



Université Constantine 1
Faculté des Science de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale



Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie Animale
Spécialité :
Biologie, Evolution et contrôle des populations d'insectes

Intitulé :

Les Collemboles (*Hexapoda, Arthropoda*)

Répertoire mondial et national des espèces connues

Présentée et soutenu par : DERRADJ LOTFI

le : 06/07/2014

Jury d'évaluation :

Président du jury :	M. HARRAT A.	Professeur, Université de Constantine 1
Rapporteur	:M. HAMRA-KROUA S.	Professeur, Université de Constantine 1
Examinatrice	:M^{lle} BENKENANA N.	M.C, Université de Constantine 1

Année universitaire
2013/2014

Remerciements

Je remercie avant tous le bon Dieu pour m'avoir donné la patience et le courage de surmonter toutes difficultés à accomplir mon travail.

Je remercie aussi ma mère et mon père, je vous dis « je vous aime beaucoup, vous êtes la lumière de mes yeux », toutes mes frères et sœurs : Riad , Chafik,Widad, Hanan, Soufiane, Walid.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à mon encadreur Mr le Professeur HAMRA-KROUA Salah pour sa modestie et sa constante disponibilité.

Je remercie aussi, toutes mes amis de mon promos, mes amis de la résidence : idriss, fantazi, naser, seminov, nadir, hasni, ibrahim, faycel, jacob, hayder, omar, joke,sohib, ahmed, majdi, hamid,walid,belota,haytem,haron,sif,mostapha, atef , manis pardon aux que j'ai oubliée.....merci pour votre amitié et je demande le pardon si j'ai touché quelqu'un.

J'ai l'honneur d'adresser mes vifs remerciements à tous les membres de jury : le président Mr Pr HARRAT Aboud et Mlle MA BENKENANA pour accepter de juger cette modeste travail.

 Lotfi



Dédicace

*À la mémoire de mon frère **ISSAM***

que Dieu l'accorde sa sainte miséricorde

et l'accueille dans son vaste paradis



Checklist of the Collembola of World and Algeria

Summary :

In the world, Springtails (class:Collembola) is divided into four order, represented by 15 superfamily, 34 family, 25 sousfamiliy, 838 genera and 8509 species. With the dominate of *Entomobryomorpha* in the number of species and also is it the most divesre order following by *Poduromorpha* then *Symphyleona*. Among in this tree order *Neanuridae*, *Entomobryomorpha* and *Arrhopalitidae* are the most diversity families, contrary *Neelipleona* is the less diversity order.

Algerian fauna of Collembolla is composed by 183 species, 84 genera, 4 sousfamily, 17 family, 11superfamily belonging to the four orders of known Collembola.

The characters of this fauna are the diversity of *Poduromorpha* and *Entomobryomorpha* with two families *Cyphoderidae* and *Neanuridae*, specialy with The most unexpected diversity of the *Friesea* genera (*Neanuridae*) (10 species).

Key words.- Collembola, checklist , diversity, *Neanuridae*, *Friesea*

الجرد العالمي و الوطني لأنواع الكولمبولات المعروفة

الملخص

تقسم حيوانات الكولومبولات الي اربعة رتب. علي المستوي العالمي تم جرد 8509 نوع موزع علي 838 جنس و 25 تحت عائلة و 34 عائلة و 15 فوق عائلة. تهيمن رتبة *Entomobryomorpha* علي مستوي عدد الانواع. ايضا تعتبر هاته الرتبة الاكثر تنوعا. متبوعة برتبة *Poduomorpha* ثم *Symphleona* اما اضعف عدد للنوع موجود علي مستوى رتبة,

Neelipleona اما علي مستوى العائلات نجد ان *Neanuridae, Entomobryidae, Arrhopalitidae* هي الاكثر تنوعا.

علي المستوي الوطني تم التعرف علي 183 نوع موزع علي 84 جنس و 4 تحت عائلة, 11 فوق عائلة. 17 عائلة. من حيث التنوع و عدد الانواع تهيمن رتبتي *Poduomorpha, Entomobryomorpha*

و علي التوالي تهيمن عائلتي *Neanuridae, Cyphoderidae* هته الاخيرة تتميز بالتنوع الكبير لجنس *Friesea* (10 انواع)

الكلمات المفاتيح:

التنوع , جرد , كولومبولات , *Neanuridae, Friesea*

Listes des figures

- Figure 1** Arbre phylogénétique des Collemboles P 05
- Figure 2** Habitus de *Dicranocentrus chimborazoensis* (Entomobryidae) P08
- Figure 3** Spermatophore, accrochage des antennes chez, tête de et œuf P11
- Figure 4** Système nerveux *Sminthrus signatus*(=*Allacma fusca*) P16
- Figure 5** : Appareil de Berlèse –Tullgren pour l'extraction des Collemboles par la méthode de " voie sèche P 22
- Figure 6** Répartition, en pourcentage, des super familles par ordre de Collemboles P27
- Figure 7** Répartition, en pourcentage, des familles par ordre de Collemboles P28
- Figure 8** Répartition, en pourcentage, des sous-familles par ordre de Collemboles P28
- Figure 9** Répartition, en pourcentage, des genres par ordre de Collemboles P29
- Figure 10** Répartition, en pourcentage, des espèces par ordre de Collemboles P29
- Figure 11** Fréquences absolues des super-, sous-, familles, genres et espèces de l'ordre PODUROMORPHA P30
- Figure 12** Fréquences absolues du ratio des sous familles des *Neanuridae* P31
- Figure 13** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Onychiuroidea* P32
- Figure 14** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des sous familles des *Onychiuridae* P33
- Figure 15** Fréquences absolues des super-, sous-, familles, genres et espèces ENTOMOBRYOMORPHA P34
- Figure 16** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Tomoceroidea* P35
- Figure 17** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Isotomoidea* P35
- Figure 18** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Isotomidae* P36
- Figure 19** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des Entomobryoidea P37
- Figure 20** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des Entomobryoidae P 38
- Figure 21** Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des Neelidae P39
- Figure 22** Répartition, en pourcentage, d'espèces par genre des *Nellidae* P40

Figure 23 Fréquences absolues des super-, familles, sous-familles, genres et espèces des *SYMPYPLEONA* P41

Figure 24 Fréquences absolues des super-, sous-, familles, genres et espèces des *Sminthuridoidea* P42

Figure 25 Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des familles *Katiannoidea* P42

Figure 26 Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Sminthuroidea* P43

Figure 27 Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des sous familles des *Sminthuridae* P 44

Figure 28 Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des sous familles des *Dicyrtomidae* P45

Liste des tableaux

Tableau 1	Ré pertoire mondial des Collemboles connus	P 25
Tableau 2	Nombre de super familles, familles, genres et espèces des Collemboles	P 26
Tableau 3	Nombre d'espèces par genre des <i>Nellidae</i>	P39
Tableau 4	Liste mondiale d'espèces NEELIPLEONA connu	P40
Tableau 5	Évolution du nombre d'espèces de Collemboles en Algérie	P51

Sommaire

Introduction	01
CHAPITRE I : DONÉES BIBLIOGRAPHIQUE GÉNÉRALES	
I.- Paléontologie.....	03
1- Les Collemboles, des Hexapodes vieux de 400 millions d'années.....	03
2- Position phylogénétique.....	04
3-Classification actuelle des Collemboles.....	05
4- Morphologie	07
4.1-Morphologie générale.....	07
4.1-la tête.....	07
4.2-Le thorax.....	08
4.3-L'abdomen.	08
4.2-Anatomie.....	09
4.2.1-Système tégumentaire.....	10
4.2.2-Système nerveux.....	10
4.2.3-Système digestif.....	11
4.2.4-Système respiratoire.....	13
4.2.5-Système circulatoire	13
4.2.6-.Système reproducteur.....	14
4.2.7-Système musculaire.....	14
4.2.8-Système endocrinien.....	14
4.2.9-Système excréteur.....	15
5 -Reproduction et développement.....	15

5.1- Reproduction	15
5.2- Œufs, développement embryonnaire.....	15
5.3- Développement postembryonnaire.....	16
5. 4- Cycle de vie.....	17
5.- Cycle d'intermue des adultes.....	17
6- Ecologie des Collemboles.....	17
6.1- Rôles des Collemboles dans les écosystèmes terrestres.....	17
6. 2- Habitats et formes de vie.....	18
6.3- « Rassemblements » des Collemboles.....	19
6.4- Influence des facteurs du milieu sur la vie des Collemboles.....	19
6.5- Nourriture des Collemboles.....	20
6.6- Prédateurs et parasites des Collemboles.....	20
6.7- Densité de population, biomasse et distribution.....	20
6.8- Les Collemboles comme nuisibles.....	20
CHAPITRE II: METHODES ET TECHNIQUES D'ETUDE DES COLLEMBOLS	
2.1-Extraction des Collemboles.....	21
2.2- Principe de la technique	21
2.3- L'extraction des Collemboles	21
2.4- Tri, dénombrement des Collemboles.....	23
2.4.1-Tri et dénombrement.....	23
2.4.2- Identification des Collemboles.....	23
CHAPITRE III : RESULTATS	
1-Inventaire mondial des collemboles.....	25

2- La répartition des superfamilles par ordre de Collemboles	26
3 -La répartition des familles par ordre de Collemboles.....	27
4 -La répartition des sous familles par ordre de Collemboles	28
5. -La répartition des genres par ordre de Collemboles	29
6-La répartition des espèces par ordre de Collemboles	29
7- Super-, sous- et familles, genres et espèces de Collemboles décrites par ordre.....	30
1.- Ordre PODUROMORPHA.....	30
1.1 - Super-famille Neanuroidea	30
1.1.1- Famille Neanuridae	30
1.1.2- Famille Brachystomellidae	31
1.2- Superfamille Poduroidea	31
1.3- Superfamille Hypogastruroidea	31
1.4- Superfamille Gulgastruroidea	32
1.5- Superfamille Onychiuridae	32
1.5.1- Famille Onychiuridae	33
2- Ordre ENTOMOBRYOMORPHA	34
2.1- Superfamille Tomoceroidea.....	34
2.2- Superfamille Isotomoidea	35
2.2.1- Famille Isotomidae.....	36
2.3-Superfamille Entomobryoidea	37
2.3.1- Famille Entomobryoidae.....	38
2.4- Superfamille Coenaletioidea.....	39
3- Ordre NEELIPLEONA	39
3.1- La répartition des espèces NEELIPLEONA par genre.....	41
4 - Ordre SYMPHYPLEONA	42
4.1.- Superfamille Sminthuridoidea	42

4.2.- Superfamille Katiannoidea	43
4.3.- Superfamille Sturmioidea.....	44
4.4.- Superfamille Sminthuroidea	44
4.4.1.- Famille Sminthuridae	45
4.4.- Superfamille Dicyrtomoidea	46
2- Données actuelles sur les Collemboles d'Algérie	48
IV DISCUSSION ET CONCLUSION.....	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	56

Sommaire

CHAPITE I

Donées

bibliographiques

générales

CHAPITRE II

Méthodes et techniques d'étude des Collemboles

CHAPITRE III

Résultats

Références bibliographiques

CHAPITRE IV

Discussion et conclusion

Introduction

INTRODUCTION

Les Collemboles sont les plus anciens Hexapodes primitivement aptères connus, ils remontent au Dévonien (moins de 400 millions d'années). Sur le plan systématique, les Collemboles, ont depuis longtemps préoccupé les systématiciens. En effet, du rang d'ordre qu'ils occupaient parmi les insectes Aptérygotes, ils passent à celui de sous-classe jusqu'à la fin de la deuxième moitié du siècle dernier. De nos jours et avec l'avènement de la systématique cladistique qui se réfère à l'évolution des caractères spécialisés, partagés et hérités de l'ancêtre commun, la nouvelle vague de systématiciens érige les Collemboles au rang de **classe** à l'intérieur des Hexapodes. Ce nouveau statut donné aux Collemboles est le résultat de très nombreux travaux de Phylogénie. Sur la base de critères morphologiques et moléculaires on isole les Collemboles à l'intérieur des Hexapodes non pas par l'absence d'ailes mais surtout par la présence d'appendices sur les segments abdominaux (furca, tube ventral, tenaculum et rétinacle) qui distinguent les Collemboles des autres Hexapodes. On les maintient parmi les Arthropodes primitifs par la structure du tube digestif et de la gonade, la persistance de l'appareil excréteur cœlomique céphalique et abdominal. L'absence des tubes de Malpighi et la présence de deux subcoxas sur les pattes.

Depuis la description du premier Collembole (De Geer, 1743), leurs nombres atteignent en 2014 plus de 8000 d'espèces décrites dans le monde.

De ce fait nous avons divisé le présent travail en quatre chapitres. Le premier rassemble des données bibliographiques sur les Collemboles. Puis méthodes et les techniques pour l'étude des Collemboles sont au sien du deuxième chapitre,

Les résultats sont rassemblés dans le troisième chapitre où on donne d'une part le nombre d'espèces de chaque ordre, superfamille, famille, genre des Collemboles, et aussi calculer le ratio (nombre d'espèces divisé sur le nombre de genre), Qui va nous permet de faire la comparaison de la diversité entre les différents ordres, superfamilles, familles, genres des Collemboles.

D'une autre part, et en ce qui concerne les Collemboles d'Algérie, plusieurs travaux ont été réalisés. Citons entre autres ; Lucas, (1846 et 1849), Absolon (1913), Denis (1922-1925-1935-1937), Handschin (1925,1926 et 1928), Cassagnau (1963), Stomp (1974),

Thibaud et Massoud, (1980) et Hamra-Kroua (2005), Ait mouloud (2006). On se basant sur ces travaux, le deuxième volet de notre travail est l'inventaire de la faune collembologique du Nord –est algérien. tandis que les discussions se retrouvent dans le quatrième chapitre. Ce travail termine par une conclusion et des perspectives.

I.- Paléontologie**1- Les Collemboles, des Hexapodes vieux de 400 millions d'années, cousins des Insectes**

Les Collemboles sont des Arthropodes formant une classe au sein de la super-classe des Hexapodes. Ils sont, après les Acariens, les Arthropodes les plus nombreux, en espèces et en individus, dans le sol, la végétation, les grottes, le littoral sableux et la canopée. Cependant, leur petite taille les rend difficile à observer par un non-spécialiste et, pour cette raison, ils sont encore très méconnus du grand public. En 1743, De Geer fait la première description "scientifique" d'une espèce de Collembole, le Symphypléone *Smynturus fuscus*. En 1873, Lubbock leur donna le nom scientifique de Collembola à cause de la présence d'un tube ventral ou collophore, du grec colle (colle) et embolon (piston). Il en publie la première monographie en mentionnant 130 espèces, toutes très bien illustrées. C'est le début de la « Collembologie » vraiment scientifique. Depuis cette date, mais surtout depuis 1950 jusqu'à maintenant, plus de 8 000 espèces ont été décrites dans le monde. Il doit en rester, au moins, cinq fois plus à découvrir.

Les Collemboles constituent le groupe le plus ancien des Hexapodes. En effet, le Collembole fossile *Rhyniella praecursor* découvert en Ecosse est daté du Dévonien moyen, soit près de – 400 millions d'années. Ce fossile fut rapproché des Neanuridae actuels. Selon de nouvelles études, il serait permis de dire qu'au Dévonien il y avait déjà, au moins, deux grandes lignées de Collemboles : des Neanuriens et des Isotomides, proches des actuelles. L'explosion évolutive des Collemboles a donc dû se produire assez tôt, pour se ralentir plus ou moins ensuite.

Handlirsch (1908) considère la classe *Collembola* comme un groupe plus ou moins récent des insectes avec une spécialisation extrême. Il les considère comme des formes avec un développement rétrograde atteint pendant les stades larvaires (cité à partir de Handschin, 1955). Basé sur la découverte du collembole fossile du Dévonien (moins 400 millions années). Le *Rhyniella praecursor*, et la grande ressemblance qu'il montre avec les espèces actuelles des Collemboles, Tillyard (1928) conclue que les Collemboles sont des Arthropodes primitives et archaïques (cité à partir de Handschin, 1955). Gullan & Cranston (1994)

considère la classe *Collembola* comme le groupe sœur de la classe *Insecta + Diplura*, groupée avec la classe *Protura* dans la superclasse *Hexapoda*.

Janssens & Lawrence (2002-2012) propose que les Collemboles soient des crustacées terrestres hautement spécifiés, qui ont atteint leurs points évolutives dans le Dévonien, quand ils dominent la plupart des habitats terrestres. La compétition terrestres entre les Collemboles et plus tard les Insectes peut-être déclenche l'apparition des ailes chez les insectes pour deviennent 'les maitres des cieux' dans le Carbonifères. La phylogénese, avec l'application du principe d'évidence totale, en utilisant des caractères moléculaires et morphologiques, supporte la monophylie de *Pancrustacea* (= *Crustacea & Hexapoda*) (Giribet, Edgecombe & Wheeler, 2001).

La phylogénie moléculaire des Arthropodes fournis un support pour la monophylie des clades ; *Hexapoda/Branchiopoda* (Regier & Shultz, 1997:902,911). Basé sur l'analyse mitochondrial, Lavrov et al. (2004) trouve le clade (*Insecta, (Branchiopoda, Malacostraca)*) et le clade (*Collembola, Maxillopoda*), quelles est confirmé par Cook et al. (2005)(Cook, & Akam, 2005).

L'analyse physiologique montre que les Collemboles ont été évoluent directement à partir des ancêtres marins, hémolympatique avec une pression osmotique élevées et principalement composé des sels inorganiques (Little, 1983, 1990 cité à partir de D'Haese, 2003). Donc, les crustacées primitives peut être étaient adaptées à partir des habitats marins dans le Cambrien vers des habitats terrestres dans le Dévonien. Possiblement, les Collemboles sont dérivés à partir d'un maxillipède marin benthique qui explore des potentialités pour les habitats terrestres.

2- Position phylogénétique

L'ancien groupe des Insectes sans aile, ou Aptérygotes, était basé sur un caractère primitif partagé, l'absence d'aile. Récemment, on a considéré que les Hexapodes se divisaient en deux grands groupes, groupes alors basés sur la position des pièces buccales, (**Fig. 1**) :

- les Insectes, au sens strict, ou Ectognathes, caractérisés par des pièces buccales extérieures à la tête : les Ptérygotes et les anciens Thysanoures ;
- les Entognathes, caractérisés par la position de leurs pièces buccales, situées dans une cavité à l'intérieur de la tête : les Diploures, les Protoures et les Collemboles.

