1999)	x	Bretfeld, 2001
189- <i>Ptenothrix blidana</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp, o	Bretfeld, 2001
190- <i>Ptenothrix italica</i> (Dallai, 1973)	++	Bendjaballah <i>etal.</i> , 2018
15-Famille: Arrhopalitidae (Richards, 1968)		
191- <i>Arrhopalites cf. infrasecundarius</i> (Loksa & Rubio, 1966)	+	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
192- <i>Arrhopalites subbifidus</i> (Travé, Gadea & Delamare, 1954)	+	Hamra kroua, 2005

16-Familie: Katiannidae (Börner, 1913)		
193- <i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock,1862)	**	Bretfeld, 2001
194- <i>Sminthurinus elegans</i> (fitch,1862)	**	Bretfeld, 2001
195- <i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1867)	*	Handschin, 1928
196- <i>Sminthurinus reticulates</i> (Cassagnau,1964)	+	Bretfeld, 2001
197- <i>Sminthurinus signatus</i> (Krausbauer, 1898)	+	Bendjaballah <i>et al.</i> , 2018
198- <i>Stenognathellus denisi</i> (Cassagnau, 1953)	x	Baquero <i>et al.</i> , 2009
17-Familie: Sminthuridae (Lubbock, 1862)		
199- <i>Allacma fusca</i> (Linné. 1758)	**	Handschin, 1928
200- <i>Allacma gallica</i> (Carl, 1899)	x	Bretfeld, 2001
201- <i>Capraïnea echinata</i> (Stach,1930)	++	Cassagnau, 1963
202- <i>Paralipothrix natalicia</i> (Ellis, 1974)	+	Bretfeld, 2001
203- <i>Sminturus bispanicus</i> (Nayrolles,1995)	x	Bretfeld, 2001
204- <i>Sminturus leucomelanus</i> (Nayrolles,1995)	x	Bretfeld, 2001
205- <i>Sminthurus lesnei</i> (Carl, 1925)	++	Denis, 1925
206- <i>Sminthurus punctatus</i> (Lucas, 1846)	n.sp,o	Lucas, 1846
207- <i>Sminthurus viridis</i> (Linné,1758)	*	Handschin, 1926
208- <i>Spatulosminturus gattoi</i> (Stach,1967)	+	Bretfeld, 2001
209- <i>Sphyrotheca bernardi</i> (Delamare, 1953)	n.sp,o	Delamare-Deboutteville, 1954
210- <i>Sphyrotheca lubbocki</i> (Tullberg, 1872)	+	Handschin, 1926
18-Familie: Bourletiellidae (Börner, 1912)		
211- <i>Bourletiella arvalis</i> (Fitch,1863)	**	Bretfeld, 2001
212- <i>Bourletiella cf. coeruleovernalis</i> (Nayrolles, 1955)	+	Bretfeld, 2001
213- <i>Bourletiella (Cassagnaudiella)lanceolata</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp, o	Bretfeld, 2001
214- <i>Deuterosminthurus pallipes</i> (Bourlet,1843)	**	Bretfeld, 2001
215- <i>Deuterosminthurus pleuracanthus</i> (Nayrolles,1996)	x	Bretfeld, 2001
216- <i>Deuterosminthurus sulphureus mediterraneus</i> (Ellis,1974)	x	Bretfeld, 2001
217- <i>Fasciosminthurus dictyostigmatus</i> (Nayrolles,1993)	+	Bretfeld, 2001
218- <i>Fasciosminthurus lacazei</i> (Denis,1925)	+	Bretfeld, 2001
219- <i>Fasciosminthurus lacunifer</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp, oo	Bretfeld, 2001
220- <i>Fasciosminthurus mascaraeus</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp,oo	Bretfeld, 2001
221- <i>Fasciosminthurus mertensis</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp, oo	Bretfeld, 2001
222- <i>Fasciosminthurus nairicus</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp,oo	Bretfeld, 2001
223- <i>Fasciosminthurus niger</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp,oo	Bretfeld, 2001

