

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie



MEMOIRE

Pour l'Obtention du Diplôme de Magister en Biologie

Option : Ecologie et Biodiversité Animale des Ecosystèmes
Continentaux

Présenté par **BOUNOUA Sabrina**

THEME



Soutenu devant le jury composé de :

Mr KELLOUCHE Abdellah	Professeur UMMTO	Président
Mr AIT MOULOUD Salah	Maître de conférences « A » UMMTO	Promoteur
Mr LOUNACI Abdelkader	Professeur UMMTO	Examineur
Mr AMROUN Mansour	Maître de conférences « A » UMMTO	Examineur
Mme MEDJDOUB Ferroudja	Maître de conférences « A » UMMTO	Examinatrice

Soutenu le 11/ 06/ 2012

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout Dieu (Allah) le tout puissant de m'avoir accordé force et volonté pour terminer ce travail.

Monsieur KELLOUCHE Abdallah, Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO) , m'a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, qu'il soit assuré de nos respectueuses et vives reconnaissances.

Monsieur AIT MOULOUD Salah, Maître de conférences « A » à l'UMMTO, pour avoir voulu diriger ce travail, pour ses conseils, sa disponibilité, la correction du manuscrit malgré ses nombreuses obligations, et pour m'avoir accueillie dans son laboratoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Monsieur LOUNACI Abdelkader, Professeur à l'UMMTO, Monsieur AMROUN Mansour, Maître de conférences « A » à l'UMMTO et Madame MEDJDOUB- BENSSAD Ferroudja , Maître de conférences « A » à l'UMMTO pour avoir accepté de juger ce travail ; qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères remerciement et de ma considération.

Je tiens à remercier particulièrement Madame BACHOUCHE Nassima, Maître assistante à l'UMMTO, pour m'avoir soutenue durant les moments difficiles, et pour ses conseils et ses qualités humaines.

Que ma famille trouve ici toute ma gratitude pour ses encouragements opiniâtres à persévérer dans le travail, et pour son soutien infaillible qui m'a permis de finaliser ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont également à toutes les personnes, qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

*À mes chers parents,
à mes frères et mes sœurs,
à Imane,
à toute ma famille,
à mes amies,
à tous mes enseignants
je dédie ce travail.*

Résumé

Le présent travail s'intéresse particulièrement aux collemboles de la zone de transition (Écotone) entre écosystème aquatique et terrestre, au niveau de deux zones humides du nord de l'Algérie : la mare aux canards située au niveau du parc national d'El kala (El Taref) et la mare de Boumessaoud (Grande Kabylie). Cette zone a été décrite par de nombreux auteurs, mais leur appréciation sur la structure et la biodiversité de tels milieux reste différente.

Dans ce travail, les récoltes de Collembolles ont permis de dénombrer un total de 2538 individus répartis sur 41 espèces. Les Entomobryomorphes se révèlent dominants dans les deux sites. Les Poduromorphes sont moins bien représentés sans doute en raison de l'échantillonnage choisi qui ne permet pas de récolter la faune du sol profond; ou de la forte instabilité du taux d'humidité dans le sol au voisinage immédiat du plan d'eau comme c'est le cas à Boumessaoud.

La mare aux canards se révèle plus diversifiée (29 espèces) comparée à celle de Boumessaoud (21 espèces). La diversité et la richesse spécifique sont influencées par le piétinement qui est plus accentué au niveau de la mare de Boumessaoud. Ce dernier provoque le tassement et la diminution de la porosité du sol qui induisent une gêne dans le déplacement de la faune endogée. Au niveau de la mare aux canards, c'est l'isolement de cette mare de la forêt de Brabtia, par un gabionnage, qui empêche le déplacement libre des collemboles entre les deux écosystèmes.

Le passage du milieu aquatique au sol forestier semble se faire sans transition car la faune récoltée et les paramètres écologiques étudiés n'ont pas permis de définir une zone intermédiaire ou Ecotone. Ce dernier ne présente en effet ni richesse ni diversité particulières pouvant le distinguer des autres milieux. D'après les résultats de ce travail, ceci est dû essentiellement au fait que le milieu aquatique comporte un très faible nombre d'espèces hydrophiles. La faune Collembologique recensée entre le milieu aquatique et le sol forestier est le plus souvent dominée par la faune provenant de la forêt environnante.

48,7 % de la faune récoltée n'a pas été identifiée au niveau spécifique, cette proportion permet de nous attendre à d'importantes découvertes d'espèces nouvelles, ce qui prouve que cette faune est encore mal connue et nécessite de nouvelles prospections.

Mots-clés : collemboles, biodiversité, écotone, distribution, mare aux canards (El Kala), mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).

Summary

The present work is interested particularly in collembola of the transition area (boundarie) between aquatic and terrestrial ecosystem, in two damp areas of the north of Algeria: « la mare aux canards » situated in El kala national parc (El Taref) and « la mare de Boumessaoud » (Grande Kabylie). This area was described by numerous of authors, but their appreciation about the structure and the biodiversity of such environment remain different.

In this work, the collect of collembola has permitted to count a total of 2538 individuals distributed on 41 species. The Entomobryomorpha prove to be dominant in the two sites. The Poduromorpha are less represented without doubt in reason of the sampling choosed who did not permit to recolt the fauna of the deep soil ; or of the strong instability of the humidity rate of the soil in the neighborhood of the damp area like the case of « la mare de Boumessaoud ».

« La mare aux canards » is more diversify (29 species) than « la mare de Boumessaoud » (21 species). Diversity and species richness are influenced by trampling which is more accentuated in « la mare de Boumessaoud ». The latter causes compaction and decrease soil porosity which leads difficulty of moving for the soil- dwelling fauna. Isolation of « la mare aux canards » from Brabtia forest by a track, prevent the free moving of collembola between the two ecosystems.

The passage from the aquatic environment to the forest soil seems to be without transition, because the fauna harvested and ecologicals parameters studied had not permit to define intermediate zone or boundarie. The latter do not present sure enough neither richness nor particular diversity that can distinguish it from the other environments. According to our results, this is due essentially to the less aquatic species richness. The fauna of collembola collected between aquatic environment and forest soil is dominated most of the time by the fauna coming from surrounding forest.

48, 7 % of the fauna collected had not identified to specific level, this proportion allows us to expect important discovers of new species, indicating that this fauna is still poorly understood and requires further explorations.

Keys-words: collembola, biodiversity, transition area (boundarie), distribution, mare aux canards (El Kala), mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).

LISTE DES ABREVIATIONS, ACRONYMES ET SYNONYMES

ACP : Analyse Factorielle en Composantes Principales

A. N. R. H : Agence Nationale des Ressources Hydriques

A.P.N.A : Atlas des Parcs Nationaux Algériens

BP ou D : l'indice de Dominance de Berger-Parker (BP)

Bsd : Mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).

Ind : individu

Ish : Indice de diversité de Shannon (H')

MC : Mare aux Canards (parc national d'el kala).

PNEK : Parc National d'EI-Kala.

RAMSAR : Ville en Iran, lieu de la convention sur les zones humides

RS : Richesse Spécifique (S)

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization(Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture [Unesco])

SYNONYMES

Châaba : ravin

Djebel : Montagne

La Calle : (El Kala)

Oued : court d'eau

Wilaya: Département administratif

Liste des figures et des photos

Numéro et titre	page
Figure 1. Vue générale d'un collembole Arthropléone (Ait mouloud, 2006).....	9
Figure 2. Aspects de différents types morphologiques de Collembolles (d'après Thibaud, (2009); modifié par Leblalta, (2009) et Bounoua, 2011).....	10
Figure 3. Organigramme récapitulant les grandes lignes de la systématique des Collembolles selon le modèle proposé par Cassagnau et Massoud.....	12
Figure 4. Situation géographique de la mare aux canards (El-kala) (Benyacoub et <i>al.</i> , 1998 cité par Ouelmouhoub, 2005).....	20
Photo 1. Réserve cynégétique de la forêt de Brabtia (parc national d'el-kala, 2009).....	21
Photo 2. La mare aux canards (parc national d'el- kala, 2009).....	21
Figure 5. Situation géographique de la mare de Boumessaoud (Grande kabylie) (Ait Mouloud, 2006).....	24
Photo 3. La mare de Boumessaoud (Ait Mouloud, 2006).....	25
Photo 4. La mare de Boumessaoud (Photo originale, 2011).....	25
Figure 6 : GEOLOGIE DU NORD-EST DE LA GRANDE KABYLIE	27
Coupe 1 : port-Gueydon- Yakouren Par J.-P. Gélard, 1978 cité par Ait Mouloud, 2006.	
Figure 7. Courbes des variations mensuelles des précipitations de 1996 à 2007 dans la région d'El Kala.....	29
Figure 8. Régime saisonnier des précipitations à El-Kala.....	30
Figure 9. Evolution des températures moyennes dans la région d'El-Kala.....	31
Figure 10. Courbe des variations mensuelles des précipitations à la station d'Aghrib.....	32
Figure 11. Régime saisonnier des précipitations à Aghrib.....	33
Figure 12. Evolution des températures moyennes dans la région d'Aghrib.....	34
Figure 13. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la station météorologique d'El-Kala (1996-2007).....	34
Figure 14. Projection des deux stations d'étude sur le Climagramme d'Emberger.....	36
Figure 15. Emplacement des transects sur les plans d'eau.....	37
Figure 16. Représentation schématique des différents relevés sur un transect eau- sol, pour les deux mares.....	37
Photo 5. Appareil de Berlese (Photo originale, 2011).....	39
Figure 17. Nombre d'espèces de Collembolles par site d'étude.....	41
Figure18. Abondance des Collembolles par ordre dans les deux sites étudiés.....	42
Figure 19. Répartition des Collembolles par ordre dans les deux sites étudiés.....	42
Figure 20. Répartition des collemboles par groupes au niveau de la mare aux canards à El kala.....	44
Figure 21. Espèces préférentielles et total des espèces au niveau de la mare aux Canards.....	46
Figure 22. Répartition des Entomobryomorphes dans les relevés de la mare aux Canards.....	48
Figure 23. Répartition des Poduromorphes dans les relevés de la mare aux Canards.....	49
Figure 24. Répartition du nombre d'individus par famille de Symphypléones dans la mare aux Canards.....	50
Figure 25. Répartition des Neelipléones au niveau des relevés de la mare aux Canards...	50
Figure 26. Répartition des Collembolles par Ordres dans la mare de Boumessaoud.....	52
Figure 27. Espèces préférentielles et total des espèces au niveau de la mare de Boumessaoud.....	54

Figure 28. Augmentation du nombre d'espèces préférentielles et du nombre total d'espèces

en allant de l'eau vers le sol forestier dans la mare de Boumessaoud (Ait Mouloud, 2006).....	56
Figure 29. Répartition moyenne des Entomobryomorphes sur les différents relevés de la mare de Boumessaoud.....	57
Figure 30. Répartition par famille des Poduromorphes sur les relevés de la mare de Boumessaoud.....	58
Figure 31. Répartition du nombre d'individus par famille de Symphyléones de la mare de Boumessaoud.....	59
Figure 32. Evolution de la richesse spécifique le long des transects eau-sol au niveau de la mare aux Canards.....	61
Figure 33. Evolution de la richesse spécifique le long des transects eau-sol au niveau de la mare de Boumessaoud.....	61
Figure 34. Variation de la diversité spécifique (H') le long des transects eau-sol forestier dans la mare aux Canards.....	63
Figure 35. Variation de la diversité spécifique (H') le long des transects eau-sol forestier dans la mare de Boumessaoud.....	63
Figure 36. Evolution de la dominance sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare aux Canards.....	64
Figure 37. Evolution de la dominance sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare de Boumessaoud.....	64
Figure 38 : pourcentage de <i>S. aquaticus</i> dans l'eau à la mare au Canards.....	65
Figure 39: pourcentage de <i>S. aquaticus</i> dans l'eau à la mare de Boumessaoud.....	65
Figure 40 : pourcentage de : <i>Hypogastrura sp.</i> , <i>Entomobrya sp.1</i> et d' <i>Heteromurus major</i> à la mare aux canards.....	65
Figure 41 : pourcentage de : <i>Pseudachorutes sp,1</i> , <i>Entomobrya multifasciata</i> et <i>Orchesella quinquefasciata</i> à la mare de Boumessaoud.....	65
Figure 42. Indice d'agrégation de Cancela da Fonseca pour les espèces de Collembolés recensées à la mare aux canards.....	69
Figure 43. Indice d'agrégation de Cancela da Fonseca pour les espèces de Collembolés recensées à la mare de Boumessaoud.....	70
Figure 44. Densité (nombre d'individus / m ²) des collembolés dans les sites étudiés.....	71
Figure 45. Similarité calculée sur les paires de relevés successifs le long des transects à la mare aux canards.....	72
Figure 46. Similarité calculée sur les paires de relevés successifs le long des transects à la mare de Boumessaoud.....	72
Figure 47. Densité des collembolés (nombre d'individus/m ²) calculée sur les quatre transects au niveau de la mare aux canards.....	75
Figure 48. Densité des collembolés (nombre d'individus/m ²) calculée sur les quatre transects à la mare de Boumessaoud.....	76
Photo 6. Piétinement à la mare de Boumessaoud (Photo originale, 2011).....	77
Figure 49. Evolution du taux d'humidité dans les quatre transects à la mare aux Canards...	78
Figure 50. Evolution du taux d'humidité dans les quatre transects à la mare de Boumessaoud.....	79
Figure 51. Analyse factorielle en composante principale (ACP) des paramètres mésologiques de la mare aux canards l. Cercle de corrélation des paramètres écologiques sur le plan factoriel F1 × F2.....	81

Figure 52. Analyse factorielle en composante principale (ACP) des paramètres mésologiques de La mare de Boumessaoud. Cercle de corrélation des paramètres écologiques sur le plan factoriel F1 × F2.....	82
Figure 53. Répartition biogéographique des Collemboles recensés dans les deux zones humides étudiées.....	86

Liste des tableaux

Numéro et titre	page
Tableau 1. Espèces récoltées dans des milieux édaphiques humides de la région de Annaba (Bône) Nord-Est de l'Algérie (1958-1959) (Cassagnau, 1963).....	1
Tableau 2. Les Collemboles d'Algérie selon Thibaud et Massoud (1980) modifié par Hamra-Kroua (2005).....	2
Tableau 3. Nouvelle systématique des Collemboles Selon Bellinger et <i>al.</i> , (2005).....	13
Tableau 4. Précipitations moyennes pour la période de 1996 à 2007 (Station météorologique d'El Kala, 2007).....	29
Tableau 5. Régime saisonnier de la station d'El Kala.....	29
Tableau 6. Températures moyennes mensuelles pour la période de 1996 à 2007 (Station météorologique d'El-Kala, 2007).....	30
Tableau 7. Précipitations mensuelles au niveau de la station d'Aghrib de 1973 à 1993 (A.N.R.H. Tizi Ouzou).....	32
Tableau 8. Régime saisonnier de la station d'Aghrib.....	32
Tableau 9. Températures moyennes maximales et minimales calculées sur la période 1918-1951 (région d'Aghrib) (Messaoudène, 1989).....	33
Tableau 10. Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations et températures mensuelles moyennes (1996-2007) (Station météorologique d'El-Kala, 2007).....	34
Tableau 11. Q2 d'Emberger pour les deux postes météorologiques.....	35
Tableau 12. Liste d'espèces des Collemboles identifiés par site d'étude.....	40
Tableau 13. Liste faunistique et nombre d'individus par transect dans la mare aux canards...	43
Tableau 14. Abondance des espèces de collemboles par habitat au niveau de la mare aux Canards.....	45
Tableau 15. Répartition du nombre d'individus par relevés et par famille dans la mare aux canards.....	46
Tableau 16. Liste faunistique et nombre d'individus par transect dans la mare de Boumessaoud	51
Tableau 17. Abondance des espèces de collemboles par habitat au niveau de la mare de Boumessaoud.....	53
Tableau 18. Nombre d'individus par espèce récoltés en milieu aquatique, en écotone et en sol forestier à la mare de Boumessaoud (Ait Mouloud, 2006).	55
Tableau 19. Répartition du nombre d'individus par relevés et par famille dans la mare de Boumessaoud.....	56
Tableau 20. Paramètres descriptifs du peuplement des Collemboles sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare aux Canards (MC).....	60
Tableau 21. Paramètres descriptifs du peuplement des Collemboles sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare de Boumessaoud (Bsd).....	60
Tableau 22. Données de tendances centrales pour les espèces dans la mare aux canards.....	66
Tableau 23. Données de tendances centrales pour les espèces à la mare de Boumessaoud....	67
Tableau 24. Indice d'agrégation d'espèces de collemboles récoltés dans la mare aux canards.....	68
Tableau 25. Indice d'agrégation d'espèces de collemboles récoltés dans la mare de Boumessaoud.....	69
Tableau 26. Etude comparative des deux sites d'étude.....	73
Tableau 27. Distribution des différents ordres de collemboles au niveau des 4 transects à la mare aux canards	74
Tableau 28. Comparaison entre transects au niveau de la mare aux canards.....	74
Tableau 29. Distribution des différents ordres de Collemboles sur les 4 transects à la mare	

de Boumessaoud.....	75
Tableau 30. Comparaison entre transects à la mare de Boumessaoud.....	76
Tableau 31. Coefficients de corrélation: taux d'humidité – nombre d'individus (A) et taux d'humidité – richesse spécifique (B), pour les deux sites.....	79
Tableau 32. Emplacement et paramètres physiques des relevés à la mare aux canards.....	80
Tableau 33. Emplacement et paramètres physiques des relevés à la mare de Boumessaoud...	81
Tableau 34. Répartition biogéographique des Collemboles recensés au niveau des deux sites d'étude.....	84

.

.

SOMMAIRE

	page
INTRODUCTION	1
Historique sur les collemboles d'Algérie	3
Chapitre I. Généralités sur les Collembolés	9
I-1. Morphologie générale	9
I-1-1. La tête	9
I-1-2. Thorax	11
I-1-3. L'abdomen	11
I-1-4. La chaetotaxie	11
I-2. Position systématique des collemboles	11
I-3. Reproduction	11
I-3-1. Œufs et développement embryonnaire	14
I-3-2. Développement post-embryonnaire	14
I-3-3. Ecomorphose, épitoquie et cyclomorphose	14
I-4. Ecologie des Collembolés	15
I-4-1. Habitats, adaptations et formes de vie	15
I-5. Influence des facteurs du milieu sur la vie des Collembolés	16
I-5.1- Facteurs abiotiques	16
I-5.1.1. Humidité	16
I-5.1.2. Température	17
I-5.2- Facteurs biotiques	17
I-5.2-1- Régime alimentaire	17
I-5.2-2- Parasites et Prédateurs	17
I-6. Rôles des Collembolés dans les écosystèmes terrestres	18
I-7. Bioindication	18
Chapitre II. Caractéristiques des régions d'étude	19
II.1. - Description de la mare aux canards (Parc National d'El Kala)	19
II.1.1.- Géographie	19
II.1.2.- Topographie	19
II.1.3.- Géologie	21
II.1.4.- Pédologie	21
II.1.5.- Les ressources hydriques	21
II.1.6.- Végétation	22
II.1.7.- La faune	22
II.2. - Description de la mare de Boumessaoud	23
II.2.1.- Géographie	23
II.2.2.- Relief	23
II.2.3. Géologie	23
II.2.4. Pédologie	26
II.3. Cadre climatique	28
II.3. 1. Généralités	28
II.3. 2. La mare aux canards	28
II.3. 2. 1. Précipitations	28
II.3. 2. 1.1. Précipitations mensuelles	29
II.3. 2. 2. Les températures	30
II.3. 3. La mare de Boumessaoud	31
II.3. 3. 1. Précipitations	31

II.3. 3. 1. 1. Précipitations mensuelles	32
II.3. 3. 1. 2. Précipitations saisonnières	32
II.3. 3. 2. Les températures	33
II-4. Synthèse climatique	34
II-4-1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.	34
II-4-2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	35
 Chapitre III. Matériel et méthodes d'étude	37
III-1. Echantillonnage	37
III-2- Paramètres physiques	38
III-3- Extraction de la faune	38
III-4 - Tri et Identification	38
 CHAPITRE IV : Résultats	40
IV-1- Analyse globale de la faune	40
IV-2- Etude de La mare aux canards	43
IV-2-1-Données globales	44
IV-2-2-Analyses qualitative et quantitative de la faune	45
IV-2-2-1-Répartition des Collemboles par habitat	45
IV-2-2-2- Répartition des Collemboles par relevés	46
a- Ordre des Entomobryomorphes	47
b- Ordre des Poduromorphes	48
c- Ordre des Symphypléones	49
d- Ordre des Néelipléones	50
IV-3- Etude de La mare de Boumessaoud (Grande kabylie)	51
IV-3- 1- Données globales sur la faune	52
IV-3- 1-1- Répartition des Collemboles par habitat	52
IV-3- 1-2- Répartition des collemboles par relevés	56
a- Ordre des Entomobryomorphes	56
b- Ordre des Poduromorphes	57
c- Ordre des Symphypléones	58
IV- 4- Comparaison de la mare aux canards et de la mare de Boumessaoud	60
IV- 4 -1 - Analyse de la structure du peuplement collembologique sur les transects	60
IV- 4 -1 -1- Evolution de la richesse spécifique sur les quatre transects	61
IV- 4 -1-2- Etude de la diversité du peuplement	62
IV- 4 -1 -3- Etude de la dominance	64
IV- 4 -1 -4-Distribution spatiale des individus	66
IV- 4 -1 -5- Etude de la densité	70
IV- 4 -1 -6- Similarité des compositions spécifiques entre relevés	71
IV- 4 -2- Comparaison global des deux milieux d'étude	73
IV- 4 -2- 1- Comparaison entre transects dans les 2 milieux.....	73
IV- 4 -2- 2- Action de l'humidité sur la répartition des collemboles	78
IV-5-Caractéristiques mésologiques des stations	80
IV-5-1-. La mare aux canards	80
IV-5-2. La mare de Boumessaoud	81
 Chapitre V. Eléments de biogéographie et Autoécologie des espèces	83
V-1- Eléments de Biogéographie	83
V-2- Distribution biogéographique des Collemboles recensés dans les zones humides étudiées	84
V- 3 - Autoécologie de quelques espèces recensées	86

Discussion	88
Conclusion générale	91
Bibliographie	92
Annexes	



Introduction

INTRODUCTION

La connaissance de la diversité biologique des invertébrés a fait de grands progrès ces dernières années. Mais ces progrès ont été très inégaux, et certains groupes importants n'en ont pas bénéficié. Les Collembolés, groupe d'hexapodes le plus diversifié dans le sol où ils jouent un rôle essentiel dans le cycle de la matière organique, font partie de cette dernière catégorie (Deharveng, 2005).

Il y a quelques années, les Collembolés étaient considérés comme des insectes, mais les nouveaux outils utilisés dans la systématique moderne font sortir les Collembolés de la classe *Insecta* et les érigent au rang de classe (Classe: *Collembola*). Ces Arthropodes minuscules sont connus surtout par leur aptitude à s'adapter à tous les milieux et à tous les biotopes.

Les capacités de dispersion de ces animaux varient fortement d'une espèce à l'autre et les modifications trop rapides des paysages peuvent avoir des conséquences néfastes sur les communautés en défavorisant les espèces les plus spécialisées et les moins mobiles (Ponge et al., 2006).

Ces dernières années, l'étude des collembolés d'Algérie a fait l'objet de travaux et d'études méthodiques ayant contribué à une meilleure connaissance de la taxonomie, de l'écologie et de la biogéographie de ce groupe. Il s'agit de ceux de Hamra-kroua (2005) dans le nord-est algérien et de Ait mouloud (2006) dans les tourbières de Kabylie.

Le présent travail s'intéresse particulièrement aux collembolés de la zone de transition (écotone) entre écosystème aquatique et terrestre, au niveau de deux zones humides du nord de l'Algérie: la mare aux canards (El Kala) et la mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).

Cette zone charnière a été décrite par de nombreux auteurs, mais leur appréciation sur la structure et la biodiversité de tels milieux reste différente. Clements (1905) décrit l'écotone comme étant une zone de tension entre les communautés alors que Van der maarel (1976) signale que le nombre d'espèces dans la zone de bordure est très faible.

Une grande part de la littérature rapporte au contraire que les écotones contiennent des organismes d'écosystèmes chevauchants, ce qui détermine une grande richesse spécifique dans ces milieux (Giudicelli et Bournaud, 1997).

Le concept d'écotone est universellement reconnu comme essentiel pour comprendre la dynamique des écosystèmes, mais les résultats énoncés sur sa biodiversité ne sont appuyés que par un faible nombre d'études (Hansen et al., 1988; Baker et al., 2002; Ait Mouloud, 2006). De nombreux articles arrivent à des conclusions différentes, voire même opposées. Actuellement, la biodiversité dans un écotone peut être plus élevée que dans les écosystèmes adjacents (Rusek, 1989; Lachavanne et Juge, 1997; Baker et al., 2002), plus basse que celle des milieux adjacents Rusek et Subrt (1999) ou intermédiaire (Hansen et al., 1988). Ce schéma peut aussi changer avec le temps Rusek et Subrt (1999), car les écotones sont souvent des zones de haute instabilité environnementale (Prous et al., 2004). Pour Wiens et al., (1985) et Johnston et Naiman (1987), cette zone est une membrane perméable comme lieu d'échange entre les espèces aquatiques et terrestres.

Les habitats aquatiques sont connus pour être pauvres en espèces de collembolés comparativement à ceux des sols. Pichard et al., (1989) ne trouvent par exemple que 4 à 9 espèces dans des mares près de Paris (France), contre 41 à 46 dans le sol forestier environnant. Un contraste similaire sur la richesse spécifique a été constaté dans d'autres régions (Deharveng et Lek, 2002 ; Ait Mouloud, 2006).

INTRODUCTION

Les différents auteurs sus cités ont le plus souvent travaillé à l'échelle spatiale des grandes communautés végétales (forêts riveraines en particulier). Dans ce travail, nous examinons les modifications des assemblages de collemboles à un grain plus fin, qui correspond à une échelle beaucoup plus pertinente pour la mésofaune terrestre.

Cette étude permettra de mieux comprendre les modifications de la composition et de la structure du peuplement des collemboles sur un écotone eau – sol forestier, comme elle est indispensable pour la compréhension et l'évaluation de l'impact de perturbations multiples.

L'objectif de notre travail est en premier lieu de dresser un inventaire des collemboles des deux zones humides étudiées.

Dans une première partie, des données générales sur les collemboles sont détaillées avec notamment les spécificités ayant permis de les séparer des insectes, et le nouveau classement qui en émane.

Dans une deuxième partie, une description détaillée de la zone d'étude et des sites est donnée; comme sont analysés les paramètres thermiques et pluviométriques qui ont permis de déterminer le bioclimat du milieu.

La troisième partie de ce travail présente le matériel et les méthodes d'études, avec notamment le détail de l'échantillonnage qui revêt ici un intérêt particulier.

Une quatrième partie qui peut être considérée comme centrale au niveau de ce travail, présente une analyse détaillée de la faune recensée.

Historique sur les collemboles d'Algérie

Les travaux de systématique sur les Collembolés en Algérie sont très peu nombreux et sporadiques. Au milieu du XIX^{ème} siècle, Lucas (1846 et 1849) signale la présence de quelques espèces de ce groupe mais difficiles à replacer dans la systématique actuelle.

Au début du 20^{ème} siècle d'autres travaux sont venus s'y ajouter. Absolon (1913) cité par Thibaud et Massoud (1980) décrit une espèce nouvelle (*Acherontiella onychiuriformis*.) d'une grotte d'Algérie.

Dans les années 1920 à 1937, Denis (1922, 1925, 1935 et 1937) signale quelques espèces : *Hypogastrura purpurescens*, le long du chemin du Telemly (Alger) ; *Protonura pseudonuscorum* ; *Entomobrya nicoletti* et *Orchesella pseudoluteola*, aux gorges de la Chiffa; *Onychiurus saccadyi* et *Heteromurus peyerimhoffi* à Tessereft Icetçifène dans le Djurdjura central. Ces travaux et ceux de Handschin (1925, 1926 et 1928); de Delamare-Deboutville (1954) cités par Thibaud et Massoud (1980), sur les Collembolés marins de la zone de sables littoraux en Algérie et en Tunisie et de Murphy (1958) sur une nouvelle espèce d'Algérie donnent une nouvelle connaissance de la faune Collemboologique dans le pays.