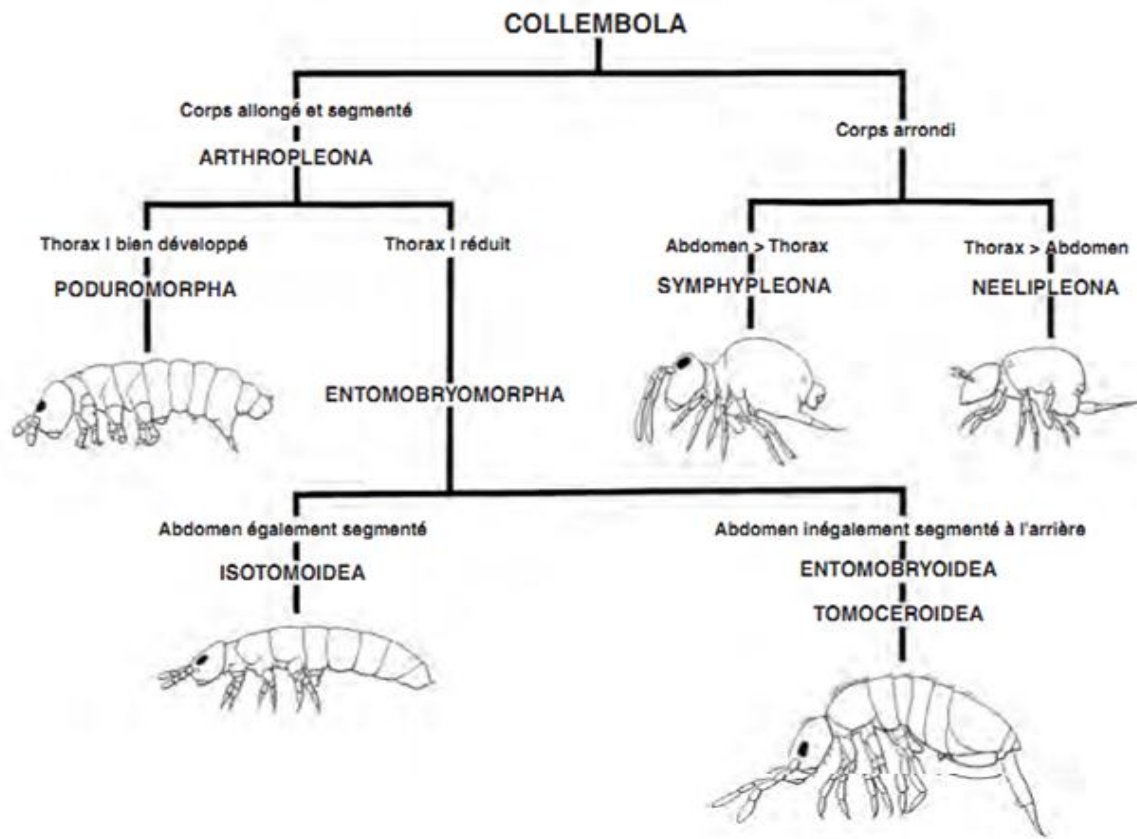


Fig. 1: Arbre phylogénétique des Collemboles (d'après Thibaud, 2010)

3-Classification actuelle des Collemboles

Les travaux de taxonomie des collemboles les plus récents, (Bretfeld 1994 et 1999), D'Haese (2003), et Deharveng (2004) in Hamra-Kroua, 2005, ne considèrent plus les Collemboles comme faisant partie de la classe des Insectes. Ils sont séparés de ces derniers et élevés au rang de classe des *Collembola*. Cette dernière, comme les *Protura* et les *Diploura*, font partie de la super-classe des *Hexapoda*.

Cette nouvelle classification est basée sur de nouveaux outils tels :

- **la Chaetotaxie antennaire** : c'est un caractère distinctif puissant chez divers groupe, et se base essentiellement sur l'arrangement des soies « s » (soies sensorielles) dénommées ainsi par Deharveng et Lek,(1993).
- **la Chaetotaxie tibiotarsale** : elle présente tous les attributs d'un bon caractère taxonomique pouvant être utilisé, en raison même de sa diversification du niveau de l'espèce à celui de l'ordre ;de son polymorphisme intra spécifique nul ou très limité (Deharveng ,2004) cité par Hamra-Kroua (2005).
- **les Pièces buccales (labre et labium)** : beaucoup de problèmes ont été résolus par l'utilisation de la morphologie des pièces buccales, comme chez les *Brachystomellidae* qui ont été longtemps séparés des *Neanuridae* par l'absence des mandibules (Jordana et al,1997) cité par Hamra-Kroua(2005).

La systématique moderne ne considère plus les Collemboles comme étant des insectes mais un groupe taxonomique élevé au rang de classe *Collembola* appartenant à la superclasse des *Héxapoda*. Cette classification est basée sur les données apportées par la systématique cladistique qui se réfère à l'évolution des caractères spécialisés, partagés et hérités de l'ancêtre commun dont (Moen & Ellis, 1984), (Hopkin, 1997) et (Betsch, Massoud et Najt, 1990). Recemment en se basant sur les travaux de taxonomie, de phylogénèse, Bretfeld (1994,1999), D'Haese (2002). Deharveng (2004), sur la base de nouveaux caractères taxonomiques, donne la dernière classification que nous reproduisons ci-dessous :

Super-règne: *Eucarya* Woese, Kandler & Wheelis, 1990

Règne : *Animalia* Linnæus, 1758

Sous-règne: *Eumetazoa* Butschli, 1910

Super-phylum: *Ecdysozoa* Aguinaldo AMA, Turbeville JM, Lindford LS, Rivera

Phylum: *Arthropoda* Latreille, 1829

Sous- phylum: *Pancrustacea* Zrzavy & Stys, 1997

Super-classe : *Hexapoda* Blainville, 1816

Classe : *Collembola* Lubbock, 1870

4- Morphologie

Les Collemboles sont donc des Hexapodes Entognathes aptères, de petite taille. Cette taille est le plus souvent comprise entre 1 et 3 mm. Ils sont constitués d'une tête et de neuf segments postcéphaliques : trois thoraciques et six abdominaux. La tête porte une paire d'antennes de quatre articles chacune, parfois subsegmentés. Elles sont ornementées de soies et de sensilles, récepteurs sensoriels. Le troisième article porte un organe sensoriel, typique des Collemboles, l'organe antennaire III. Leurs pièces buccales sont le plus souvent de type broyeur. Seuls des Poduromorphes Odontellidae, Brachystomellidae et Neanuridae possèdent des pièces buccales de type suceur-piqueur. La tête porte classiquement huit cornéules de chaque côté. Ce nombre est souvent réduit, parfois nul, chez des espèces du sol ou des grottes. Entre la base antennaire et l'aire oculaire, se trouve l'organe postantennaire de forme variable selon les groupes ; il aurait un rôle sensoriel olfactif.

4.1-Morphologie générale

Le corps des Collemboles compris principalement trois tagmes, une capsule céphalique, un thorax avec trois segment, et un abdomen avec cinq segment et un orifice anal. Les segments thoraciques et abdominaux peuvent être indistingués et peuvent donner au corps une apparence plus globulaire. (Fig.2)

4.1.1-la tête

La tête porte deux antennes, deux organes postantennaire facultatifs, deux yeux composés facultatifs, et les pièces buccales. Les antennes consiste principalement de quatre articles, les articulations antennaires peuvent être segmentées ou annelées. Chaque œil composé consiste au maximum à 8 ommatidies. Les pièces buccales y compris, le labre, une paire de mandibules, une paire de maxilles, l'hypopharynx et le labium biparties. Le labrum frontal, le labium ventral et deux plies oraux latérales enclavent les autres pièces buccales dans une cavité buccale (entognathes).

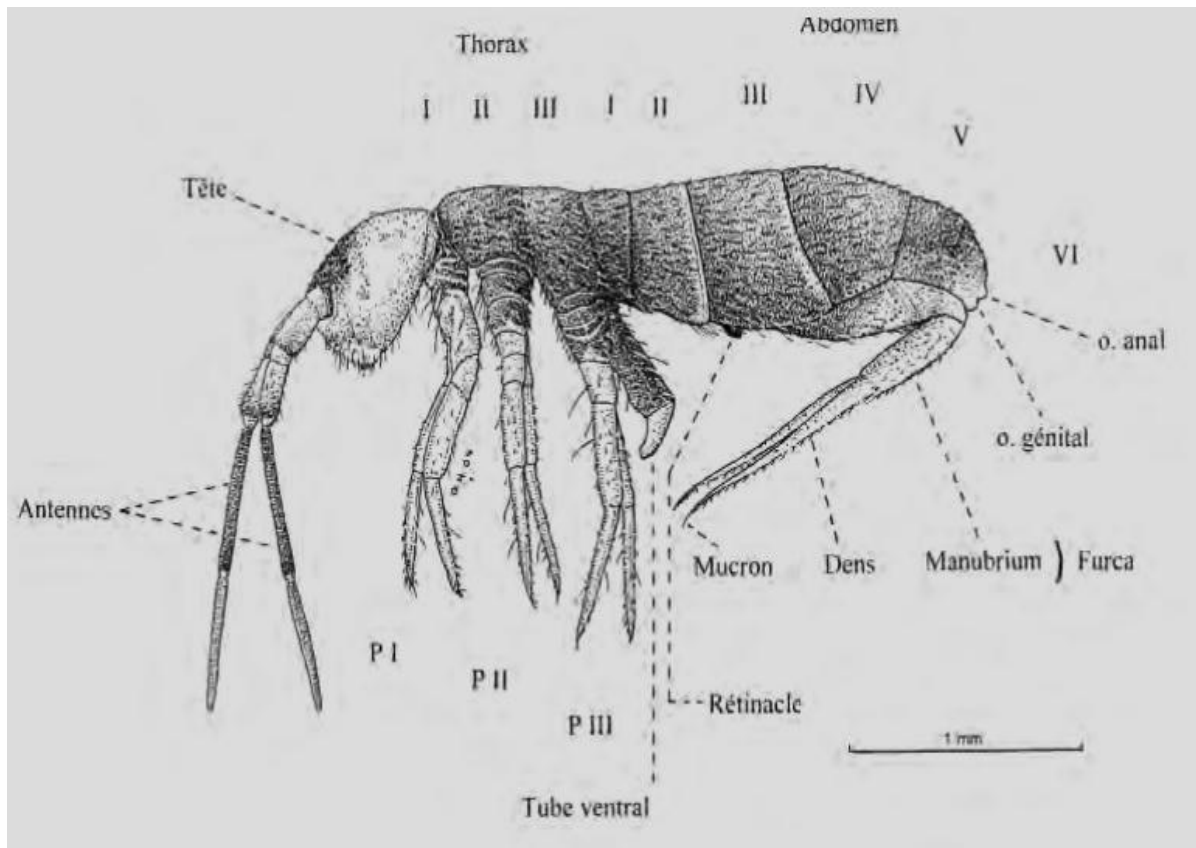


Fig.2 : Habitus de *Dicranocentrus chimborazoensis* de l'Equateur (*Entomobryidae*)

(L : 3 mm). Modifié de Najt, Thibaud & Mari Mutt, 1988.

4.1.2-Le thorax

Le thorax est constitué de trois segments inégaux (Fig.2). Chaque segment thoracique porte ventralement une paire de pattes. Chaque patte est composé d'un praecoxa, d'une coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibiotarse, d'un prétarse à nodule empodial et d'une griffe terminale (Cassagnau, 1990). Le thorax est constitué de trois segments portant chacun une paire de pattes.

4.1.3-L'abdomen

L'abdomen est formé de six segments. Certains d'entre eux portent des appendices ventraux :

- le premier porte le tube ventral toujours présent, il joue un rôle dans l'équilibre ionique et hydrique et dans l'adhérence de l'animal à certains substrats. C'est un caractère unique (synapomorphie) définissant les Collemboles.
- le troisième porte le rétinacle, organe d'accrochage de la furca.

- le quatrième porte cette furca, organe de saut emblématique des Collemboles, qui leur permet de fuir devant les prédateurs. Les bons sauteurs, des Entomobryomorphes, font des bonds de 16 cm ! Chez de nombreux taxa du sol, rétinacle et furca ont régressé ou même disparu. L'orifice génital impair est situé, chez les deux sexes, sur une plaque génitale placée sur le cinquième sternite. L'orifice anal est situé sur le sixième.

L'aspect du corps et la pigmentation de l'épiderme sont très divers et variés. Le tégument présente des ornements épicuticulaires. Il porte des soies ordinaires mécanoréceptrices et des sensilles plutôt chémoréceptrices. L'étude de la position et de la forme de ces soies et de ces sensilles fait l'objet de la chétotaxie, qui est devenue très importante dans la description des espèces et l'étude des lignées phylétiques.

Le corps de nombreux Tomoceridae, Entomobryidae et Paronellidae est couvert de soies et d'écaillés, qui sont des soies transformées. Le tégument des Onychiuridae porte des pores, les « pseudocelles », qui, lors de l'attaque d'un prédateur, sécrètent un liquide répugnant qui les protège.

4.2-Anatomie

Tous les Collemboles, même les plus petits comme les interstitiels sableux de 0,2 mm de long, présentent les mêmes organes internes. C'est un extra-ordinaire exemple de « miniaturisation » !

La tête contient : les pièces buccales, les glandes salivaires, les néphridies labiales, le tube digestif antérieur, le cerveau, le ganglion sous-oesophagien, le système neuro-sécréteur. Le corps contient : le corps gras, le système musculaire, le système circulatoire, la chaîne nerveuse, les ovaires ou les testicules, le tube digestif moyen endodermique, qui subit un remplacement à chaque mue, et le tube digestif postérieur. Les Collemboles n'ont pas de néphridie abdominale. La majorité des espèces de Collemboles ont une respiration cutanée. Seuls les Entomobryomorphes *Actaletidae* et la plupart des Symphypléones ont un système respiratoire trachéen plus ou moins développé, qui leur a permis de s'épanouir hors du sol dans la strate herbacée et la végétation.

4.2.1-Système tégumentaire

Le tégument représente le plus grand organe du corps de collemboles, et il est responsable des succès de collemboles dans l'environnement terrestre. Comme tous les

Arthropodes, le tégument est un tissu qui recouvre le corps et toutes les invaginations ectodermiques qui en découlent, comme la cavité buccale, l'avant-intestin et intestin postérieur. Le tégument est constitué d'un épiderme interne (parfois appelé hypoderme), une seule couche de cellules épidermiques, et une cuticule externe, une membrane extracellulaire plus ou moins inerte (Wigglesworth, 1965). La cuticule multicouche se compose d'une épicuticula extérieure et une intérieure procuticula. La procuticula lui-même se compose d'une exocuticula extérieure et intérieure endocuticula. L'ultra structure de la épicuticule est l'une des caractéristiques les plus frappantes de la cuticule (Hopkin, 1997). Cette ultra structure unique épicuticulaire est un autapomorphie des collemboles. Les cellules épidermiques peuvent se différencier en cellules qui forment trichogènes soies et / ou des échelles, des cellules qui forment tormogène prises de soies, les cellules nerveuses qui prennent en charge les sous-systèmes sensoriels soies, les cellules gliales qui enveloppe les cellules nerveuses, les cellules glandulaires qui produisent des sécrétions cuticulaires, comme les phéromones et de cire. Pigmentation de la tégument dépend des circonstances lumière, dans des conditions d'éclairage, la pigmentation est plus intense; dans l'obscurité, la pigmentation est plus pâle (Thibaud, 1970).

4.2.2-Système nerveux

Le système nerveux (fig. 4) comprend un complexe d'un ganglion céphalique superoesophageal(b) combiné avec les lobes optiques et un ganglion suboesophageal(c), formant le cerveau, et plusieurs noyaux ventral, dont trois ganglions thoraciques; dans le *Symphyleona* pro thoracique et les ganglions méso thoracique sont fusionnés(d) (Nicolet, 1842). Les ganglions abdominaux sont fusionnés au ganglion méso thoraciques(e) (Cassagnau&Juberthie dans Vandel, 1970), qui s'étend habituellement dans le premier segment abdominal (Brauner 1981 cité à partir Hopkin1997). Les noyaux sont reliés entre eux longitudinalement par une paire de connecteurs latéraux; la dissocier, nerf médian de Leydig relie un ganglion ventral de l'autre entre les connecteurs latéraux (Cassagnau et Juberthie dans Vandel, 1970). Intercalaire nerf; névralgique de Hoffmann. Pour être terminée. Organes sensoriels: antennaires structures sensorielles, orgue post antennule, les yeux, sétiformes les organes, les organes ovales, des propriocepteurs. Pour être terminée.

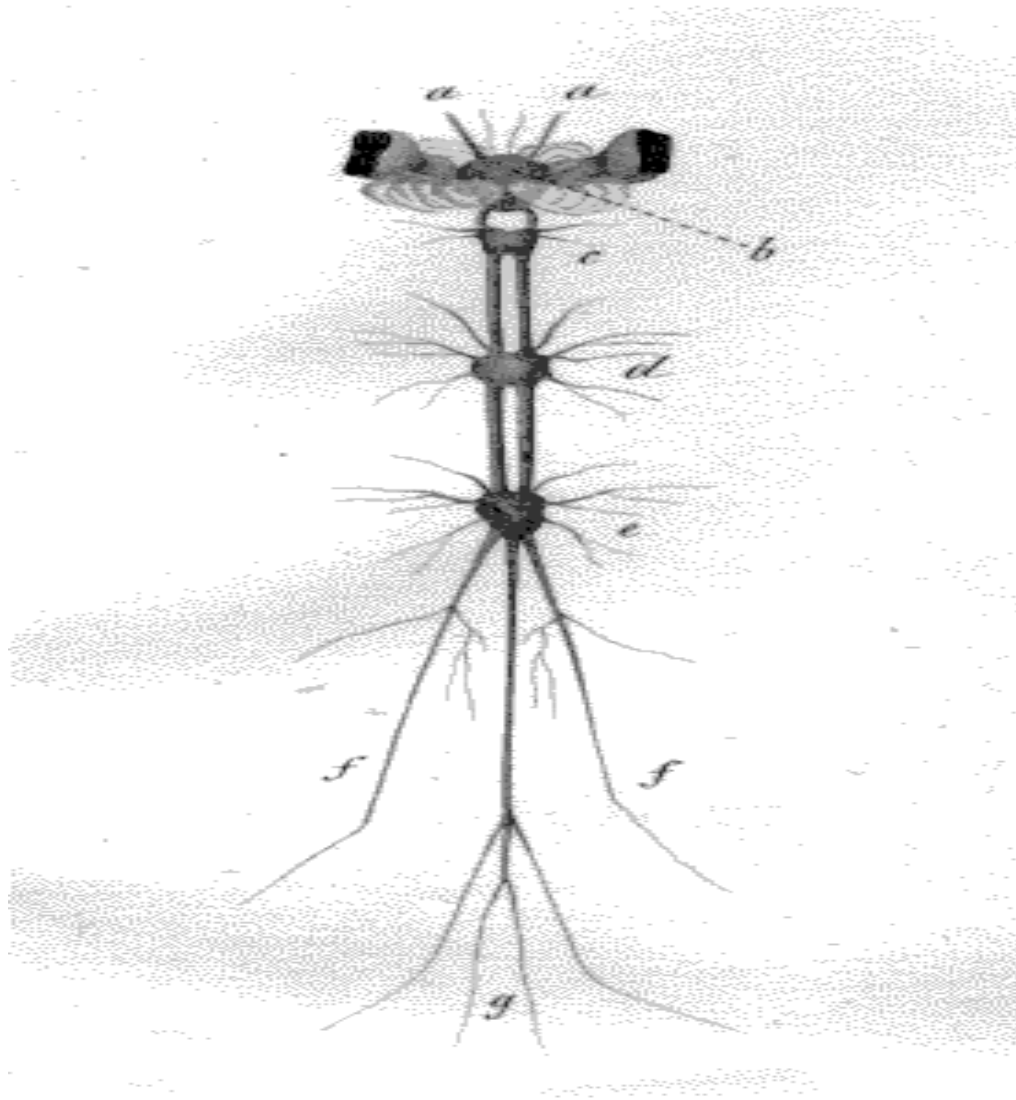


Fig. 3 : Système nerveux *Sminthrus signatus*(=*Allacma fusca*) d'après (Nicolet H., 1842) .