224- <i>Fasciosminthurus perforates</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp,oo	Bretfeld, 2001
225- <i>Fasciosminthurus tarianus</i> (Bretfeld, 2001)	n.sp,oo	Bretfeld, 2001
226- <i>Fasciosminthurus virgulatus</i> (Skorikow,1899)	x	Bretfeld, 2001
227- <i>Heterosminthurus cf.insignis</i> (Reuter,1867)	+	Bretfeld, 2001
IV-Ordre: NEELIPLEONA		
19-Famille: Neelidae (Folsom, 1896)		
228- <i>Megalothorax minimus</i> (Willem, 1900)	*	Hamra kroua, 2005
229- <i>Megalothorax perspicillum</i> (Schneider et D'Haese, 2013)	+	Bendjaballah et al., 2018
230- <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	*	Hamra kroua, 2005

Symboles de répartition biogéographique:

(*): Espèce à large répartition ; (**) : Espèce holarctique ; (+) : Espèce européenne ; (++) : Espèce méditerranéenne ; (°) : Espèce endémiques d'Algérie ; (x) : Espèce euro-méditerranéenne ; (xx) : Cosmopolite ; (oo) : African tropical, African Indian Desert ; (-) : Région paléartique ; (- -) : Médit, Amérique du Nord.

Annexe 2.Températures moyennes, maximales et minimales interannuelles en (°C)

Wilaya	Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	T° moy
Jijel	Moy	12,69	12,87	14,17	15,87	18,97	22,48	25,35	26,62	24,12	21,04	16,76	14,08	15.2
	Max	16.2	16.3	18.2	20.1	23.3	27.4	30.2	31.1	28.5	25.5	20.5	15.7	22.9
	Min	6.7	6.6	8.3	9.8	13.1	16.5	19.9	20.3	18.7	15.2	10.9	8.1	12.8
Skikda	Moy	12.26	12.49	14.16	16.15	18.94	22.44	25.20	26.06	23.75	20.90	16.62	13.86	18.58
	Max	16.62	16.76	18.41	21.57	24.07	26.83	27.34	29.36	26.74	25.06	20.62	16.58	22.49
	Min	8.91	9.50	11.11	12.1	16.68	19.32	21.72	22.11	20.09	17.10	12.74	10.07	15.12
Constantine	Moy	6,6	7,7	9,9	12,3	17	22,2	25,3	25,6	21,3	16,8	11,2	7,8	15.33
	Max	11,98	13,26	16,15	19,06	24,83	30,44	34,24	34,29	29,15	24,06	17,04	12,98	22.30
	Min	2,49	2,77	4,82	6,93	11,08	15,24	18,25	18,73	15,76	11,70	6,87	3,87	9.87
Guelma	Moy	9,6	10,1	12,3	14,3	18,9	23,5	26,7	27,6	23,9	19,9	14,3	10,9	17.66
	Max	16,3	17,7	20,3	25,0	29,4	34,1	36,3	34,2	29,2	24,3	18,8	16,2	25.15
	Min	4,6	5,3	7,0	10,3	13,6	16,8	19,1	18,5	15,5	11,7	7,9	5,3	11.3
OEB	Moy	6,41	7,24	9,61	12,57	17,77	22,61	25,76	25,61	22,00	17,04	11,1	7,42	15,42
	Max	11.5	12.67	16.5	19.7	25.1	30.8	34.9	34.2	28.4	23.6	16.7	14.2	21.21
	Min	1.3	1.6	3.8	6.3	10.7	15.1	17.8	17.9	14.7	10.7	5.5	2.7	9.00