Dans la deuxième moitié du siècle dernier, dans son travail sur le nord-Constantinois, Cassagnau (1963) dresse une liste de 30 espèces de Collembolés. En 1974, Jacquemart décrit 4 espèces de *Seira* et de *Mesentotoma* du Sahara algérien, et Stomp (1974) étudie des Collembolés cavernicoles des grottes glaciaires du Djurdjura. Enfin, Thibaud et Massoud (1980) dressent une liste faunistique exhaustive des collemboles du Maghreb.

Les principales espèces de Collembolés récoltées dans le Nord-Constantinois par Cassagnau (1963) sont notifiées dans le tableau 1, par familles et classées par ordre alphabétique à l'intérieur de chaque famille. Les espèces récoltées sont au nombre de 30, dont 21 nouvelles pour l'Afrique du Nord (marquées d'un astérisque) et 2 nouvelles pour la science. Les espèces précitées appartiennent à 10 familles et 23 genres. L'auteur note que l'inventaire de la faune des Collembolés d'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'Algérie de 1846 à 1974 avec un aperçu biogéographique de cette faune (tableau 2).

Tableau 1. Espèces récoltées dans des milieux édaphiques humides de la région de Annaba (Bône) Nord-Est de l'Algérie (1958-1959) (Cassagnau, 1963).

Espèces	Familles
* <i>Acherontiella bougisi</i> * <i>Ceratophysella denticulata</i> Bagnall, 1941 * <i>Ceratophysella tergilobata</i> Cassagnau, 1954 <i>Hypogastrura purpureescens</i> Lubbock, 1867	Hypogastruridae
* <i>Friesea oligorhopala</i> Caroli, 1914 <i>Neanura aurantiaca</i> (Bilobella) Caroli, 1912 <i>Protanura pseudomuscorum</i> Börner, 1903 * <i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	Neanuridae
<i>Onychiurus armatus</i> Denis, 1937 * <i>Onychiurus imperfectus</i> Denis, 1938 * <i>Onychiurus obsiones n.sp.</i> Cassagnau, 1963 <i>Tullbergia bipartita</i> Murphy, 1958 <i>Tullbergia krausbaueri</i> Börner, 1901 * <i>Tullbergia quadrispina</i> * <i>Tullbergia ramicuspus</i>	Onychiuridae
* <i>Folsomides parvus</i> Mills, 1934 * <i>Isotoma olivacea</i> Tullberg, 1871 * <i>Isotomiella minor</i> Schaeffer, 1896	Isotomidae
<i>Heteromurus major</i> Moniez, 1889 * <i>Sinella coeca</i> Schott	Entomobryidae
* <i>Cyphoderus bidenticulatus cf. veneris</i> * <i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebot., 1911	Cyphoderidae Oncopoduridae
* <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	Neelidae
<i>Dicyrtoma fusca</i> Lucas, 1842	Dicyrtomidae
* <i>Sminthurus echinatus</i> Stach	Sminthuridae

Tableau 2. Les Collemboles d'Algérie selon Thibaud et Massoud (1980) modifié par Hamra-Kroua (2005).

Familles et espèces	Auteur et année
PODURIDAE Latreille, 1804	
1- <i>Podura aquatica</i> Linné, 1758 **	H, 28
HYPOGASTRURIDAE Börner 1913	
2- <i>Acherontiella bouguisi</i> Cass et Delamare-Deboutville., 1955 ++	C, 63
3- <i>Acherontiella onychiuriformis</i> Absolon, 1913 ++	Ab, 13
4- <i>Bonetogastrura delhezi</i> Stomp et Thibaud, 1974 °	Sto, et Th, 74
5- <i>Ceratophysella armata</i> Nic, 1841 *	H, 26 et 28
6- <i>Ceratophysella denticulata</i> Bagnall, 1941 *	Sto., 80 et C. 63
7- <i>Ceratophysella sigillata</i> Uzel, 1891 +	H. 28
8- <i>Ceratophysella tergilobata</i> Cass, 1954 ++	C. 63
9- <i>Hypogastrura manubrialis</i> Tull., 1869 *	H, 28 ; D.D, 53; C, 63
10- <i>Hypogastrura purpurescens</i> Lubbock, 1867 *	D, 25 ; H, 28 ; C, 63
11- <i>Hypogastrura sahlbergi</i> Reuter, 1895 **	Lu, 1846
12- <i>Mesachorutes quadriocellatus</i> Abs., 1900 +	C, 63
13- <i>Willemia anophthalma</i> Börner, 1901 *	D.D, 53
14- <i>Xenylla humicola</i> O. Fabricus, 1780 *	D.D, 53
15- <i>Xenylla maritima</i> Tullberg, 1869 *	H, 26
NEANURIDAE Börner 1901, sensu Deharveng 2004	
16- <i>Anurida maritima</i> Guérin, 1836*	H, 28
17- <i>Anurida tullbergi</i> Schött, 1891 **	H, 28
18- <i>Brachystomella parvula</i> Schäffer, 1896*	H, 28
19- <i>Friesea oligorhopala</i> Caroli, 1914 ++	C, 63
20 - <i>Bilobella (Neanura) aurantiaca</i> Caroli, 1912 +	H, 26 ; C, 63
21- <i>Neanura gladiolifer</i> Cass, 1954 ++	Mur, 58
22- <i>Neanura reticulata</i> Axelson, 1905 +	H, 28
23- <i>Odontella lamellifera</i> Axelson, 1903 *	D.D, 53
24- <i>Protonura pseudomuscorum</i> Börner, 1903 ++	D, 25 ; C, 63
25- <i>Pseudochorudina bouguisi</i> Delamare, 1951 ++	D.D, 53
26- <i>Pseudachorutes corticolis</i> Schaeffer, 1896 +	Mur, 58
27- <i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901 **	C, 63
ONYCHIURIDAE Lubbock, 1867	
28- <i>Metaphorura affinis</i> Börner, 1902 +	Mur, 58 ; C, 63
29- <i>Neotullbergia ramicuspis</i> Gisin, 1953 +	C, 63
30- <i>Onychiurus fimetarius</i> sensu Denis, 1938 +	D, 24
31- <i>Onychiurus imperfectus</i> Denis, 1938 +	C, 63
32- <i>Onychiurus obsiones</i> Cassagnau, 1963 °	C, 63
33- <i>Protaphorura armata</i> Tull. 1869 *	D, 37; C, 63; Sto, 74, 80
34- <i>Protaphorura delhezi</i> Stomp, 1980 °	Sto, 80
35- <i>Protaphorura saccardy</i> Denis, 1935 °	D, 35 et 37; Sto, 74, 80
36- <i>Stenaphorura quadrispina</i> Börner, 1901+	C, 63
37- <i>Tullbergia krausbaueri</i> Börner, 1901*	C, 63 ; D.D, 53
38- <i>Mesaphorura bipartita</i> Handschin, 1920 +	Mur, 58 ; C, 63

Historique sur les collemboles d'Algérie

ISOTOMIDAE Börner, 1913	
39- <i>Archisotoma interstitialis</i> Delm., 1953 +	D.D, 53
40- <i>Folsomia quadrioculata</i> Tullberg, 1871 *	Mur, 58
41- <i>Folsomides parvus</i> Folsom in Mills, 1934 +	C, 63
42- <i>Isotoma mauretaneca</i> Handschin, 1926 °	H, 26 et 28
43- <i>Isotoma nivalis</i> Carl, 1910 +	Mur, 58
44- <i>Isotoma olivacea</i> Tullberg, 1871 **	C, 63
45- <i>Isotoma vaillanti</i> Murphy, 1958 °	Mur, 58
46- <i>Isotoma violacea</i> Tullberg, 1876 **	H, 28
47- <i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839*	H, 28 ; Sto, 80
48- <i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1896 *	C, 63
49- <i>Isotomina bituberculata</i> Wahlgren, 1906 ++	H, 26
50- <i>Isotomina (Cryptopigus) thermophila</i> Axels. 1900*	C, 63
51- <i>Isotomurus palustris</i> Müller, 1776 *	H, 28
52- <i>Isotomurus poinsotae</i> Stomp, 1980 °	Sto, 80
53- <i>Proctostephanus sancti-augustini</i> Cass, 1963 °	C, 63
54- <i>Proisotoma minima</i> Absolon, 1901 **	D.D, 53
55- <i>Proisotoma minuta</i> Tullberg, 1871 *	C, 63
56- <i>Proisotoma oeensis</i> Caroli, 1914 +	D.D, 53
57- <i>Proisotoma ripicola</i> Linnaniemi, 1912 +	H, 28
58- <i>Prosotoma schoetti</i> D.Torre, 1895 *	H, 28
59- <i>Pseudanurophorus isotoma</i> Börner, 1903 +	C, 63
ENTOMOBRYIDAE Tömösvary, 1882	
60- <i>Entomobrya multifasciata</i> Tull., 1867 *	H, 28
61- <i>Entomobrya nicoleti</i> Lubbock, 1867 +	D, 25
62- <i>Entomobrya quinquelineata</i> Börner, 1901 +	H, 26 et 28
63- <i>Entomobrya (Mesentoma) dollfusi</i> Denis, 1924 +	Chr, 56
64- <i>Heteromurus major</i> Moniez, 1889 +	H, 28 ; C, 63
65- <i>Heteromurus nitidus</i> Templeton, 1835 **	H, 26
66- <i>Heteromurus peyerimhoffi</i> Denis, 1937 °	D, 37 ; Sto, 74, 80
67- <i>Heteromurus tetropthalmus</i> Börner, 1903 ++	Sto, 74 , 80
68- <i>Lepidocyrtus curvicollis</i> Bourlet, 1839 **	H, 26 et 28
69- <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871*	H, 28
70- <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> Gmelin, 1788 **	H, 28
71- <i>Orchesella cincta</i> Lubbock, 1758 **	D, 25 ; H, 28
72- <i>Orchesella delhezi</i> Stomp, 1980 °	Sto, 80
73- <i>Orchesella villosa</i> Geoffroy, 1764 +	D, 25 ; H, 28
74- <i>Seira dollfusi</i> Carl, 1899 +	H, 28
75- <i>Seira domestica</i> Nicolet, 1841 *	D, 24
76- <i>Seira lesnei</i> Denis, 1924 °	D, 24
77- <i>Seira rosei</i> Denis, 1925 °	D, 25
78- <i>Seira squamoornata f.incerta</i> Handschin, 1925 *	H, 26 et 28
79- <i>Seira squamoornata f.incolorata</i> Wahl., 1906 *	H, 28
80- <i>Seira squamoornata f.obscuriventris</i> Denis, 1924*	D, 24
81- <i>Sinella coeca</i> Scött, 1896 *	C, 63
TOMOCERIDAE Schäffer, 1896	
82- <i>Tomocerus minor</i> Lubbock, 1862 *	H, 28

Historique sur les collemboles d'Algérie

CYPHODERIDAE Börner, 1913	
83- <i>Cyphoderus albinus</i> Nicolet, 1841*	H, 26
84- <i>Cyphoderus bidenticulatus</i> Parona, 1883 *	C, 63
85- <i>Cyphoderus marocanus</i> Delamare, 1948 ++	J, 74
86- <i>Cyphoderus oraniensis</i> Delamare, 1948 °	D.D, 48
ONCOPODURIDAE Carl & Lebedinsky 1905	
87- <i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebot., 1911 +	C, 63
88- <i>Oncopodura delhezi</i> Stomp, 1974 °	Sto, 74, 80
NEELIDAE Folsom, 1896	
89- <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900 *	C, 63
DICYRTOMIDAE Börner, 1906	
90- <i>Dicyrtoma fusca</i> Lucas, 1842 +	C, 63
91- <i>Dicyrtomina minuta</i> O.Fabr., 1783 *	H, 26 et 28
92- <i>Dicyrtomina ornata</i> Nicolet, 1841 +	H, 26
SMINTHURIDAE Lubbock, 1862	
93- <i>Sminthurinus niger</i> Lubbock, 1867 *	H, 28
94- <i>Allacma fusca</i> Linné, 1758 **	H, 28
95- <i>Caprainea echinata</i> Stach, 1930 ++	C, 63
96- <i>Sminthurus lesnei</i> Carl, 1925 ++	D, 25
97- <i>Sminthurus punctatus</i> Lucas, 1846 °	Luc, 1846
98- <i>Sminthurus viridis</i> Linné, 1758 *	H, 26 et 28
99- <i>Sphyrotheca bernardi</i> Delamare, 1953 °	D.D, 53
100- <i>Sphyrotheca lubbocki</i> Tullberg, 1872 +	H, 26
SMINTHURIDIDAE Börner, 1906	
101- <i>Sminthurides aquaticus</i> Bourlet, 1843 *	H, 28
102- <i>Sminthurides malmgreni</i> Tullberg, 1876 *	H, 28
103- <i>Sphaeridia pumilis</i> Krausbaueri, 1898 *	C, 63

- Liste des abréviations des auteurs :

Ab: Absolon; C: Cassagnau; Chr: Christiaansen; D: Denis; D.D: Delamare Deboutville;
H: Handschin; J: Jacquemart; Luc: Lucas; Mur: Murphey; Sto: Stomp; T: Thibaud.

- Symboles de répartition biogéographique :

(*) : Espèces à large répartition ; (**) : Espèces holarctiques; (+) : Espèces européennes;
(++) : Espèces méditerranéennes; (°) : Espèces endémiques d'Algérie

De 1846 à 1980, les auteurs énumèrent 103 espèces de Collemboles en Algérie qui se répartissent sur 13 familles et 4 ordres :

a- Ordre des PODUROMORPHA: 25 genres, 4 familles et 38 espèces

- PODURIDAE : 1 espèce
- HYPOGASTRURIDAE: 7 genres ; 14 espèces
- NEANURIDAE: 10 genres ; 12 espèces
- ONYCHIURIDAE : 7 genres ; 11 espèces

b- Ordre des ENTOMOBRYOMORPHA: 20 genres, 5 familles et 50 espèces

- ISOTOMIDAE : 11 genres et 21 espèces
- ENTOMOBRYIDAE: 6 genres et 22 espèces

- TOMOCERIDAE: 1 espèce
- CYPHODERIDAE: 1 genre; 4 espèces
- ONCOPODURIDAE: 1 genre; 2 espèces

c- Ordre des NEELIPLEONA: 1 genre, 1 famille et 1 espèce

- NEELIDAE: 1 espèce

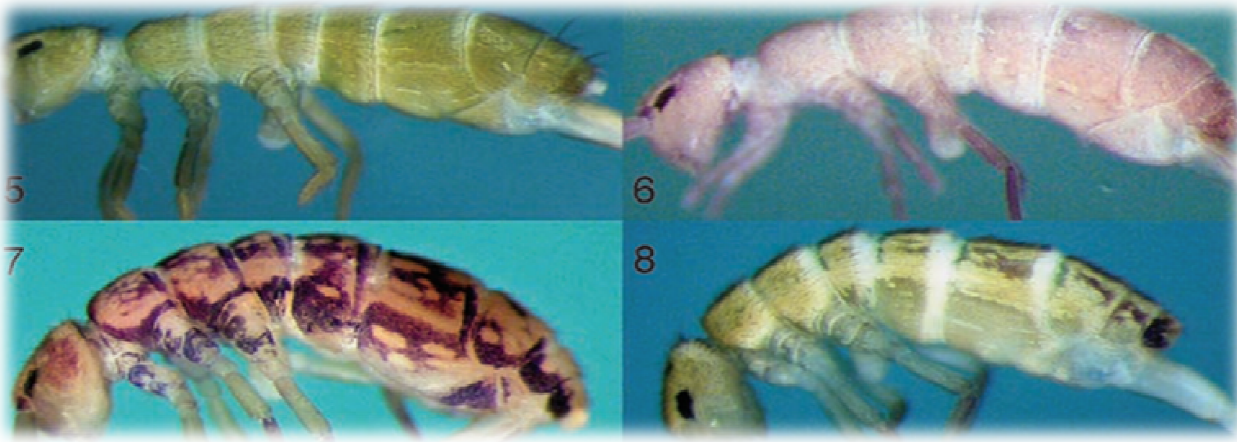
d- Ordre des SYMPHYPLEONA: 9 genres, 3 familles et 14 espèces

- DICYRTOMIDAE : 2 genres ; 3 espèces
- SMINTHURIDAE: 5 genres ; 8 espèces
- SMINTHURIDIDAE: 2 genres ; 3 espèces

Du point de vue systématique, les données du tableau précédent montrent que la diversité des Collemboles de la faune algérienne est très réduite (103 espèces signalées appartenant à 13 familles et 55 genres), mais ne représente certainement pas l'immensité du pays et la diversité de ses biotopes. D'après Hamra-Kroua (2005), cette faune est insignifiante comparée aux 7650 espèces, 621 genres et 45 familles et sous-familles recensés dans le monde.

Dans le Nord-Est Algérien, Hamra-Kroua (2005) présente la première étude taxonomique d'envergure avec une citation de 103 espèces. L'inventaire du pays est ainsi enrichi par un apport de 63 espèces nouvelles, dont 55 signalées pour la première fois en Afrique du nord. Le caractère le plus inattendu de cette faune est la diversité spécifique des Neanuridae rencontrée dans le massif de l'Edough avec 24 espèces contre seulement 12 pour le reste du pays. Le même auteur trouve une étonnante diversité du genre *Friesea* avec 9 espèces dont 2 sont nouvelles pour la science: *Friesea laouina* (Deharveng et Hamra-Kroua, 2004) et *Friesea major* (Hamra-Kroua, Jordana et Deharveng, 2009).

En 2006, Ait Mouloud s'intéresse particulièrement aux Collemboles de la zone de transition entre les écosystèmes aquatique et terrestre, au niveau de quelques zones humides du nord-est de la grande Kabylie (Agoulmin Khbouth, mare de Thala Boussaleh, Agoulmin Aghribs, mare d'Ath-Chlou, l'Agoulmin de Bouzeguène et la mare de Boumessaoud). Dans son travail, il recense 14 familles 42 genres et 68 espèces et signale 3 espèces nouvelles à la science, récoltées à Agoulmin Aghribs et quatre genres cités pour la première fois dans le pays.



CHAPITRE I

Généralités sur les collemboles



CHAPITRE I. Généralités sur les Collemboles

I-1. Morphologie générale

Les Collemboles du Grec (Kolla = colle); (embolon = toupie) ou "Springtails" en anglais, groupe d'Héxapodes aptérygotes ont été décrits la première fois par Lubbock en 1862. Ce sont les plus anciens hexapodes connus, puisque les vestiges du plus ancien Collembole décrit sous le nom de *Rhyniella praecursor* (Hirst et Maulik, 1926) cité par Grassé (1965), remontent au Dévonien moyen (moins de 400 millions d'années environ).

Les Collemboles sont des arthropodes de petite taille (0,25 à 10 mm). Ils sont, après les acariens, les arthropodes les plus nombreux, en espèces et en individus, dans le sol, la végétation, les grottes et le littoral sableux. Depuis 1950 jusqu'à maintenant, plus de 8000 espèces ont été décrites dans le monde. Il doit en rester, au moins, cinq fois plus à découvrir (Thibaud, 2009).

Selon la majorité des systématiciens actuels, les Collemboles représentent certainement, un groupe isolé et à la fois homogène à l'intérieur des Hexapodes. Ils ont un tégument hydrophobe qui leur permet de flotter à la surface de l'eau. Leur corps est divisé en 3 parties (tagmes) : tête, thorax et abdomen (figures 1 et 2).

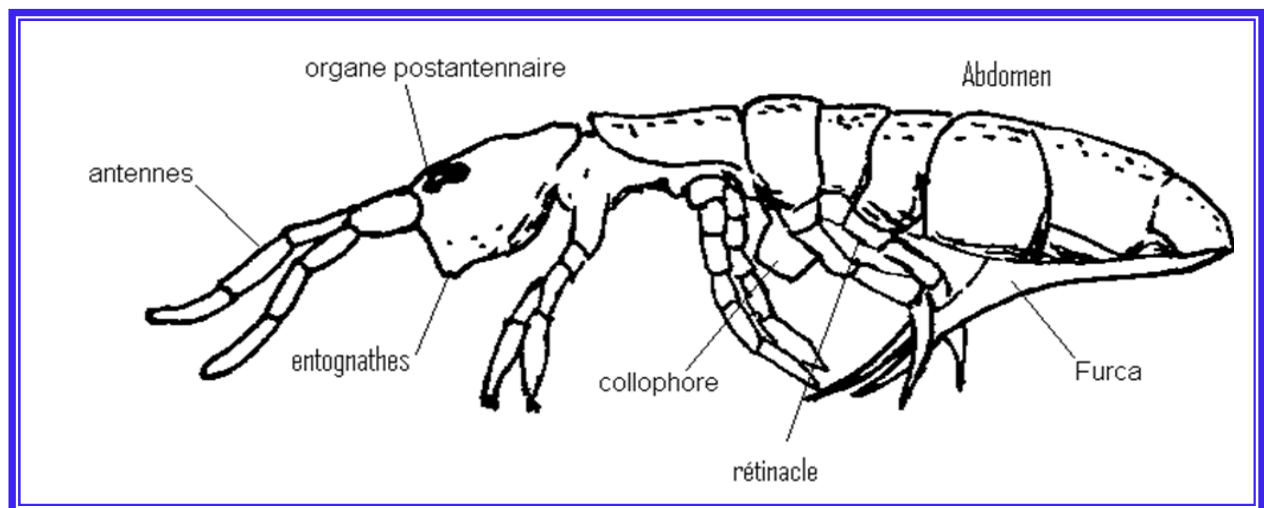


Figure 1. Vue générale d'un collembole Arthropléone (Ait mouloud, 2006).

I-1-1. La tête

La tête des collemboles est caractérisée par :

- **des pièces buccales** cachées dans la capsule céphalique (Entognathes); elles sont le plus souvent de type broyeur. Seuls les Poduromorphes Odontellidae, Brachystomellidae et Neanuridae possèdent des pièces buccales de type suceur-piqueur (Thibaud, 2009).
- **une paire d'antennes** à 4 articles (segments) chacun pourvu d'une musculature propre. Sur le 3^{ème} et le 4^{ème} article de nombreuses sensilles (= organe sensoriel simple dont la partie externe est une soie) se sont différenciés.
- **un organe photosensible** (plaque oculaire) constitué d'ommatidies dissociées, 8 de chaque côté et qui peuvent être réduites ou absentes chez certains groupes.
- **un organe post antennaire** (organe de tömosvaryi) qui se développe entre la base de l'antenne et la tache oculaire (Cassagnau, 1990).

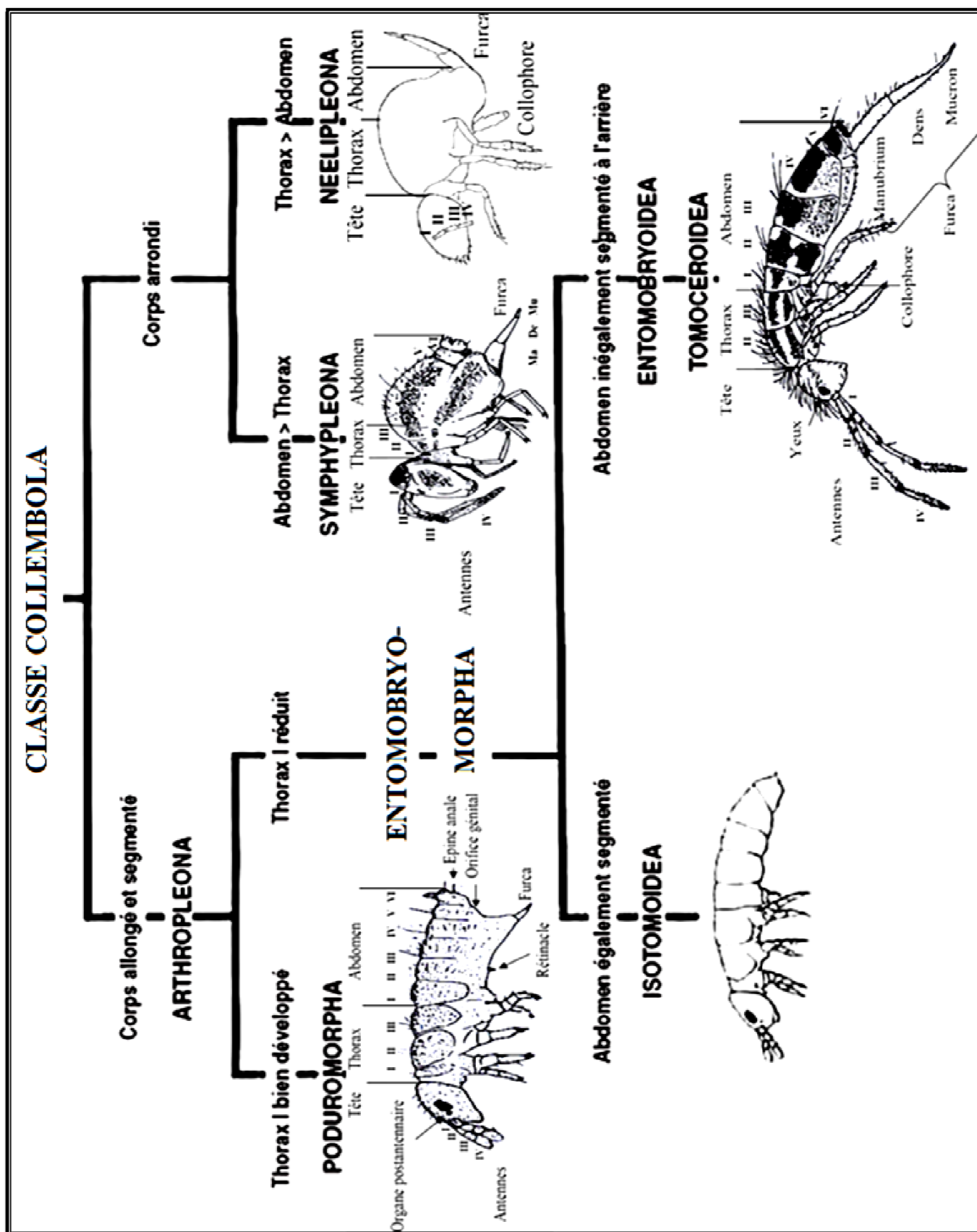


Figure 2. Aspects de différents types morphologiques de Collemboles (d'après Thibaud, (2009); modifié par Leblalta, 2009 et Bounoua, 2011).

I-1-2. Thorax

Le thorax est composé de trois segments inégaux dont le premier est toujours plus ou moins réduit. Chaque segment porte une paire de pattes pourvues de deux 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).

I-1-3. L'abdomen

L'abdomen généralement à six segments peut être réduit chez certains genres par la soudure du 5^{ème} et du 6^{ème} segments, ou du 4^{ème} au 6^{ème} segments. Chez les Sympypléones on note une coalescence totale des métamères post-céphaliques 1 à 7.

De façon générale l'abdomen des collemboles est caractérisé par :

- **un tube ventral** ou collophore toujours présent sur le 1^{er} segment abdominal, il joue un rôle dans l'équilibre ionique et hydrique et dans l'adhérence de l'animal à certains substrats. Il participe aussi à la respiration du collembole. C'est un caractère unique définissant les Collemboles (Thibaud, 2009).

- **un rétinacle ou tenaculum** pourvu de crochets sur le 3^{ème} segment sert à maintenir la furca.

- **une furca**, portée par le 4^{ème} segment, organe de saut emblématique des Collemboles, leur permet de fuir devant les prédateurs. Elle est constituée d'un manubrium impair à la base surmontée de deux dents latérales et de deux mucrons apicaux. Elle est repliée sous l'abdomen et maintenue par le rétinacle, qui peut brutalement libérer la furca en propulsant l'animal vers l'avant.

- **Un orifice génital** situé chez les deux sexes sur le 5^{ème} segment abdominal et **un orifice anal** sur le 6^{ème}.