4.2.3-Système digestif

Le début du tube digestif s'ouvre dans la cavité buccale de la capsule céphalique (Nicolet, 1842). Le canal tubulaire intestinale passe directement à travers le corps sans circonvolutions de fin antérieure à postérieure (Nicolet, 1842). Bien Nicolet (1842) identifie cinq régions intestinales, ils se divisent en trois grandes divisions (Olfers Von cité de Lubbock, 1873). Le tube digestif est constitué d'un intestin antérieur plutôt long et étroit ou stomodeum, une grande capacité en forme de sac intestin moyen (estomac, ventricule, intestin) ou mesenteron, et un intestin postérieur étroit (caecum, du rectum) ou proctodeum(après Nicolet, 1842 , Lubbock, ; Thibaud, 1970; Adams & Salmon, 1972). L'intestin antérieur comprend au moins le pharynx et l'œsophage (Thibaud, 1970). Une

dilatation locale temporaire de l'œsophage peut être présente comme résultat du processus d'alimentation (Nicolet, 1842). Adams & Salmon (1972) font la distinction dans l'intestin avant: pharynx, œsophage, du jabot et le gésier. L'intestin antérieur et postérieur sont bordées de cuticule qui est versé à chaque mue (Thibaud, 1970). L'intestin moyen est bordé de microvillosités épithéliales en contact direct avec une membrane péritrophique qui est sécrétée par un anneau de cellules postérieures à la jonction entre l'intestin antérieur intestin moyen et (Hopkin, 1997). A la jonction entre l'intestin moyen et l'intestin postérieur, un sphincter musculaire, connu comme la région du pylore (Nicolet 'intestin grêle ») (Nicolet, 1842; Dallai 1980 citée de Hopkin 1997) ou la vanne rectale (Adams & Salmon, 1972), est situé. Tiny 'malpighien papilles "sont présents à l'extrémité antérieure de l'intestin postérieur (Dallai, 1980 cité à partir Hopkin, 1997). Notez que les observations de bateaux de Malpighi de Nicolet (1842) et Olfers Von (cité de Lubbock, 1873) n'est ni confirmée par La boubène (1864 cité de Lubbock, 1873), ni Lubbock (1873) et définitivement réfutée par Dallai (1980 cité à partir Hopkin, 1997). L'intestin moyen est entouré par un réseau de muscles circulaires et longitudinaux (Nicolet, 1842; Lubbock, 1873) qui mélangent la nourriture dans les résidus de flux lumineux et la force de la digestion dans l'intestin par le mouvement péristaltique (Nicolet, 1842; Dallai et al. 1989 cité à partir Hopkin 1997). Le rectum fortement musculaire, étant prévu sur toute sa longueur avec des muscles transversaux (Lubbock, 1873) forme des boulettes fécales (Hopkin 1997). La fin du tube digestif par l'anus s'ouvre sur le sixième segment abdominal (Nicolet, 1842), qui porte trois eversible sacs anaux de fonction inconnue (Leinaas 1988 cité à partir Hopkin 1997); sacs anaux en position rétractée (Janssens, 1999), sacs anaux en état eversed (Reed,2007).

4.2.4-Système respiratoire

Les collemboles respirâtes plus par un mécanisme de diffusion gasscuticulaire, dans laquelle les vésicules réversible de la collophore jouent un rôle important (Ruppel, 1953 cité à partir Palissa, 2000). Seulement Actaetoidea et certains Symphypleona ont trachées, qui forment un système ramifié des tubes (après Hopkin 1997:59). Les stigmates sont situés ventralement dans la tête, à l'endroit où elles sont attachées au tronc, entre la tête et le prothorax(Lubbock,1873).

Nicolet (1842) décrit dans la trachée d'erreur d'un système, sur la base du sac métamère pneumatique, qui s'ouvre avec un total de huit stigmates deux à deux sur les quatre premiers segments abdominaux. Ceci a été contesté par Lubbock (1873), qui a trouvé trachées dans *Smynturus* (sic) seulement, qui s'ouvrent en deux grands stigmates. Il a également été

contestée par Willem (1900): "Je Pense Que Nicolet à coulé dans la prise des Organes de cette nature des bandes de tissu adipeux." Étant donné que Nicolet (1842) n'a pas réussi à trouver tous les organes de la reproduction, nous présumons qu'il avait mal interprété les testicules longs tubulaires et segmentée et / ou des ovaires, tels que ceux trouvés dans *Podura aquatica*, comme les sacs pneumatiques. *Spinothercidae* possèdent une paire d' inhabituels organes tubulaires qui entourent le cou d'une insertion ventrale, le trou occipital (Greenslade, 1982). «Les organes du cou». Ces particuliers pourraient avoir un accessoire respiratoire et / ou une fonction homéostatique, car ils sont sans structure interne et semblent être remplis de l'hémolymphe .(Greenslade, 1982). La structure de la cuticule sur les organes du cou est très similaire à celle de certaines branchies stigmatiques plastron portant décrites par Hinton (1968) pour les stades immatures de diptères (Greenslade, 1982).

4.2.5-Système circulatoire

La circulation sanguin (hémolymphe) dans les cavités du corps d'insecte, quels ont rincé les organes pour maintenir le battement (60 à 160 pulsation par minute) des vaisseaux d'hémolymphe dorsal ou « le cœur » (Nicolet 1842).contrairement chez la majorité des insectes. Il parait que les collemboles ont un manque des organes circulatoire pour pomper l'hémolymphe à les antennes (passe 1991 cite par Hopkin 1997).

4.2.6-.Système reproducteur

Les organes de la génération sont similaires dans les deux sexes (Lubbock, 1873). Chez les mâles, les spermatozoïdes sont produits par les testicules jumelés tubulaires, l'un se trouvant de chaque côté de l'abdomen, qui sont unis en arrière pour former un canal déférent, qui s'ouvre ventralement immédiatement entre l'anus et la base de la furcation (Lubbock, 1873). Chez les femelles, les œufs sont produits à partir des paires de grandes ovaires tubulaires, l'un se trouvant de chaque côté de l'abdomen, qui sont unis en arrière pour former un vagin, qui s'ouvre ventralement immédiatement entre l'anus et la base de la furcation (Lubbock, 1873). Les ovaires ne sont pas composés d'ovarioles discrètes (Bilinski 1976; Krzysztofowicz 1971, 1977; Matsuzaki 1973; Palévody 1976 cité à partir Hopkin 1997). Chaque ovaire est divisé en deux régions principales, le germanarium qui contient la chaîne comme des amas de cellules germinales et la vitellarium où la cellule centrale de chaque

chaîne se différencie en un ovocyte et se nourrit des cellules nourricières de chaque côté (Jablonska et al. 1993 cité de Hopkin 1997).

4.2.7-Système musculaire

Chaque segment thoracique et abdominale comprend une paire dorsale et ventrale des muscles longitudinaux (Palissa, 2000). Les segments mésothoraciques, métathoraciques et abdominales, en outre munis d'une configuration de base du segmentaires, intersegmentaire et latérale des muscles dorso-ventrale (Palissa, 2000). Lorsque la bifurcation est présente, le quatrième segment abdominal porte des muscles supplémentaires pour faire fonctionner le furca (Palissa, 2000).

4.2.8-Système endocrinien

Le système neurosécréteur, qui stocke et libère la substance neurosécrétion, est le type le plus primitif, comme dans *Annelida*; elle correspond à deux organes céphaliques suboesophageal neurohaemal, sans cellules sécrétrices appropriées (Juberthie&Cassagnau, 1971). Dans *Neanura*, *Tomocerus*, *Orchesella* et *Bourletiella*, les cellules qui produisent neuroglandulaire, la neurohormone, sont situés dans la partie latéro-dorsale de la protocerebron et dans la pars intercerebralis, à la fois du complexe ganglion superoesophageal. Le groupe des axones des latéro-dorsale protocerebral cellules neuroglandulaire former un nerf appelé le nerf corporiscardiacus 1. Le nervi corporiscardiiforme un chiasme: les cellules gauches neuroglandulaire sont reliés à l'organe neurohaemal droit et vice versa. 2. Le groupe des axones des cellules intracérébrale neuroglandulaire former un nerf appelé le nerf corporiscardiacus.

4.2.9-Système excréteur

L'absence des tubes de Malpighi des collemboles suggère que le dépôt de minéraux dans l'épithélium de l'intestin remplit une fonction d'excrétion, l'excrétion se fait par le renouvellement de l'épithélium intestinal entier, qui se produit à chaque mue (Humbert, 1979). Glandes tégumentaires cire se produire dans *Neelidae*, *Dicyrtomidae* et *Sminthuridae* (Palissa, 2000). Dans *Onychiuridae* et *Tullbergiidae*, dite *pseudocelli* peuvent sécréter une goutte d'un fluide repoussant comme mécanisme de défense (Pallisa, 2000). Les glandes salivaires augmenter immédiatement derrière la bouche, en passant postérieure le long de l'œsophage, à laquelle ils sont fermement attachés (Olfers Von cité de Lubbock, 1873). Trois à quatre paires de glandes salivaires secrètent des enzymes sur les aliments dans la cavité

buccale (Hopkin, 1997). Certains *Neanuridae* ont de très grandes glandes salivaires qui s'étendent postérieurement dans le prothorax (Lee 1980 citée de Hopkin, 1997).

5-Reproduction et développement

5.1- Reproduction

Les sexes sont séparés (Figure D), il y a donc des mâles et des femelles. En général, il n'y a pas de différence morphologique entre les deux sexes, seule la forme des orifices génitaux diffère. Cependant, chez certaines espèces de Symphypléones les mâles présentent des caractères sexuels secondaires sur les antennes et l'abdomen. La reproduction se fait sans accouplement. Le mâle dépose sur le substrat des spermatophores formés d'une gouttelette de sperme portée par un pédoncule. Chez la plupart, le dépôt des spermatophores et la fécondation de la femelle se font au « hasard ». Chez de rares espèces, le dépôt et la réception sont « dirigés » par les deux partenaires. La reproduction parthénogénétique est signalée chez quelques espèces des genres *Mesaphorura*, *Neanura*, *Folsomia* et *Isotoma*.

5.1.1- Œufs, développement embryonnaire

Les œufs sont pondus le plus souvent par paquets de 8 à 50, mais parfois isolément comme chez les *Tomocerus*. Une femelle pond de un à dix fois dans sa vie selon les espèces. La durée du développement embryonnaire est très variable selon les espèces et les conditions du milieu : de deux à trois jours jusqu'à près de deux mois, en général deux semaines.

5.1.2- Développement postembryonnaire

Les Collembolés sont des amétaboles, c'est-à-dire qu'ils ne subissent pas de métamorphose. De l'œuf sort un jeune, le premier stade, presque identique morphologiquement à l'adulte. Selon les espèces, il continuera à grandir pendant deux à douze mues juvéniles pour parvenir à la maturité sexuelle, puis continuera à muer durant sa

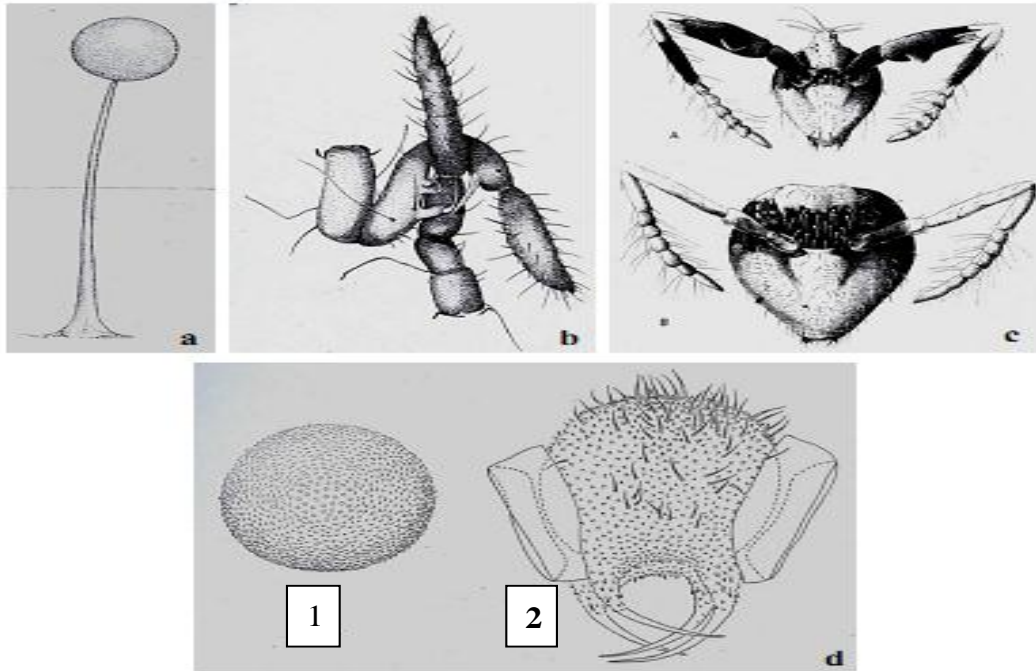


Fig.4: Spermatophore de *Tomocerus minor*, accrochage des antennes chez *Sminthurides aquaticus*, tête de *Bovicornia coronata* et œuf de *Tomocerus minor*, Massoud (1971).

1: œuf sphérique peu de temps après la ponte
2: œuf ayant acquises ornements.(Massoud,1971)

- a: Spermatophore de *Tomocerus minor*,
- b: Accrochage des antennes chez *Sminthurides aquaticus*,
- c: Tête de *Bovicornia coronata* A: ♂ B: ♀,
- d: Œuf de *Tomocerus minor*

5.1.3- Cycle de vie

Le cycle vital, c'est-à-dire la durée de vie allant de l'œuf à l'œuf, est, selon les espèces, de deux mois à un an. La longévité est, selon les espèces, de trois mois à trois ans. Ces durées sont de plus en plus longues au fur et à mesure que l'on passe des espèces de surface aux espèces du sol, puis aux espèces troglobies.

5.1.4- Cycle d'intermue des adultes

L'existence de mues chez l'adulte est un caractère primitif que les Collemboles partagent avec les autres Aptérygotes et avec certains Myriapodes, Arachnides et Crustacés.

Lors de ces mues adultes, ni la taille, ni la morphologie ne changent. La durée du CIM varie, selon les espèces, de quatre jours à deux mois, en général d'une semaine à un mois. Durant sa vie adulte, un Collembole peut muer d'une vingtaine à une soixantaine de fois selon les espèces et les conditions du milieu. Chaque intermue peut se diviser en trois périodes :

- première période de jeûne, courte, juste avant l'exuviation,
- une période d'alimentation, beaucoup plus longue, le mesenteron étant fonctionnel,
- deuxième période de jeûne, correspondant à la dégénérescence du vieux mesenteron et à la formation de la nouvelle cuticule et du nouveau mesenteron. Ceci explique pourquoi les Collemboles ont une alternance de périodes de jeûne et de périodes d'alimentation et ce, durant toute leur vie. Ceci est important en écologie, car un Collembole doit donc être considéré comme « inactif » dans le système saprophage pendant près de 20 à 30% de sa durée de vie. Ce phénomène n'est pratiquement jamais pris en considération dans les études d'écologie globale.

6- Ecologie des Collemboles

6.1- Rôles des Collemboles dans les écosystèmes terrestres

Les Collemboles interviennent de manière relativement importante dans les processus de transformation de la matière organique, la biodégradation, en disséminant et en contrôlant les organismes décomposeurs. Rappelons que la majorité se nourrit aux dépens de la microflore du sol (algues, bactéries et champignons) et joue ainsi un rôle important dans le maintien de l'équilibre de la chaîne alimentaire et, donc, dans l'équilibre des écosystèmes terrestres dans leur ensemble. Ils forment un maillon de la chaîne des décomposeurs du sol. Ce sont aussi des « fragmenteurs » secondaires. Sous l'action microbienne, leurs milliards de crottes ou fèces diffusent dans les sols des nutriments organo-argileux indispensables au développement de la végétation et donc aussi du nôtre.

6.2- Habitats et formes de vie

Les Collemboles ont envahi tous les biotopes terrestres de notre planète. On les rencontre ainsi des bords de mer jusqu'aux neiges éternelles à plus de 7 700 m et même en Antarctique. Ils sont présents sous tous les climats et sous toutes les latitudes. Ils vivent le plus souvent en forêt dans la litière, l'humus, les premiers centimètres du sol et dans la végétation. Certains se sont adaptés à la vie cavernicole, d'autres à la vie dans l'interstitiel

sableux et dans les déserts. Certains Entomobryoides et Symphypléones se sont « émancipés » du sol humide et ont envahi le milieu épigé aérien.