Annexe 3. Liste des stations d'étude avec quelques points d'échantillonnages

Wilaya	ASM(m)	station	ASE(m)	Coordonnée X	Coordonnée Y
Skikda	7	Filfila	197	36°53'1.57"N	7° 08'4.89"E
Jijel	2	Béni-Blaid	25	36°51'13.57"N	6°08'36.30"E
	2	El-Ancer	33	36°47' 25.13"N	6°06' 16.29"E
			45	36°46' 57.06"N	6°12' 42.57"E
	2	Bouraoui Belhadef	500	36°42'45.99"N	6°07'34.27"E
			310	36°45'36.35"N	6°08'37.97"E
	2	Djmaa beni habibi	430	36°47'51.43"N	6° 05'48.52"E
	2	Ouled Asker	955	36°38' 27.19"N	6°05' 20.11"E
	2	Djimla	1010	36°34'12.67"N	5°54'12.70"E
	2	Texenna	595	36°38' 56.29"N	5°46' 15.67"E
2	Erraguen	735	36°57' 50,87"N	6°55' 87,35"E	
Mila	Jijel	Tassaadan hdada	960	36°30'02.18"N	5°48'58.55"E
	Constantine	Grarem	920	36°33'55.12"N	6°26'24.34"E
Constantine	694	Ibn Ziad	820	36°21'18.851"N	6°27'45.78"E
	694	Hamma Bouziane	645	36°25' 15.14"N	6°35' 34.56"E
Guelma	260	Roknia	240	36°54'81.55"N	7°13.74.55"E
	260	Taya Bouhamdane	1026	36°30'26.60"N	7°11.34.71"E
	260	Maouna	960	36°39'63.21"N	7°38'35.62"E
Oum El Bouaghi	889	Ain-Beida	1080	35°77'18.64"N	7° 55'84.22"E

Année universitaire : 2022/2023	Présentée par LACHI Noureddine
<p style="text-align: center;">Intitulée Biodiversité des Collemboles (Arthropoda; Hexapoda) de divers habitats naturels du Constantinois</p>	
Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat	
<p>RESUME</p> <p>Dans le but de mieux connaître la biodiversité des collemboles d'Algérie, des centaines d'échantillons ont été prélevés dans différents milieux forestiers, cavernicoles et aux alentours des grottes dans différents étages bioclimatiques au cours des années 2018-2020.</p> <p>85 espèces et morpho-espèces ont été rencontrées dans les échantillons forestiers, appartenant à 15 familles et 53 genres, dont le massif montagneux de Jijel présente une biodiversité exceptionnelle en espèces endémiques, rares et d'intérêt biogéographique.</p> <p>Parmi ces espèces, 05 sont probablement nouvelles pour la science, <i>Edoughnura sp.</i>, deuxième espèce du genre <i>Edoughnura</i> endémique du massif de l'Edough, <i>Deutonura sp.</i>, proche de <i>Deutonura zana</i> endémique de l'Edough et Collo, <i>Protanura sp.</i>, endémique de massif de Jijel, <i>Tetracanthella sp.</i>, a été trouvée exclusivement dans la mousse et <i>Heteromurus sp.</i>, a été collectée dans plusieurs stations forestières de Jijel. 04 espèces nouvelles pour l'Algérie et l'Afrique de Nord figurent dans la liste : <i>Microgastrura duodecimoculata</i>, <i>Proctostephanus cf. cidi</i>, <i>Entomobrya marginata</i> et <i>Isotomurus sp2</i>.</p> <p>02 autres espèces remarquables par leur statut biogéographique sont présentes dans les localités prospectées : <i>Sensillanura austriaca</i> endémique des Alpes du nord et massif de Collo et <i>Kenyura sp.</i>, nouvelle espèce pour la science, appartient au genre <i>Kenyura</i>, dont toutes les espèces connues à ce jour sont endémiques de la zone tropicale Afro-Américaine.</p> <p>Les résultats statistiques obtenus à partir des prélèvements dans la forêt de Bouraoui Belhadef, révèlent la présence d'une grande richesse spécifique d'intérêt taxonomique dans les échantillons de bois mort, de litière et de mousse que les échantillons de sol.</p> <p>06 espèces cavernicoles non encore identifiées au niveau spécifique, ont été récoltées lors de la prospection de 04 grottes de Nord-est Algérien. 03 espèces nouvelles pour la science appartiennent au même genre <i>Orchesella</i> et une autre espèce probablement nouvelle pour la science de genre <i>Entomobrya</i>, ont été collecté dans les alentours des grottes.</p> <p>Plusieurs espèces intéressantes sont en cours d'identification et de description, ce qui nous permet de s'attendre à des nouvelles découvertes.</p>	
Mots clés : Biodiversité, Collemboles, Forêts, Grottes, Jijel, Nord-est Algérien	
Laboratoire de recherche : Biosystématique et Ecologie des Arthropodes	