Denis (1928) cité par (Grassé, 1965) affirme que cet ensemble de caractères confèrent aux collemboles une identité qui les sépare du reste des Hexapodes. D'après Cassagnau (1971a), les collemboles se séparent des insectes aptérygotes par la présence d'appendices abdominaux spécialisés.

I-1-4. La chaetotaxie

La chaetotaxie (nombre et disposition des soies) de revêtement est d'une importance fondamentale pour l'identification des espèces. Elle est représentée par des soies tactiles de densité variable, des **soies** spécialisées, des **écailles**, des **trichobothries** et des **sensilles**. Ces différents éléments tégumentaires sont le plus souvent stables chez la plupart des groupes mais peuvent être réduits, modifiés ou disparaître totalement chez d'autres. En raison de leur valeur systématique ils sont utilisés pour la classification des ordres, des familles et des genres. Deharveng (1983) a proposé une nouvelle définition de la sous famille des Neanurinae basée sur une nomenclature plus complète de la chaetotaxie des différentes parties du corps (labium, antenne, tergites, sternites et tibiotarse), alors que celle utilisée jusque là ne concernait que l'aire céphalique centrale et le labium.

I-2. Position systématique des collemboles

La systématique des collemboles a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche depuis les premières descriptions du début du 19^{ème} siècle (Börner, 1907) et (Caroli, 1912) cités par Grassé, 1965). Le tout dernier travail de systématique est réalisé par Deharveng (2004) qui propose une nouvelle classification des Collemboles basée sur de nouvelles approches et de nouveaux outils morphologiques qui remodelent leur systématique.

Traditionnellement on divise la classe des insectes en deux sous-classes: Apterygota et Pterygota:

Sous-classe **Apterygota**: 2 super-ordres Selon Grassi (1889) cité par Grassé (1965), les Aptérygotes se divisent en deux super-ordres :

- Entotrophes à pièces buccales presque complètement cachées dans la tête

CHAPITRE I. Généralités sur les Collemboles

- Ectotrophes, à pièces buccales visibles.

Super-ordre des **Entotropha**: 3 ordres

- ordre Collembola
- ordre Diplura
- ordre Protura.

Super –ordre des **Ectotropha**: 1 ordre

- ordre des Thysanura.

Cassagnau (1971) dans son travail sur les structures nerveuses et de neurosecrétions cérébrales des Collemboles propose d'ériger au rang de sous-classe tous les Aptérygotes connus (figure 3) et il propose la classification suivante:

Classe Insecta:

Groupe I: **ENTOTROPHA** : 3 sous-classes

- sous-classe COLLEMBOLA
- sous-classe PROTURA
- sous-classe DIPLURA

Groupe II: **ECTOTROPHA** : 2 sous-classes

- sous-classe THYSANURA
- sous-classe PTERYGOTA.

L'auteur distingue de façon classique les arthropléones à segments abdominaux nettement séparés et les Symphypléones caractérisés par la coalescence des segments thoraciques et abdominaux I à IV. Massoud, (1976) a isolé de ces derniers les Néelipleones. Au sein des Arthropléones on distingue deux ordres : les Poduromorpha et les Entomobryomorpha (figure 3).

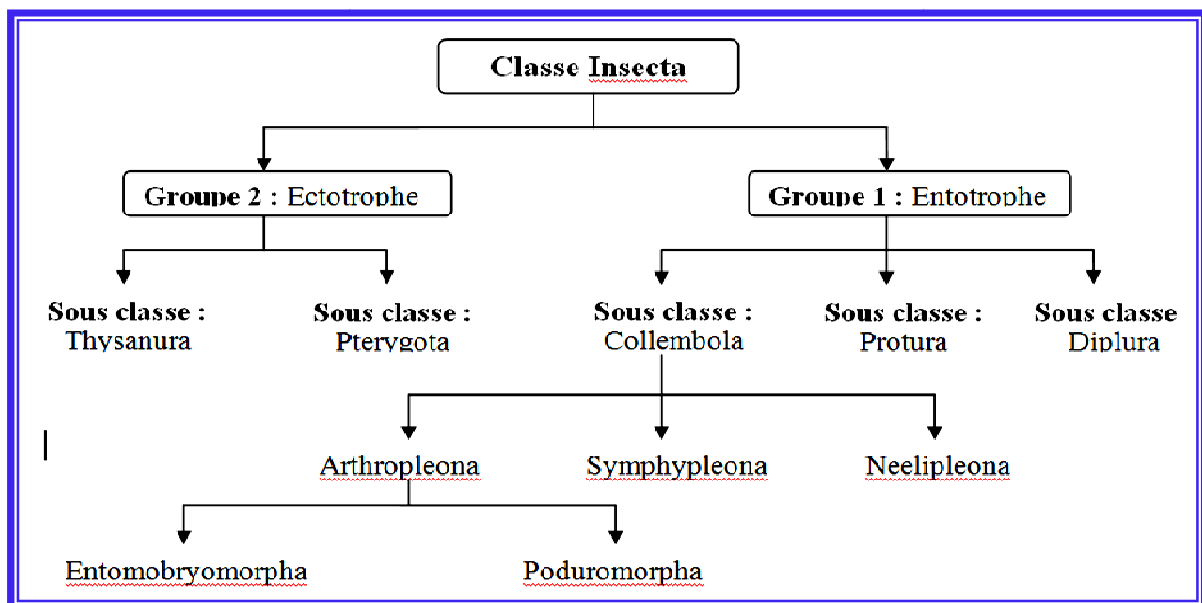


Figure 3. Organigramme récapitulant les grandes lignes de la systématique des Collemboles selon le modèle proposé par Cassagnau et Massoud (sans date).

La systématique moderne ne considère plus les Collemboles comme étant des insectes mais un groupe taxonomique élevé au rang de la classe Collembola (figure 2). Les deux classes (Insecta et Collembola) appartiennent à la même super-classe : Hexapoda. Selon Bellinger et *al.*, (2005) la nouvelle systématique des Collemboles est donnée dans le tableau 3.

Tableau 3. Nouvelle systématique des Collemboles Selon Bellinger et *al.*, (2005).

Super-règne	Eucarya Woese, Kandler et Weelis, 1990
Règne	Animalia Linnaeus, 1758
Sous-règne	Eumetazoa Butshli, 1910
Super-phylum	Ecdysozoa Aguinaldo AMA, Turbville JM, Lindford LS, Rivera MC, Garey JR, Raff RA et Lake JA, 1997
Phylum	Arthropoda Latreille, 1829
Sous-Phylum	Pancrustacea Zrzavy et Stys, 1997
Super-classe	Hexapoda Bainville, 1816
Classe	Collembola Lubbock, 1870
Ordre	Poduromorpha Börner, 1913, sensu D'Haese CA, 2002
Ordre	Entomobryomorpha Börner, 1913, sensu Soto-Adames FN et <i>al.</i> , 2008
Ordre	Neelipleona Massoud, 1971
Ordre	Symphyleona Börner, 1901, sensu Massoud, 1971

Nous donnons ici les quatre ordres de collemboles et leurs caractéristiques (figure 2) :

- Ordre des Poduromorphes :

cet ordre regroupe toutes les espèces dont le corps est allongé et cylindrique ou aplati, le tergite du premier segment thoracique est sclérifié et porte une rangée de soies (thorax (I) bien développé) (Cassagnau et Juberhtie, 1967).

- Ordre des Entomobryomorphes :

ils sont caractérisés par un corps allongé et cylindrique ou aplati, et ne possèdent pas de tergite individualisé sur le prothorax (pronotum réduit) (Cassagnau, 1990).

- Ordre des Néelipléones :

les membres de cet ordre sont caractérisés par un corps globulaire, le 2^{ème} et le 3^{ème} segment thoracique sont élargis (thorax plus développé que l'abdomen), et les subcoxae et coxae très étendus (Bonet, 1947, Massoud, 1971a et Bretfeld, 1986). Les Néelipléones constituent une lignée très originale, n'ayant pas plus d'affinité avec les Symphypléones qu'avec les autres collemboles (Massoud, 1971b).

- Ordre des Symphypléones :

ils possèdent un corps globulaire comme les Neelipleona, mais ils s'en distinguent par la coalescence des segments thoraciques 1 à 4 (abdomen plus développé que le thorax) (Betsch, 1980, Fjellberg, 1989)

Deharveng (2004), affirme que cette nouvelle classification des collemboles est basée sur de nouveaux caractères et de nouvelles approches, tels :

- la chaetotaxie antennaire:

c'est un caractère distinctif puissant chez divers groupes, et qui est de plus en plus employé à tous les niveaux taxonomiques. Elle est basée en particulier sur l'arrangement des soies « s » (sensille ou soie sensorielle), situées sur le 4^{ème} segment antennaire (Deharveng et Lek, 1993).

- la chaetotaxie tibiotarsale :

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

- les Pièces buccales (labre et labium) :

beaucoup de problèmes ont été résolus par l'utilisation de la morphologie des pièces buccales, on donne l'exemple des Brachystomellidae qui ont été longtemps séparés des Neanuridae par l'absence des mandibules (Jordana et *al.*, 1997 cité par Hamra-Kroua, 2005).

I-3. Reproduction

Les sexes sont séparés, mais en général, seuls les orifices génitaux permettent de distinguer le mâle de la femelle (Massoud, 1971a). Cependant, chez certaines espèces de Symphypléones, les mâles présentent des caractères sexuels secondaires sur les antennes et l'abdomen (Thibaud, 2009).

Massoud (1971a) a pu décrire l'orifice génital mâle comme une plaque circulaire ornée de poils avec une fente longitudinale et celui de la femelle comme une plaque elliptique également garnie de poils avec une fente transversale.

Les comportements reproducteurs varient. Certains présentent des parades sexuelles élaborées. De façon générale, la reproduction se fait sans accouplement. Le mâle dépose des spermatophores que la femelle introduit dans ses vois génitales. 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 (Thibaud, 2009).

I-3-1. Œufs et développement embryonnaire

Les œufs sont pondus le plus souvent par paquets de 8 à 50. Une femelle pond de un à dix fois dans sa vie selon les espèces. Lors de la ponte, certaines femelles enrobent leurs œufs de substances de protection (Thibaud, 2009).

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 (Thibaud, 2009). Pour (Cassagnau, 1990) le développement embryonnaire de l'œuf est immédiat chez la plupart des formes édaphiques mais chez les épigées, les œufs d'hiver peuvent voir leur développement différé pendant plusieurs mois. Ces arrêts correspondent à des diapauses embryonnaires.

I-3-2. Développement post-embryonnaire

Les Collemboles sont des amétaboles, c'est-à-dire qu'ils ne subissent pas de métamorphose. De l'œuf sort un jeune 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 et continuera à muer sa vie durant.

La durée du développement post-embryonnaire est très variable selon les espèces et les conditions du milieu: d'une semaine à cinq mois (Thibaud, 2009). Selon (Cassagnau, 1990) la durée des inter-mues, et donc du développement larvaire est directement conditionnée par la température avec parfois introduction de phases de quiescence ou de diapause dans la nature en période hivernale chez les espèces à développement lent.

I-3-3. Ecomorphose, épitoquie et cyclomorphose

Cassagnau (1961) affirme que l'ecomorphose est un phénomène exceptionnel propre au phylum des collemboles. Il la décrit comme un « affolement » du cycle évolutif lié à une perturbation des conditions ambiantes, qui se traduit chez les espèces d'hiver ou de milieux froids soumis à une élévation sensible de la température, par l'apparition de caractères anatomiques et morphologiques aberrants dont les plus importants affectent les pièces buccales, le tube digestif, les

appendices, les organes des sens et les téguments. Seuls les individus immatures sont touchés dans de fortes proportions. Le phénomène est réversible et souvent non obligatoire.

Quand certains de ces changements se produisent en lien avec le cycle reproducteur, on parle alors d'épitoquie; quand ils se produisent au cours d'un cycle saisonnier, on parle de cyclomorphose (Thibaud, 2009).

L'épitoquie apparait au cours de la vitellogenese et de la formation des spermatophores, et s'accompagne par un raccourcissement du mucron (furca), des épines anales, des soies dentales ainsi que de la disparition du sac exsertile antennaire. Toutes les modifications résultants de l'épitoquie peuvent toucher des caractères classiques utilisés dans la systématique ce qui implique une attention particulière afin d'éviter de possibles erreurs (Cassagnau, 1985 cité par Hamra-Kroua, 2005).

Fjellberg (1976) cité par Hamra-Kroua (2005), est le premier à avoir utilisé le terme de cyclomorphose pour décrire le polymorphisme saisonnier chez les espèces du genre *Isotoma*. Ce phénomène touche des espèces cryophiles qui présentent une forme d'été et une forme d'hiver qui se distinguent par la forme du mucron: *Isotoma hiemalis hiemalis* et *Isotoma hiemalis mucronata*.

I-4. Ecologie des Collemboles

I-4-1. Habitats, adaptations et formes de vie

Les Collemboles ont envahi tous les biotopes terrestres de notre planète. On les rencontre 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, dans les premiers centimètres du sol et dans la végétation. Diverses espèces ont développé des adaptations aux habitats plus pauvres et plus secs. Certains se sont adaptés à la vie cavernicole, d'autres à la vie dans l'interstitiel sableux, dans les déserts et les volcans (Thibaud, 2009). Les collemboles peuplent également les milieux humides tels que les mares et les tourbières (Ponge, 1993).

Dans chaque type d'habitat on trouve un grand nombre d'espèces qui cohabitent, mais la composition spécifique varie en fonction de la profondeur, de l'usage du sol et du type de végétation, de l'humidité et de la lumière (Ponge et al., 2006).

En générale on peut distinguer :

a- les Collemboles épiédaphiques, vivant au-dessus du sol, sur la végétation: Entomobryoides et Symphypléones. Ils possèdent un appareil saltatoire (furca) bien développé, des pattes allongées, de longues antennes, des ocelles, et un corps plus ou moins gros et fortement pigmenté. Ils sont poilus et couverts d'écailles.

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

c- les Collemboles euédaphiques, vivant dans le sol profond : Ils sont en général de très petite taille (inférieure à 2 mm), totalement ou partiellement dépigmentés. Leurs ocelles sont réduits, la plupart sont même aveugles. En général, la chaetotaxie est courte et simplifiée. Les pattes et les antennes sont courtes. La furca est souvent régressée ou absente. Ils présentent des organes sensoriels antennaires et post-antennaires bien développés. On trouve fréquemment des espèces appartenant aux familles suivantes : Onychiuridae, Hypogastruridae, Isotomidae, Oncopoduridae, Lepidocurtidae et quelques rares Symphypleones (Massoud, 1971a).

d- Les Collemboles troglobies ou cavernicoles, vivent 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 écophysiologique (Thibaud, 2009). Massoud (1971a) suggère que les cavernicoles se caractérisent par l'absence de pigments, la réduction ou souvent l'absence d'yeux et par une organisation sensorielle plus développée. Les groupes typiquement cavernicoles sont : des Hypogastruridae, des Onychiuridae, des Neanuridae, les Tomoceridae, les Entomobryidae et enfin certaines espèces du genre Arrhopalites (Symphyleones).

Selon Thibaud (1986) cité par Hamra-Kroua (2005) les espèces troglobies se caractérisent par:

- une productivité potentielle plus faible que les formes de surface
- un ralentissement des processus biologiques
- une augmentation de la teneur des tissus en graisse et une diminution de celle de l'eau
- une diminution du pouvoir de régulation et de rétention hydrique
- une diminution du métabolisme respiratoire
- une résistance au jeune.

e- les Collemboles « marins », espèces inféodées aux milieux littoraux plus ou moins salés; sont capables de réguler la concentration de leur milieu intérieur par rapports aux fluctuations des concentrations de l'eau de mer (Cassagnau, 1990). Parmi ces espèces Delamare Deboutteville (1954) cité par Massoud (1971a) cite : *Anurida maritima* (Guerin, 1836), *Friezea acuminata* (Denis, 1925) et *Hypogastrura armata* (Nicolet, 1841)

f- les Collemboles hydrophiles, vivant à la surface des nappes d'eau douce comme : *Podura aquatica* (Lubb, 1758), *Hydroisotoma schaefferi* (Krausbauer, 1898), et certaines espèces du genre Sminthurides vivent à la surface des mares et au bord des ruisseaux. Dans la majorité des cas nous assistons à l'élargissement des lamelles du mucron permettant aux animaux de sauter sur l'eau (Massoud, 1971a).

g- les Collemboles termitophiles et myrmécophiles, vivant dans les termitières ou les fourmilières. Ils sont représentés par des espèces de la sous-famille des Cyphoderinae et du genre Oncopodura.

h- Les collemboles nivicoles. C'est le cas par exemple d'*Isotoma saltans* (Nicolet, 1841) et des Hypogastruridae qui peuvent pulluler et se déplacer en groupes compacts sur une couverture neigeuse (Massoud, 1971a)...

I-5. Influence des facteurs du milieu sur la vie des Collemboles

I-5.1- Facteurs abiotiques

I-5.1.1. Humidité

Les Collemboles sont généralement très hygrophiles, surtout ceux qui vivent dans le sol, mais il en est qui grimpent aux plantes, qui vivent dans les habitations (*Lepidocyrtinus domesticus*), ou même sur des rochers très secs (*Entomobrya pulchella*). Chaque espèce a son humidité préférentielle (Kuhnelt, 1961 cité par Bachelier, 1978).

Vannier (1974) cité par Bachelier (1978) a montré que la résistance cuticulaire de *Tetrodontophora bielanensis* (Waga) augmentait avec le déficit de saturation de l'air ambiant.

Chez certains taxa, surtout du sol et des grottes, des œufs immergés dans l'eau se développent normalement et éclosent sous l'eau. Cette possibilité des œufs à survivre sous l'eau confère à certaines espèces de Collemboles une grande résistance aux inondations et un pouvoir de dissémination par les eaux (Thibaud, 2009). De leur côté Zinkler et Rusbeck, (1986) cité par Hamra-Kroua (2005) affirment que la saturation du milieu édaphique par une nappe liquide refoule la plupart des espèces vers la surface du fait du peu de mouillabilité de leur cuticule. Toutefois les individus prisonniers en profondeur peuvent subir pendant un laps de temps plus au moins long des

conditions de vie sub-aquatiques qui ne semblent pas déboucher sur des conséquences létales. Les chances de survie de ces organismes sont liées à la teneur en oxygène dont ils disposent suivant les micro conditions qui leur sont offertes en profondeur. Les individus enfermés dans des bulles d'air au sein des vacuoles conservent une respiration de type terrestre adaptée aux basses tensions en oxygène.

I-5.1.2. Température

Bachelier (1978) souligne que les fortes températures, liées à une faible humidité de l'atmosphère constitue un handicap pour la respiration cutanée de la plupart des microarthropodes. Pour éviter une telle situation les collemboles entament la fuite vers des horizons encore humides ou bien réduisent leur activité.

Pour les basses températures, la limite de résistance des Collemboles varie beaucoup avec les espèces. La plupart ne bougent plus ou meurent en dessous de zéro degré, ne survivant que sous forme d'œufs ; d'autres s'enfoncent dans la profondeur du sol. Il est toutefois des espèces de collemboles adaptées au froid, tel *Isotoma saltans* (puce des glaciers) et *Anurophorus subpolaris* trouvé à -50°C au pôle sud (Wise, 1965) cité par Bachelier (1978). Dans les Pyrénées on a trouvé des populations actives de *Tetracanthella* sur les rochers glacés (-15°C en hiver), à 2000 m d'altitude. *Cryptopygus antarcticus* supporte des températures de -27°C . De telles performances ne sont possibles que grâce aux propriétés « antigel » du milieu intérieur à base de cryoprotecteurs comme le glycérol, le manitol, le tréhalose et le fructose. La résistance semble être accrue par la vacuité du tube digestif et la possibilité de l'instauration d'un métabolisme anaérobie (Cassagnau, 1990).

I-5.2- Facteurs biotiques

I-5.2-1- Régime alimentaire

Les Collemboles, en se diversifiant au cours des temps, se sont adaptés à des milieux très variés et possèdent maintenant quantité de régimes alimentaires souvent éclectiques mais parfois aussi étroitement spécifiques. Selon Thibaud (2009), ils sont, pour la plupart, des décomposeurs polyphages en se nourrissant de débris organiques: parenchyme foliaire, bois, excréments et cadavres d'animaux, et surtout de pollens, d'algues, de mycélium et de spores de champignons et de bactéries. Ce sont donc des détritivores.

Quelques espèces sont saprophages et se nourrissent principalement de végétaux en décomposition et disposent de pièces buccales capables de fragmenter les résidus organiques tout en nourrissant des microorganismes adhérant à leur surface tels que les bactéries et les algues (Hopkin, 1997 et Laroche et *al.*, 1993). Les Collemboles du sol sont connus comme exclusivement carnivores. Les espèces du genre *Friezea* se nourrissent de nématodes, de protozoaires et de rotifères (Ponge, 1991). *Isotoma macnamarai* chasse d'autres Collemboles et *Friezea claviseta* est même accusée de cannibalisme (Denis, 1949 cité par Bachelier, 1978).

Certaines espèces sont phytophages et se nourrissent du feuillage des plantes non décomposées, selon Dounger (1962) cité par Ait mouloud (2006), elles peuvent se nourrir également de racines (*Onychiuridae*) et de plantes vivantes et plantules d'où souvent des dégâts causés par certaines espèces sur les plantes cultivées. D'après Thibaud (2009), Seules quelques espèces de Symphypléones sont reconnues comme nuisibles aux cultures.

I-5.2-2- Parasites et Prédateurs

De nombreux auteurs ont signalé l'existence de grégaires et de nématodes comme endoparasites des collemboles. La liste des parasites des Collemboles s'élargit à divers groupes zoologiques, des épidémies de virus et de bactéries ont été observées dans les cultures de collemboles et les moisissures (champignons) peuvent facilement les envahir et les anéantir.

Cependant, des champignons commensaux ont été décrits sur les collemboles (Massoud, 1971a). Le même auteur ajoute que plusieurs groupes ont été signalés comme ennemis ou prédateurs des collemboles, il cite : les myriapodes chilopodes, les araignées, les pseudoscorpions, les acariens, les insectes diptères et les coléoptères. Bilde et *al.*, (2000) note que les collemboles constituent également un important groupe de proies pour les prédateurs invertébrés généralistes dans les agro-écosystèmes, tels que les acariens, les mille pattes, les araignées, les coléoptères, les staphylins et les fourmis. Cassagnau (1990) cite les groupes précédents et ajoute les coccidies, Les microsporidies et les hélicosporidies. Thibaud (2009), ajoute à son tour, les Opilions, les formicidae, ainsi que certains reptiles, batraciens et oiseaux. Il affirme aussi que, ce rôle important, des Collemboles comme ressource trophique reste trop souvent encore négligé en écologie.

I-6. Rôles des Collemboles dans les écosystèmes terrestres

Les collemboles comptent parmi les hexapodes les plus communs et les plus nombreux dans le sol où leur densité peut atteindre 100 000 individus par mètre carré. Leur contribution à la biodiversité globale des communautés augmente avec la latitude et avec l'altitude.

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 (Thibaud, 2009). En l'absence de ces animaux, un grand nombre d'éléments resteraient immobilisés au sein de la biomasse microbienne (Sabatini et Innocenti, 2001).

Les Collemboles qui représentent 2 à 10 % de la biomasse animale contribuent aux alentours de 5 à 10 % dans le processus de décomposition de la litière grâce aux quelques espèces capables de s'attaquer aux polysaccharides des structures végétales (Petersen et Luxton, 1982 cité par Hamra-Kroua, 2005).

I-7. Bioindication

Les Collemboles sont considérés comme des indicateurs de l'état des sols (Therrien et *al.*, 1999). Diverses espèces sont associées à des conditions particulières du milieu ; d'autres sont sensibles à la dégradation de l'environnement (pesticides, polluants métalliques, assèchement, modification ou enrichissement du milieu, dégradation du couvert végétal...). Sur certains sols très pollués, la litière de la couche superficielle se décompose très lentement, à cause de l'absence des collemboles et des vers de terre. En effet, les collemboles sont des indicateurs intéressants pour étudier certains aspects de l'état écologique des milieux terrestres (Hopkin, 1997).



CHAPITRE II

Caractéristiques des régions d'étude

Chapitre II. Caractéristiques des régions d'étude

La présente étude est réalisée dans deux zones humides du nord de l'Algérie: la mare aux canards située au niveau du parc national d'el kala (wilaya d'El Taref) et la mare de Boumessaoud (Grande Kabylie, wilaya de Tizi ousou).

II.1. - Description de la mare aux canards (Parc National d'El Kala)

II.1.1.- Géographie

Le Parc National d'El Kala (PNEK) est le plus vaste parc national du Nord algérien, il est situé à l'extrême Nord est du tell à 80 km à l'est d'Annaba. Il est limité à l'Est par la frontière algéro- tunisienne, au nord par la mer méditerranée, à l'ouest par les plaines d'Annaba et au sud par les montagnes de la Medjerda. Administrativement, le PNEK est inclus dans la wilaya d'El Taref (Ouelmouhoub, 2005). Il est compris entre les coordonnées géographiques 36°55-36°90° Nord et 8°16-8°43 Est (figure 4) (A.P.N.A., 2006).

Le parc d'une superficie de 76 438 ha est composé d'une mosaïque particulière d'écosystèmes et caractérisé par des zones humides dont l'ensemble constitue un complexe considéré comme unique dans le bassin méditerranéen (A.P.N.A., 2006).

En vue d'une gestion rationnelle et une protection des divers milieux, la région d'El Kala a été érigée en parc national dès 1983 sous le décret n°83- 462 du 23 juillet 1983. Elle a en outre été classée en 1990, dans la catégorie du patrimoine national et culturel international et comme réserve de la biosphère par l'UNESCO.

La mare aux canards (Photo 1, 2, et figure 4) d'à peine un hectare se trouve au niveau du parc animalier de Brabtia. Ce parc, d'une superficie de 30 ha est situé à 800 mètres de la RN 84A, en plein parc national d'El Kala, dans un site où s'entremêlent une forêt aux arbres séculaires de différentes essences, une végétation luxuriante vaste et variée.

Cette mare est isolée de la forêt de Brabtia par un grillage et un gabionnage qui représentent une fragmentation du paysage.

La forêt de Brabtia est représentée principalement par le Chêne liège, le Chêne zéen, l'Aulnaie, les Peupliers, l'Orme et le Pin d'Alep. Les peuplements artificiels sont représentés par le pin maritime, l'acacia et l'eucalyptus. Le Peuplier, le Frêne et l'Aulne dominant sur la ripisylve de la mare aux canards (A.P.N.A., 2006).

II.1.2.- Topographie

L'activité néotectonique du quaternaire et du tertiaire a façonné le relief d'El Kala. Hamra Kroua (2005) rapporte que les phénomènes tectoniques globaux ainsi que la lithologie et la pluviosité de la région ont favorisé une érosion massive des reliefs et permis la naissance de zones humides (marécages, étangs et lacs) les plus importants de l'Afrique du nord.

Le relief de cette zone se compose d'une juxtaposition de dépressions dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres et de hautes collines aux formes variées: dômes, escarpements et alignements de crêtes, couverts par une végétation dense (De Blair, 1990 cité par Ouelmouhoub 2005).

En effet, la topographie est représentée dans sa partie septentrionale par un cordon dunaire qui s'étend sur 40 km d'ouest en est d'une part et vers le sud jusqu'au Djebel Segleb d'autre part. Des collines de 600 m d'altitude se localisent au nord, à l'est et à l'ouest et aux quelles une plaine alluviale est adossée (Joleau, 1936 cité par Grimes, 2005).