On peut distinguer les formes :

- épiédaphiques, vivant au-dessus du sol, sur la végétation :Entomobryoides et Symphypléones. Ils sont bien pigmentés, avec yeux, antennes, pattes et furca bien développés. Ces biotes occupent aussi la canopée ;

- hémiedaphiques, vivant dans la litière et les premiers centimètres du sol (humus) : Poduromorphes et Isotomides. Ils sont intermédiaires entre les précédents et les suivants ;

- euédaphiques, vivant dans le sol profond : Onychiurides. Ils sont dépigmentés, avec yeux, antennes, pattes et furca réduits et souvent absents pour les yeux et la furca ;

- interstitiels sableux, vivant dans les sables littoraux et continentaux ;

- troglobies, vivant exclusivement dans les grottes : ils sont dépigmentés et sans yeux, mais avec des appendices souvent allongés. Cependant, leur adaptation à la vie cavernicole est surtout biologique et écophysologique ;

- « marins », espèces inféodées aux milieux littoraux plus ou moins salés ;

- « surface d'eau douce », vivant à la surface des nappes d'eau douce ;

- termitophiles et myrmécophiles, vivant dans les termitières ou les fourmilières.

6.3- Rassemblements des Collemboles

Certaines espèces, *Anurida maritima*, *Actaletes neptuni* dans la zone de balancement des marées, *Isotoma saltans*, la « puce des glaciers », sur les névés, *Hypogastrura socialis* se « rassemblent » par millions d'individus pour des causes encore inconnues.

6.4- Influence des facteurs du milieu sur la vie des Collemboles

- Température

Pour les œufs, les jeunes et les adultes des espèces de Collemboles européennes, les températures létales inférieures sont en général de -1 à - 4°C, parfois de - 10°C. Certaines espèces d'Onychiuridae et d'Isotomidae, vivant en Antarctique, au Spitzberg ou sur les glaciers, peuvent abaisser leur point de congélation jusqu'à - 30°C et ceci grâce à la

production d'un « agent antigel » dans leurs tissus. Les températures létales supérieures vont de 25 à 30°C, selon les espèces, mais pour certaines, plus rares, jusqu'à 50°C. En Europe, l'optimum thermique va de 8 à 16°C. Sous les Tropiques, il va de 22 à 32°C. Les Collembolés sont donc des animaux plutôt eurythermes, c'est-à-dire à assez large tolérance thermique.

- Humidité

L'optimum hygrométrique est de 96 à 100% d'humidité relative de l'air (HR). Ce sont donc des animaux sténogobies, c'est-à-dire à faible tolérance pour l'HR de l'air. La plupart des Collembolés du sol répondent au dessèchement du substrat seulement après le point de flétrissement permanent : ce sont donc des animaux eurydrobies. Ils fuient le substrat après le

départ de l'eau capillaire et au moment où il règne encore dans les interstices du substrat une HR de l'air de près de 100%. C'est l'impossibilité pour ces animaux d'utiliser l'eau du substrat qui détermine leur fuite. Même soumis à un fort dessèchement, le sol en profondeur constitue donc toujours un excellent milieu protecteur grâce à ses réserves hydriques utilisables par ces biotes.

Les Collembolés sont donc plus aptes à lutter contre la dessiccation que ne le pensaient les anciens auteurs. Il ne faut pas confondre en effet « résistance au dessèchement du substrat » et

« résistance à un déficit hygrométrique de l'air ambiant ».

6.5.- Nourriture des Collembolés

Les collembolés sont, pour la plupart, polyphages en se nourrissant de débris organiques : parenchyme foliaire, bois, excréments et cadavres d'animaux, et surtout de pollens, d'algues, de mycelium et de spores de champignons et de bactéries. Ce sont donc des détritivores.

6.6- Prédateurs et parasites des Collembolés

Les prédateurs des Collembolés sont des Myriapodes Chilopodes, des Araignées, des Opilions, des Pseudoscorpions, des Acariens, des Insectes Diptères, Coléoptères et

Formicidae, ainsi que certains Reptiles, Batraciens et Oiseaux. Ce rôle important, des Collemboles comme ressource trophique reste trop souvent encore négligé en écologie.

Les parasites internes des Collemboles sont des Micro sporidies et d'autres Protozoaires, des Grégarines et des Nématodes.

6.7- Densité de population, biomasse et distribution

La densité des Collemboles est très variable selon les biotopes. Quand ils sont présents, cette densité varie de 1 000 à 1 000 000 d'individus au m² avec des moyennes de 10 000 à 100 000. Selon les espèces, le poids frais d'un Collembole adulte varie de 0,2 à 1,5 mg. Le poids sec varie de 0,05 à 0,3 mg. La biomasse, pour 50 000 individus/m², varie de 10 à 75 g / poids frais, et de 2,5 à 15 g / poids sec. La biomasse des Collemboles du sol représenterait ainsi de 1 à 10% de la biomasse de la faune du sol. Le métabolisme de leurs populations serait, lui aussi, de 1 à 10% du métabolisme de la faune édaphique. Ils représenteraient de 0,4 à 3% de l'énergie des écosystèmes terrestres.

6.8- Les Collemboles et leur nuisibilité

Seules quelques espèces de Symphypléones sont reconnues comme nuisibles aux cultures. Ce sont *Bourletiella hortensis*, qui s'attaque au collet de certaines plantules d'arbres au Canada et *Sminthurus viridis*, qui s'attaque aux champs de luzerne en Australie.

II.1-Extraction des Collemboles

L' extraction des Collemboles qui consiste à séparer ces derniers de leur substrat. Il existe plusieurs méthodes pour extraire les Collemboles des échantillons, dont trois sont utilisées : Extraction par voie sèche, extraction par lavage et extraction par film graisseux de Aucamp, (Pesson, 1971) ; (Cancela da Fonseca et Vannier, 1969).

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 Microarthropodes (Acariens, Collemboles et autres Arthropodes) sont récoltés sans l'intervention d'un opérateur. Cette méthode a été utilisée par Hamra-Kroua (2005) et a donné un rendement satisfaisant.

2.2- Principe de la technique

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

2.3.- L'extraction des Collemboles (Fig.5).

- On place l'échantillon de sol sur un tamis ou une cuvette en toile métallique à maille de 4 mm, sur laquelle on étale l'échantillon sur une épaisseur de 2 à 3 cm.
- Le tout est placé sur un entonnoir métallique, en verre ou en plastique et d'une ouverture de 20 à 25 cm et d'une forte pente (60°).
- On place un tube de récolte renfermant de l'alcool éthylique à 70° à l'extrémité inférieure 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, descendent l'échantillon et 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.

Des précautions sont à prendre pour une meilleure conduite de l'extraction afin d'améliorer le rendement: de retarder d'une journée l'allumage de la lampe et utiliser un tamis à larges mailles, jusqu'à 5 cm.

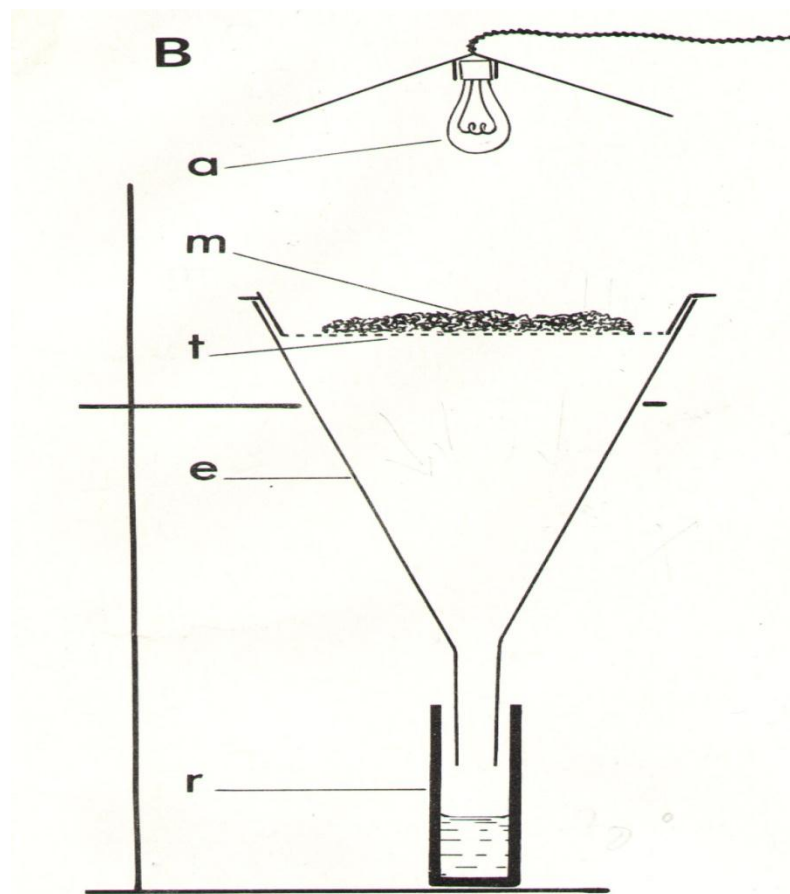


Fig.5 : Appareil de Berlèse –Tullgren pour l'extraction des Collemboles par la méthode de "voie sèche" e : entonnoir, t : tamis à mailles de 4 à 4,5mm, m : échantillon, r : récipient ou tube de récolte avec alcool 70°, a : ampoule de chauffage et d'éclairage de 25 à 40 W.

2.4- Tri, dénombrement des Collemboles

2.4.1-Tri et dénombrement

Les Collemboles extraits d'un échantillon sont placés dans une boîte de Pétri pour entamer le tri. Le tri s'effectue sous la loupe binoculaire à grossissement suffisant pour pouvoir séparer les Collemboles des autres groupes d'Arthropodes. Une fois que tous les Collemboles sont séparés des autres Microarthropodes, on procède au premier comptage sous loupe binoculaire. Le premier comptage permet de déterminer le nombre total d'individus de Collemboles présents dans un échantillon. Le deuxième comptage ne survient qu'après l'identification des Collemboles au niveau de l'ordre. On manipule les Collemboles, pour le tri ou le dénombrement, soit avec:

- "la brosse de Cassagnau" : une tige en matière plastique très fine (1mm) montée sur un mandrin métallique.
- Une minutie ou une aiguille métallique fine à extrémité courbée que l'on enchasse dans le verre en fusion
- Une pipette capillaire munie d'une poire en caoutchouc

5- Identification des collemboles

On met les collemboles extraits de chaque échantillon dans une boîte de pétri contenant de l'alcool à 70° le tout est placé sous une loupe binoculaire à grossissement permettant de séparer les collemboles du reste de la faune associée

L'identification au niveau de l'ordre est réalisée à l'aide de la clef dichotomique de Jordana et Arbea (1989) qui donne les caractéristiques morphologiques des différents de Collemboles (Fig.5).

- Clé des ordres

Classe **COLLEMBOLA** Lubbock, 1862.

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

- 1.-' Corps allongé. Segmentation du corps apparente2
- 2.- Prothorax (segment thoracique I) développé et avec soies dorsales. Corps avec trois segments thoraciques et six segments adnominaux,
Ordre **PODUROMORPHA** BÖRNER, 1913.
- 2'- Prothorax réduit et sans soies dorsales
 Ordre **ENTOMOBRYOMORPHA** BÖRNER, 1913.
- 3.-Animaux plus petits et sans pigments. Segments abdominaux V et VI non différenciés. Sans yeux. Tenaculum sans soies. Antennes plus courtes que la tête. Abdomen sans Trichobothries dorsales.....
Ordre **NEELIPLEONA**, 1 seule famille NEELIDAE FOLSOM, 1896.
- 3'-Animaux avec ou sans pigments. Segments abdominaux V et VI différenciés. 0 à 8 cornéules de chaque côté de la tête. Abdomen avec trichobothries.....
Ordre **SYMPHYPLEONA** BÖRNER, 1901.

1- Inventaire mondial des collemboles

TABLEAU 1.- Répertoire mondial des Collemboles connus.

Ordre	Superfamille	Famille	Sous famille	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Ratio= nombre d'espèces s/genres
PODUROMORPHA	Neanuroidea	Neanuridae	Frieseinae	5	189	37
			Morulininae	2	21	10
			Neanurinae	95	760	8
			Pseudachorutinae	51	462	9
			Uchidanurinae	8	17	2
			Caputanurinae	2	11	5
		Brachystomellidae		18	132	7
	Poduroidea	Poduridae		1	2	1
		Paleotullbergiidae		1	1	1
	Hypogastruroidea	Hypogastruridae		40	707	17
	Gulgastruroidea	Gulgastruridae		1	1	1
	Onychiuroidea	Onychiuridae	Onychiurinae	51	609	11
			Tetodontophorinae	3	3	1
			Lophognathellinae	2	2	1
		Tullbergiidae		32	216	6
		Isotogastruridae		1	8	8
Pachytullbergiidae			3	4	1	
Odontellidae			13	135	10	
ENTOMOBRYOMORPHA	Tomoceroidea	Oncopoduridae		2	54	27
		Tomoceridae		16	169	10
	Isotomoidea	Isotomidae	Proisotominae	25	507	20
			Anurophorinae	32	353	11
			Isotominae	48	504	10
			Pachyotominae	5	28	5
		Actaletidae		2	12	6
		Protentomobryidae		1	1	1
	Entomobryoidea	Microfalculidae		1	1	1
			Praentomobryidae		2	2
		Entomobryidae	Capbryinae	2	3	1
			Entomobryinae	14	512	36
Orchesellinae			13	255	19	

			Lepidocyrtinae	14	661	47	
			Seirinae	6	271	45	
			Willowsiinae	9	56	6	
		Paronellidae	Paronellinae	26	390	15	
			Cyphoderinae	12	130	10	
		Oncobryidae		1	1	1	
	Coenaletioidea	Coenaletidae		1	2	2	
SYMPHYPLEONA							
SYMPHYPLEONA	Sminthuridoidea	Mackenziellidae		1	1	1	
		Sminthurididae		11	151	13	
	Katiannoidea	Katiannidae		17	206	1	
		Spinothecidae		1	6	2	
		Arrhopalitidae		3	145	48	
		Collophoridae		3	9	9	
	Surmioidea	Sturmiidae		1	3	3	
	Sminthuroidea	Sminthuridae	Sminthurinae		21	192	9
			Sphyrothecinae		8	58	7
		Bourletiellidae		37	245	6	
	Dicyrtomoidea	Dicyrtomidae	Ptenothricinae		3	109	36
			Dicyrtominae		5	99	19
NEELIPLEONA		Neelidae		5	48	9	

2- La répartition des superfamilles par ordre de Collemboles

Tableau 2.- Nombre de super familles, familles, genres et espèces des Collemboles.

Ordre	Nombre de super familles	Nombre de familles	Nombre de Sous familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
ENTOMOBRYOMORPHA	4	11	12	234	3912
PODUROMORPHA	5	11	9	329	3277
SYMPHYPLEONA	5	10	4	270	1272
NEELIPLEONA	0	1	0	5	48
Σ	14	34	25	838	8509

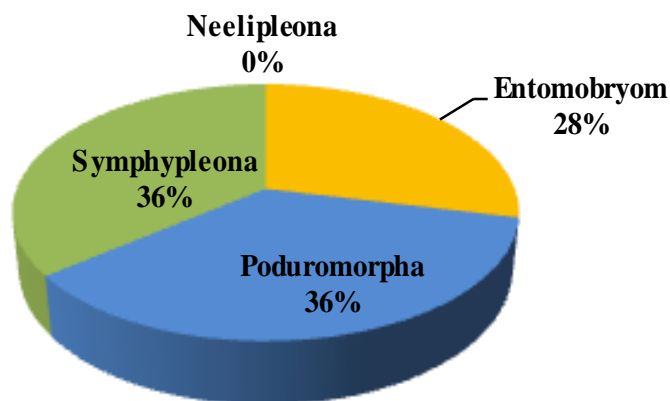


Fig.6 :Répartition, en pourcentage, des super familles par ordre de Collemboles.

On se réfère au tableau 1 et tableau 2 et la figure 6, nous avons les résultats suivants :La répartition, en pourcentage, des superfamilles par ordre de Collemboles montre la supériorité des *Poduromorpha* et *Symphypleona* avec un pourcentage de 36%, suivie par *Entomobryomorpha* avec un pourcentage de 28%, *Neelipleona* est totalement absent avec un pourcentage de 0%.

3- La répartition des familles par ordre de Collemboles

La répartition, en pourcentage, des familles par ordre de Collemboles(Fig.7) montre la supériorité d'*Entomobryomorpha* avec un pourcentage de 34%, suivie par l'ordre des *Poduromorpha* avec un pourcentage de 33%, la troisième position revient à l'ordre des *Symphypleona*, qui a un pourcentage de 30% .A la fin, en retrouve *Neelipleona* avec un pourcentage de 3%.

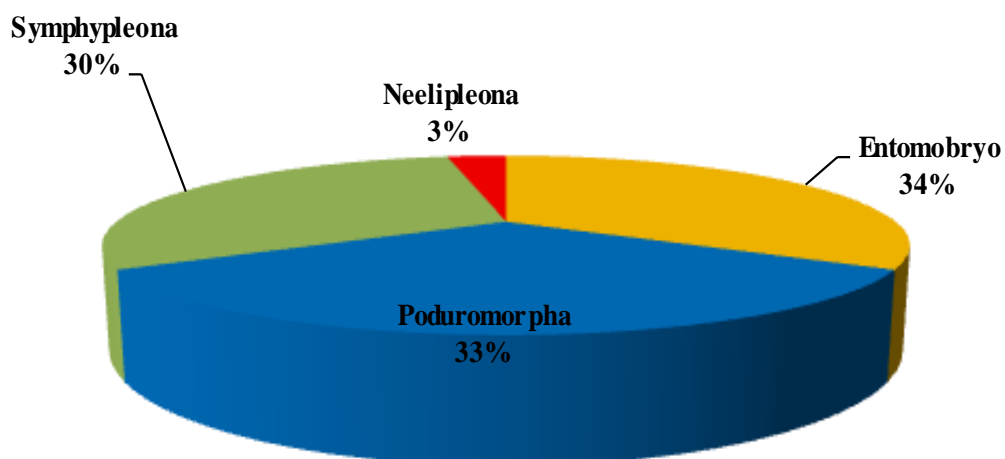


Fig.7: Répartition, en pourcentage, des familles par ordre de Collemboles.

4- La répartition des sous familles par ordre de Collemboles

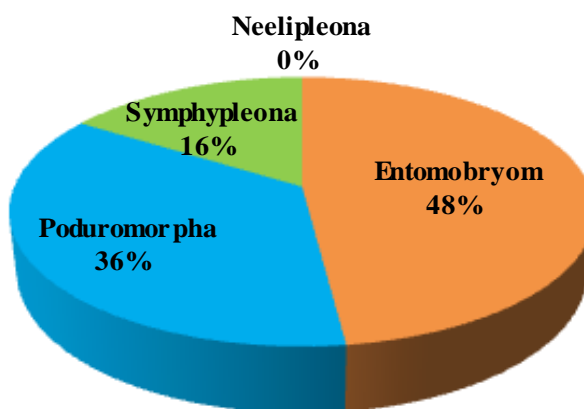


Fig. 8: Répartition, en pourcentage, des sous-familles par ordre de Collemboles.