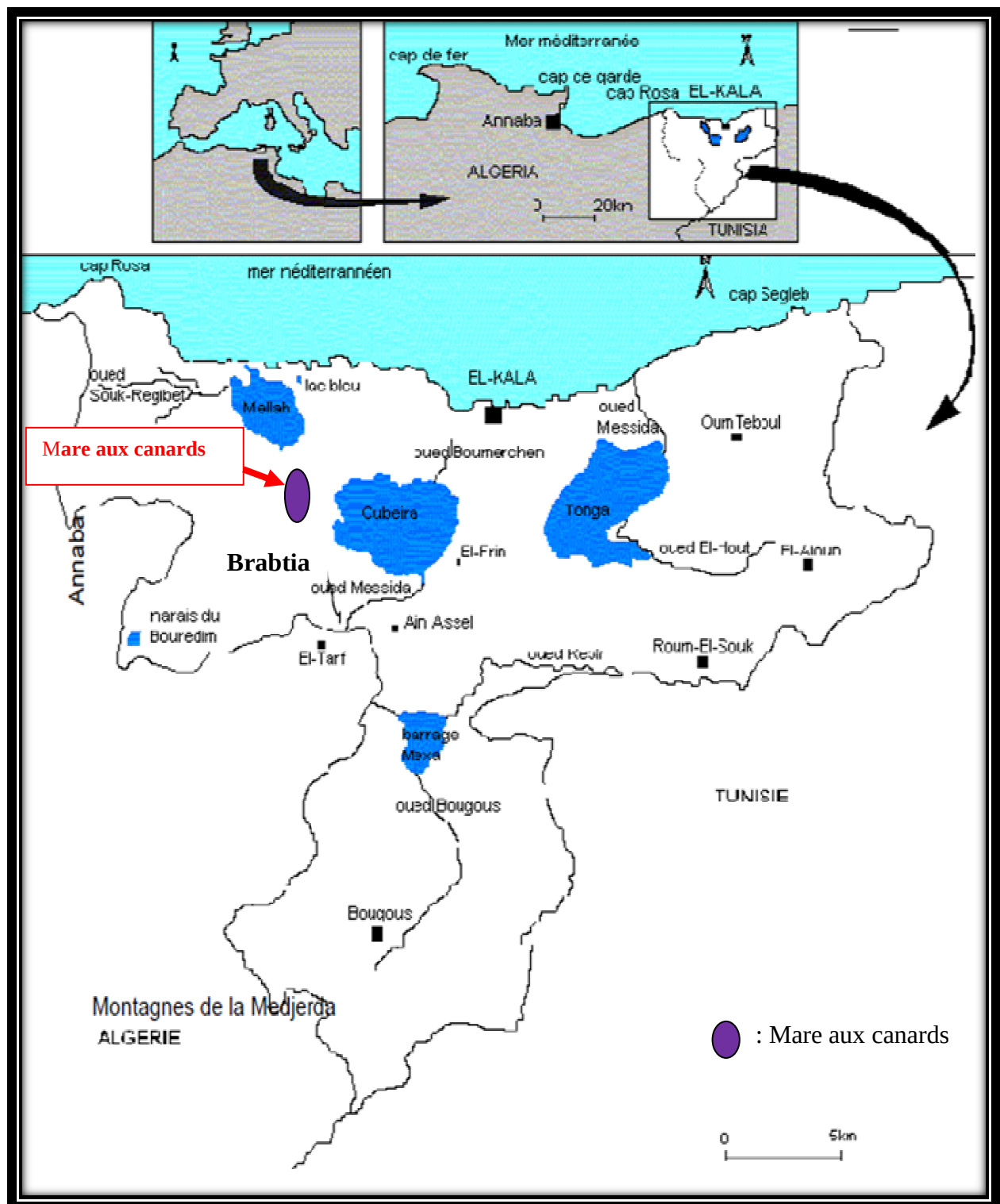


Figure 4. Situation géographique de la mare aux canards (El-kala) (Benyacoub et *al.*, 1998 cité par Ouelmouhoub, 2005)



Photo 1. Réserve cynégétique de la forêt de Brabtia (parc national d'el-kala, 2009)



Photo 2. La mare aux canards (parc national d'el-kala, 2009).

II.1.3.- Géologie

Les principaux traits géologiques sont en grande partie dus aux surrections alpines du tertiaire. Durant le Quaternaire des mouvements transverses et des phénomènes de torsions ont mis en place une série de dômes et de cuvettes, dirigeant les chaînes telliennes vers le nord est (Marre, 1987 cité par Ouelmouhoub, 2005). Bakaria (2002) rapporte que ces mouvements tectoniques ont engendré des plissements résultant de la friction des plaques africaine et eurasiennne qui ont constitué la chaîne tellienne et dont le prolongement final constitue la Kroumirie allant jusqu'en Tunisie. Selon Joleaud (1936) cité par Grimes (2005), l'époque tertiaire se distingue par les argiles de Numidie datant de l'Éocène moyen. Ces argiles s'étalent dans le fond des vallées et en bordure des plaines, tandis que les grès de Numidie, datant de l'Éocène supérieur, reposent en concordance sur les argiles précédentes formant la masse principale des collines et la crête du djebel Ghorra. Après le tertiaire, les principales formations sont les dépôts fluviaux constitués principalement de limons, de sables et de galets. Les dunes, elles, sont le résultat de l'érosion marine des falaises gréseuses.

II.1.4.- Pédologie

Les argiles d'El Kala sont formées au tertiaire bien avant la formation des grès numidiens de l'Eocène supérieur et représentent l'ossature des principales collines et de la crête du djebel El Ghorra. Les principaux types de sols de la Calle (El Kala) sont des sols podzoliques insaturés à vocation forestière de chêne-liège. Ils sont à structure granuleuse légèrement lessivée sans accumulation importante de la litière. Au centre des différents lacs, des dépôts d'argiles lacustres qui y sont relevés. Notons aussi la présence de sols des prairies marécageuses, de sols tourbeux non inondés, de sols alluvionnaires des oueds, de colluvions des pentes gréseuses et de sols dunaires (A.P.N.A., 2006).

II.1.5.- Les ressources hydriques

La région jouit d'une pluviométrie parmi les plus abondantes d'Algérie. Les forêts et les plans d'eau font partie intégrante du cycle de l'eau et présentent une interactivité avec le régime des précipitations. Le taux d'humidité élevé est la conséquence de la proximité de la mer, mais aussi de la présence de forêts et de lacs. Le parc national d'El Kala est un ensemble de plans d'eau répartis entre lacs et marais et dont les principaux sont : le lac Tonga, le lac Oubeira, le lac El Mellah, le lac

bleu, le lac des oiseaux, le marais de Bourdim et beaucoup d'autres de même importance écologique (Joleaud, 1936 cité par Grimes, 2005). Les deux premiers (lac Tonga et lac Oubeira) ont été considérés comme sites d'importance internationale par la convention de Ramsar (1971) (Ouelmouhoub, 2005).

De nombreux cours d'eau s'écoulant des montagnes orientales ne drainent pas directement vers le nord mais se dirigent vers l'ouest et finissent dans la plaine d'Oum Teboul. Une partie des eaux alimente alors le lac Tonga par l'intermédiaire de l'Oued El- Hout. Une autre partie s'infiltré et recharge la nappe phréatique. Le reste, piégé par les argiles de Numidie, stagne sous forme de marécages. Par ailleurs la partie méridionale de cette région est drainée par l'Oued Bougous, Oued Mellila et Oued El- Kebir, lequel joue le rôle de collecteur principal. Par contre la partie occidentale englobe plusieurs chaâbet et oueds liés aux lacs Mellah et Oubeira (Joleaud, 1936 cité par Grimes, 2005).

II.1.6.- Végétation

De par sa situation en zones humides, la flore du parc est riche et diversifiée. Elle se caractérise par un taux particulièrement élevé d'espèces endémiques, rares et très rares, environ 15 % de la flore rare à l'échelle nationale. Il abrite en effet le tiers de l'ensemble de la flore d'Algérie soit 964 espèces. Les formations végétales sont principalement à base de chêne liège (43000 ha), chêne zéen (2716 ha), aulnaie (3000 ha), peuplier et orme (621 ha), et pin d'Alep (20 ha). Les maquis sont répandus (10649 ha). Les peuplements artificiels sont représentés par le pin maritime (500 ha), l'acacia (1000 ha) et les eucalyptus (8508 ha) (A.P.N.A., 2006). Ce patrimoine est constitué aussi par des spermaphytes et des cryptophytes (fougères, mousses, lichens, algues et champignons) (Toubal, 1986 ; De Blaire 1990 cités par Ouelmouhoub 2005).

La flore du parc national d'El-Kala constitue un véritable carrefour biogéographique avec, d'une part, l'élément méditerranéen dominant (50 % : chêne liège, chêne kermès, oléastre, bruyère arborescente, myrte, arbousier...) et, d'autre part, des espèces à affinité européenne (20 % : aulne, saules, houx...), cosmopolites (20 %) et tropicales (10 %) (A.P.N.A., 2006).

II.1.7.- La faune

La diversité des habitats rencontrés au sein du parc a pour conséquence la présence d'une faune particulièrement riche et diversifiée.

Parmi les différents groupes systématiques, ce sont incontestablement les oiseaux (sédentaires et migrateurs) qui constituent la richesse faunistique la plus spectaculaire du parc. 189 espèces d'oiseaux, dont 21 rapaces, 61 espèces sont protégées par le décret présidentiel du 20 Août 1983 complété le 17 janvier 1995 (Benyacoub et al., 1998 cité par Ouelmouhoub 2005). Ce chiffre constitue presque la moitié (46,78 %) du nombre total d'espèces aviennes que compte le pays soit 404 espèces.

Concernant les mammifères, leurs effectifs ne cessent de régresser suite à l'action humaine destructive. Ils sont représentés par 40 espèces soit un peu plus de 30 % des mammifères d'Algérie : dont 16 sont protégées par la loi et constitue de ce fait un patrimoine réel à préserver. Parmi ces espèces, le cerf de Barbarie (*Cervus elaphus barbarus*) constitue le mammifère le plus précieux de la région.

Les reptiles du parc national d'El-Kala sont représentés par 17 espèces dont 03 protégées. Les amphibiens quant à eux sont au nombre de 07 espèces. Dans les biotopes lacustres, on distingue 14 espèces de poissons strictement dulçaquicoles.

Les invertébrés sont représentés par 223 espèces, réparties en 42 odonates, 76 diptères dont 21 rares, 60 espèces coléoptères dont 30 rares et 45 espèces de lépidoptères dont 30 rares (A.P.N.A., 2006).

II.2. - Description de la mare de Boumessaoud

II.2.1.- Géographie

La région de Boumessaoud se trouve à l'extrême nord-est de la grande Kabylie. Cette partie du pays est délimitée au nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la limite territoriale de la Wilaya de Béjaïa, au Sud par la Daïra d'Azazga et à l'Ouest par celles de Tizirt, de Djebel Aïssa Mimoun et de Mekla (figure 5).

La mare de Boumessaoud se trouve dans la commune d'Azzefoun située à l'extrême nord-est de la grande Kabylie (figure 5), et est délimitée:

- au nord, par la mer méditerranée;
- à l'Est par la commune d'Ath Chaafa ;
- au sud par les communes d'Aghrib et d'Akerrou;
- et à l'Ouest par celle d'Iflissen.

La mare de Boumessaoud (photos 3 et 4) est de forme circulaire d'environ 80 x 60 m. Elle se situe au nord-ouest des Aghribs, à 650 m d'altitude. Elle est entourée par une subéraie fortement dégradée et un fourré dense à base de *Rubus ulmifolius* et de *Rosa sempervirens*. Elle est peu profonde (1m) et s'assèche probablement très rapidement. Elle est alimentée par les eaux de pluies et ne présente pas d'exutoire. La végétation ne se présente pas ici sous forme de ceintures, mais en plaques s'imbriquant parfois les unes dans les autres. Nous avons noté une Heliochariçaie à *Heliocharis palustris*, avec *Plantago agratica* et *Callitriche sp.* Une Scirpaie avec *Scirpus lacustris* et *Glyceria fluitans*. Le plan d'eau est entouré par une pelouse humide à base de *Potentilla reptans* et de *Polypogon monspeliensis* (Ait mouloud, 2006).

II.2.2.- Relief

Le relief de cette zone est principalement de type montagneux. Il correspond géographiquement (au Nord) à une portion de la chaîne littorale, englobant d'Ouest en Est: le col d'Agouni Chergui, le Djebel Tamgout et le Djebel Ibehrissene ; et au Sud, au prolongement de la chaîne du Djurdjura au Sud-Est. Cette dernière consiste globalement en une suite de lignes de crêtes qui se rejoignent au Nord Est du massif. Ces dernières sont orientées ENE-WSW dans la partie Nord et NNE-SSW dans la partie orientale. Leur contour s'imbrique avec d'autres lignes moins développées, déterminant des versants exposés essentiellement au N, NW et SE. Le dénivelé est important et peut atteindre 1400 m, et les pentes varient en moyenne entre 15 et 45% (Ait mouloud, 2006).

II.2.3. Géologie

Sur le plan géologique, le nord-est de la grande Kabylie repose sur trois unités structurales importantes: à l'Est, le flysch du Haut Sébaou-Azazga, au Nord-Ouest le flysch du port gueydon (Azzefoun) et au Sud, le Numidien.

Le flysch du Haut Sébaou-Azazga couvre géographiquement les régions du même nom. Le flysch affleure entre le socle Kabyle sur lequel il repose et le Numidien de la forêt d'Akfadou. Dans la région d'Azazga il est en partie masqué par le Miocène post-nappes du bassin de Tizi-Ouzou. Il s'étend au Nord un peu au delà du col des Aghribs où il chevauche la série grés-micacée du flysch de port gueydon (Gelard, 1979).

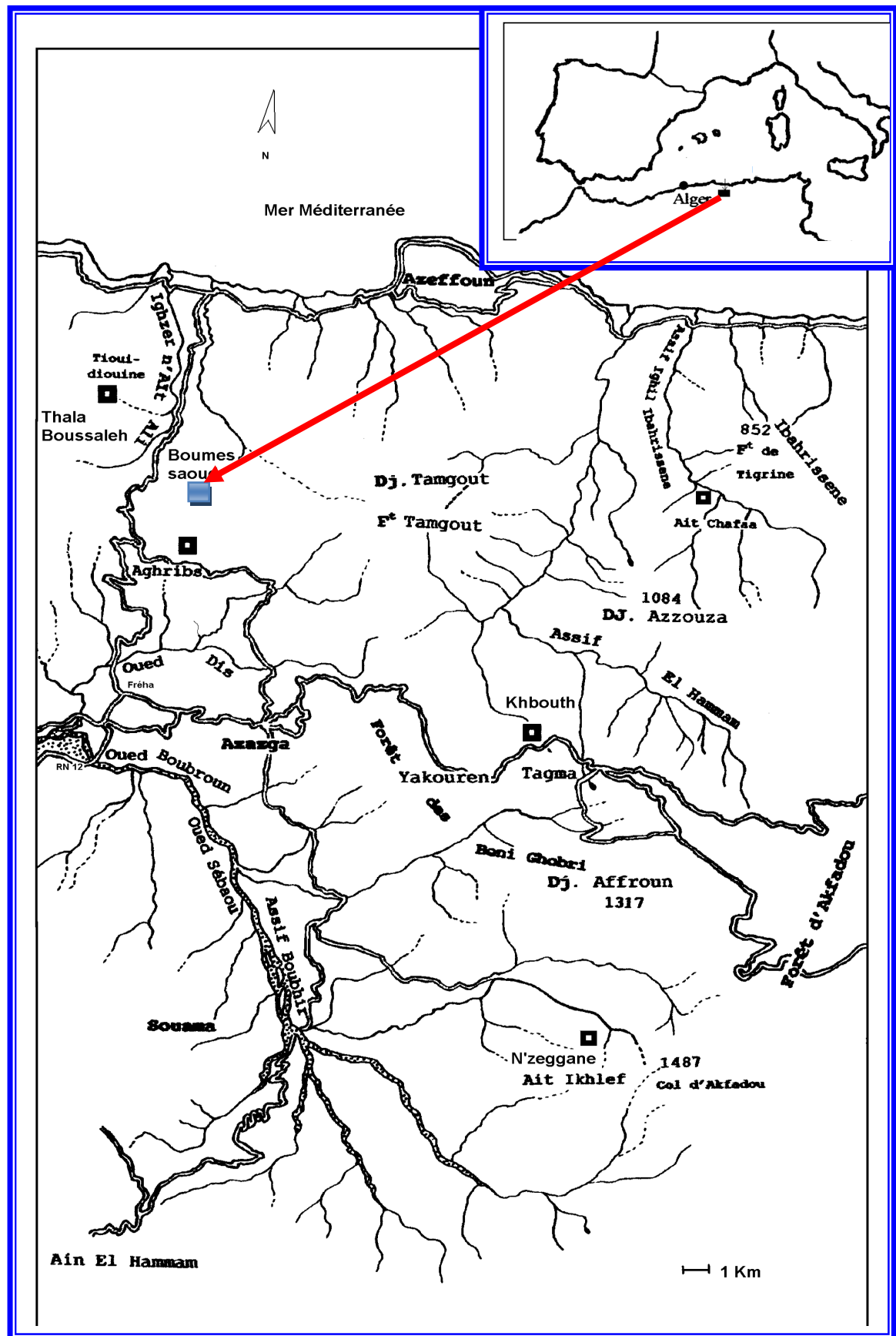


Figure 5. Situation géographique de la mare de Boumessaoud (Grande kabylie) (Ait Mouloud, 2006).



Photo 3. La mare de Boumessaoud (Ait Mouloud. 2006)



Photo 4. La mare de Boumessaoud (Photo originale. 2011).

Le flysch de port gueydon (Azeffoun) occupe toute la région littorale entre Aït Raouna et l'oued Sidi Ahmed ou Youssef sur une largeur moyenne de 10 Kms. Il se prolonge au-delà surtout vers l'Est. Il est chevauché par les flyschs du Haut Sébaou-Azazga et de Tagdint et, localement, directement par le Numidien (figure 6). Le flysch de Tagdint occupe de vastes surfaces dans toute la partie orientale du nord-est de la grande Kabylie : forêt de l'Akfadou, des Béni-Ghobri, d'Azzouza, où il est surmonté systématiquement par le Numidien (Gélard, 1979).

Le Numidien couvre de façon plus ou moins continue le tiers du Nord-Est de la Grande Kabylie. C'est la frange occidentale d'un immense banc gréseux qui s'étend d'Ouest en Est, sur une cinquantaine de kilomètres, d'Azazga jusqu'aux environs d'El Kseur. Du Nord au Sud, sa largeur d'affleurement atteint trente kilomètres au méridien de la forêt d'Akfadou. C'est un ensemble homogène couvert de forêts. Les grès numidiens déterminent les principaux reliefs: le Tamgout (1278 m), sommet des chaînes littorales, et le Djebel Ez-zeen (1646m) au sud de l'Akfadou et qui rivalise d'altitude avec la dorsale Kabyle toute proche. Les grès flottent sur un matelas tendre d'argiles sous numidiennes ou de flysch massylien argilo-marneux. Le Numidien est constamment superposé au flysch massylien, sauf:1) au Nord, où par endroits il chevauche directement le flysch de port gueydon au Sud-Ouest, où la série numidienne surmonte le flysch du Haut Sébaou par l'intermédiaire d'un olistostrome. A l'Ouest le radeau numidien se dissocie et quelques gros fragments atteignent la Méditerranée (Gélard, 1979).

La distribution spatiale des faciès numidiens montre, dans la direction Nord-Sud, quelques bandes d'argiles sous numidiennes orientées d'Ouest en Est. Parmi les plus importantes, celle qui s'étend du col de Tagma au Djebel Toukra en passant par Aghouled, et celle d'une faible largeur qui passe au Nord d'Ighil R'hara et Ighil Tikrine pour se prolonger jusqu'à Agoulmim Aberkane. Enfin une dernière de moindre importance, s'étend de Timri El Baz jusqu'à Agoulmim Aberkane. Les trois affleurements (grès, argiles et marnes) sont souvent recouverts d'éboulis de grès sur la plupart des dépressions (Gelard, 1979).

II.2.4. Pédologie

Les sols les plus répandus dans les massifs de l'Akfadou et d'Ath Ghobri se sont différenciés sous un climat à pluviosité particulièrement forte, à partir d'une roche-mère perméable et dépourvue de calcaire: les grès numidiens. Ces sols sont évolués, de type ABC Durand (1959). Selon la classification de Duchaufour (1977), ils seraient des sols bruns lessivés.

Sur les substrats argilo-gréseux s'observent des sols très faiblement lessivés voire sans horizon de lessivage (Durand, 1959) ou à hydromorphie temporaire (Messaoudène, 1989).

Debazac (1959) souligne que parallèlement à la dégradation de la couverture végétale, le sol lessivé évolue vers le type plus lessivé à pseudo-gleys sans pour autant que l'on puisse parler de sols podzoliques.

Pour Quezel (1956) l'acidité du substrat et l'humidité persistante même en été déterminent souvent un horizon podzolisé net. Ces sols ne sont pas rares en exposition Nord au dessus de 1000 m sous couvert de *Erica arborea* et *Cytisus triflorus* (Messaoudène, 1989).

Enfin, Durand (1959) signale la présence de sols tourbeux aux points d'accumulation des eaux de ruissellement et celles qui proviennent du lessivage des grès. Leur rareté leur a valu le qualificatif d'"aberrants".

La région d'Azeffoun présente elle des sols gréseux à texture argilo-siliceuse et argilo-marneuse. Les sols sont généralement argileux à hydromorphie temporaire et dont la profondeur est d'un mètre et plus. Ils sont formés sur des roches acides (grès et schistes) qui parfois s'appuient sur des marnes (Gélard, 1959).

Sur le plan phytogéographique, l'extrême nord-est de la Grande Kabylie relève de la région méditerranéenne et se situe dans le secteur numidien dont la limite Ouest est le bassin de l'Isser. Ce dernier est caractérisé par un substrat essentiellement gréseux et une pluviosité importante. Il est occupé en grande partie par *Quercus suber* ; *Q. canariensis* et *Q. afares* (Laribi, 2000 cité par Ait mouloud, 2006).

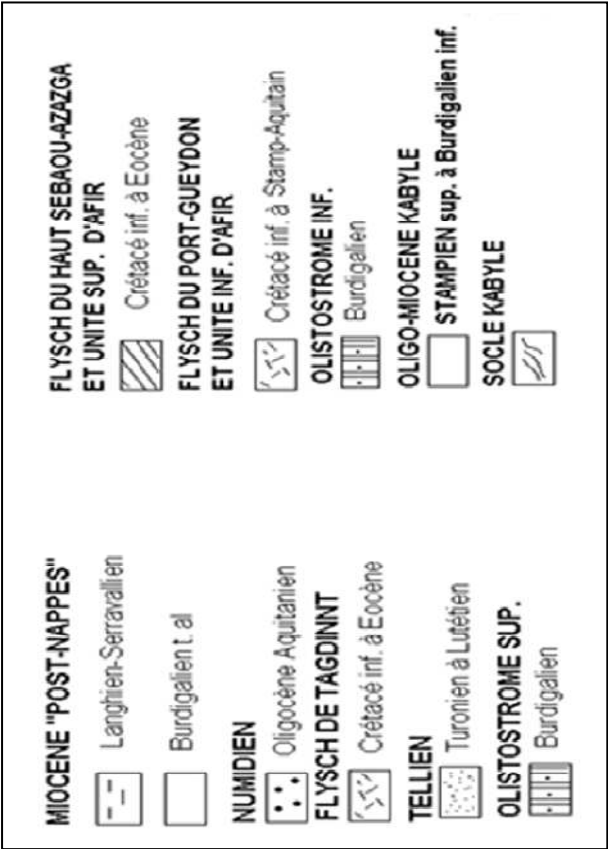
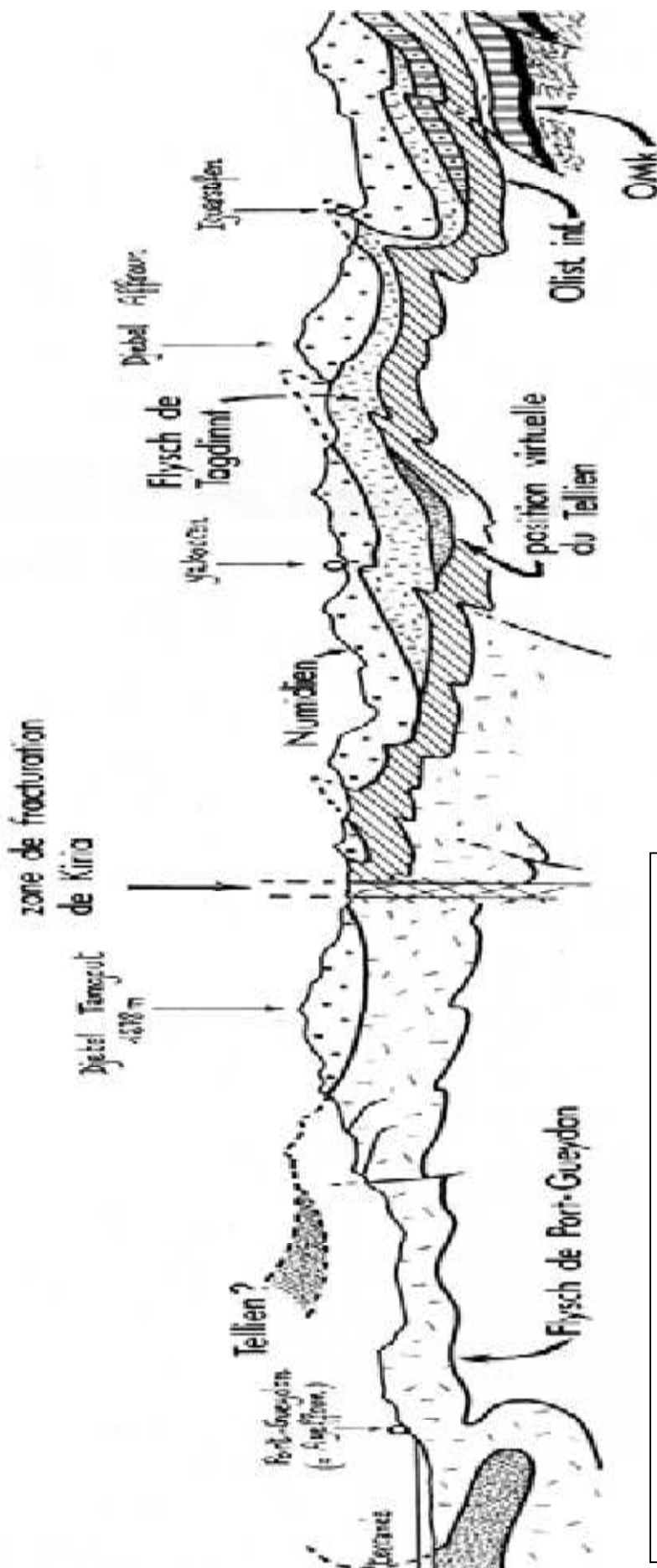


Figure 6 : GEOLOGIE DU NORD-EST DE LA GRANDE KABYLIE
Coupe 1 : port-Gueydon- Yakouren
Par J.-P. Gélard, 1978 cité par Ait Mouloud, 2006.

II.3. Cadre climatique

II.3. 1. Généralités

Différents travaux sur la climatologie et la bioclimatologie ont été réalisés sur l'Algérie par de nombreux auteurs. (Seltzer, 1946; Chaumont et Paquin, 1971; Stewart, 1975; Le-Houérou et *al.*, 1977; Djebaili, 1984; Quezel et *al.*, 1994; Benabadji et Bouazza, 1995; Bouazza, 1995; Benabadji et Bouazza, 2000 cités par Ait Mouloud, 2006) qui s'accordent à intégrer le climat algérien au climat méditerranéen. Ce dernier est caractérisé, selon Daget (1984), par deux saisons principales : une saison humide et fraîche à forte pluviométrie qui correspond à l'hiver, et une saison estivale sèche avec un minimum de précipitation. Emberger (1930, 1943, 1955, 1971) lui reconnaît deux composantes essentielles:

- 1- l'été est la saison la moins arrosée
- 2- et, de plus, il est biologiquement sec.

Ainsi, la délimitation d'une aire isoclimatique méditerranéenne résultera de l'analyse des régimes pluviaux et de l'analyse de sa sécheresse estivale.

C'est cette démarche que nous suivrons pour définir le climat de notre zone de travail en raison de la disponibilité de données pour ces deux paramètres essentiels (précipitations et températures).

C'est enfin en fonction de ces deux critères que le climat est agencé en « niveaux bioclimatiques ». Ces critères ombriques et thermiques sont représentés et corrélés sur des climagrammes dont celui d'Emberger est le plus utilisé en région méditerranéenne (Lehouerou et *al.*, 1977 ; Achhal et *al.*, 1980).

Le climat de l'Algérie se distingue par une influence marine au Nord, et par une tendance continentale subdésertique provenant du sud. Les vents prédominants sont de direction nord et nord-est (Lounaci, 2005).

La pluviométrie en Algérie est sous l'influence de facteurs géographiques comme l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente d'Ouest en Est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le sud (Seltzer ,1946 Quezel, 1957 et Chaumont et Paquin, 1971 cités par Lounaci, 2005).

II.3. 2. La mare aux canards

II.3. 2. 1. Précipitations

Selon Ramade (2003), elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares, les lacs temporaires et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement.

La région d'El Kala est une des régions algériennes qui jouissent d'une pluviosité des plus élevées, environ 1000 mm par an. Ces précipitations sont dues, principalement, à deux phénomènes météorologiques : les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'ouest et du nord-ouest, affectent le littoral Nord-est algérien après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée et les dépressions méditerranéennes se formant en Méditerranée occidentale, et affectent en général toutes les chaînes montagneuses autour de la mer Méditerranéenne, et particulièrement, la partie orientale du Tell algérien (Grimes , 2005).

Les données de la pluviométrie de la région d'étude ont été prises au niveau de la station météorologique d'El-kala et sont rapportées dans le tableau 4.

Tableau 4. Précipitations moyennes pour la période de 1996 à 2007 (Station météorologique d'El Kala, 2007).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	120,6	53,95	44,43	67,55	33,37	11,48	4,94	4,64	56,95	62,64	116,8	116,98

II.3. 2. 1.1. Précipitations mensuelles

La région se caractérise par un climat méditerranéen avec une période pluvieuse qui s'étale d'octobre à avril et une période sèche pour le reste de l'année.

Le mois le plus pluvieux a été enregistré en Janvier avec 120,6 mm; Août étant le mois le plus sec avec 4,64 mm (figure 7).

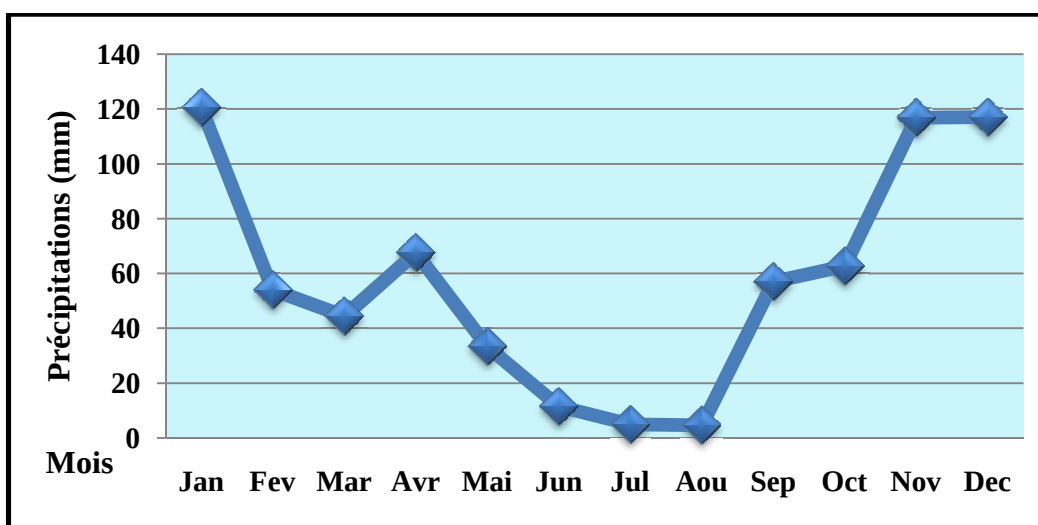


Figure 7. Courbes des variations mensuelles des précipitations de 1996 à 2007 dans la région d'El Kala.

II.3. 2. 1.2. Précipitations saisonnières

Pour déterminer le régime saisonnier de la station d'El-Kala (Tableau 5), nous regroupons les totaux pluviométriques saisonniers moyens: automne (septembre à novembre), hiver (décembre à février), printemps (mars à mai) et été (juin à août). Nous procédons en suite à un arrangement des saisons par ordre décroissant de pluviométrie pour établir le régime saisonnier.

Tableau 5. Régime saisonnier de la station d'El Kala.

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Type
P(mm)	291,53	145,35	21,06	236,39	H.A.P.E

D'après le tableau 5 et la figure 8 nous constatons que la région d'El-Kala est marquée par un régime pluviométrique saisonnier de type HAPE, typique du littoral et du tell algériens.

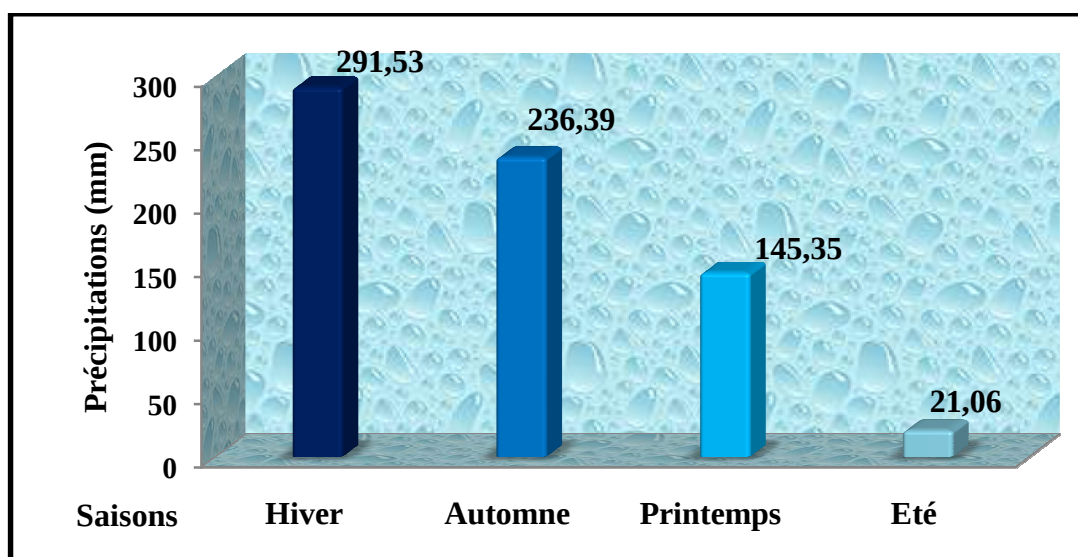


Figure 8. Régime saisonnier des précipitations à El-Kala.

II.3. 2. 2. Les températures

La température représente un facteur limitant de première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003). Le paramètre température est fonction de l'altitude, de la distance de la mer, et de la position topographique (Toubal, 1986 cité par Raachi, 2007).

Nous consignons dans le tableau 6 les températures moyennes mensuelles de la région d'El-Kala pour la période de 1996 à 2007 (station météorologique d'El-Kala).

Tableau 6. Températures moyennes mensuelles pour la période de 1996 à 2007 (Station météorologique d'El-Kala, 2007).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
M	16,16	16,32	17,81	20,28	23,47	25,67	30,1	31,65	26,04	25,05	19,44	17,65
m	9,15	9,56	11,15	12,51	15,96	19,41	21,83	23,43	21,17	17,53	13,28	10,88
M+m/2	12,65	12,94	14,48	16,39	19,71	22,54	25,96	27,54	23,6	21,29	16,36	14,26

M: moyenne mensuelle des températures maximales.

m: moyenne mensuelle des températures minimales.

(M+m)/2: température moyenne mensuelle.

L'analyse du tableau 6 et la lecture de la figure 9 montrent que les températures moyennes mensuelles atteignent un maximum au mois d'Août avec 27,54 °C, puis diminuent progressivement pour arriver à un minimum de 12,65 °C au mois de janvier.

Les températures moyennes maximales (M) sont enregistrées en été (Août = 31,65 °C) et les températures moyennes minimales (m) en hiver (Janvier = 9,15 °C).

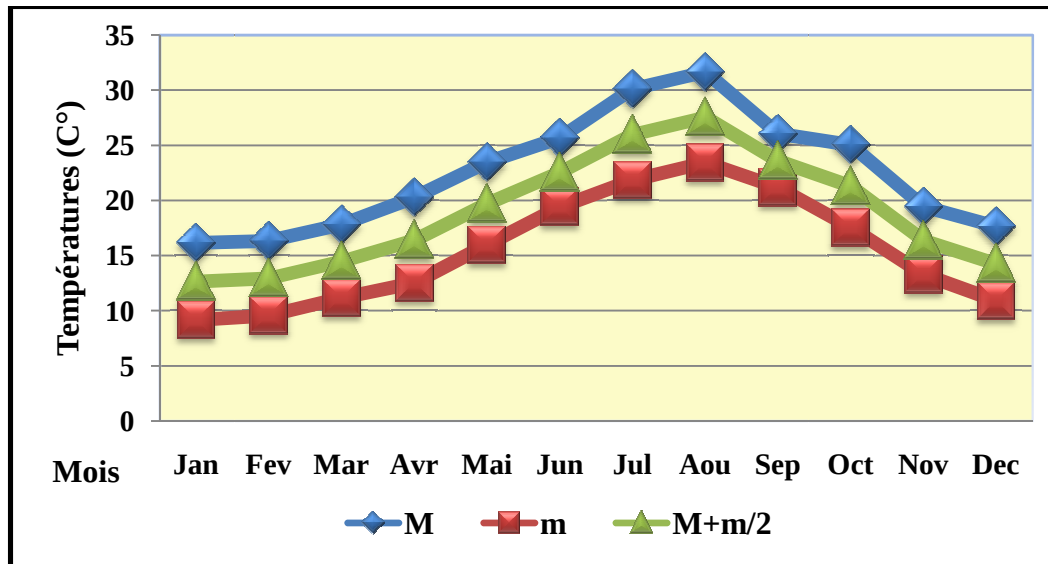


Figure 9. Evolution des températures moyennes dans la région d'El-Kala.

Durant la saison estivale, les vents chauds et secs dominent. Ils assèchent l'atmosphère et favorisent le déficit hydrique de la végétation et contribuent fortement à la propagation de violents incendies de forêts. Par ailleurs, la pluviométrie fort généreuse de la zone d'étude permet non seulement l'entretien du couvert forestier, mais surtout le maintien du réseau hydrographique important existant au sein du parc. Ce dernier est représenté essentiellement par les trois grands lacs cités précédemment à savoir El Mellah, Oubeïra et Tonga, de même que les nombreux oueds (Rivières) et sources traversant la zone (Ouelmouhoub, 2005).

II.3. 3. La mare de Boumessaoud

La Kabylie, se situant au nord de l'Afrique et en Méditerranée occidentale, se trouve sous l'influence du climat méditerranéen. Celui-ci est déterminé par des mécanismes météorologiques élaborés hors de la méditerranée et se trouve sous l'influence de l'anticyclone des Açores. Les différentes masses d'air, océaniques ou sahariennes, sont modifiées lorsqu'elles sont introduites en méditerranée. Les perturbations cycloniques apportent des pluies variables et sont introduites en méditerranée. Les perturbations cycloniques apportent des pluies variables et parfois importantes, surtout sur les reliefs. Elles sont suivies par de longues périodes chaudes ou froides mais sèches.

Les caractéristiques fondamentales du climat de la Kabylie du Djurdjura peuvent être résumées ainsi :

- hivers froids et humides avec des précipitations à grande irrégularité inter-annuelles ;
- étés chauds et secs avec une sécheresse totale bien marquée se prolongeant de juin à septembre (Lounaci, 2005).

Du fait de l'absence de données climatologiques relatives à notre zone d'étude (Boumessaoud), nous avons utilisé les données de la région d'Aghrib très proche de la localité étudiée.

II.3. 3. 1. Précipitations

Dans cette étude, les données utilisées sont anciennes mais complètes et s'étalent de 1973 à 1993. Elles permettent une meilleure appréciation de la pluviométrie de la région et facilitent l'analyse et la comparaison des moyennes mensuelles et annuelles. Elles sont empruntées à L'ANRH de Tizi-Ouzou.

II.3. 3. 1. 1. Précipitations mensuelles

Les précipitations mensuelles de cette zone (Tableau 7) se révèlent d'une extrême variabilité. Les pluies sont en effet abondantes de novembre à avril, atteignant leur maximum au mois de Décembre (205,31 mm) et Janvier (152,36mm), et décroissent de mai à octobre pour atteindre leur valeur minimale au mois de Juillet (3,78 mm).

L'observation du tableau 7 et de la figure 10 nous permet de distinguer deux périodes:

- une période pluvieuse s'étalant du mois d'octobre au mois d'avril et dont le mois le plus pluvieux est décembre (205,31 mm).
- une période sèche allant de mai à septembre, comprenant les trois mois les plus secs: juin, juillet et août avec respectivement 12,6 mm, 3,78 mm et 8,04 mm.

Tableau 7. Précipitations mensuelles au niveau de la station d'Aghrib de 1973 à 1993 (A.N.R.H. Tizi Ouzou).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	152,36	121,05	121,2	90,33	49,52	12,6	3,78	8,04	26,82	84,84	125,14	205,31

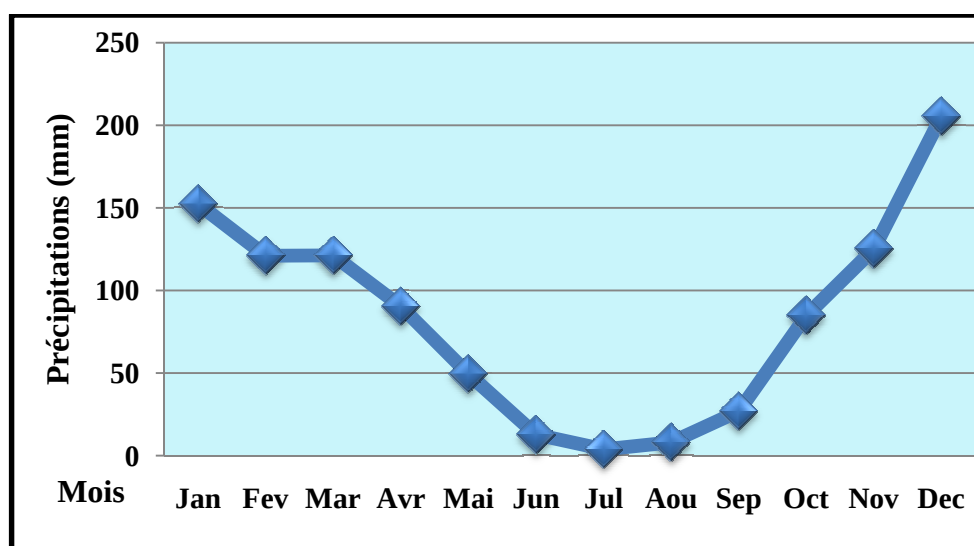


Figure 10. Courbe des variations mensuelles des précipitations à la station d'Aghrib.

II.3. 3. 1. 2. Précipitations saisonnières

L'année pluviométrique est divisée conventionnellement en quatre saisons: automne (Septembre à Novembre), hiver (Décembre à Février), printemps (Mars à Mai) et été (Juin à Août). Ces régimes pluviométriques saisonniers ont permis de reconnaître des « formes climatiques » caractéristiques du climat méditerranéen (Emberger, 1943).

L'examen des totaux pluviométriques saisonniers (tableau 8 et figure 11) montre un régime de type HPAE (Hiver, Printemps, Automne, Eté) au niveau de la station d'Aghrib. Ce régime est typique du littoral et du tell algérien.

Tableau 8. Régime saisonnier de la station d'Aghrib.

	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type
P (mm)	480	260	25	237	H.P.A.E

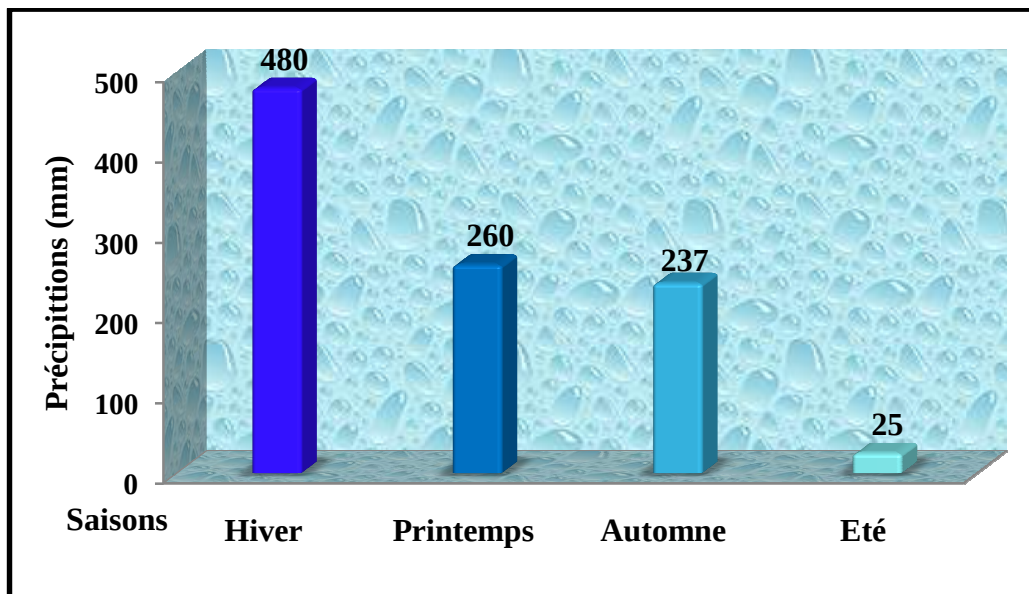


Figure 11. Régime saisonnier des précipitations à Aghrib.

II.3. 3. 2. Les températures

En l'absence d'une station météorologique au niveau d'Aghrib, les températures utilisées (tableau 9) ont été empruntées à Messaoudène (1989). Elles sont anciennes mais s'étalent sur une longue période (1918 à 1951) pour être significatives de la région.

Tableau 9. Températures moyennes maximales et minimales calculées sur la période 1918-1951 (Messaoudène, 1989).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Tm	4,5	4,9	6,5	8,9	11,5	15,7	19,1	19,6	17,2	12,8	8,6	5,3
TM	10,3	11,5	13,8	16,8	20	25,1	29,5	29,8	26,5	20,8	15,3	11
TM+Tm/2	7,4	8,2	10,1	12,9	15,8	20,4	24,3	24,7	21,9	16,8	11,9	8,1

L'observation du tableau 9 et de la figure 12 montre que l'évolution des Températures moyennes minimales et maximales est similaire durant la période d'observation soit 34 années. La température moyenne maximale du mois le plus chaud (M) est de 29,8°C. La température moyenne minimale (m) est de 4,5°C. L'amplitude thermique annuelle extrême (M-m, sensu Emberger, 1971) est importante (25,3°C).

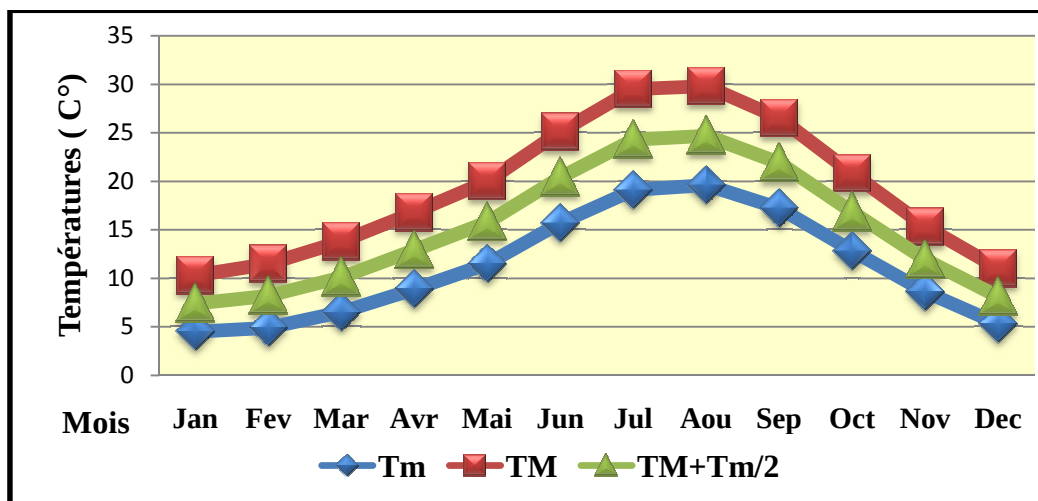


Figure 12. Evolution des températures moyennes dans la région d'Aghrib.

II-4. Synthèse climatique

II-4-1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен permet de définir les saisons humides et sèches (Mutin, 1977).

D'après les auteurs suscités, un mois sec est celui où le total mensuelle des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle ($T = M + m / 2$) (C°) : $P \leq 2T$.

Les points d'intersection des deux courbes, pluviométriques et thermiques délimitent la durée de la saison sèche lorsque $P < 2T$, l'autre partie correspond à la saison humide (tableau 10 et figure 13).

Tableau 10. Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations et températures mensuelles moyennes (1996-2007).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	120,6	53,95	44,43	67,55	33,37	11,48	4,94	4,64	56,95	62,64	116,8	116,98
Tmoy	12,65	12,94	14,48	16,39	19,71	22,54	25,96	27,54	23,60	21,29	16,36	14,26

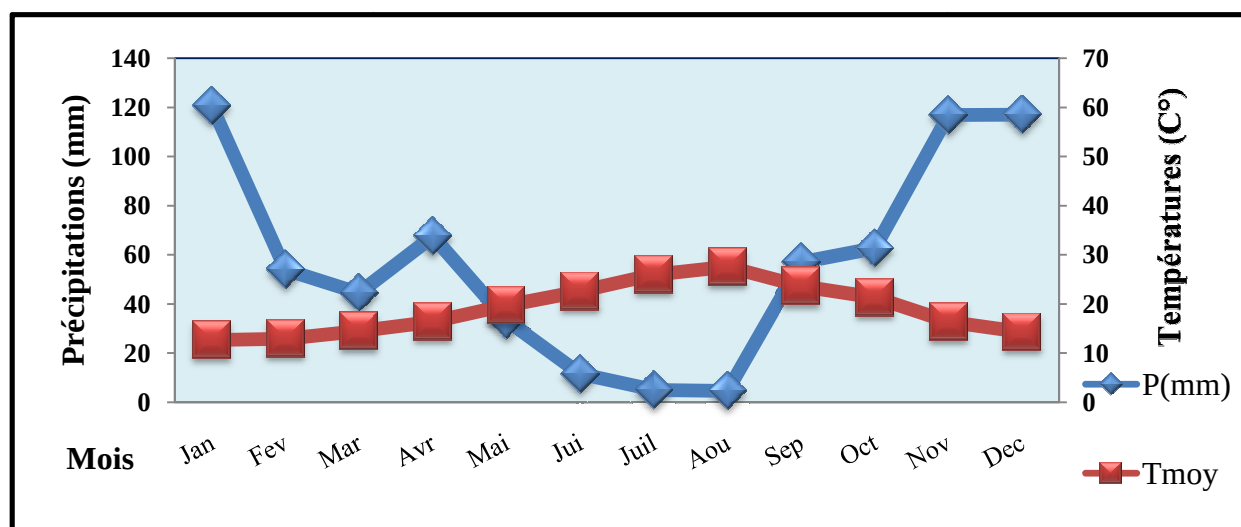


Figure 13. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pour la station météorologique d'El-Kala (1996-2007).

Le diagramme ombrothermique de la région d'El Kala (figure 13) nous permet de distinguer une période sèche qui s'étale du début mai à la fin septembre et une période humide sur le reste de l'année.

II-4-2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Emberger (1955) a proposé un quotient pluviothermique et un climagramme qui permet de distinguer les différents étages climatiques méditerranéens (Humide, Subhumide, Semi-arides, Aride et Saharien) ainsi que les variantes de chaque étage (Hivers doux, frais, froid ou chaud) (figure 14). Afin d'évaluer l'étage bioclimatique de la région d'El-kala et d'Aghrib, nous avons calculé le quotient pluviothermique d'Emberger en utilisant la formule de Stewart (1969).

Quotient pluviométrique d'Emberger:

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

Q₂ : Quotient pluviométrique d'emberger (mm/an) ;

P : Moyenne des précipitations annuelles (mm) ;

M : Températures moyennes du mois le plus chaud (°K) ;

m : Température du mois le plus froid (°K) ;

D'après Emberger 1971, en climat méditerranéen, une station est d'autant plus sèche que sont **Q₂** est faible.

Stewart (1969) simplifia la formule précédente en proposant le quotient suivant :

$$Q_3 = 3,43 \frac{P}{(M - m)}$$

P : moyenne annuelle des précipitations exprimées en mm.

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (C°).

m : température moyenne minimale du mois le plus froid exprimée en (C°).

Tableau 11. Q₂ d'Emberger pour les deux postes météorologiques.

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂	Etage bioclimatique
El-Kala	694	30,10	9,15	113,62	Sub Humide chaud
Aghrib	1001	29,8	4,5	136	Humide tempéré

Sur le climagramme d'Emberger (figure 14) la station météorologique d'El-Kala peut être classée dans l'étage bioclimatique sub-humide à variante chaude, et la station d'Aghrib dans l'étage bioclimatique humide à variante tempérée.

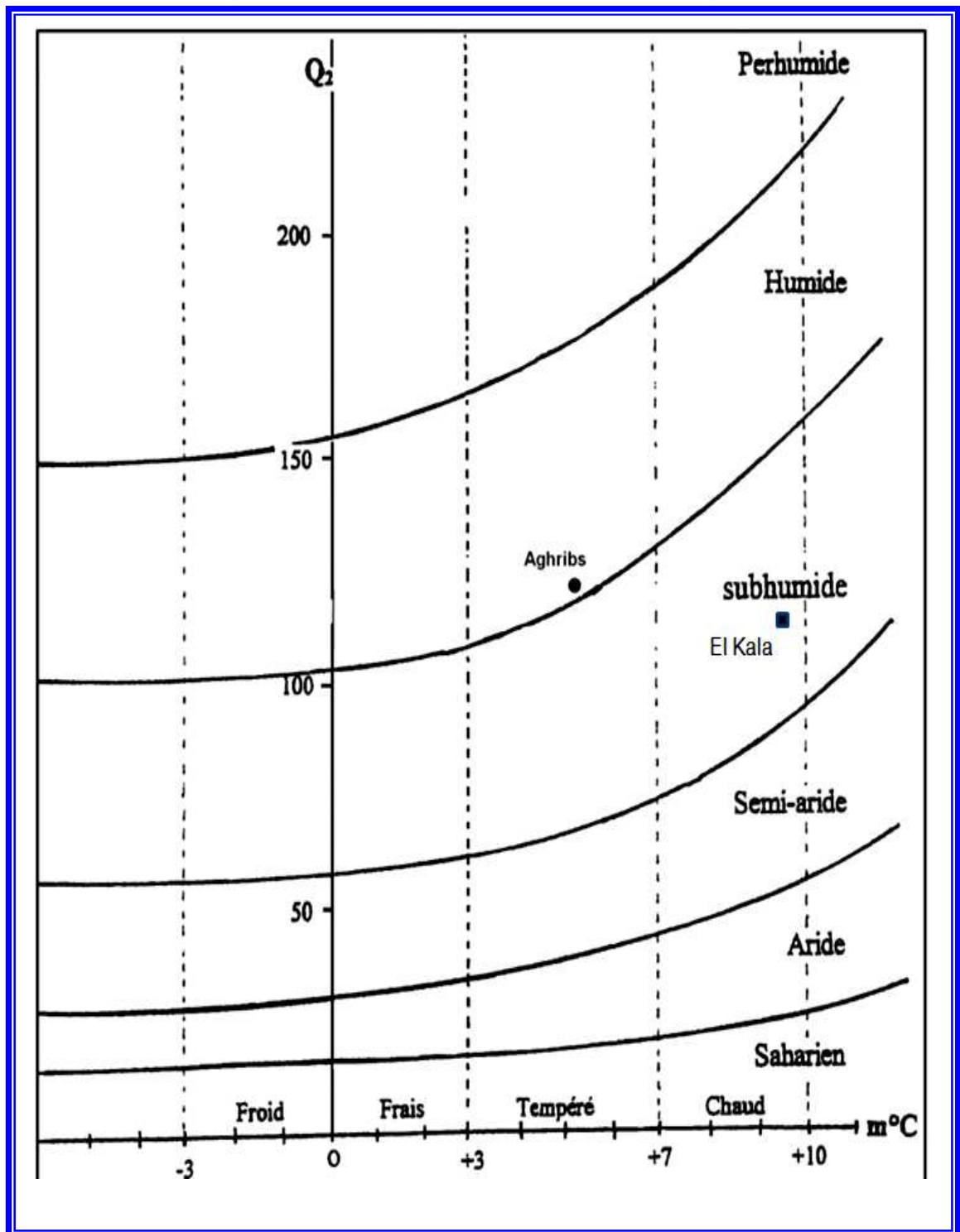


Figure 14. Projection des deux stations d'étude sur le Climagramme d'Emberger.