Pour la répartition, en pourcentage, des sous familles par ordre de Collemboles (Fig. 8), on observe la dominance de l'ordre des *Entomobryomorpha* par un pourcentage de 48%, suivie en deuxième position par *Poduromorpha*, avec un pourcentage de 36%, alors que la troisième position revient à l'ordre *Symphypleona* qui a un pourcentage de 16%, la dernière position est occupée par l'ordre *Neelipleona* avec un pourcentage de 0%.

5- La répartition des genres par ordre de Collemboles

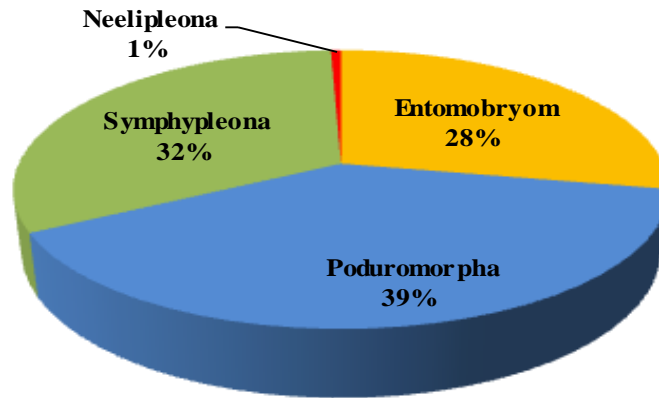


Fig.9: Répartition, en pourcentage, des genres par ordre de Collemboles.

La répartition, en pourcentage, des genres par ordre de Collemboles (Fig.9), montre que l'ordre *Poduromorpha* est le plus représentée avec un pourcentage de 39%, suivie par *Symphypleona* avec un pourcentage de 32% , et puis on retrouve *Entomobryomorpha* occupe la troisième position avec un pourcentage de 28%, enfin, *Neelipleona* avec un pourcentage de 1% .

6-La répartition des espèces par ordre de Collemboles

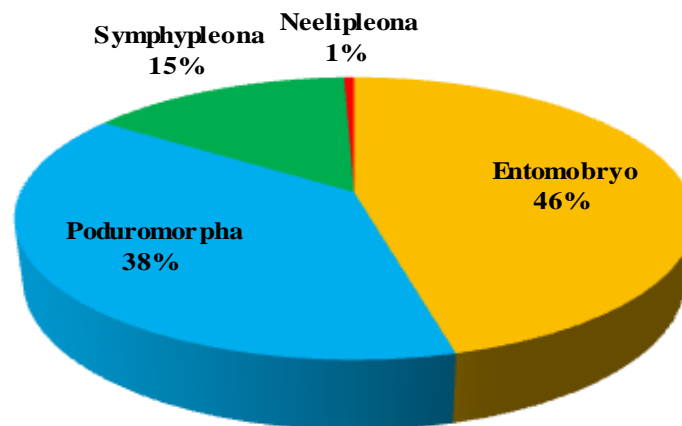


Fig.10: Répartition, en pourcentage, des espèces par ordre de Collemboles.

Au niveau de la représentation par pourcentage(Fig. 10), des espèces par ordres de Collemboles ; l'ordre le plus représentée est *Entomobryomorpha* avec un pourcentage de 46%, suivie par *Poduromorpha* qui a un pourcentage de 38%, suivie par *Symphypleona* avec

un pourcentage de 15% , enfin, on retrouve *Neelipleona* occupe la dernière position avec un pourcentage de 1% .

7- Super-, sous- et familles, genres et espèces de Collemboles décrites par ordre

1.Ordre

PODUROMORPHA(Börner,1913)

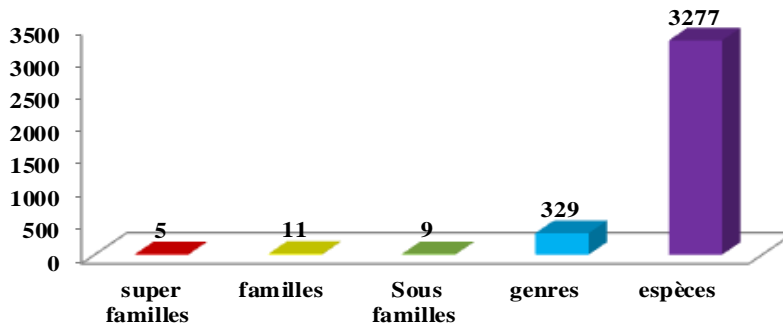


Fig. 11: Fréquences absolues des super-, sous-, familles, genres et espèces de l'ordre *PODUROMORPHA*

Selon la figure 11, l'ordre des Poduromorpha est représenté par 5 superfamilles, 11 familles, 9 sousfamilles, 329 genres et 3277 espèces. C'est une diversité remarquable au niveau de cet ordre, en vue le grand nombre des espèces(3277) et des genres(329).

1.1 - Super-famille: *Neanuroidea* (Massoud, 1967)

Cette superfamille est représenté par deux(2) familles ;

- *Neanuridae* avec 6 sous-familles et 1460 espèces réparties sur 163 genres (ratio=8) est la mieux représentée parmi les Poduromorpha.
- *Brachystomellidae* avec 132 espèces réparties sur 18genres (ratio=7).

1.1 .1- Famille *Neanuridae* (Börner, 1901)

Cette famille est représentée par 6sous familles ;

- *Frieseinae* Massoud, 1967: 189 espèces appartenant à 5 genres.
- *Morulininae* Börner, 1906 : 21espèces appartenant à 2 genres.
- *Pseudachorutinae* Börner : 1906 :462 espèces appartenant à 51 genres.
- *Neanurinae* Börner C, 1901 : 760 espèces appartenant à 95 genres.
- *Caputanurinininae* Lee, 1983 : 11 espèces appartenant à 2 genres.
- *Uchidanurinae* Salmon, 1964 : 17 espèces appartenant à 8genres.

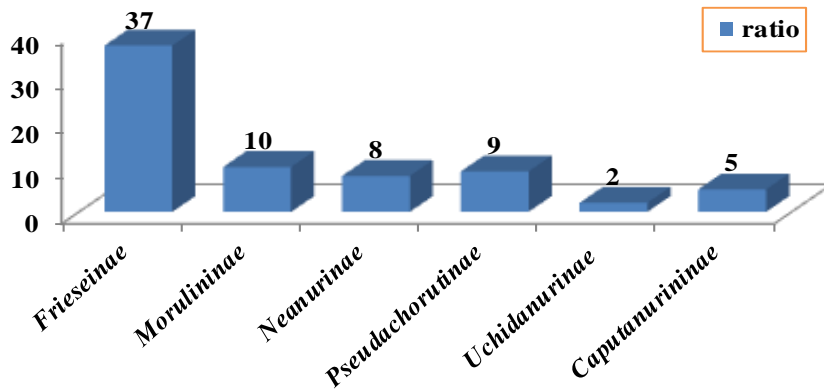


fig.12:Fréquences absolues du ratio des sous familles des Neanuridae.

Selon la figure 12, la sous famille la plus diversifié parmi les *Neanuridae*,est la sous famille des *Frieseinae* (ratio=37), suivie successivement par les sous familles *Morulininae* (ratio=10), *Pseudachorutinae* (ratio=9) puis les *Neanurinae* (ratio=8).

Les sous familles les moins diversifié sont a la suite ; *Caputanurinae* (ratio=5) et *Uchidanurinae* (ratio=2).

1.1.2- Famille *Brachystomellidae* (Stach, 1949)

Cette famille est moins diversifié, si on la compare au *Neanuridae* , il est représentée par 0 sous famille,132 espèces réparties sur 18genres.Ce qui donne une indice de diversification egale 7 .

1.2- Superfamille *Poduroidea* sensu Palacios-Vargas, 1994

Cette superfamille ne comporte q'une seule famille,la famille des *Poduridae* Latreille, 1804, qui a seulement deux (2) espèces réparties a une (1) seule genre, donc cette famille est la moins diversifié parmi les Poduromorpha et aussi parmi toutes les ordres des Collemboles.

1.3- Superfamille *Hypogastruroidea* (Salmon, 1964)

Cette superfamille comporte deux famille ;

- *Hypogastruridae* (Börner, 1906) :cette famille représente 707 espèces réparties sur 40 genres, avec un ratio de 17, la famille des *Hypogastruridae* est la plus diversifiée après la sous famille *Frieseinae* (ratio= 37), (*Neanuridae- Neanuroidea*).
- *Paleotullbergiidae* (Deharveng, 2004) : ne comporte qu'une seule espèce et un genre (ratio =1). cette famille est parmi les moins diversifiées chez les Poduromorpha et même chez les Collemboles.

1.4- Superfamille *Gulgastruroidea*

Cette superfamille ne représente qu'une seule famille *Gulgastruridae* Lee & Thibaud, 1998, avec un seul genre et une seule espèce (ratio =1), donc cette famille est parmi les moins diversifiées chez les Poduromorpha et même dans toutes les Collemboles.

1.5- Superfamille *Onychiuridae* sensu D'Haese CA, 2002-2003

Cette superfamille comporte 5 familles ;

- *Onychiuridae* (Lubbock, 1867)
- *Tullbergiidae* (Bagnall, 1935)
- *Isotogastruridae* (Thibaud & Najt, 1992)
- *Pachytullbergiidae* (Stach, 1954)
- *Odontellidae* (Massoud, 1967)

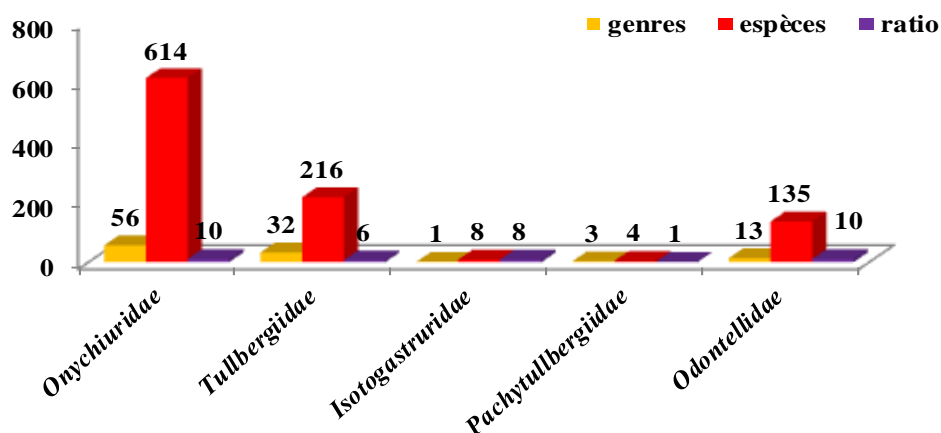


Fig. 13: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Onychiuroidea*.

La figure 13 indique que les deux familles les plus diversifiées parmi *Onychiuridae* sont ;

- *Onychiuridae* qui comporte 614 espèces réparties sur 56 genres, soit un ratio=10 .
- *Odontellidae* qui comporte 135 espèces réparties sur 13 genres, soit un ratio=10 .

Suivie par la famille des *Isotogastruridae* qui comporte 8 espèces réparties sur 1 genres, soit un ratio de 8, puis la famille des *Tullbergiidae* qui comporte 216 espèces réparties sur 32 genres, soit un ratio de 6, enfin *Pachytullbergiidae* qui comporte 4 espèces réparties sur 3 genres, soit un ratio de 1 , est la moins diversifié parmi les *Onychiuridae* .

1.5.1- Famille *Onychiuridae* (Lubbock, 1867)

Cette famille presente 3 sous famille ;

- *Onychiurinae* (Börner, 1901)
- *Tetrodontophorinae* (Stach, 1954)
- *Lophognathellinae* (Stach, 1954)

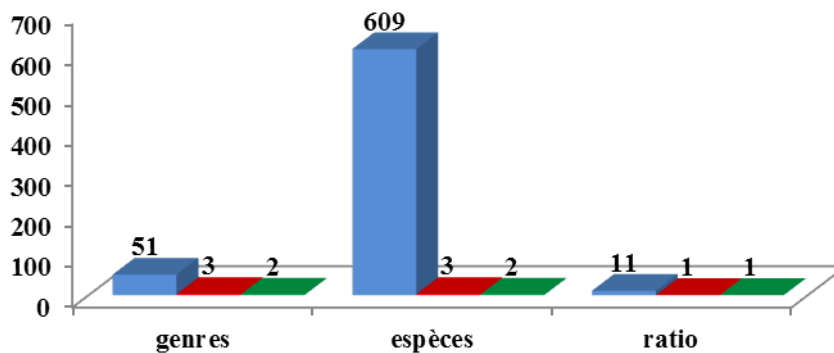


fig.14 :Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des sous familles des *Onychiuridae*.

■ *Onychiurinae* ■ *Tetrodontophorinae* ■ *Lophognathellinae*

Selon la figure 14, la sous famille la plus diversifié parmi les *Onychiuridae* est la sous famille des *Onychiurinae* qui comporte 609 espèces réparties sur 51 genres, soit un ratio de 11, suivie par la sous familles des *Tetrodontophorinae* qui comporte 3 espèces réparties sur 3 genre (ratio =1), la sous famille des *Lophognathellinae* a le même ratio que les *Tetrodontophorinae* (ratio=1), mais il se varie dans le nombre d'espèces (2 espèces) et le nombre de genre (2 genres). Ces deux sous famille sont aussi les moins diversifié parmi l'ordre des Poduromorpha et aussi parmi tous les Collemboles.

6.2. Ordre *ENTOMOBRYOMORPHA* (Börner, 1913)

Selon le tableau 2 et la figure 15 :

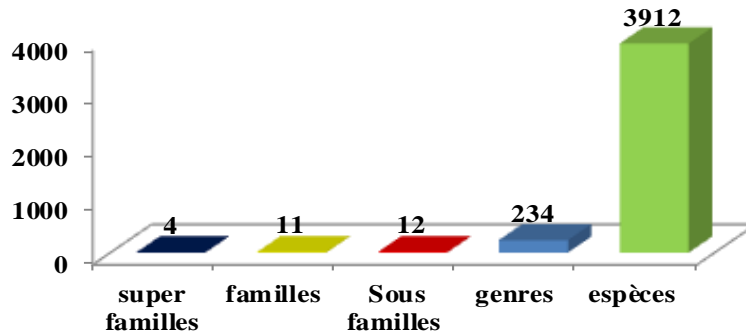


Fig.15: Fréquences absolues des super-, sous-, familles, genres et espèces ENTOMOBRYOMORPHA.

Entomobryomorpha (Börner, 1913), est représenté par 4 super-familles, 11 familles, 12 sous-familles, 234 genres et 3912 espèces. C'est l'ordre le plus diversifié au niveau de l'espèce parmi tous les ordres des Collemboles.

2.1- Superfamille *Tomoceroidea* (Szeptycki , 1979)

Tomoceroidea est représentée par deux familles ;

- *Oncopoduridae* (Carl & Lebedinsky , 1905)
- *Tomoceridae* (Schäffer, 1896)

Oncopoduridae comporte 54 espèces réparties sur 2 genres avec un ratio de 27, donc c'est la famille la plus diversifiée parmi *Tomoceroidea*, suivie par *Tomoceridae* qui comporte 169 espèces réparties sur 16 genres soit un ratio de 10.

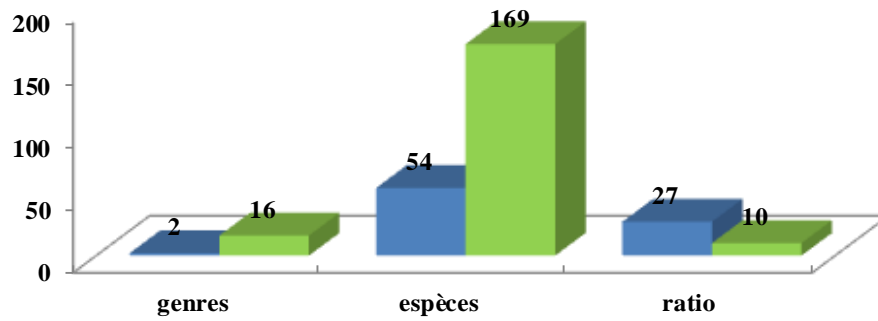


Fig.16: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Tomoceroidea*.

2.2- Superfamille *Isotomoidea* Szeptycki, 1979

Isotomoidea comporte 3 familles ;

- *Isotomidae* (Schäffer, 1896)
- *Actaletidae* (Börner, 1902)
- *Protentomobryidae* (Folsom, 1937)

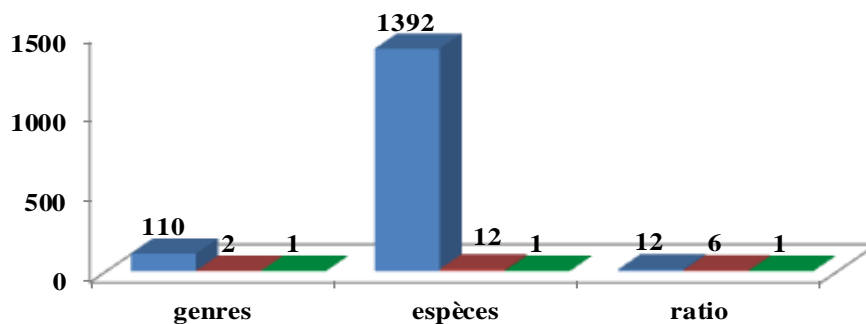


Fig.17: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Isotomoidea*.



Selon la figure 17, *Isotomoidea* est représentée par 1392 espèces réparties sur 110 genres, soit un ratio de 12 donc c'est la famille la plus diversifiée parmi les *Isotomidae*, suivie

par la famille des *Actaletidae* qui comporte 12 espèces réparties sur 2 genres, soit un ratio de 6. La famille la moins diversifiée est la famille des *Protentomobryidae* qui a seulement une (1) espèces et un (1) seul genre.