CHAPITRE III

Matériel et méthodes d'étude



Chapitre III. Matériel et méthodes d'étude

III-1. Echantillonnage

Nos prélèvements ont été effectués le 05/06/2010 au niveau de la mare aux canards, et le 02/07/2011 dans la mare de Boumessaoud.

Au niveau de chaque mare, l'échantillonnage a été effectué sur quatre transects (OA; OB; OC; et OD), allant du milieu aquatique à la zone de transition eau – sol (interface) et de l'écotone au sol forestier (figure 15).

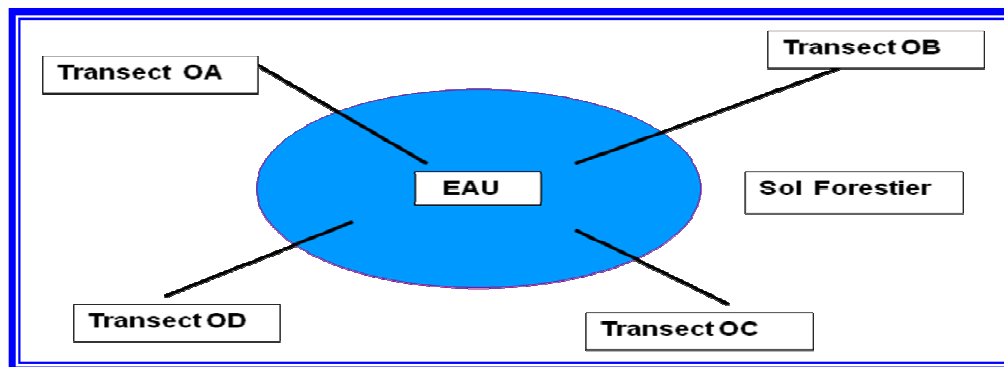


Figure 15. Emplacement des transects sur les plans d'eau.

Pour chaque transect, l'échantillonnage a consisté en un (01) prélèvement en pleine eau (-1), quatre (04) prélèvements sur l'écotone (00, +1, +2, +3) et trois (03) prélèvements en milieu terrestre (+4, +5 et +6) (figure 16). Les six (06) premiers prélèvements sont distants de 30 Cm, les trois (03) derniers de 1 m et 2 m respectivement.

Chaque transect comprend ainsi 8 relevés, soit un total de 32 prélèvements par milieu et de 64 prélèvements pour l'ensemble de l'étude. Chaque échantillon consiste en un prélèvement de 250 Cm³ (volume constant afin de pouvoir établir une comparaison entre les relevés) de végétaux en surface en milieu aquatique; ou de litière et de sol dans les 10 premiers cm de profondeur en milieu terrestre.

Les échantillons sont mis dans des sachets en plastique étiquetés, hermétiquement fermés afin de maintenir le taux d'humidité constant et mieux conserver la structure du substrat jusqu'à extraction et analyse au laboratoire.

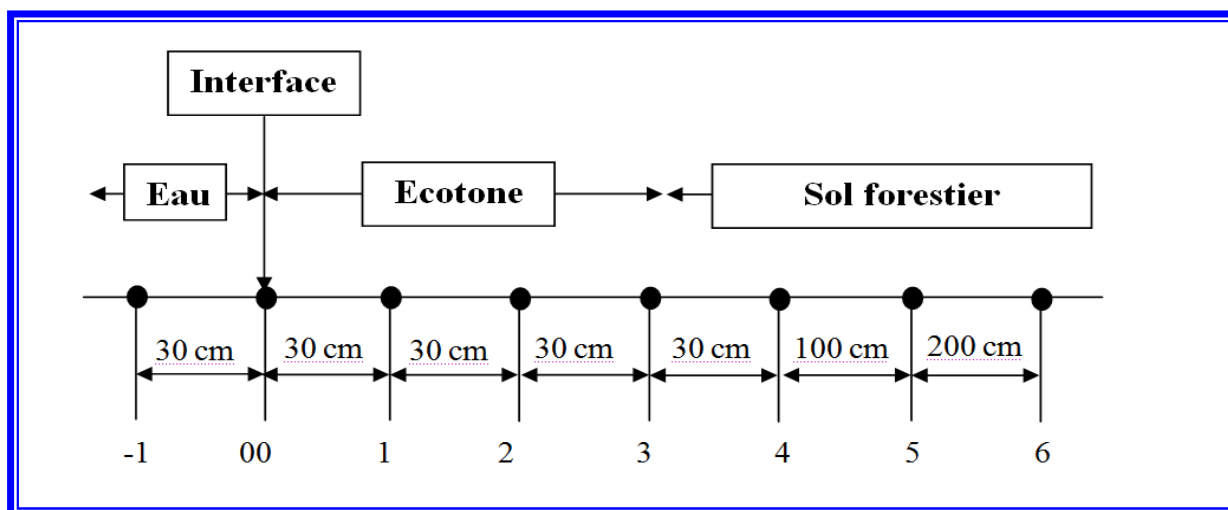


Figure 16. Représentation schématique des différents relevés sur un transect eau- sol, pour les deux mares.

III-2- Paramètres physiques

Pour chaque relevé, trois (03) variables environnementales (teneur en eau (%), température (C°) et distance à l'eau (Cm) ont été mesurées.

L'eau demeure un facteur primordial pour la faune. Son excès comme son manque peuvent toutefois être néfastes aux organismes (endosmose ou dessiccation selon le cas) (Bachelier, 1978).

La température représente un facteur énergétique très important dans le contrôle de l'ensemble des activités en conditionnant la répartition de la totalité des espèces et des êtres vivants dans la biosphère. Chaque espèce possède une température préférentielle pour son activité et les variations de température déterminent des migrations verticales de la faune (Ramade ; 1984 et Levêque ; 2001). De ce fait, la température reste pour la faune du sol un facteur limitant très important (Bachelier, 1978).

La température et la distance sont mesurées in situ au point de prélèvement le jour même des récoltes. La température est prise à l'aide d'un thermomètre digital de terrain par enfoncement de sa tige métallique dans le sol ou dans l'eau. Au laboratoire, chaque échantillon est pesé (poids frais : PF) afin d'estimer sa teneur en eau (H%). Après dessiccation du sol, on refait la pesée pour déterminer son poids sec (PS). La différence (ΔH) entre le poids frais et le poids sec sera calculée pour déduire la teneur en eau selon la formule suivante :

$\Delta H = PF - PS$	$\begin{array}{ccc} PF & \longrightarrow & 100 \\ \Delta H & \longrightarrow & H\% \end{array}$	$H\% = \Delta H / PF \times 100$
----------------------	---	----------------------------------

La température et la teneur en eau ont un fort impact sur la plupart des insectes, y compris les espèces du sol (Boudjema et *al.*, 1991; Argyropoulou et *al.*, 1993). Les proportions des différents éléments du substrat (sol, mousses, plantes aquatiques, herbes, litière...) sont estimées visuellement.

III-3- Extraction de la faune

L'extraction des microarthropodes contenus dans chaque relevé se fait à l'aide d'un appareil de Berlese de confection simple (Photo 5). Il consiste en un tamis à larges mailles (2 mm), placé dans l'ouverture d'un entonnoir de 27 Cm de diamètre. L'embout de ce dernier vient s'enfoncer dans un entonnoir plus petit (10 Cm de diamètre) qui pénètre dans un pilulier de récolte contenant de l'alcool à 75°. Ce dernier est numéroté de façon à correspondre à un échantillon précis.

Chaque échantillon est étalé sur un tamis et laissé sécher à l'air libre durant 17 jours. Sous l'effet de la dessiccation lente de l'échantillon, les microarthropodes fuient la surface en cherchant de l'humidité et se retrouvent piégés dans un tube collecteur contenant de l'alcool à 75°.

La dessiccation doit se faire dans des conditions très peu différentes d'un assèchement naturel (évaporation progressive de l'eau) afin de pouvoir récupérer les formes les plus fragiles. On prendra soin d'agiter de temps à autre les piluliers pour faire tomber dans le fond d'alcool les formes difficilement mouillables qui le plus souvent restent en surface, et d'ajouter de l'alcool aux piluliers au fur et à mesure pour éviter leur assèchement, ce qui provoque le fripement et le froissement de certains individus.

III-4 - Tri et Identification

La faune récoltée est mise dans une boîte de pétri puis triée sous une loupe binoculaire. Les collembolles sont d'abord séparés des autres groupes d'arthropodes à l'aide d'un poil de brosse en matière plastique écrasé en son bout en spatule ou en cuillère et monté sur un mandrin.

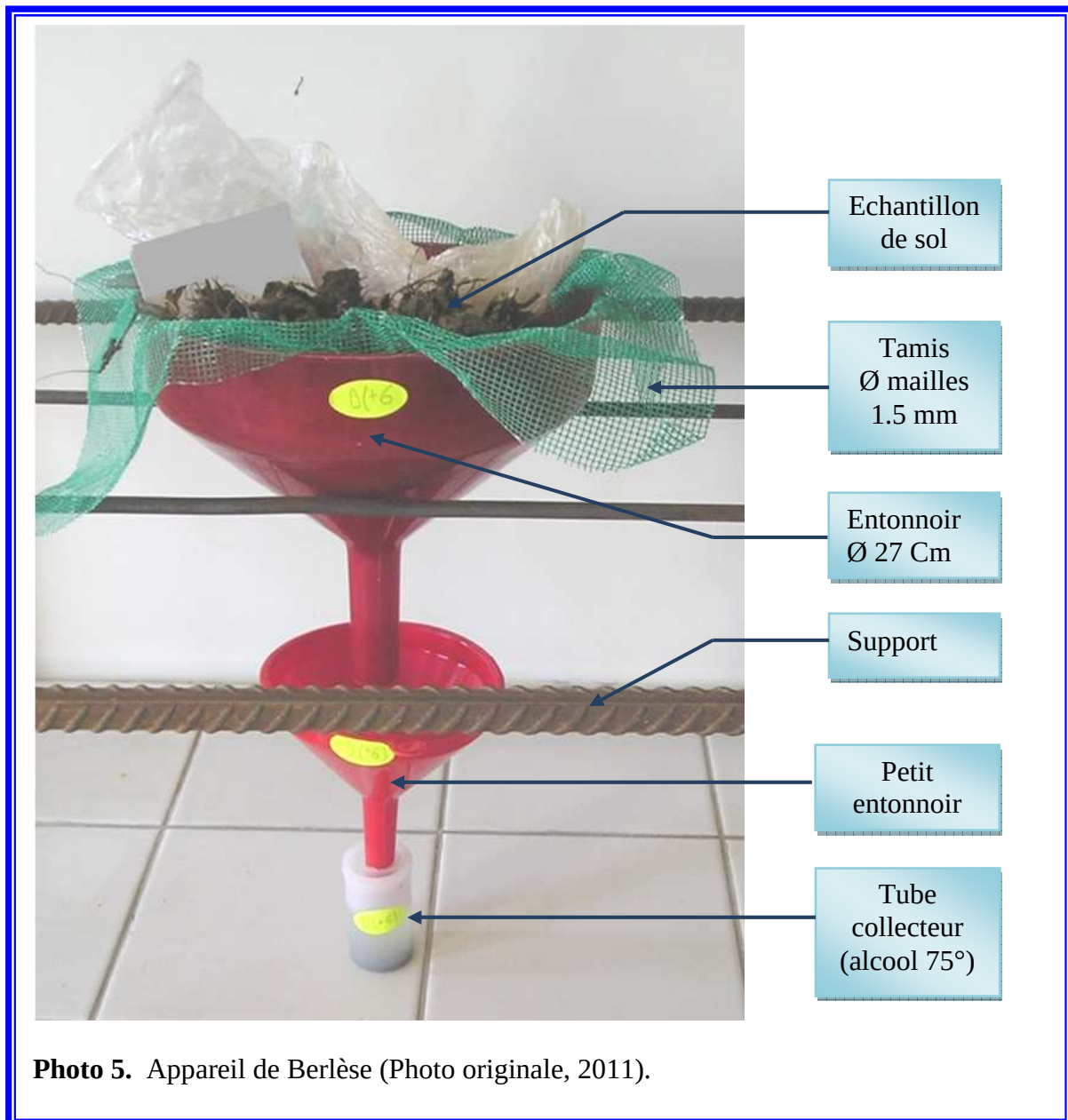
Les collembolles récoltés dans chaque échantillon sont mis dans un tube (petit pilulier) rempli d'alcool à 75° et étiqueté.

Les formes les plus connues et souvent de grande taille sont déterminées directement en alcool. Le reste de la faune dont la détermination est plus délicate nécessite des montages dont la

Chapitre III : Matériel et méthodes d'étude

technique peut être décrite comme suit : les individus retirés de l'alcool sont éclaircis dans des verres de montre dans de l'acide lactique (10%), puis montés dans une goutte de Gomme et placés entre lame et lamelle. On prend soin de chauffer graduellement les individus afin d'éliminer l'air emprisonné dans les téguments. Pour l'identification des collemboles au niveau de l'espèce, j'ai été aidée par le docteur AIT MOULOUD S. (UMMTO), comme j'ai utilisé les clés de détermination de Gisin (1960) et celles trouvées sur le site www.collembola.org.

Après détermination, les collemboles sont soigneusement conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 75° et à étiquetage mentionnant le numéro du relevé, sa date et son lieu de prélèvement.





CHAPITRE IV

Résultats



CHAPITRE IV. Résultats

IV-1- Analyse globale de la faune

Lors de ce travail, nous avons récolté 2538 collemboles répartis en 11 familles, 25 genres et 41 espèces (tableau 12). Dans la mare aux canards (Parc national d'el kala, wilaya d'el Taref), cette faune se répartit en 9 familles, 20 genres et 29 espèces; dans celle de Boumessaoud (Grande Kabylie, wilaya de Tizi ousou) nous avons dénombré 7 familles 15 genres et 21 espèces.

Tableau 12. Liste d'espèces des Collemboles identifiés par site d'étude

Familles et espèces	Localités de récolte		
	Mare aux canards	Mare de Boumessaoud	Total
I- PODUROMORPHA Börner, 1913			
1,- Hypogastruridae Börner, 1913			
1, <i>Hypogastrura</i> sp,	204	0	204
2. -Brachystomellidae Stach, 1949			
2. <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1816)	0	4	4
3,- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955			
a- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967			
3, <i>Friesea</i> sp.	3	0	3
b- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1961			
4, <i>Neanura</i> sp.	1	0	1
c- Sous-famille: Pseudachorutinae Börner, 1906			
5, <i>Pseudachorutes</i> sp.1	465	152	617
6, <i>Pseudachorutes</i> sp.2	6	0	6
7, <i>Pseudachorutes</i> sp.3	6	0	6
4,- Onychiuridae Börner, 1913			
8, <i>Mesaphorura</i> sp.	3	0	3
9, <i>Protaphorura</i> gr. <i>armata</i> (Tullberg, 1871)	9	0	9
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913			
5.- Isotomidae Börner, 1913			
10, <i>Cryptopygus thermophilus</i> (Axelson, 1900)	39	0	39
11. <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	1	14	15
12. <i>Folsomides</i> sp.	0	1	1
13. <i>Isotomiella minor</i> (schäffer, 1896)	17	0	17
14. <i>Isotomurus</i> sp.1	15	0	15
15. <i>Isotomurus</i> sp.2	0	2	2
16, <i>Parisotoma notabilis</i> (schäffer, 1896)	82	0	82
17, <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	0	3	3
6.- Entomobryidae Tömösvary, 1882			
18, <i>Entomobrya multifasciata</i>	0	186	186
19, <i>Entomobrya</i> cf. <i>multifasciata</i>	22	0	22
20, <i>Entomobrya</i> sp.1	186	21	207
21. <i>Entomobrya</i> sp.2	2	0	2
22, <i>Entomobrya</i> sp.3	8	0	8
23, <i>Entomobrya</i> sp.4	0	2	2

24. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	278	100	378
25. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	140	62	202
26. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> (Tullberg, 1871)	4	0	4
27. <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1781)	2	0	2
28. <i>Lepidocyrtus</i> sp.1	29	0	29
29. <i>Lepidocyrtus</i> sp.2	11	0	11
30. <i>Lepidocyrtus</i> sp.3	0	1	1
31. <i>Orchesella quinquefasciata</i>	0	151	151
32. <i>Pseudosinella</i> sp.	63	29	92
III.- SYMPHYPLEONA			
5.- Bourletiellidae			
33. <i>Bourletiella</i> sp.	0	7	7
8.- Dicyrtomidae Börner, 1906			
34. <i>Dicyrtomina</i> sp.	1	0	1
9.- Katiannidae Börner, 1913			
35. <i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1868)	0	1	1
36. <i>Sminthurinus signatus</i>	3	7	10
37. <i>Sminthurinus</i> sp.	0	1	1
10.- Sminthurididae Börner, 1906			
38. <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	3	43	46
39. <i>Sminthurides</i> sp.	0	17	17
40. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	12	106	118
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896			
11.- Neelidae Folsom, 1896			
41. <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	13	0	13
Total individus	1628	910	2538
Total espèces	29	21	41

La composition spécifique de cette faune varie d'un site à l'autre et passe de 21 espèces dans la mare de Boumessaoud (12 espèces propres à ce site), à 29 espèces dans la mare aux canards (20 espèces propres) (Figure 17). Enfin, 9 espèces sont communes à toute la région; ce sont: *Pseudachorutes* sp.1, *Folsomia quadrioculata*, *Entomobrya* sp.1, *Heteromurus major*, *Heteromurus nitidus*, *Pseudosinella* sp., *Sminthurinus signatus*, *Sminthurides aquaticus* et *Sphaeridia pumilis*.

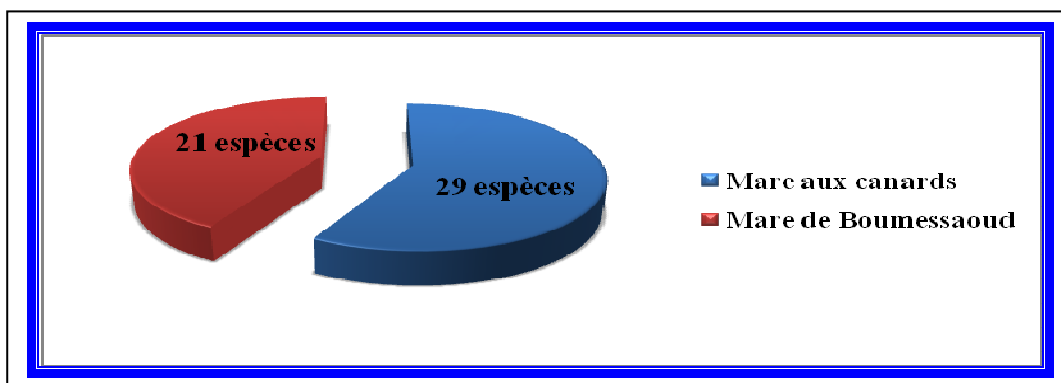


Figure 17. Nombre d'espèces de Collemboles par site d'étude.

L'abondance varie d'un site à l'autre et passe de 910 individus dans la mare de Boumessaoud, à 1628 individus dans la mare aux canards (Figure 18). Les Entomobryomorphes dominent largement ce peuplement, avec 1 471 individus, soit 57,96 % de la faune récoltée. Cette forte dominance est liée à la présence de: *Entomobrya multifasciata*, *Entomobrya sp.1*, *Heteromurus major*, *Heteromurus nitidus* et *Orchesella quinquefasciata* qui représentent 44,29% du peuplement collemboologique. Les Symphypléones, 201 individus soit 7,92 % sont moins bien représentés. Les Neelipléones ne comptent que 13 individus soit 0,51 %. Enfin, les Poduromorphes, 853 individus soit 33,61 % sont en position intermédiaires (Figure 19).

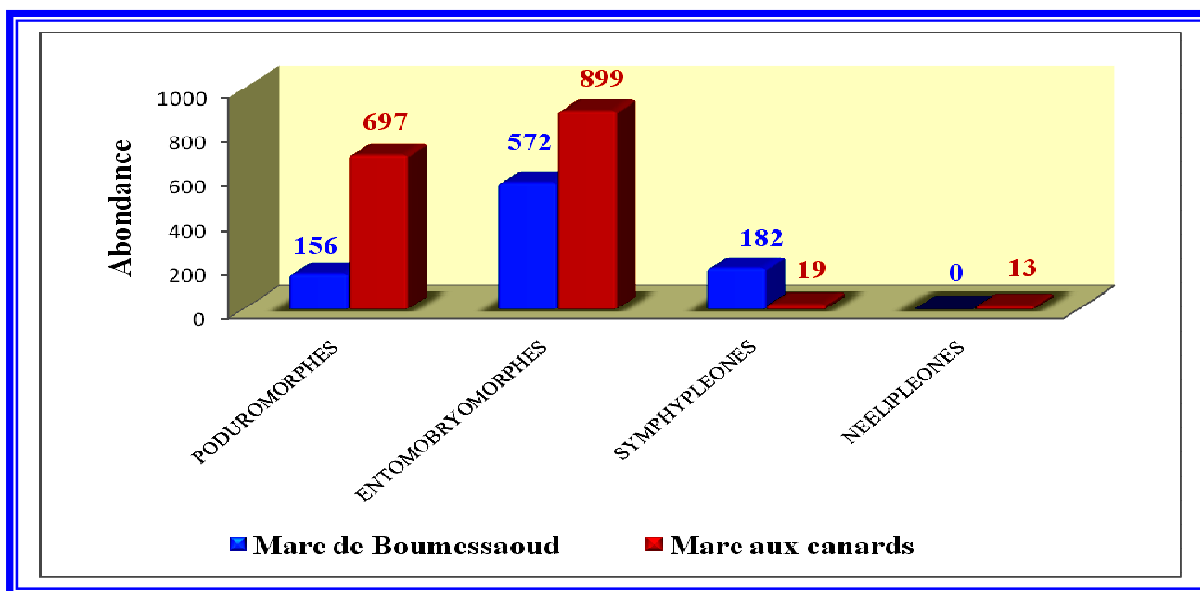


Figure 18. Abondance des Collemboles par ordre dans les deux sites étudiés.

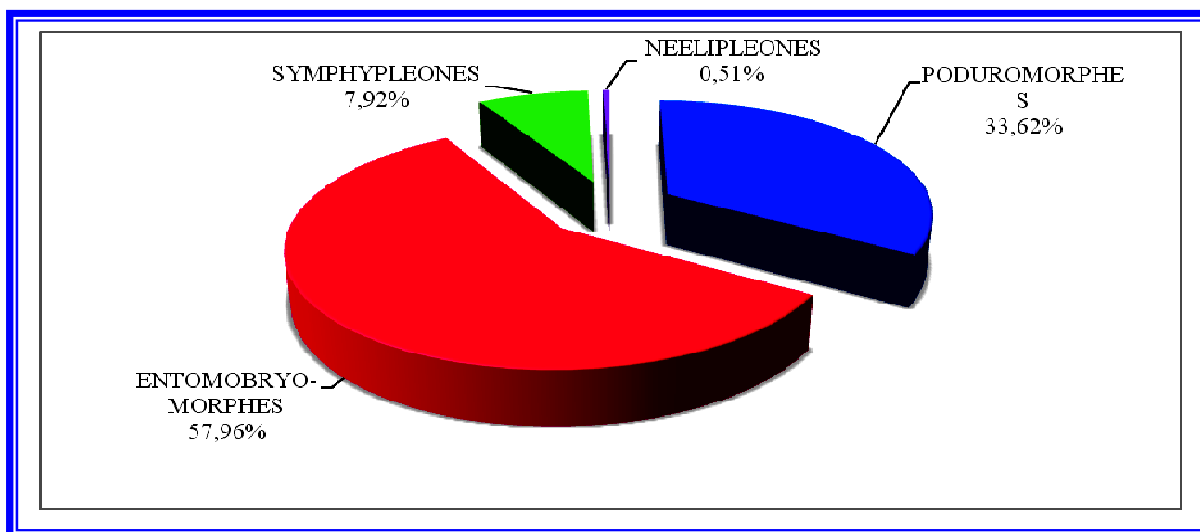


Figure 19. Répartition des Collemboles par ordre dans les deux sites étudiés.

IV-2- Etude de La mare aux canards

Notre étude a permis d'apprécier la composition faunistique, la structure et la distribution spatiale des assemblages de collemboles au niveau de la mare aux canards à El kala. Les prélèvements effectués sur cette zone nous ont permis de récolter 1628 individus répartis en 9 familles, 20 genres et 29 espèces (Tableau 13).

Tableau 13. Liste faunistique et nombre d'individus par transect.

Espèces / Transect	Transect OA	Transect OB	Transect OC	Transect OD	Total individus
I- PODUROMORPHA Börner, 1913					
1,- Hypogastruridae Börner, 1913					
1, <i>Hypogastrura</i> sp.	0	201	0	3	204
2,- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955					
a- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967					
2, <i>Friesea</i> sp.	2	0	0	1	3
b- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1961					
3, <i>Neanura</i> sp.	0	0	1	0	1
c- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906					
4, <i>Pseudachorutes</i> sp.1	4	8	5	448	465
5, <i>Pseudachorutes</i> sp.2	0	1	0	5	6
6, <i>Pseudachorutes</i> sp.3	0	6	0	0	6
3,- Onychiuridae Börner, 1913					
7, <i>Mesaphorura</i> sp.	2	0	0	1	3
8, <i>Protaphorura</i> gr. <i>armata</i> (Tullberg, 1871)	1	4	0	4	9
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913					
4.- Isotomidae Börner, 1913					
9. <i>Cryptopygus thermophylus</i> (Axelson, 1900	3	0	1	35	39
10. <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	1	0	0	0	1
11. <i>Isotomiella minor</i> (schäffer, 1896)	7	0	10	0	17
12. <i>Isotomurus</i> sp.	0	0	0	15	15
13, <i>Parisotoma notabilis</i> (schäffer, 1896)	49	2	31	0	82
5.- Entomobryidae Tömösvary, 1882					
14, <i>Entomobrya</i> cf. <i>multifasciata</i>	0	0	0	22	22
15, <i>Entomobrya</i> sp.1	36	13	15	122	186
16. <i>Entomobrya</i> sp.2	0	0	0	2	2
17, <i>Entomobrya</i> sp.3	5	0	3	0	8
18. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	14	116	93	55	278

19. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	20	31	80	9	140
20. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> (Tullberg, 1871)	0	0	0	4	4
21. <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1781)	0	0	0	2	2
22. <i>Lepidocyrtus</i> sp.1	1	11	10	7	29
23. <i>Lepidocyrtus</i> sp.2	1	10	0	0	11
24. <i>Pseudosinella</i> sp.	2	32	29	0	63
III.- SYMPHYPLEONA					
6.- Dicyrtomidae Börner, 1906					
25. <i>Dicyrtomina</i> sp.	1	0	0	0	1
7.- Katiannidae Börner, 1913					
26. <i>Sminthurinus signatus</i>	0	0	0	3	3
8.- Sminthurididae Börner, 1906					
27. <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	1	0	2	0	3
28. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	7	3	0	2	12
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896					
9.- Neelidae Folsom, 1896					
29. <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	0	0	12	1	13
Total individus	157	438	292	741	1628
Total espèces	18	13	13	19	29

IV-2-1-Données globales

Le nombre total d'individus récolté est de 1628, représentés par 899 Entomobryomorphes (55, 22%), 697 Poduromorphes (42,81%), 19 Symphypléones (1,17%) et 13 Neelipleones (0,8%). (Figure 20).