2.2.1- Famille *Isotomidae*

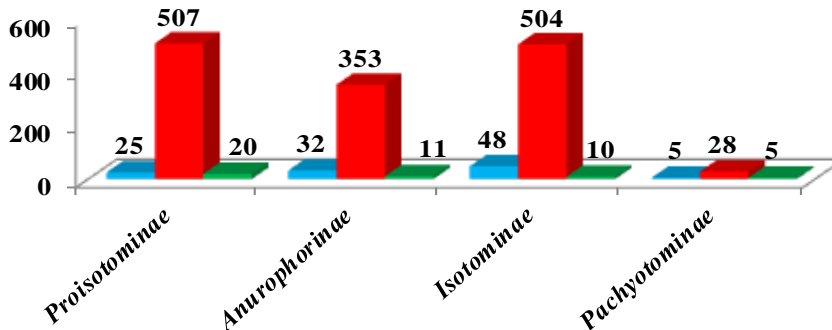


Fig.18: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Isotomidae*



Cette famille comporte 4 sous famille ;

- *Proisotominae* (Stach, 1947)
- *Anurophorinae* (Börner, 1901)
- *Isotominae* (Schäffer, 1896)
- *Pachyotominae* (Potapov, 2001)

La sous famille la plus diversifiée est *Proisotominae* qui comporte 507 espèces réparties sur 25 genres, soit un ratio de 20, suivie par *Anurophorinae* qui ont 353 espèces réparties sur 32 genres, et un ratio de 11, puis *Isotominae* représentée par 504 espèces réparties sur 48 genres, donc un ratio de 10, enfin *Pachyotominae* est la moins diversifiée par 28 espèces réparties sur 5 genres, soit un ratio de 5.

2.3 Superfamille *Entomobryoidea* (Womersley, 1934)

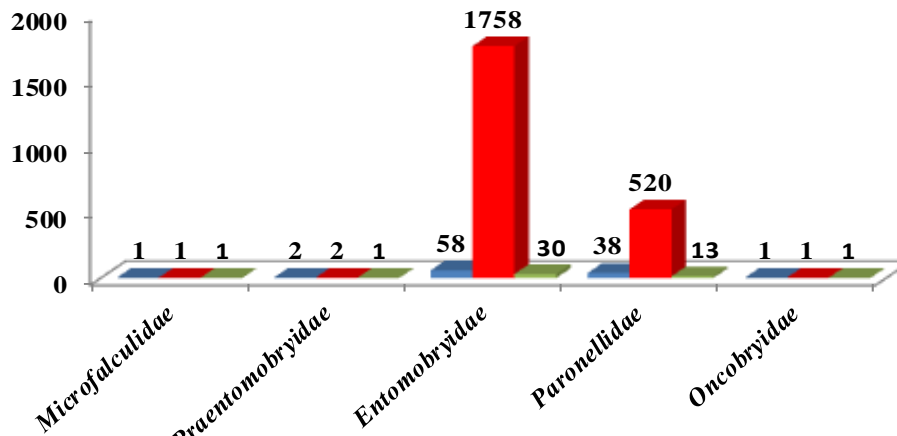


Fig.19: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Entomobryoidea*.



Cette superfamille est représentée par ;

- *Entomobryidae* (Schäffer, 1896)
- *Paronellidae* (Börner, 1913)
- *Microfalculidae* (Massoud & Betsch, 1966)
- *Praentomobryidae* (Christiansen & Nascimbene, 2006)
- *Oncobryidae* (Christiansen & Pike, 2002)

Selon la figure 19 la famille la plus diversifiée parmi *Entomobryoidea* est *Entomobryidae* qui comporte 1758 espèces réparties sur 58 genres avec un ratio de 30, suivie par *Paronellidae* qui est représentée par 520 espèces réparties sur 38 genres, soit un ratio de 13, et sur le même rang des familles les moins diversifiées on retrouve à la fois 3 famille avec le même ratio de 1 ;

- *Oncobryidae* : un (1) seul espèce et un (1) seul genre.
- *Microfalculidae* : un (1) seul espèce et un (1) seul genre.
- *Praentomobryidae* : deux (2) espèces et deux (2) genres.

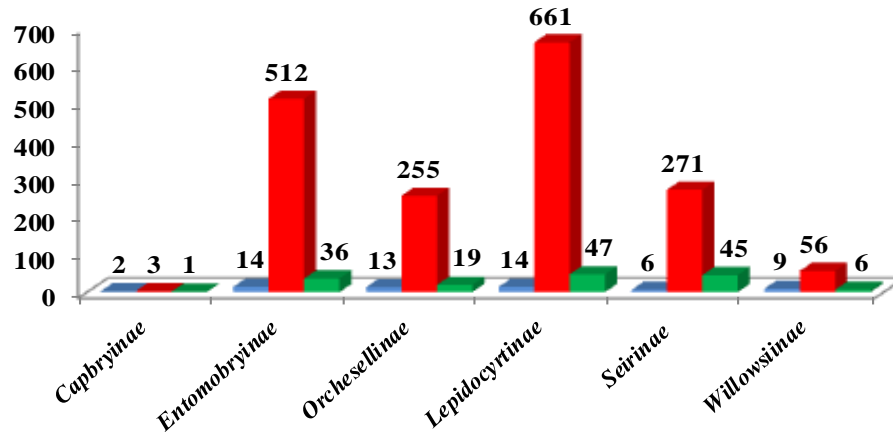


Fig.20: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des Entomobryoiidae.

■ genres ■ espèces ■ ratio

2.3.1- Famille *Entomobryoidae*

Cette famille est représentée avec 6 sous familles ;

- *Lepidocyrtinae* (Wahlgren , 1906)
- *Seirinae* (Yosii, 1961)
- *Entomobryinae* (Schäffer, 1896)
- *Orchesellinae* (Börner , 1906)
- *Willowsiinae* (Yoshii & Suhardjono, 1989)
- *Capbryinae* (Soto-Adames, Barra , Christiansen & Jordana , 2008)

On se réfère au figure 20 et tableau1, cette famille comporte les sous famille les plus diversifié parmi toutes les ordres des Collemboles, et on parle ici de ;

- *Lepidocyrtinae* : 661 espèces réparties sur 14 genres soit un ratio de 47.
- *Seirinae*: 271 espèces réparties sur 6 genres soit un ratio de 45.
- *Entomobryinae* : 512 espèces réparties sur 14 genres soit un ratio de 36.

Ces trois sous familles sont suivie par les *Orchesellinae* avec 255 espèces réparties sur 13 genres, et un ratio de 19 .les sous familles les moins diversifié parmi les *Entomobryoidae* sont ;

- *Willowsiinae* : 56 espèces réparties sur 9 genres soit un ratio de 6.
- *Capbryinae* : 3 espèces réparties sur 2 genres soit un ratio de 1.

2.4- Superfamille *Coenaletioidea* (Soto-Adames, 2008)

Cette super famille comporte seulement une seule famille : *Coenaletidae* (Bellinger, 1985), qui comporte 2 espèces réparties sur un seul genre, soit un ratio de 1.

6.3. Ordre *NEELIPLEONA* (Massoud, 1971)

Cet ordre ne contient qu'une seule famille : *Neelidae* (Folsom, 1896) et cette famille comporte 48 espèces réparties sur 5 genres, soit un ratio = 9. C'est l'ordre le moins diversifié parmi tous les ordres des Collemboles. Dans le monde, on connaît environ 44 d'espèces décrites (tableau 4).

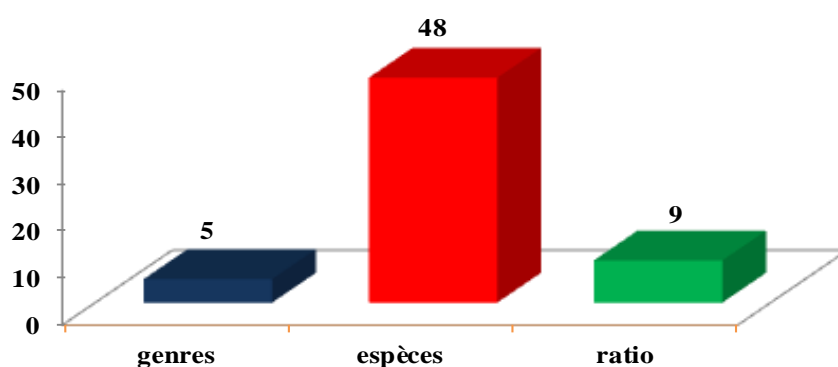


Fig.21: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des Neelidae.



Tableau 3.- Nombre d'espèces par genre des *Neelidae*.

Genre	Nombre d'espèces
<i>Acanthoneelidus</i>	1
<i>Megalothorax</i>	29
<i>Neelides</i>	7
<i>Neelus</i>	6
<i>Zelandothorax</i>	1
	44

Tableau 4.- Liste mondiale d'espèces NEELIPLEONA connu

Genres	Espèces	
<i>Acanthoneelidus</i> Bretfeld et Griegel, 2006	<i>A.pratensis</i> (Bretfeld & Griegel, 1999)	
<i>Neelus</i> Folsom, JW, 1896	<i>N.desantisi</i> Najt, 1971	
	<i>N.fimbriatus</i> Bretfeld & Trinklein, 2000	
	<i>N.klisurensis</i> Kovác et Papác, 2010	
	<i>N.koseli</i> Kovác et Papác, 2010	
	<i>N.labralisetosus</i> Massoud & Vannier, 1967	
	<i>N.murinus</i> Folsom, 1896	
<i>Neelides</i> Caroli, 1912	<i>N.sp.1</i> Greenslade, 1994	
	<i>N.sp.2</i> Janssens & Murray, 2014	
	<i>N.bisetosus</i> Bretfeld & Trinklein, 2000	
	<i>N.diana</i> (Christiansen & Bellinger, 1981)	
	<i>N.folsomi</i> Caroli, 1912	
	<i>N.minutus</i> (Folsom, 1901)	
	<i>N.snideri</i> Bernard, 1975	
<i>Megalothorax</i> Willem, 1900		
groupe minimus Papác & Kovác, 2013	<i>M.aquaticus</i> Stach, 1951	
	<i>M.carpathicus</i> Papác et Kovác, 2013	
	<i>M.minimus</i> Willem, 1900	
	<i>M.sanctistephani</i> Christian, 1998	
	<i>M.svalbardensis</i> Schneider et D'Haese, 2013	
	<i>M.tatrensis</i> Papác et Kovác, 2013	
	<i>M.tuberculatus</i> Deharveng & Beruete, 1993	
	<i>M.willemi</i> Schneider et D'Haese, 2013	
	groupe incertus Papác & Kovác, 2013	<i>M.draco</i> Papác et Kovác, 2013
		<i>M.hipmani</i> Papác et Kovác, 2013
<i>M.interruptus</i> Hüther, 1967		
<i>M.massoudi</i> Deharveng, 1978		
<i>M.nigropunctatus</i> Schneider et D'Haese, 2013		
groupe other Schneider & D'Haese, 2013	<i>M.perspicillum</i> Schneider et D'Haese, 2013	
	<i>M.granulosus</i> Schneider, et D'Haese, 2013	
groupe unresolved Schneider & D'Haese, 2013	<i>M.spinotricosus</i> Palacios et Sánchez, 1999	
	<i>M.albus</i> (Maynard, 1951)	
	<i>M.australis</i> Delamare Deboutteville, 1963	
	<i>M.boneti</i> Stach, 1960	
	<i>M.gabonensis</i> Massoud & Vannier, 1965	
	<i>M.incertus</i> Börner, 1903	
	<i>M.laevius</i> Denis, 1948	
	<i>M.piloli</i> (Christiansen & Bellinger, 1992)	
	<i>M.poki</i> (Christiansen & Bellinger, 1992)	
	<i>M.rapoporti</i> Salmon, 1964	
	<i>M.rubidus</i> Salmon, 1946	
	<i>M.subtristani</i> Massoud & Vanier, 1965	
	<i>M.tonoius</i> Palacios-Vargas et Sánchez, 1999	
	<i>M.tristani</i> Denis, 1933	
	<i>Zelandothorax</i> Delamare Deboutteville, 1963	<i>Z.novaezealandiae</i> (Salmon, 1944)

3.1- La répartition des espèces NEELIPLEONA par genre

D'après le tableau 3 et la figure 22, nous donnons la répartition des espèces sur les 5 genres de la famille des *Nellidae*, tout d'abord, cette famille est représentée par 5 genres ;

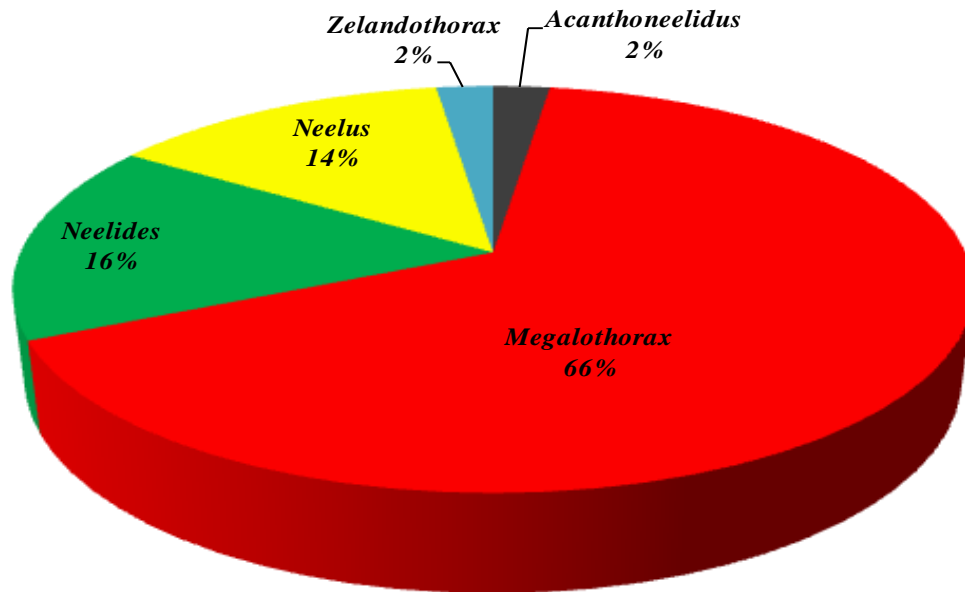


fig.22:Répartition, en pourcentage, d'espèces par genre des *Nellidae*.

- *Acanthoneelidus* Bretfeld, G et Griegel, A, 2006:46
- *Neelus* Folsom, 1896:
- *Neelides* Caroli, 1912
- *Megalothorax* Willem, 1900
- *Zelandothorax* Delamare Deboutteville, 1963

Le genre le plus diversifié est celle des *Megalothorax* avec 29 espèces qui représente un pourcentage de 66%, suivie par le genre des *Neelides*, avec 7 espèces et un pourcentage de 16%. Le genre des *Neelus* occupe la troisième rang avec 6 espèces et un pourcentage de 14%, enfin , on retrouve les deux ordres les moins diversifiés (rares) le *Megalothorax* et le *Zelandothorax*, avec un seul espèce et un pourcentage de 2% .

6.4. Ordre SYMPHYPLEONA (Börner, 1901)

Selon la figure 23, *Symphyleona* comporte 5 superfamilles, 10 familles, 4 sous familles, 270genres et 1272 espèces.

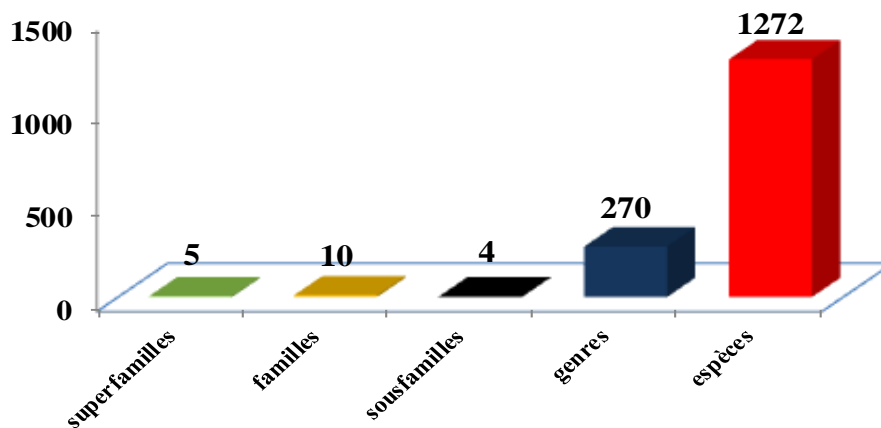


Fig.23: Fréquences absolues des super-, familles, sous-familles, genres et espèces des SYMPYPLEONA.

Les superfamilles *Symphyleona* sont ;

- *Sminthuridoidea* (Fjellberg , 1989)
- *Katiannoidea* (Bretfeld, 1994)
- *Sturmioidea* (Bretfeld, 1994)
- *Sminthuroidea* (Bretfeld, 1994)
- *Dicyrtomoidea* (Bretfeld, 1994)

4.1.- Superfamille Sminthuridoidea (Fjellberg , 1989)

Cette superfamille comporte deux (2) familles ;

- *Sminthurididae* (Börner, 1906)
- *Mackenziellidae* (Yosii, 1961)

Selon la figure 24, la famille la plus diversifié parmi *Sminthuridoidea* est *Sminthurididae* qui comporte 151 espèces réparties sur 11 genres, soit un ratio de 13, alors que *Mackenziellidae* est la moins diversifié avec seulement 1 espèce et 1 genre (ratio = 1).

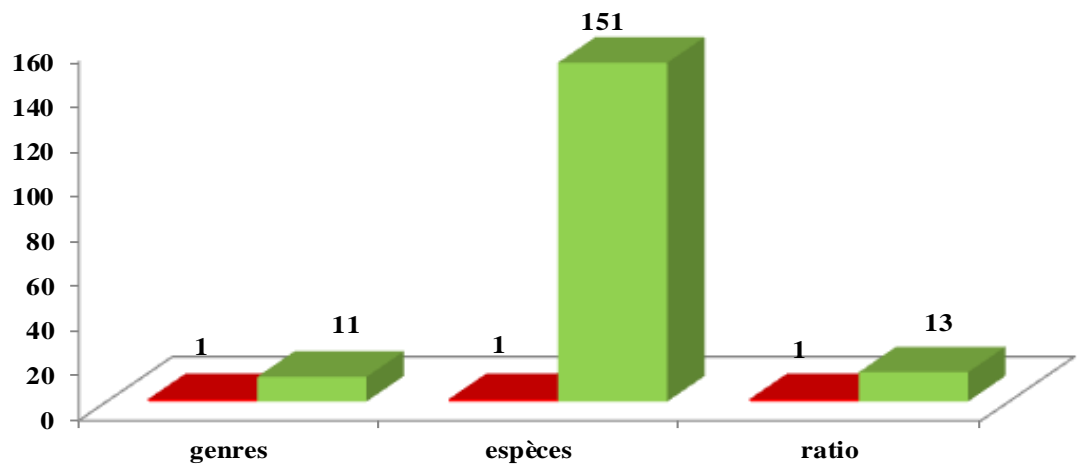


Fig. 24: Fréquences absolues, des genres et espèces *Sminthuridoidea*



4.2.- Superfamille *Katiannoidea* (Bretfeld, 1994)

Cette superfamille est représentée par 4 familles ;

- *Arrhopalitidae* (Stach, 1956)
- *Collophoridae* (Bretfeld G, 1999)
- *Spinothecidae* (Delamare Deboutteville, 1961)
- *Katiannidae* (Börner, 1913,)

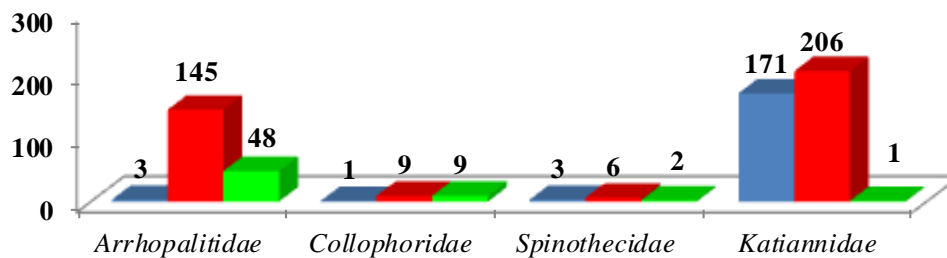


Fig. 25: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des familles *Katiannoidea*.