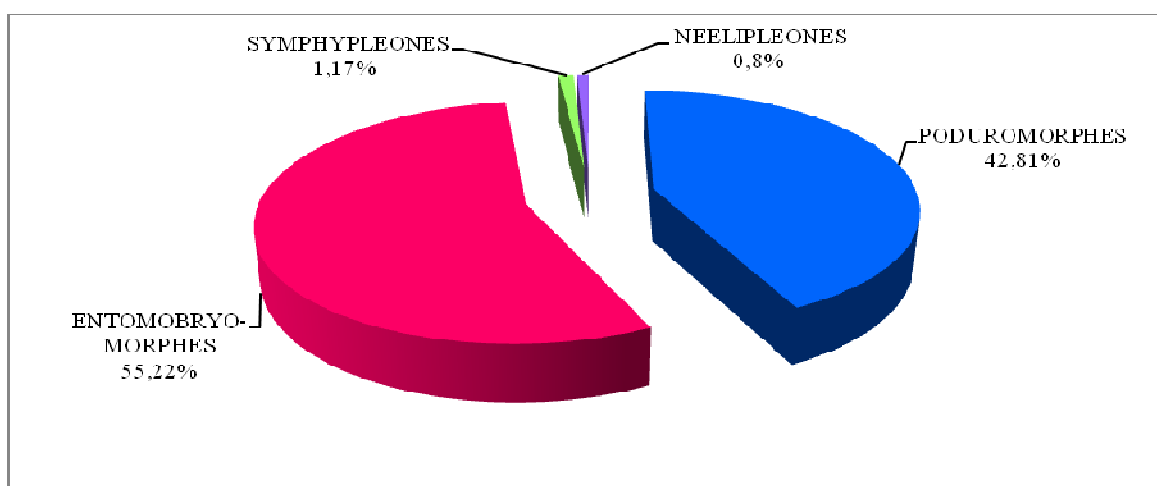


Figure 20. Répartition des collemboles par groupes au niveau de la mare aux canards à El kala.

IV-2-2-Analyses qualitative et quantitative de la faune

IV-2-2-1-Répartition des Collemboles par habitat

La répartition des collemboles par habitat montre que le milieu aquatique (relevé -1) se révèle pauvre (3 individus) alors que l'écotone (relevés 0; 1; 2 et 3) comprend 676 individus et le sol forestier (relevés 4; 5 et 6) 949 (tableau 14 et figure 21).

Le milieu aquatique ne compte que 3 individus répartis en 2 espèces et parmi lesquelles *Sminthurides aquaticus* est seule préférentielle pour cet habitat (tableau 14). C'est l'unique espèce aquatique recensée dans ce site. On la retrouve aussi dans l'écotone mais avec une très faible abondance (1 seul individu) ; mais jamais en sol. C'est une espèce abondante et fréquente dans les endroits humides. Dans cet habitat *Heteromurus nitidus* n'est représentée que par un seul individu. Cette dernière semble être accidentelle dans ce milieu où elle se retrouve piégée dans la végétation flottante.

Au niveau de l'écotone, 676 individus sont récoltés, soit 41,52%, et sont représenté par 24 espèces, parmi lesquelles 13 sont préférentielles pour cet habitat. Les espèces les plus représentées sont *Heteromurus nitidus* (89 individus), *Parisotoma notabilis* (81 individus) et *Cryptopygus thermophilus* (39 individus).

En sol forestier, 21 espèces soit 58,29% sont recensées, parmi lesquelles 14 sont préférentielles pour ce milieu, et parmi les mieux représentées : *Pseudachorutes sp.1* (361 individus), *Heteromurus major* (165 individus), *Hypogastrura sp.* (145 individus) et *Entomobrya sp.1* (122 individus).

Cette répartition montre une prédominance des espèces du sol sur celles de l'eau et de l'écotone alors que le nombre d'espèces préférentielles augmente lorsque l'on va du milieu aquatique vers le sol (Figure 21).

Tableau 14. Abondance des espèces de collemboles par habitat au niveau de la mare aux Canards. Encadrés: espèces préférentielles pour l'habitat.

Espèces	Eau	Ecotone	Sol	Total
1, <i>Hypogastrura sp.</i>	0	59	145	204
2, <i>Friezea sp.</i>	0	1	2	3
3, <i>Neanura sp.</i>	0	1	0	1
4, <i>Pseudachorutes sp.1</i>	0	104	361	465
5, <i>Pseudachorutes sp.2</i>	0	2	4	6
6, <i>Pseudachorutes sp.3</i>	0	0	6	6
7, <i>Mesaphorura sp.</i>	0	3	0	3
8, <i>Protaphorura gr armata</i>	0	6	3	9
9. <i>Cryptopygus thermophilus</i> (Axelson, 1900)	0	39	0	39
10. <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tulberg, 1871)	0	0	1	1
11, <i>Isotomiella minor</i> (schäfer, 1896)	0	17	0	17
12. <i>Isotomurus sp.</i>	0	15	0	15
13, <i>Parisotoma notabilis</i>	0	81	1	82
14, <i>Entomobrya cf. multifasciata</i>	0	4	18	22
15, <i>Entomobrya sp.1</i>	0	64	122	186
16. <i>Entomobrya sp.2</i>	0	0	2	2
17, <i>Entomobrya sp.3</i>	0	3	5	8
18. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	0	113	165	278

19. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	1	89	50	140
20. <i>Lepidocyrtus</i> sp.1	0	19	10	29
21. <i>Lepidocyrtus</i> sp.2	0	0	11	11
22. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> (Tullberg, 1871)	0	0	4	4
23. <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1781)	0	1	1	2
24. <i>Pseudosinella</i> sp.	0	30	33	63
25. <i>Dicyrtomina</i> sp.	0	1	0	1
26. <i>Sminthurinus signatus</i>	0	3	0	3
27. <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	2	1	0	3
28. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	9	3	12
29. <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	0	11	2	13
Total individus	3	676	949	1628
Total espèces	2	24	21	29
Espèces préférentielles	1	13	14	

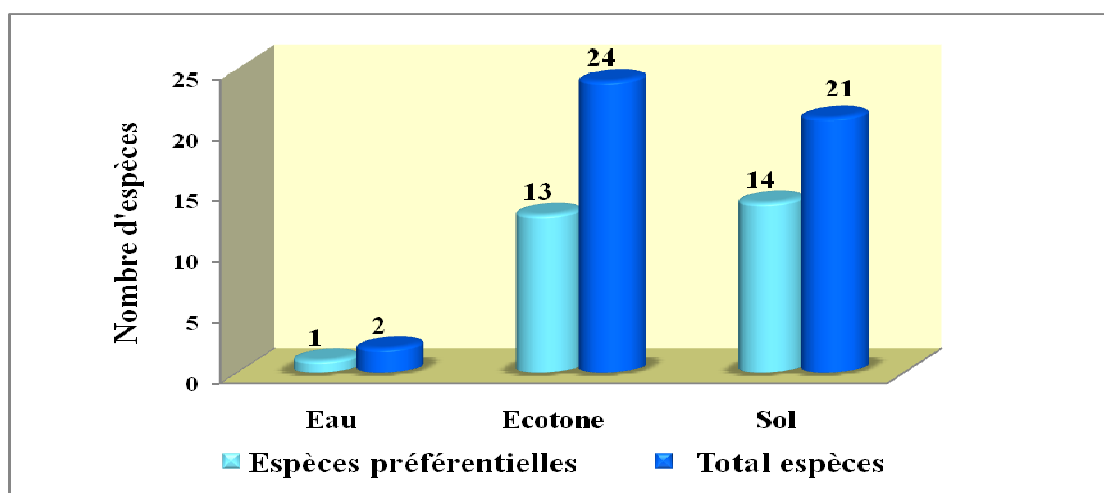


Figure 21. Espèces préférentielles et total des espèces au niveau de la mare aux Canards.

IV-2-2-2- Répartition des Collemboles par relevés

Pour mieux représenter la répartition des individus sur les transects eau-sol, nous avons regroupé pour les quatre axes les relevés équidistants de l'eau (Tableau 15).

Tableau 15. Répartition du nombre d'individus par relevés et par famille

Taxons / Relevés	Total individus / Familles / Relevés								
	-1	0	1	2	3	4	5	6	Total
I- PODUROMORPHA	0	0	58	65	53	275	105	141	697
<i>Hypogastruridae</i>	0	0	32	20	7	135	6	4	204
<i>Neanuridae</i>	0	0	21	42	45	139	98	136	481
<i>Onychiuridae</i>	0	0	5	3	1	1	1	1	12
II.- ENTOMOBRYOMORPHA	1	0	100	159	216	151	216	56	899
<i>Isotomidae</i>	0	0	37	79	36	1	1	0	154
<i>Entomobryidae</i>	1	0	63	80	180	150	215	56	745
III.- SYMPHYPLEONA	2	1	5	6	2	1	0	2	19

Dicyrtomidae	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Katiannidae	0	0	2	1	0	0	0	0	3
Sminthurididae	2	1	2	5	2	1	0	2	15
IV.- NEELIPLEONA	0	0	2	3	6	0	2	0	13
Neelidae	0	0	2	3	6	0	2	0	13

a- Ordre des Entomobryomorphes

Les Entomobryomorphes se révèlent dominants et représentent plus de la moitié de la faune totale recensée avec 899 individus soit 55, 22% de l'effectif total. Ils sont répartis en 16 espèces et deux familles à savoir les Isotomidae (154 individus) soit 9,46% et les Entomobryidae (745 individus) soit 45,76% (Figure 22). Les individus de ce groupe se répartissent de façon hétérogène dans les différents relevés. Ils ont tendance à fuir les milieux très humides. Ainsi, ils sont très abondants dans l'écotone (475 individus soit 29,18% de la faune totale) et dans le sol (423 individus soit 25,98 %) et très rares en eau (1 individu accidentel piégé dans la végétation flottante) (Figure 22). Leur présence nécessite en effet un couvert végétal développé et une litière abondante qui leur procure ombrage, nutriments et abri.

Famille des Entomobryidae

Cette famille est la mieux représentée avec 745 individus, soit 45,76% de la faune totale et 82,87% des Entomobryomorphes. Ils sont récoltés dans les différents milieux prospectés, surtout en sol (421 individus) (Figure 22). Cette famille se répartit en 4 genres et 11 espèces dont les plus abondantes sont: *Heteromurus major* (278 individus), *Heteromurus nitidus* (140 individus) et *Entomobrya sp.1* (186 individus).

Cette famille est mieux représentée en sol, ce qui laisse entendre qu'elle ne supporte pas des taux d'humidité élevés. Selon Deharveng (1979), presque toutes les espèces de ce groupe ne tolèrent pas trop d'humidité notamment *Heteromurus major* qui est commune dans les biotopes semi édaphiques superficiels, sous les pierres et les écorces d'arbres. *Heteromurus nitidus* et *Lepidocyrtus cyaneus* sont des espèces holarctiques, hémi-hédaphiques troglodiles préférant vivre dans la litière et les basses herbes.

Famille des Isotomidae :

Les Isotomidae sont représentés par 154 individus soit 17,13 % du nombre total des Entomobryomorphes. Ils sont répartis en 5 genres et 5 espèces dont les plus abondantes sont *Parisotoma notabilis* (82 individus), *Cryptopygus thermophylus* (39 individus) et *Isotomiella minor* (17 individus).

D'après Bretfeld (1999), ces espèces sont abondantes dans les différents types de litière, sol et mousse. Elles sont plus nombreuses dans les endroits frais notamment à coté de l'eau. Il ajoute aussi que certains genres peuvent survivre dans des conditions de sécheresse de certains micro-habitats comme les troncs d'arbres et les rochers .Ils peuvent même être caractéristiques de certains milieux xériques (*Isotomides*). Elles tolèrent de hauts degrés de température se produisant à l'intérieur des entassements des masses de compostes (*Proisotoma*), ce qui dénote leur résistance à l'assèchement. Leur dominance totale peut être aussi justifiée, d'après le même auteur, par le fait que beaucoup de ces espèces tolèrent bien la pollution et peuvent être abondantes dans les débris organiques issus des activités anthropiques. Ce sont des formes euédaphiques qui se déplacent à l'intérieur du sol et dans les couches les plus profondes du substrat.

Notons que les formes hydrophiles de manière générale et le genre *Isotomurus* en particulier sont très faiblement représentés dans notre milieu d'étude.

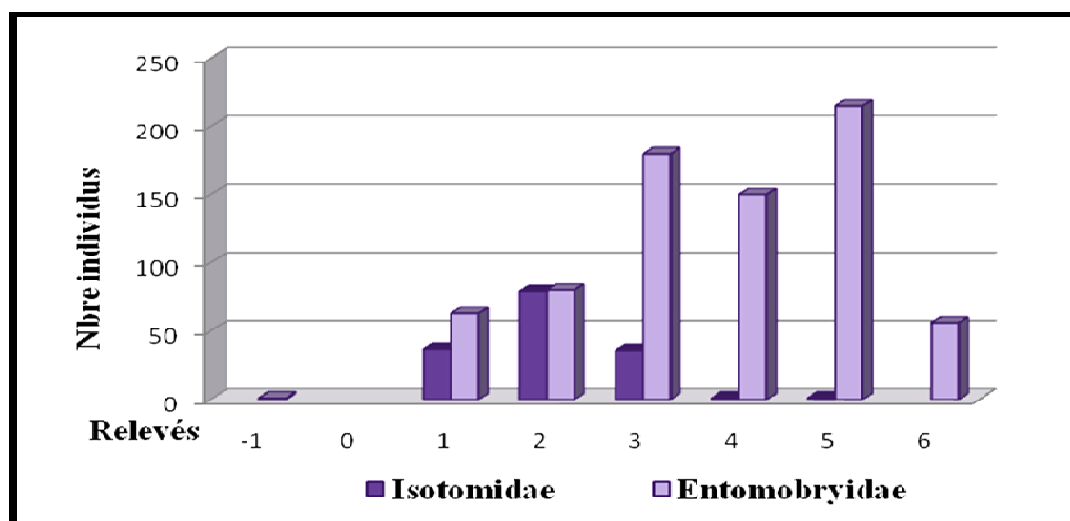


Figure 22. Répartition des Entomobryomorphes dans les relevés de la mare aux Canards. .

b- Ordre des Poduromorphes

Cet ordre présente 697 individus soit 42,81% de la faune récoltée. Il est réparti en 3 familles, 6 genres et 8 espèces. Tous les individus ont été récoltés dans les relevés de l'écotone et du sol (Figure 23).

L'effectif des poduromorphes augmente en allant de l'eau vers le sol, où ils se retrouvent en abondance dans les relevés 4, 5 et 6 situés respectivement à 120, 220 et 420 Cm de l'interface eau-sol. Ces relevés sont caractérisés par un faible taux d'humidité (respectivement 24,52%, 22,55% et 11,48%) et une végétation herbacée.

L'absence des Poduromorphes dans les relevés en eau et leur réduction dans les premiers relevés en écotone est due essentiellement aux conditions écologiques, à savoir trop d'humidité qui est un facteur défavorable à leur développement car ils fuient moins rapidement en cas d'inondation du sol d'où leur mort par endosmose. Leur présence en nombre très réduit se justifie aussi par le fait que le pouvoir reproductif de certaines de ces espèces est réduit même lorsque les conditions les plus favorables sont réunies (Bretfeld,1999).

Famille des Hypogastruridae

Cette famille est représentée par 204 individus, soit 29,27% des poduromorphes récoltés. Elle contient un genre et une seule espèce (*Hypogastrura sp.*).

Famille des Neanuridae

Cette famille est représentée par 481 individus soit 69,01% des Poduromorphes. Elle comprend 3 genres et 5 espèces répartis en trois sous-familles: *Frieseinae* avec une seule espèce (*Friesea sp.* avec 3 individus), *Neanurinae* avec une seule espèce (*Neanura sp.* avec 1 seul individu) et enfin celle des *Pseudachorutinae* avec trois espèces (*Pseudachorutes sp.1*, *Pseudachorutes sp.2* et *Pseudachorutes sp.3*). *Pseudachorutes sp.1* est l'espèce la plus abondante dans cette famille avec 465 individus soit 66,71 % des poduromorphes et 28,56% de la faune totale.

La Famille des Onychiuridae

Cette famille est représentée par 12 individus soit 1,72% des Poduromorphes. Elle comprend 2 genres et 2 espèces à savoir: *Mesaphorura sp.* avec 3 individus, *Protaphorura gr. armata* avec 9 individus.

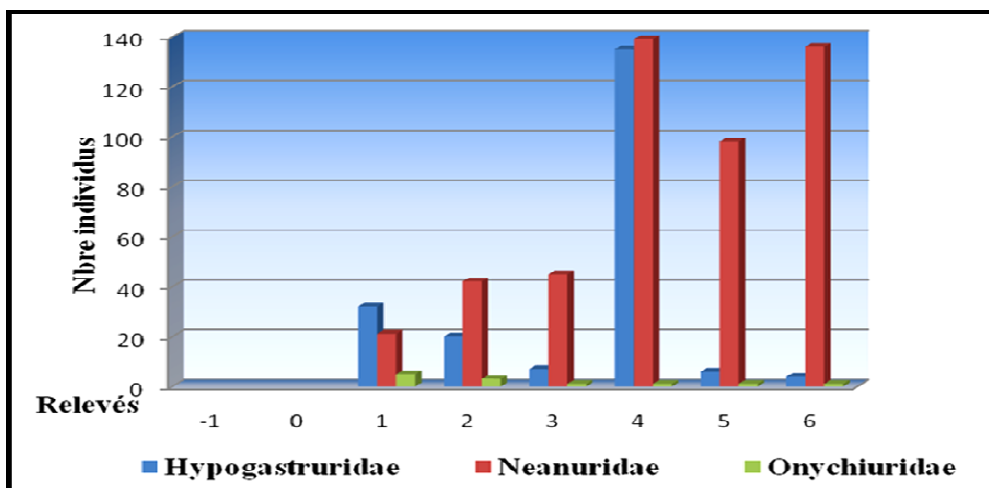


Figure 23. Répartition des Poduromorphes dans les relevés de la mare aux Canards.

c- Ordre des Symphypléones

Cet ordre est représenté par 19 individus soit 1,17% du total des individus recensés. Ils se répartissent sur 03 familles, 4 genres et 4 espèces parmi lesquelles *Sphaeridia pumilis* est la plus abondante avec 12 individus soit 63,16% de tous les Symphypléones, contrairement à *Sminthurides aquaticus*, *Sminthurinus signatus* et *Dicyrtomina sp.* qui sont très rares et ne comptent que 3, 3 et 1 individus respectivement (Figure 24).

De nombreux auteurs ont travaillé sur ce groupe. Thibaud et Massoud (1980) ont précisé que ces éléments vivent dans une grande variété d'habitats parfois dans les milieux humides (à la surface de l'eau), parfois dans les milieux secs en sol ou en litière. Il est aussi intéressant de noter que les espèces de ce groupe survivent à l'état d'œuf durant les saisons hostiles, ce qui semble pouvoir justifier leur mauvaise représentation dans la faune récoltée.

Famille des Sminthurididae :

15 individus sont recensés dans cette famille, soit 82,27% des Symphypléones. Ils se répartissent en 2 genres et 2 espèces. La plus répandue est *Sphaeridia pumilis* avec 12 individus soit 63,16%, tandis que *Sminthurides aquaticus* est représentée par 3 individus soit 15,79%. Cette famille est caractéristique des régions tempérées.

La présence de ces 2 espèces dans notre zone d'étude est à relier à la fois, à la permanence de l'eau dans la mare et à une humidité relativement élevée le long des 4 transects.

Famille des Dicyrtomidae

Nous avons récolté 1 seul individu dans l'écotone, représenté par 1 seul genre et une espèce : *Dicyrtomina sp.*

Famille des Katiannidae

Représentée par une espèce *Sminthurinus signatus* avec 5 individus.

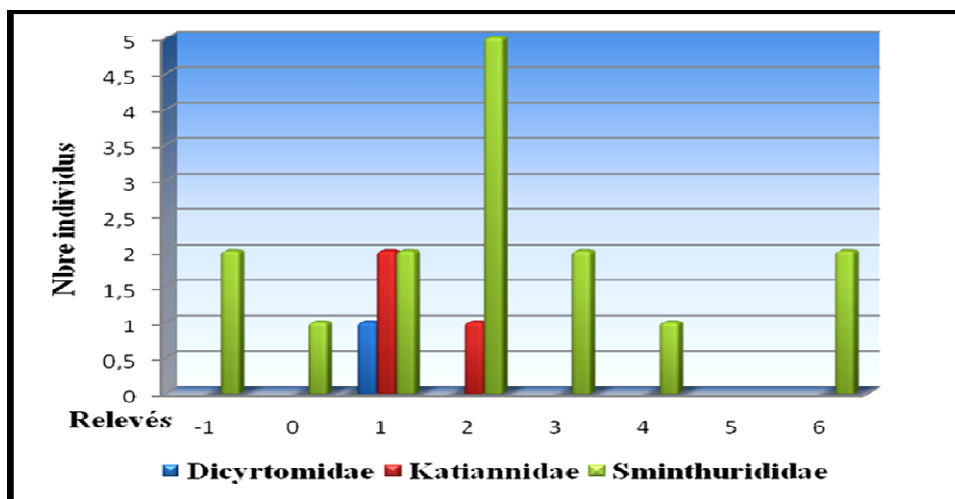


Figure 24. Répartition du nombre d'individus par famille de Symphypléones dans la mare aux Canards.

d- Les Néelipléones

C'est le groupe le moins représenté avec 13 individus soit 0,8% de la faune totale, et représenté par une seule famille : Neelidae, 1 seul genre et 1 espèce : *Neelus murinus* (Figure 25).

Famille des Neelidae

Cette famille est représentée par une seule espèce *Neelus murinus* avec 13 individus dont 11 sont récoltés dans l'écotone. Selon Hamra-kroua 2005, cette espèce est cosmopolite, vivant souvent dans les grottes, dans les mousses sur sol. Comme elle peut être pionnière, et se développer sur des sols dénudés qui ont subi des feux répétés. D'après Ait Mouloud (2006), *Neelus murinus* fait parti des éléments rares dans les tourbières de Kabylie.

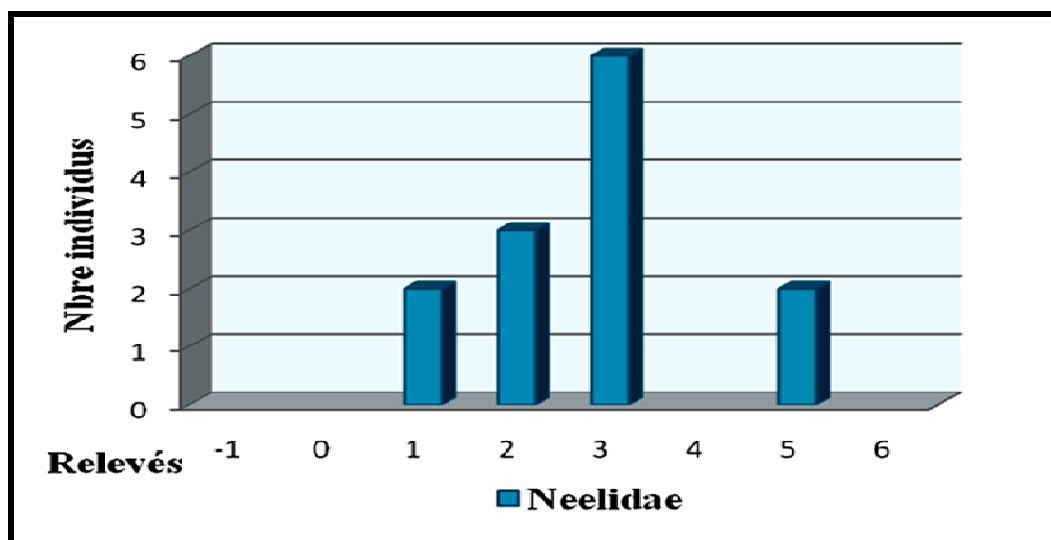


Figure 25. Répartition des Néelipléones au niveau des relevés de la mare aux Canards.

IV-3- Etude de La mare de Boumessaoud (Grande kabylie)

Nos récoltes ont permis de recenser dans ce site 910 collemboles repartis en 7 familles, 15 genres et 21 espèces. Nous donnons dans le tableau 16, la liste des espèces et leur répartition sur les transects étudiés. Les genres sont classés par ordre alphabétique.

Tableau 16. Liste faunistique et nombre d'individus par transect dans la mare de Boumessaoud

<i>Espèces / Transect</i>	Total OA	Total OB	Total OC	Total OD	Total
I- PODUROMORPHA Börner, 1913					
1. -Brachystomellidae Stach, 1949					
1. <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1816)	0	1	2	1	4
2,- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955					
c- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906					
2, <i>Pseudachorutes sp.1</i>	118	1	13	20	152
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913					
3.- Isotomidae Börner, 1913					
3. <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	0	3	10	1	14
4. <i>Folsomides sp.</i>	0	0	0	1	1
5. <i>Isotomurus sp.2</i>	0	2	0	0	2
6, <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	0	3	0	0	3
4.- Entomobryidae Tömösvary, 1882					
7- <i>Entomobrya multifasciata</i>	129	47	8	2	186
8, <i>Entomobrya sp.1</i>	0	2	10	9	21
9, <i>Entomobrya sp.4</i>	1	0	0	1	2
10. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	81	1	0	18	100
11. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	41	11	2	8	62
12, <i>Lepidocyrtus sp.3</i>	1	0	0	0	1
13- <i>Orchesella quinquefasciata</i>	98	44	3	6	151
14, <i>Pseudosinella sp.</i>	19	3	2	5	29
III.- SYMPHYPLEONA					
5.- Bourletiellidae					
15, <i>Bourletiella sp.</i>	7	0	0	0	7
6.- Katiannidae Börner, 1913					
16. <i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1868)	0	1	0	0	1
17, <i>Sminthurinus signatus</i>	1	1	0	5	7
18, <i>Sminthurinus sp.</i>	1	0	0		1
7.- Sminthurididae Börner, 1906					
19, <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	18	18	7	0	43
20, <i>Sminthurides sp.</i>	17	0	0	0	17
21. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	46	43	11	6	106
Total individus	578	181	68	83	910
Total espèces	14	15	10	13	21

IV-3- 1- Données globales sur la faune

Le nombre total d'individus récolté est de 910, parmi lesquels 156 Poduromorphes (17,14 %), 572 Entomobryomorphes (62,86 %) et 182 Symphypléones (20 %) (Figure 26).

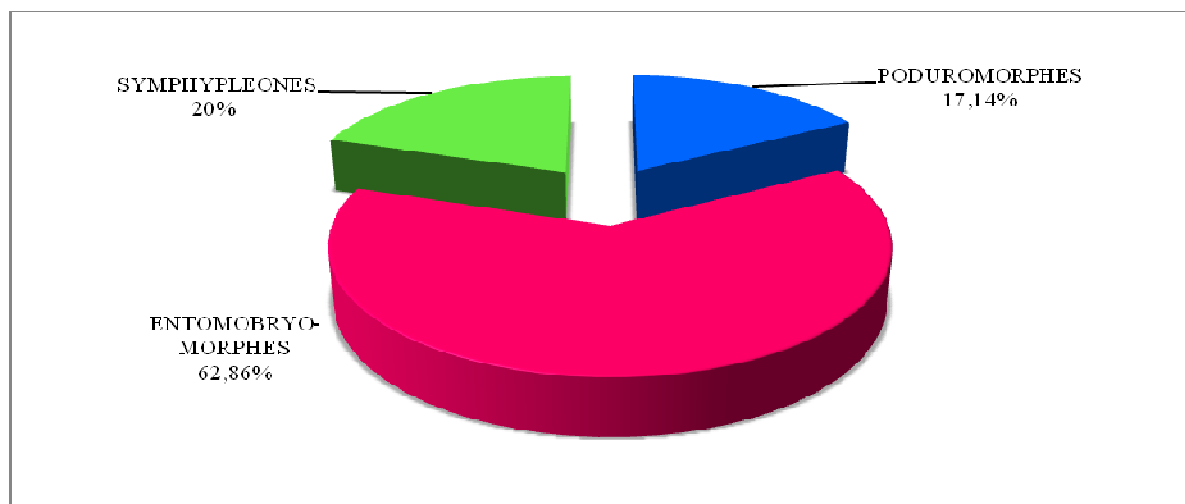


Figure 26. Répartition des Collembolés par Ordres dans la mare de Boumessaoud.