Selon la figure 25, *Arrhopalitidae* est la famille la plus diversifiée parmi *Katiannoidea*, elle comporte 145 espèces réparties sur 3 genres, soit un ratio de 48, parmi les Collemboles, cette famille occupe la première place au niveau de la diversité. Après *Arrhopalitidae* on retrouve *Collophoridae* qui comporte 9 espèces réparties sur un seul (1) genre, soit un ratio de 9, puis *Spinothercidae* avec 6 espèces réparties sur 3 genres, soit un ratio de 2. Enfin, *Katiannoidea* avec 206 espèces réparties sur 171 genres, soit un ratio de 1, donc cette famille est la moins diversifiée parmi *Katiannoidea*.

4.3.- Superfamille *Sturmioidea* (Bretfeld, 1994)

Comporte une seule (1) famille : *Sturmioidea* (Bretfeld, 1994), avec 3 espèces réparties sur un seul (1) genre, soit un ratio de 3.

4.4.- Superfamille *Sminthuroidea* (Bretfeld, 1994)

Cette superfamille comporte deux (2) famille ;

- *Sminthuridae* (Lubbock, 1862)
- *Bourletiellidae* (Börner, 1912)

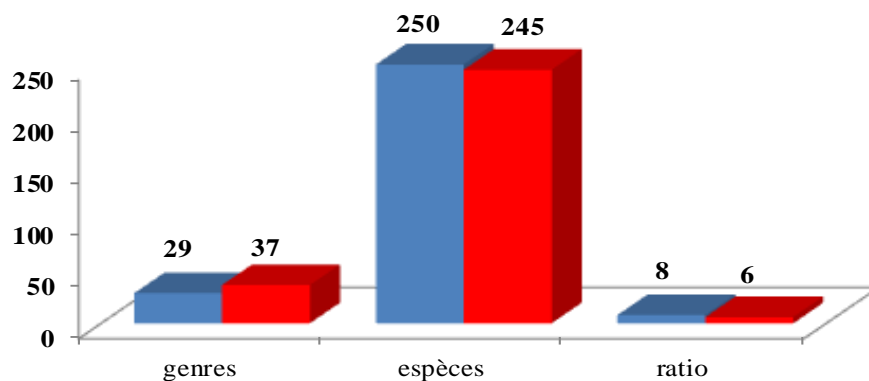


Fig. 26 : Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des *Sminthuroidea*.

■ *Sminthuridae* ■ *Bourletiellidae*

Selon la figure 21, *Sminthuridae* est la famille la plus diversifiée parmi *Sminthuroidea*, avec 250 espèces réparties sur 29 genres, soit un ratio de 8, suivie par la famille des *Bourletiellidae* avec 245 espèces réparties sur 37 genres, soit un ratio de 6.

4.4.1.- Famille *Sminthuridae* (Lubbock, 1862)

Cette famille comporte deux sous famille ;

- *Sminthurinae* (Lubbock, 1862)
- *Sphyrothecinae* (Betsch, 1980)

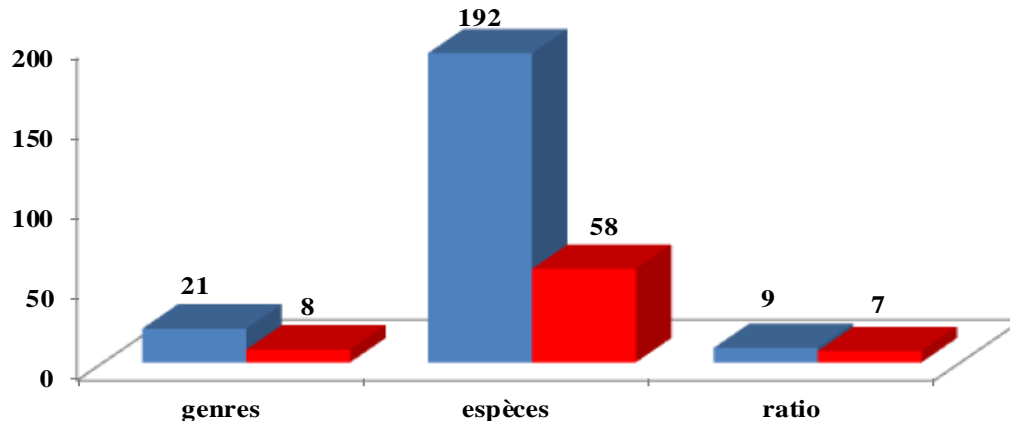


Fig. 27: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des sous familles des *Sminthuridae*.



Selon la figure 27, La sous famille parmi *Sminthuridae* la plus diversifié est *Sminthurinae*, avec 192 espèces réparties sur 21 genres, soit un ratio de 9, suivie par *Sphyrothecinae* ; avec 58 espèces réparties sur 8 genres, soit un ratio de 7.

4.4.- Superfamille *Dicyrtomoidea* (Bretfeld, 1994)

Comporte une seule (1) famille ; Dicyrtomidae (Börner, 1906)

Dicyrtomidae comporte deux sous familles ;

- *Ptenothricinae* (Richards, 1968)
- *Dicyrtominae* (Richards, 1968)

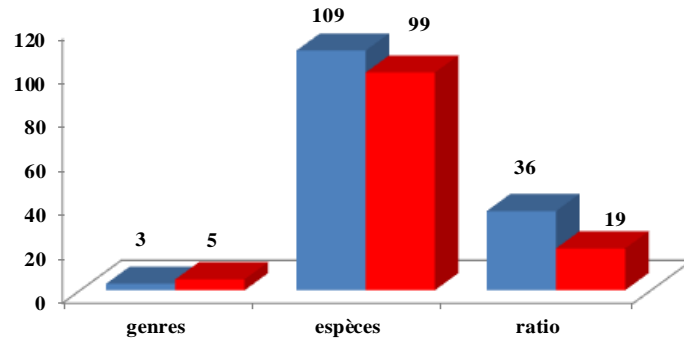


Fig. 28: Fréquences absolues des genres, espèces et ratio des sous familles *Dicyrtomidae*.

■ *Ptenothricinae* ■ *Dicyrtominae*

Selon la figure 28, la sous familles parmi *Dicyrtomidae* la plus diversifié est *Ptenothricinae* avec 109 espèces réparties sur 3 genres, soit un ratio de 36, suivie par *Dicyrtominae*, avec 99 espèces réparties sur 5 genres, soit un ratio de 19.

2.- Données actuelles sur les Collemboles d'Algérie

Les travaux systématiques sur les Collemboles d'Algérie sont très peu nombreux et sporadiques. A la fin du 19^{ème} siècle, Lucas, (1846 et 1849) cité par Thibaud et Massoud, (1980) signale quelques espèces difficiles à classer dans la Systématique actuelle. Au début du 20^{ème} siècle d'autres travaux sont venus s'ajouter. Absolon (1913) cité par Thibaud et Massoud (1980) décrit une espèce nouvelle d'une grotte près d'Alger. Il faut attendre les années 1920-1930 pour rencontrer des déterminations spécifiques valables ,grâce essentiellement aux travaux de Denis (1922-1925-1935-1937) et Handschin (1925,1926 et 1928) cités par Thibaud et Massoud (1980). Au milieu du siècle dernier d'autres travaux importants apportèrent leur contribution à la connaissance des Collemboles d'Algérie ,l'un de Cassagnau (1963) sur le Nord-Constantinois et l'autre de Stomp (1974) qui étudia des Collemboles cavernicoles des grottes glaciaires du Djurdjura.

Les principales espèces de Collemboles récoltées au Nord-Constantinois (Algérie) sont exposées dans le travail de Cassagnau (1963). Les espèces récoltées sont au nombre de 30, dont 21 nouvelles pour l'Afrique du Nord . Les espèces précitées appartiennent à 10 familles et 23 genres. L'auteur note que l'inventaire de la faune des Collemboles de l'Algérie demeure à ce jour mal connue et fragmentaire pour permettre la moindre conclusion d'ordre biogéographique ou écologique sur ce peuplement.

Thibaud et Massoud, (1980) présentent une liste des Collemboles d'Afrique du Nord de 1846 à 1974 avec un aperçu biogéographique de cette faune.

De 1846 à 1980, les auteurs énumèrent 103 espèces de Collemboles en Algérie qui se répartissent entre 13 FAMILLES des 4 ordres des Collemboles

Il y a lieu d'ajouter la famille des *ONCOPODURIDAE* Denis, 1932 : genre *Oncopodura* Carl & Lebedinsky (1925) représentée par 2 espèces :*Oncopodura crassicornis* Shobotham, 1911 récoltée par Cassagnau (1963) dans le sol profond de la région de Annaba et *Oncopodura delhezi* récoltée par Stomp (1974) dans les grottes du massif du Djurdjura . Ces 2 espèces sont rattachées par Thibaud et Massoud (1980) et par Cassagnau (1963) dans leurs listes parmi les *Cyphoderidae*, alors que les révisions systématiques récentes les placent parmi les *Oncopoduridae* (Jordana et Arbea 1989) et (Jordana et Arbea, 1997).

Dans un travail récent, Hamra-Kroua (2005), entreprend une étude plus détaillé sur l'Ecologie, la Systématique et la biogéographie des collemboles nord-est de l'Algérie. L'auteur offre la première étude taxonomique d'envergure au niveau de l'espèce qui révèle la présence

de 113 espèces. L'inventaire du pays est enrichi par un apport de 56 espèces nouvelles, dont 49 sont signalées pour la première fois en Afrique du nord. Le caractère le plus inattendu de cette faune est la diversité spécifique des *Neanuridae* rencontrés au massif de l'Edough avec 19 espèces contre seulement 10 pour le reste du pays. Le même auteur trouve une étonnante diversité du genre *Friesea* avec 8 espèces dont 3 sont nouvelles pour la science: *Friesea laouina* (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004), *Friesea major* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004), *Friesea algerica* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana, 2004) et une nouvelle espèce pour la science appartenant à la sous-famille des *Neanurinae* : *Deutonura zana* (Deharveng, Hamra-Kroua et Jordana 2004).

Du point de vue systématique, la diversité de la faune algérienne des Collembolés est très réduite (104 espèces signalées appartenant à 13 familles et 58 genres) et ne représente certainement pas l'immensité du pays et la diversité de ses biotopes. Cette faune est insignifiante comparée à 7650 espèces, 621 genres et 45 familles et sous-familles recensés dans le monde (Hamra-Kroua, 2005).

En 2006, Ait Mouloud s'intéresse particulièrement aux Collembolés de la zone de transition entre écosystème aquatique et terrestre, au niveau de quelques zones humides du Nord-Est de la grande Kabylie, et d'une tourbière (Freychinède) des Pyrénées centrales (France). Son travail a donné 15 familles, 58 genres et 113 espèces: 65 espèces dans les zones humides de Kabylie et 63 espèces dans la tourbière de Freychinède. Dans les tourbières du Nord-Est de la Kabylie, cette faune se compose de 14 familles, 44 genres et 65 espèces; dans celle de Freychinède il a dénombré 15 familles, 41 genres et 63 espèces.

En 2007 le même auteur décrit en collaboration un nouveau genre (*Edoughnura*) et 4 espèces nouvelles pour la science: *Edoughnura rara* (Deharveng, Hamra-Kroua et Bedos, 2007) et *Entomobrya numidica* (Baquero, Hamra-Kroua et Jordana, 2009), *Friesea major* (Hamra-Kroua, Jordana et Deharveng, 2009) et la redescription de *Isotominella geophila* (Jordana, Hamra-Kroua et Baquero, 2009) et *Superodontella tayaensis sp. Nov* (Hamra-Kroua, Arba & Brahim-Bounab, 2013)

d'après le tableau 5, nous avons les résultats suivants :

- De 1846 à 1980, les auteurs énumèrent 103 espèces de Collembolés en Algérie qui se répartissent sur 55 genres et 17 familles des 4 ordres des Collembolés.

- En 2005, les auteurs énumèrent 161 espèces de Collemboles en Algérie qui se répartissent sur 76 genres et 17 familles des 4 ordres des Collemboles.
- En 2014, les auteurs énumèrent 183 espèces de Collemboles en Algérie qui se répartissent sur 84 genres et 17 familles des 4 ordres des Collemboles.

Tableau 5.- Évolution du nombre d'espèces de Collemboles en Algérie de 1980 à 2014

Ordre	Superfamille	Famille	Sous famille	1980		2005		2014	
				sp	g	sp	g	sp	g
PODUROMORPHA	Poduroidea	Poduridae		1	1	1	1	1	1
	Hypogastruroidea	Hypogastruridae		14	7	23	10	25	11
	Neanuroidea	Brachystomellidae		×	×	2	1	2	1
				12	10	29	12	33	15
		Frieseinae		1	1	8	1	10	1
			Neanurinae		8	7	11	6	13
	Pseudachorutinae		3	2	9	5	10	6	
	Onychiuroidea	Onychiuridae		11	7	16	8	17	8
Odontellidae			×	×	5	3	6	3	
Σ				38	25	76	35	84	38
ENTOMOBRYOMORPHA	Isotomoidea	Isotomidae		21	11	28	15	31	17
	Entomobryoidea	Entomobryidae		22	6	29	8	33	8
		Cyphoderidae		4	1	4	1	5	1
	Tomoceroidea	Oncopoduridae		2	1	2	1	2	1
		Tomoceridae		1	1	1	1	2	1
Σ				50	20	64	26	73	28
NEELIPL-EONA		Neelidae		1	1	2	2	2	2
SYMPHYPLEONA	Katiannoidea	Arrhopalitidae		×	×	1	1	2	1
		Katiannidae		×	×	3	1	4	2
	Dicyrtomoidea	Dicyrtomidae		3	2	4	2	4	2
	Sminthuroidea	Sminthuridae		8	5	8	7	10	8
			Sminthurinae		×	×	×	×	4
Sminthuridoidea	Sminthurididae		3	2	3	2	4	3	
Σ				14	9	19	13	24	16
4	11	17	TOTAL	103	55	161	76	183	84

IV-DISCUSSION ET CONCLUSION**1- Inventaire mondial**

Durant ces derniers 400 millions années. Les Collemboles on put de diversifiée pour atteindre leur nombre actuelle (plus de 8000 espèces). Cette diversité est présente dans tous les niveau hierarchique : Ordre, superfamille, famille, sousfamille, genre et espèce.

Les nouvelles approches et les nouveaux outils d'analyse en systématique des Collemboles rapportés par Deharveng (2004), ne considèrent plus les Collemboles comme faisant partie de la classe des Insectes, ils sont séparés de ces derniers et élevés au rang de classe: *Collembola* avec quatre ordres: *ARTHROPLEONA*, *METAXYPLEONA*, *NEELIPLEONA*, *ENTOMOBRYOMORPHA*, et *SYMPHYPLEONA*, divisés à leurs tour en super-familles et sous-familles. La classe des *Collembola*, tout comme celles des *Protura* et des *Diplura*, font partie de la super-classe des *Hexapoda*. (Bretfeld 1994 et 1999).

La classification actuelle est une combinaison entre les deux systèmes (Linéen et cladistique) elle est basée sur la phylogénie ou les systèmes de proposés par Cassagnau (1971), Massoud (1976), Moen & Ellis (1984), Bretfeld (1986), Fjellberg (1994), Soto-Adames (1996), D'Haese (2002, 2003), et Deharveng (2004). Les deux derniers auteurs contrairement à Moen & Ellis (1984) et Stebaeva (1988) ne maintiennent pas les *Metaxypleona* parmi les ordres des Collemboles.

Les Collemboles, groupe d'hexapodes le plus diversifié dans le sol où ils jouent un rôle essentiel dans le cycle de la matière organique sont présents dans tout le monde. En raison de leur faible mobilité, leur diversification écologique, les Collemboles sont considérés comme marqueurs biogéographiques.

Les quatre ordres des Collemboles ont des différent nombre d'espèces et genres ce qui agit sur le ratio et par conséquent la diversité entre les ordres d'une part, d'une autre part dans l'ordre lui-même entre les superfamilles, les familles, les sous familles. Sans doute *Entomobryomorpha* qui dominant par leurs nombre d'espèces car ils représentent la moitié des espèces décrites dans le monde alors que la deuxième moitié est représentée par *Poduromorpha*, *Symphypleona* et *Neelipleona*.

La même hiérarchie est trouvée dans les autres niveaux du classement, sauf dans le :

- nombre des genres où *Poduromorpha* occupent le premier rang
- l'égalité au niveau du nombre des superfamilles entre *Entomobryomorpha* et *Symphyleona*
- l'égalité au niveau du nombre des familles entre *Entomobryomorpha* et *Poduromorpha*

La famille *Neanuridae* (*Poduromorpha*) est la plus diversifiée, il serait permis de dire qu'au Dévonien il y avait déjà, au moins, deux grandes lignées de Collemboles des Neanuriens et des Isotomides (Thibaud, 2010). Alors que parmi *Neanuridae*, la sous famille *Frieseinae* est la plus diversifiée et occupé la troisième position parmi les sous-familles des quatre ordres des Collemboles.

La famille *Entomobryidae* (*Entomobryomorpha*) est la plus diversifié et contient deux sous-familles les plus diversifiées parmi les quatre ordres des Collemboles : *Lepidocyrtinae* et *Seirinae*.

La famille *Arrhopalitidae* (*Symphyleona*), est la plus diversifiée parmi toutes les familles des Collemboles.

Neelipleona présente un nombre d'espèces très faible, avec seulement 48 espèces parmi 8000. La rare diversité des *Neelipleona* est observée aussi dans le nombre des familles et des genres (1 famille et 5 genres), alors que l'analyse cladistique basé sur ; DNA 16S r, COX1 et 28S r DNA régions D1 et D2. Indique que *Neelipleona* sont plus diversifie par rapport qui était avant. Probablement plusieurs espèces sont encore a découvre. (Schneider,Cruaud, D'Haese ,2011)

La famille *Neelidae* est décrite par Folsom (1896), qui a décrit *Neelus murinus* dans Cambridge (USA). Traditionnellement les *Neelidae* été relié au *Symphyleona sensu stricto*

(Börner 1906, Salmon 1964). Massoud (1971) place les Neelidae dans un sous-ordre : Neelipleona. Puis il a élevé au rang des ordres en 1976.

Massoud considère que les caractères morphologiques spécifiques des Neelipleona distingue le groupe des trois ordres reconnues des Collemboles (*Poduromorpha*, *Entomobryomorpha* et *Symphypleona*) et maintenant les *Neelipleona* sont classées au rang d'ordre selon plusieurs publications taxonomique et phylogénétiques récents (e.g.D'Haese 2003a, Deharveng 2004, Janssens 2009, Xiong et al. 2008).

2- Inventaire nationale

Les travaux de Cassagnau (1963), Stomp (1974, 1980), Thibaud et Massoud (1980) Hamra- Kroua (2005) et Ait mouloud(2006) et surtout celles de Hamra-Kroua après 2005 et jusqu'à 2014 ont permit de connaitre actuellement en Algérie, 183 espèces des Collemboles réparties sur 84 genres.

Poduromorpha ont le plus grand nombre d'espèces et des genres, puis *Entomobryomorpha* et *Symphypleona* et enfin *Neelipleona* avec seulement les deux espèces à répartition cosmopolite *Neelus murinus* Folsom, 1896 et *Megalothorax minimus* Willem, 1900. Le caractère exceptionnel des Poduromorpha est celle de la sous-famille Frieseinae (Famille : *Neanuridae*) avec en particulier une diversification extraordinaire du genre *Friesea*, dont il n'existe aucun équivalent au monde. (Hamra-Kroua, 2005).

En Algérie, parmi *Entomobryomorpha*, il y' a deux familles qui dominant par leurs nombres d'espèces : *Isotomidae* et *Entomobryidae*, alors que la famille la plus divesifiée est *Cyphoderidae* tandis que *Symphypleona* présente une faible nombre d'espèces par rapport la faune Collembologique mondial.

Sur l'abondance des Collemboles en Algérie, le massif de l'Edough se distingue plus que d'autres massifs montagneux méditerranéens par :

- une richesse exceptionnelle en Collemboles *Neanuridae* :10 espèces seulement sont connues d'Algérie et 19 à l'Edough.

- une richesse aussi particulière qu'inexplicable du genre *Friesea* avec 10 espèces, contre 6 seulement aux Pyrénées françaises, plus vastes et intensément étudié.
- Une richesse modérée mais inattendue du genre *Ceratophysella* avec 4 espèces,

C'est le principal caractère original de la faune des Collemboles du Nord-Est algérien.(Hamra-Kroua, 2005).

Enfin, les *NEELIPLEONA* sont représentés par deux espèces à répartition cosmopolite *Neelus murinus* Folsom, 1896 et *Megalothorax minimus* Willem, 1900 appartenant à l'unique famille (*Neelidae*) connue de cet ordre.(Hamra-Kroua , 2005).

3- Conclusion générale

La faune Collembologique mondiale connue actuellement 8509 espèces réparties sur 4ordres, 14 super-familles, 34 familles, 25 sous-familles et 838 genres avec des différences remarquable au niveau de la diversité entre et dans toutes les degrés de la taxonomie ce qui suggère l'existence des facteurs qui contrôlent cette diversité.

En Algérie, cette faune est constituée par 4 ordres, 11 superfamilles, 17 familles, 3 sous familles, 84 genres et 183 espèces. Pour une meilleure connaissance de cette faune,il serait très souhaitable d'étendre la prospection à d'autres massifs forestiers envers toutes les massifs forrestiers de l'Algérie.

Cependant cette étude reste incompleté et mérite d'être mieux approfondie.Nous envisageons de faire des études sur les différence de diversité entre les taxons et faire justifier cette diversité par des preuves irrefutables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1. AitMouloud S., 2006.** Etude de la biodiversité des Collemboles sur l'Écotone eau; sol forestier dans les zones humides de la Kabylie et d'une tourbière des Pyrénées: Systématique, Ecologie, Biogéographie. Thèse de doctorat d'Etat en biologie option: écologie animale, université Mouloud Mammeri, TiziOuzou, 122p.
- 2. Amri C., 2006.** Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien: Inventaire et dynamique saisonnière. Mémoire de Magistère Entomologie, Université Mentouri Constantine. 101p.
- 3. Bach de Roca, C., Gaju-Ricart, M. et Compte-Sart, A. 1999.** Recientes aportaciones filogenéticas sobre los "Apterygota" [Collembola included]., Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, Núm. 26, 1999, p.379-395.
- 4. Brahim Bounab, H., 2011.** Contribution à l'étude des Collemboles litéricole de trois régions forestières du Nord-Est Algérien. Mémoire de Master Entomologie, Université Constantine 1. 82p.
- 5. Bellinger P.F., Christiansen, K.A. & Janssens, F., 1996; 2009.** Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>
- 6. Bretfeld, G. 1999.** Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 2. Symphypleona., Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz, Band 71, Heft 1, 1999, p.1-318.
- 7. Bush, J.W.M. et Hu, D.L. 2006.** Walking On Water: Biocomotion at the Interface [Collembola included]., Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 38, January 2006, p.339-369.
- 8. Betsch (J.-M.) - 1980.** – Eléments pour une Monographie des Collemboles Symphypléones. Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle A, Zool., 116 : 3-227.
- 9. Brauner (U.) - 1981.** – Vergleichende anatomische Untersuchungen zum Nervensystem der Collembolen. Zoologische Jb. Anat., 105 : 259-290.
- 10. Cassagnau (P.) - 1990.** – Des Hexapodes vieux de 400 millions d'années : les Collemboles. Année Biologique, 29 : 1-69.

- 11.** Carapelli, A., Lió, P., Nardi, F., van der Wath, E. et Frati, F. 2007. Phylogenetic analysis of mitochondrial protein coding genes confirms the reciprocal paraphyly of Hexapoda and Crustacea [Collembola included]., from Second Congress of Italian Evolutionary Biologists (First Congress of the Italian Society for Evolutionary Biology), Florence, Italy. 4-7 September 2006, BMC Evolutionary Biology 2007, 7 (Suppl 2), S8, 16 August 2007, p.S8.
- 12.** Christiansen, K.A. in Dindal, D.L. 1990. Insecta: Collembola., Soil biology guide., John Wiley et Sons, New York, Chichester etc., 1990, p.965-995.
- 13.** Christiansen, K.A. et Nascimbene, P. 2006. Collembola (Arthropoda, Hexapoda) from the mid Cretaceous of Myanmar (Burma)., Cretaceous Research, 2006, 27, p.318-363.
- 14.** Christiansen, K.A. et Pike, E. 2002. Cretaceous Collembola (Arthropoda, Hexapoda) from the Upper Cretaceous of Canada., Cretaceous Research, 2002, 23, p.165-188.
- 15.** Clément Schneider, Corinne Cruaud et Cyrille A. D'Haese, 2011. Unexpected diversity in Neelipleona revealed by molecular phylogeny approach (Hexapoda, Collembola) SOIL ORGANISMS Volume 83 (3) pp. 383–398.
- 16.** Cook, C.E., Yue, Q.-Y. et Akam, M. 2005. Mitochondrial genomes suggest that hexapods and crustaceans are mutually paraphyletic [Collembola included]., Proceedings of the Royal Society B, 2005, 272, p.1295-1304.
- 17.** Dallai, R. et Malatesta, E. 1973. Recherche sui Collemboli. XIX. La fine struttura epicuticolare di Podura ed Actaletes., Redia, vol. LIV, 1973, p.135-139.
- 18.** Dallai, R., Fanciulli, P.P. et Frati, F. 2000. Post-zygotic Sex-determination in Symphypleonan Collembola: cytological implications and evolutionary significance., Rendiconti, Anno XLVIII - 2000, p.35-63.
- 19.** De Bruyn, L., Barra, J.-A. & Janssens, F. 2000-2004. Some notes on the Ultrastructure of the Cuticula of Collembola (Pancrustacea). (in prep.).
- 20.** Deharveng, L. 2004. Recent advances in Collembola systematics., 6th International Seminar on Apterygota, Siena, Italy, 2002, Pedobiologia, 48, 2004, p.415-433.

- 21.** Deharveng, L. in Christiansen, K. 2000. (in litt.) A tentative key to Poduromorpha families and subfamilies, email, 2000.09.23.
- 22.** Deharveng (L.) & Thibaud (J.-M.) - 1989. – Acquisitions récentes sur les Insectes.Collembolés d'Europe. Mémoires de Biospéologie, 16 : 145-151.
- 23.** Deharveng L. et Hamra; Kroua S., 2004. Une nouvelle espèce de Friesea Dalla Torre, 1895, du massif de l'Edough, Nord; Constantinois, Algérie (Collembola, Neanuridae). Bull. Soc. entomol. de France, 109(2):141;143.
- 24.** Deharveng L., Hamra; Kroua S. & Jordana R., 2004. The Neanuridae Collembola from the Edough massif (Algeria) XIth International Colloquium on Apterygota, Univ. Rouen Mont Saint Aignon, (France), September 5th to 9th.
- 25.** 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.
- 26.** D'Haese, C.A. 2002. Were the first springtails semi-aquatic? A phylogenetic approach by means of 28S rDNA and optimization alignment., Proc. R. Soc. Lond., B (2002), 269, p.1143-1151.
- 27.** 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, November 2003, p.563-586.
- 28.** D'Haese (C.) - 2004. – Phylogénie des hexapodes et implications pour l'hypothèse de leur origine aquatique. Journal de la Société de Biologie, 198 : 311-321.
- 29.** Fjellberg, A. in Dallai, R. 1989. Redescription of Mackenziella psocoides Hammer, 1953 and discussion of its systematic position (Collembola, Mackenziellidae)., Third International Seminar on Apterygota, Siena, Italy, p.93-105.
- 30.** Giribet, G., Edgecombe, G.D. et Wheeler, W.C. 2001. Arthropod phylogeny based on eight molecular loci and morphology [Collembola included]., Nature, Vol 413, 13 September 2001, p.157-161.

- 31.** Hamra;KrouaS.,2005.LesCollemboles(Hexapoda,Arthropoda)duNord;Estalgérien:Taxonomie, Biogéographie et Ecologie. Thèse de doctorat d'Etat en sciencesnaturelles,universitéMentouri,Constantine.266p.
- 32.** Hamra-Kroua S. & Cancela da Fonseca J.P., 2009. Dynamique saisonnière d'unpeuplementdeCollembolesd'un sol agricole de la ferme pilotée d'El;Baaraouia (WilayadeConstantine,Algérie).Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie,n°31(1):48;59.
- 33.** Hamra-KrouaS.,JordanaR.&DeharvengL.,2009.AnewFrieseaof the mirabilis;group from Algeria(Collembola:Neanuridae,Frieeseinae).Zootaxa2074:65;68.
- 34.** Hamra-KrouaS.JI.Arbea,&H,Brahim-Bounab.,2013 Collembola Poduromorpha from Guelma Province (Northeastern Algeria), with description of a new *Superodontella* species(Collembola:Odontellidae)
- 35.** Handschin, E. in Dahl, F. 1929. Die Tierwelt Deutschlands. 16. Teil. Urinsekten oder Aperygota (Protura, Collembola, Diplura und Thysanura). Jena. p.1-150.
- 36.** Handschin, E. 1955. Considérations sur la position systématique des Collemboles., Mémoires de la Société Royale d'Entomologie de Belgique, Tome Vingt-Septième, Volume Jublaire, 1955, p.40-53.
- 37.** Hopkin, S.P. 1997. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)., Oxford University Press. 1997. p.1-330.
- 38.** Janssens, F. 1999-2007. Note on the Morphology and Origin of the Foot of the Collembola. (in prep.).
- 39.** Janssens, F. 2000-2005. Note on the Collembolan Ordinal Morphogenetic Relationships (Hexapoda: Collembola). (in prep.).
- 40.** Janssens, F. et Christiansen, K.A. in Zhang, Z.-Q. 2011. Class Collembola Lubbock, 1870. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness., Zootaxa 3148, 23 Dec. 2011, p.192-194.
- 41.** Jordana, R. et Arbea, J.I. in Ramos, M.A. & al. 1997. Collembola, Poduromorpha, Familia Poduridae y Familia Hypogastruridae. Fauna Ibérica, vol. 8., Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, p.1-233.

- 42.** Lee, B.-H. et Thibaud, J.-M. 1998. New Family Gulgastruridae of Collembola (Insecta) Based on Morphological, Ecobiological and Molecular Data., Korean J. Biol. Sci. 2, 1998, p.451-454.
- 43.** Lubbock, J. 1873. Monograph of the Collembola and Thysanura., Ray Society, London, p.1-276.
- 44.** Moen, P. et Ellis, W.N. 1984. Morphology and Taxonomic Position of Podura aquatica (Collembola). Entomol. Gener. 9(4), Stuttgart, p.193-204.
- 45.** Palacios-Vargas, J.G. 1990. Diagnosis y clave para determinar las familias de los Collembola de la Región Neotropical., Manuales y Guías para el Estudio de Microartrópodos, I, p.1-15.
- 46.** Palacios-Vargas, J.G. in Bousquets, J.L. et Luna, I. 1994. XXI. Problemas en la taxonomía de algunos artrópodos: hexapoda (apterygota) [Collembola included]. In: Taxonomía biológica., Fondo de Cultura Económica, UNAM, p.397-418.
- 47.** Park, K.-H. 2002. Phylogenetic Analysis of Collembola Based on Highly Variable Region of 28S rRNA Gene Sequence., Korean J. Genetics, 24 (1), March 2002, p.21-29.
- 48.** Regier, J.C. et Shultz, J.W. 1997. Molecular Phylogeny of the Major Arthropod Groups Indicates Polyphyly of Crustaceans and a New Hypothesis for the Origin of Hexapods [Collembola included]., Mol. Biol. Evol., 14 (9), 1997, p.902-913.
- 49.** Salmon, J.T. 1964. An Index to the Collembola, Volume 1, Royal Society of New Zealand, Bulletin No.7, Wellington, p.1-144.
- 50.** Schneider, C., Cruaud, C. et D'Haese, C. 2011. Unexpected diversity in Neelipleona revealed by molecular phylogeny approach (Hexapoda, Collembola)., Soil Organisms, Volume 83 (3), 2011, p.383-398.
- 51.** Soto-Adames, F.N. in Maddison, D.R. et Maddison, W.P. 1996. The Tree of Life Project. Collembola.
- 52.** Soto-Adames, F.N., Barra, J.-A., Christiansen, K. et Jordana R. 2008. Suprageneric Classification of Collembola Entomobryomorpha., Annals of the Entomological Society of America, Vol. 101, no. 3, May 2008, p.501-513.

- 53.** Szeptycki, A. 1979. Chaetotaxy of the Entomobryidae and its phylogenetical significance, Morpho-systematic studies on Collembola IV, Kraków, p.1-218.
- 54.** Thibaud, J.-M. 1970. Biologie et écologie des Collemboles Hypogastruridae édaphiques et cavernicoles., Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Nouvelle Série, Série A, Zoologie, Tome LXI, Fascicule 3, p.83-201.
- 55.** Thibaud (J.-M.) & Deharveng (L.) - 1994. – Collembola, inEncyclopaediaBiospeologica, Moulis - Bucarest : 267-276.
- 56.** Thibaud (J.-M.) - 2007. – Recent advances and synthesis in biodiversity and biogeography of arenicolous Collembola. Annales de la Société entomologique de France, 43 : 181-185.
- 57.** Tlilani & Gacem 2013. LesCollemboles(Hexapoda,Arthropoda)duNord;Estalgérien: nouvelles espèces pour les pays du Maghreb. Mémoire de Master Entomologie, Université Constantine 1 .78p.
- 58.** Xiong, Y., Gao, Y., Yin, W.-Y. et Luan, Y.-X. 2008. Molecular phylogeny of Collembola inferred from ribosomal RNA genes., Molecular Phylogenetics and Evolution, 49, p.728-735.
- 59.** Zhang, Z.-Q. in Zhang, Z.-Q. 2011. Phylum Arthropoda von Siebold, 1848. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness., Zootaxa 3148, 23 Dec. 2011, p.99-103.

<i>Année universitaire : 2013-2014</i>	<i>Présenté par : DERRADJ LOTFI</i>
<p>Les Collemboles (<i>Hexapoda, Arthropoda</i>) Répertoire mondial et national des espèces connues</p>	
<p><i>Mémoire pour l'obtention du diplôme de master</i></p> <p>Option</p> <p>Biologie, Evolution et contrôle des Population d'Insectes</p>	
<p><i>Résumé :</i></p> <p>Dans le monde, les Collemboles sont divisé en quatre ordre, représentées par 15 superfamilles, 34 familles, 25sousfamilles,838 genres et 8509 espèces. Avec la dominance des <i>Entomobryomorpha</i> au niveau de la diversité et le nombre d'espèces suivie succicivement par <i>Poduromorpha</i> et <i>Symphyleona</i>, et parmi ces trois ordre dominant les familles <i>Entomobryidae</i>, <i>Neanuridae</i> et <i>Arrhopalitidae</i>. Au contraire <i>Neelipleona</i> est l'ordre le moins divesifié.</p> <p>La faune collembologique d'Algérie connait 183 espèces réparties sur 84 genres, 17 familles, 4 sousfamilles et 11 superfamilles.</p> <p>Cette faune représente des caractères, qui sont : la diversité des <i>Poduromorpha</i> et <i>Entomobryomorpha</i>, parmi eux on retrouve deux familles les plus diversifiées <u><i>Cyphoderidae</i></u> et <i>Neanuridae</i>, cette dernière à une caractére exceptionnelle qui est la diversité remarquable du genre <i>Friesea</i> (10 espèces).</p>	
<p><i>Mots clés :</i> Collemboles, Répertoire, Diversité, <i>Neanuridae</i>, <i>Friesea</i></p>	
<p><i>Structure de recherche :</i> Laboratoire de biosystématiques et écologie des Arthropodes</p> <p style="text-align: center;">Université, Constantine 1</p>	
<p><i>Rapporteur :</i> Pr .Hamra-Kroua Salah</p>	