IV-3- 1-1- Répartition des Collembolés par habitat

La répartition des collembolés par habitat montre que 39 individus proviennent du milieu aquatique (relevé -1); 384 individus de l'écotone (relevés 0 ; 1 ; 2 et 3) et 487 du sol forestier (relevés 4 ; 5 et 6) (tableau 17).

Le milieu aquatique présente une richesse spécifique nettement plus faible (3 espèces) comparée à l'écotone et au sol forestier, et représente 4,28% de la faune total. La grande majorité des individus est représentée par une seule espèce: *Sminthurides aquaticus* (94,87 %) (tableau 17). C'est aussi l'unique espèce hydrophile et la seule espèce préférentielle pour ce milieu. Dans ce site, cette espèce se retrouve aussi dans l'écotone (5 individus dans le relevé (00) en interface et 01 seul individu dans le relevé (+1), à 30 Cm de l'eau) mais jamais en sol forestier. *Pseudachorutes sp.1* et *Entomobrya multifasciata* sont des espèces forestières, elles sont ici accidentelles (un seul individu par espèce).

Au niveau de l'écotone, 17 espèces sont recensées, soit 42,20%. Presque la moitié d'entre elles (7 espèces) présentent toutefois une très faible abondance (1 à 5 individus) alors que les 8 autres sont préférentielles pour cet habitat, notamment *Orchesella quinquefasciata* (93 individus), *Sphaeridia pumilis* (80 individus), et *Heteromurus major* (63 individus).

Dans le sol forestier le nombre d'individus recensé est le plus élevé (487 individus soit 53,52%), avec une grande richesse spécifique (17 espèces) dont 11 sont préférentielles pour cet habitat.

Cette répartition montre une nette prédominance des espèces forestières dans ce milieu comparée aux deux autres habitats (écotone et milieu aquatique). Le nombre d'espèces préférentielles augmente en effet plus vite que le nombre total d'espèces lorsque l'on va du milieu aquatique vers le milieu forestier (figure 27).

Tableau 17. Abondance des espèces de collemboles par habitat au niveau de la mare de Boumessaoud. Encadrés: espèces préférentielles dans l'habitat.

Espèces	eau	écotone	sol	Total
1, <i>Bourletiella</i> sp.	0	3	4	7
2. <i>Brachystomella parvula</i>	0	1	3	4
3- <i>Entomobrya multifasciata</i>	1	64	121	186
4, <i>Entomobrya</i> sp.1	0	4	17	21
5, <i>Entomobrya</i> sp.4	0	1	1	2
6. <i>Folsomia quadrioculata</i>	0	13	1	14
7. <i>Folsomides</i> sp.		0	1	1
8. <i>Heteromurus major</i>	0	63	37	100
9. <i>Heteromurus nitidus</i>	0	13	49	62
10. <i>Isotomurus</i> sp.2	0	0	2	2
11, <i>Lepidocyrtus</i> sp.3	0	1	0	1
12- <i>Orchesella quinquefasciata</i>	0	93	58	151
13, <i>Pseudachorutes</i> sp.1	1	12	139	152
14, <i>Pseudosinella</i> sp.	0	5	24	29
15, <i>Proisotoma minuta</i>	0	3	0	3
16, <i>Sminthurides aquaticus</i>	37	6	0	43
17, <i>Sminthurides</i> sp.	0	15	2	17
18. <i>Sminthurinus niger</i>	0	0	1	1
19, <i>Sminthurinus signatus</i>	0	7	0	7
20, <i>Sminthurinus</i> sp.	0	0	1	1
21. <i>Sphaeridia pumilis</i>	0	80	26	106
Abondance	39	384	487	910
Nombre total d'espèces	3	17	17	21
Nombre d'espèces préférentielles	1	7	11	

Le milieu aquatique présente, comme dans la mare précédente, une richesse spécifique nettement plus faible que celle du sol. La richesse faunistique et l'abondance moyenne sont toutefois inférieures à celles rencontrées au niveau de la mare aux canards, aussi bien dans l'écotone que dans le sol.

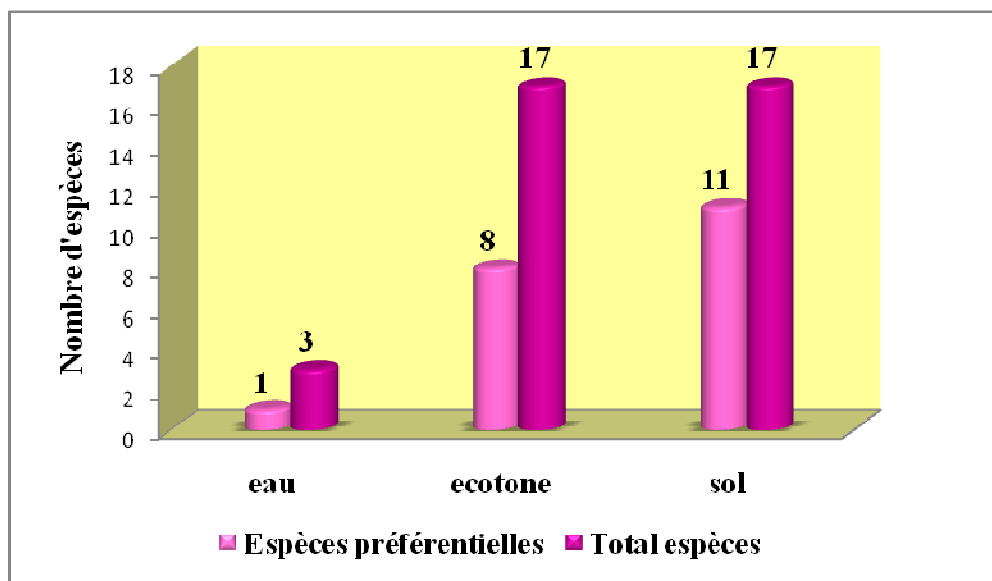


Figure 27. Espèces préférentielles et total des espèces au niveau de la mare de Boumessaoud.

Cette pauvreté au niveau de la mare de Boumessaoud est à mettre en regard de la forte perturbation du milieu : incendies répétés, accidentels ou intentionnels, défrichement et piétinement, pâturage... Ces perturbations affectent l'environnement forestier de la mare et provoquent l'amenuisement de la litière qui disparaît totalement par endroit. Le sol mis à nu prive de toute protection les formes de surface qui sont ici en nette régression.

Ainsi, les espèces atmobiontiques (de surface), notamment les Entomobryidae sont moins bien représentés à la mare de Boumessaoud (552 ind. = 60,66 %) et en nombre plus important à la mare aux Canards (745 ind. = 82,87 %). Il est à noter que le genre *Orchesella* se trouve uniquement localisé à la mare de Boumessaoud (151 inds.). Il est décrit par Thibaud (1977) comme comprenant des espèces en général de forêt, vivant dans la litière et la mousse souvent sur rochers. Enfin, la faible présence d'*Heteromurus nitidus* à la mare de Boumessaoud (62 individus) montre que cette espèce est à la limite de ses possibilités vitales. Cette dernière se rencontre dans toute l'Europe et habite les prairies humides et les grottes; c'est une hémiedaphique troglophile (Thibaud, 1977).

Dans cette étude nous remarquons une nette diminution du nombre d'espèces et du nombre d'individus, comparés aux résultats obtenus par Ait Mouloud (2006), en période de pleine eau (printemps) (tableau 18) et (Figure 28). Nous notons aussi la disparition de plusieurs espèces notamment : *Ceratophysella cf. denticulata*, *Ceratophysella gr. armata*, *Deutonura n.sp.*, *Dicyrtomina saundersi*, *Hemisotoma thermophila*, *Hypogastrura sp.1*, *Hypogastrura sp.2*, *Megalothorax minimus*, *Orchesella cincta*. Ces espèces sont remplacées par d'autres telles que : *Bourletiella sp.*, *Entomobrya sp.4*, *Folsomia quadrioculata*, *Folsomides sp.*, *Orchesella quinquefasciata* et *Pseudachorutes sp1*. Nous assistons donc à un changement important de la structure du peuplement collembologique dans ce site entre les deux périodes : humide (2006) et sèche (2011).

CHAPITRE IV : Résultats

Tableau 18. Nombre d'individus par espèce récoltés en milieu aquatique, en écotone et en sol forestier à la mare de Boumessaoud (Ait Mouloud, 2006).

Espèces	eau	écotone	sol	Total
1, <i>Arrhopalites</i> sp.	0	0	1	1
2, <i>Brachystomella parvula</i>	6	158	597	761
3, <i>Ceratophysella</i> cf. <i>denticulata</i>	0	1	5	6
4, <i>Ceratophysella</i> gr. <i>armata</i>	1	0	6	7
5, <i>Deutonura</i> n.sp.	0	1	18	19
6, <i>Dicyrtomina saundersi</i>	0	1	14	15
7, <i>Endonura</i> cf. <i>gladiolifer</i>	0	0	1	1
8, <i>Entomobrya multifasciata</i>	0	1	117	118
9, <i>Hemisotoma thermophila</i>	1	11	138	150
10, <i>Heteromurus</i> cf. <i>major</i>	0	0	12	12
11, <i>Heteromurus nitidus</i>	1	0	23	24
12, <i>Hypogastrura</i> sp.1	0	40	62	102
13, <i>Hypogastrura</i> sp.2	3	11	100	114
14, <i>Isotomurus</i> cf. <i>unifasciatus</i>	5	208	441	654
15, <i>Megalothorax minimus</i>	0	2	7	9
16, <i>Mesaphorura</i> sp.	0	0	13	13
17, <i>Onychiurus</i> sp.	0	0	1	1
18, <i>Orchesella cincta</i>	0	0	2	2
19, <i>Parisotoma notabilis</i>	0	0	4	4
20, <i>Proisotoma minuta</i>	0	0	13	13
21, <i>Protaphorura</i> gr. <i>armata</i>	0	0	2	2
22, <i>Pseudachorutella</i> sp.	0	0	1	1
23, <i>Pseudosinella</i> sp.1	0	0	5	5
24, <i>Sminthuridae</i> sp.	0	0	1	1
25, <i>Sminthurides aquaticus</i>	943	682	0	1625
26, <i>Sminthurides malmgreni</i>	0	4	0	4
27, <i>Sminthurides signatus</i>	0	14	1	15
28, <i>Sminthurinus niger</i>	0	5	7	12
29, <i>Sminthurinus signatus</i>	0	0	9	9
30, <i>Sminthurus viridis</i>	0	3	0	3
31, <i>Sphaeridia pumilis</i>	31	55	224	310
Total individus	991	1197	1825	4013
Total espèces	8	16	28	31
Espèces préférentielles	1	3	27	

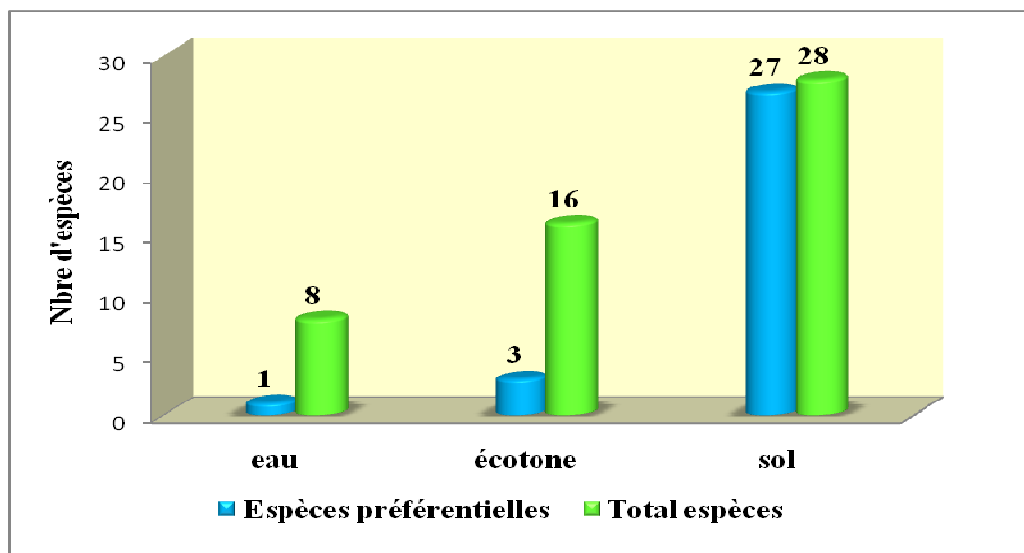


Figure 28. Augmentation du nombre d'espèces préférentielles et du nombre total d'espèces en allant de l'eau vers le sol forestier dans la mare de Boumessaoud (Ait Mouloud, 2006).

IV-3- 1-2- Répartition des collemboles par relevés

Pour mieux représenter la répartition des individus sur les transects Eau-Sol, nous avons regroupé pour les quatre axes les relevés ayant la même distance à l'eau (Tableau 19).

Tableau 19. Répartition du nombre d'individus par relevés et par famille

	Total individus / Familles / Relevés								
Taxons / Relevés	-1	0	1	2	3	4	5	6	Total
I- PODUROMORPHA	1	0	0	3	10	17	14	111	156
<i>Brachystomellidae</i>	0	0	0	0	1	1	2	0	4
<i>Neanuridae</i>	1	0	0	3	9	16	12	111	152
II.- ENTOMOBRYOMORPHA	1	30	82	83	65	104	100	107	572
<i>Isotomidae</i>	0	7	6	1	2	2	1	1	20
<i>Entomobryidae</i>	1	23	76	82	63	102	99	106	552
III.- SYMPHYPLEONA	37	33	44	16	18	9	19	6	182
<i>Bourletiellidae</i>	0	0	0	3	0	1	0	3	7
<i>Katiannidae</i>	0	2	2	1	2	0	1	1	9
<i>Sminthuridae</i>	37	31	42	12	16	8	18	2	166

a- Ordre des Entomobryomorphes

Les Entomobryomorphes dominent largement le peuplement collembologique observé. Ils représentent plus de la moitié de la faune totale recensée avec 572 individus soit 62,86 % de l'effectif total. Ils sont répartis en 15 espèces, 8 genres et 2 familles à savoir les Isotomidae avec 20 individus, soit 2,20% et les Entomobryidae avec 552 individus, soit 60,66% (Figure 29). Les individus de cet ordre se répartissent de façon hétérogène dans les différents relevés. Ils ont tendance à fuir les milieux très humides. Ainsi, ils sont très abondants dans le sol (311 individus soit 34,17% de la faune totale), intermédiaires en écotone (260 individus soit 28,57%) et très rares en eau (1 individu soit 0,11 %).

Famille des Entomobryidae

Cette famille est la mieux représentée parmi cet ordre, avec 552 individus, soit 60,66 % de la faune totale et 96,50% des Entomobryomorphes. Ils sont récoltés dans les différents milieux prospectés, surtout en sol (307 individus). Cette famille se répartie en 5 genres et 8 espèces dont les plus abondantes sont : *Entomobrya multifasciata* (186 individus), *Heteromurus major* (100 individus) et *Orchesella quinquefasciata* (151 individus).

Famille des Isotomidae :

Les Isotomidae sont représentés par 20 individus soit 3,5 % du nombre total des Entomobryomorphes. Ils sont répartis en 4 genres et 4 espèces dont la plus abondante est *Folsomia quadrioculata* (14 individus). *Folsomides* sp. *Isotomurus* sp. 2 et *Proisotoma minuta* sont représentées respectivement par 1, 2 et 3 individus.

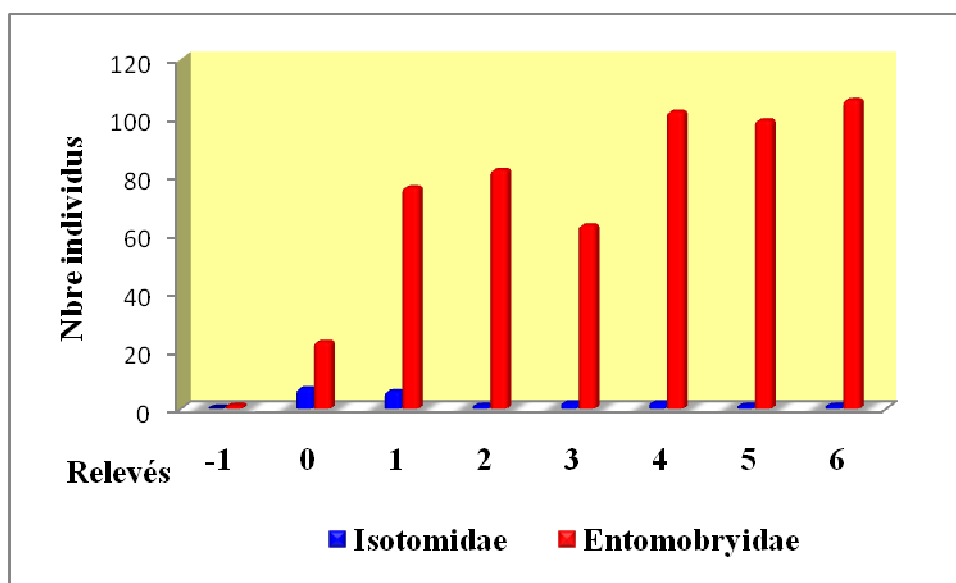


Figure 29. Répartition moyenne des Entomobryomorphes sur les différents relevés de la mare de Boumessaoud.

b- Ordre des Poduromorphes :

Cet ordre présente 156 individus soit 17, 14 % de la faune récoltée. Il est réparti en 2 familles, 2 genres et 2 espèces (Figure 30).

En général, tous les individus ont été récoltés dans les relevés de l'écotone et du sol, excepté 1 seul individu recensé en eau (*Pseudachorutes* sp.1).

L'effectif des poduromorphes augmente en allant de l'eau vers le sol, ils se retrouvent en abondance dans les relevés 4, 5 et 6 situés respectivement à 120, 220 et 420 Cm de l'interface eau-sol. Ces relevés sont caractérisés par un faible taux d'humidité (Respectivement 52,11%, 29,3% et 25,02%) et une végétation herbacée.

La réduction de la population des Poduromorphes dans les relevés en eau ainsi que dans les premiers relevés en écotone est due essentiellement aux conditions écologiques, à savoir trop d'humidité qui est un facteur défavorable à leur développement car ils fuient moins rapidement en cas d'inondation du sol d'où leur mort par endosmose.

Famille des Brachystomellidae

Cette famille est représentée par 4 individus, soit 2,56 % des poduromorphes récoltés.
Elle contient un genre et une seule espèce *Brachystomella parvula*.

La Famille des Neanuridae

Cette famille est représentée par 152 individus soit 97,43 % des Poduromorphes.
Elle contient une seule sous-famille, un genre et une espèce (*Pseudachorutes sp.1*).

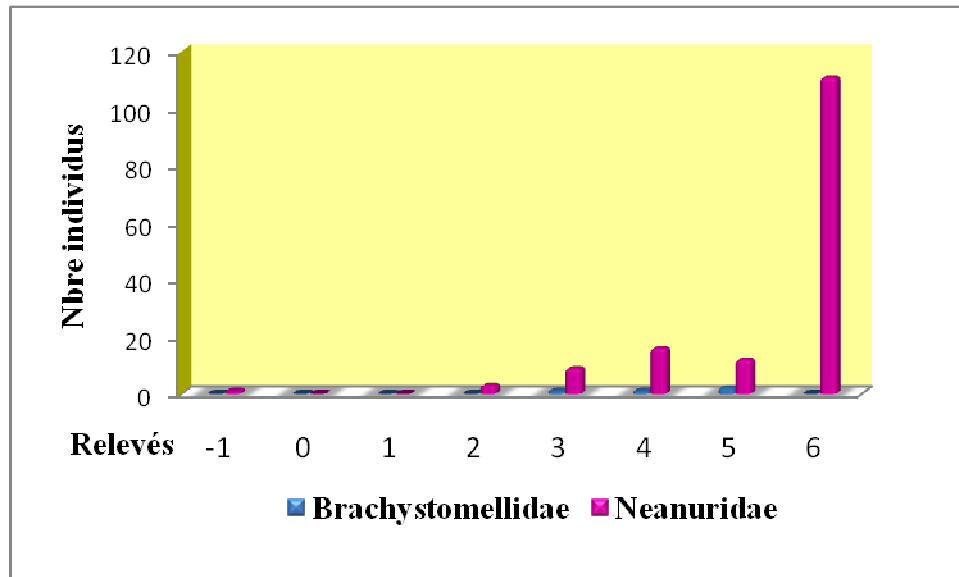


Figure 30. Répartition par famille des Poduromorphes sur les relevés de la mare de Boumessaoud.

c- Ordre des Symphypléones

Cet ordre est représenté par 182 individus soit 20 % du total des individus recensés. Ils se répartissent sur 03 familles, 4 genres et 7 espèces.

L'effectif des Symphypléones diminue en allant de l'eau vers le sol (Figure 31), ils se retrouvent en abondance dans les relevés -1, 00 et +1 situés respectivement à -30 (en pleine eau), 00 et +30 Cm de l'interface eau-sol. Ces relevés sont caractérisés par un taux d'humidité très élevé (respectivement 97,4475%, 63,1125% et 57,18%).

Famille des Bourletiellidae :

Elle comprend uniquement 7 individus récoltés dans le sol et représentés par un genre et une espèce : *Bourletiella sp.* Le pouvoir reproducteur chez les Bourletiellidae est limité ce qui signifie la réduction du nombre d'individus chez cette Famille qui comprend des espèces très fragiles ne résistant pas aux variations extrêmes du milieu (Bretfeld, 1999).

Famille des Katiannidae

Cette famille est représentée par 9 individus soit 4,94% des Symphypléones. Elle comprend 1 genre et 3 espèces à savoir: *Sminthurinus niger* 1 seul individu, *Sminthurinus signatus* 7 individus et *Sminthurinus sp. 1* seul individu.

Famille des Sminthurididae

166 individus sont recensés dans cette famille, soit 91,21 % des Symphypléones. Ils se répartissent en 2 genres et 3 espèces. La plus répandue est *Sphaeridia pumilis* avec 106 individus. *Sminthurides aquaticus* et *Sminthurides sp.* sont représentées respectivement par 43 et 17 individus.

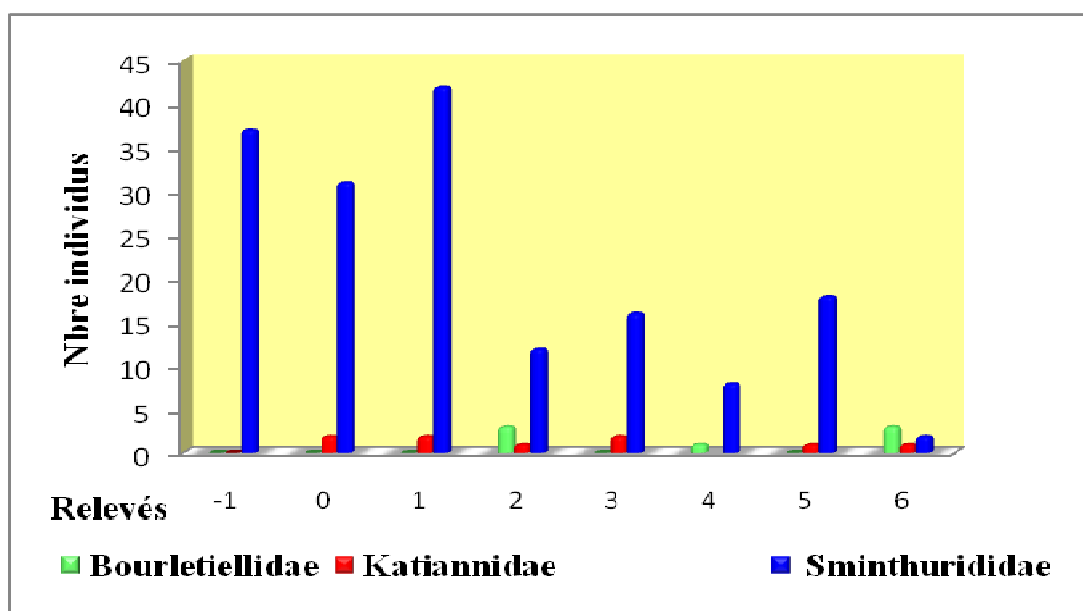


Figure 31. Répartition du nombre d'individus par famille de Symphypléones de la mare de Boumessaoud.

IV- 4- Comparaison de la mare aux canards et de la mare de Boumessaoud

IV- 4 -1 - Analyse de la structure du peuplement collembologique sur les transects

Pour avoir une meilleure approche de la structure du peuplement collembologique sur l'écotone eau - sol forestier, les paramètres de description suivants ont été calculés :

- 1- la richesse spécifique **RS**
- 2- l'indice de diversité de Shannon (**H'**) = $-\sum p_i \cdot \log p_i$
- 3- la dominance de Berger-Parker (**BP**) = $N_{\max} / N$
- 4- la distribution spatiale des individus
- 5- l'indice d'agrégation de **Concella Da Fonseca** : $I = S / \delta^2$
- 6- la densité des collembolés (**Nombre d'individus /m²**)
- 7- l'indice de similarité entre relevés successifs **de Jaccard** = $j/(a+b-j)$
- 8- l'indice de similarité **de Morisita** = $2 \cdot \sum (a_{ni} \cdot b_{ni}) / [(d_a + d_b) \cdot a_N \cdot b_N]$
- 9- l'action de **l'humidité**

Pi est l'abondance de l'espèce i, S est le nombre d'espèces et N est le nombre d'individus.

Les valeurs moyennes par relevé pour les quatre transects, et dans chaque mare, sont calculées pour les différents paramètres et consignées dans les tableaux 20 et 21.

Tableau 20. Paramètres descriptifs du peuplement des Collembolés sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare aux Canards (MC).

Relevés	Richesse Spécifique moyenne (RS)	Diversité (Ish (H') moyen)	Dominance Nmax/N
-1	0,5	0	0,5
0	0,25	0	0,25
1	6,75	2	0,47
2	8,5	2,38	0,4
3	7,25	2	0,44
4	5,5	1,48	0,59
5	6,75	2,16	0,39
6	4	1,36	0,5

Tableau 21. Paramètres descriptifs du peuplement des Collembolés sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare de Boumessaoud (Bsd).

Relevés	Richesse Spécifique moyenne	Diversité (Ish moyen)	Dominance Nmax/N
-1	1,25	0,22	0,96
0	2,25	0,85	0,72
1	4	1,33	0,63
2	4,75	1,49	0,58
3	5,25	1,8	0,45
4	4,75	1,74	0,47
5	5,75	1,99	0,45
6	6	1,88	0,51

IV- 4 -1 -1- Evolution de la richesse spécifique sur les quatre transects

La richesse spécifique (S) représente un des paramètres fondamentaux d'un peuplement. Elle représente le nombre d'espèces qui le constitue. Cette mesure est jugée insuffisante puisqu'elle ne permet pas de différencier des peuplements qui comporteraient un même nombre d'espèces mais avec des fréquences relatives très différentes (Barbault, 2000).

Les profils de diversité sont comparables entre les deux sites. La richesse spécifique par relevé est réduite à 0,5 - 1,25 espèces en eau libre. Elle augmente régulièrement à partir de l'interface, qui ne montre pas de particularité, pour se stabiliser ou décroître à 1,20 – 3,20 m de l'interface eau-sol, à des valeurs différentes selon le site: 0-7 espèces (4 espèces en moyenne) dans la mare au Canards (figure 32) et 3- 9 espèces (6 espèces en moyenne) dans la mare de Boumessaoud (figure 33). On assiste à une augmentation progressive de la richesse spécifique en allant du milieu aquatique vers le sol forestier sans pic particulier au niveau de l'écotone. Quelques espèces sont préférentielles pour ce milieu, mais ce dernier ne comporte pas d'espèces propres susceptibles de le caractériser. Il se comporte ici comme un passage intermédiaire entre le milieu aquatique et le sol forestier.

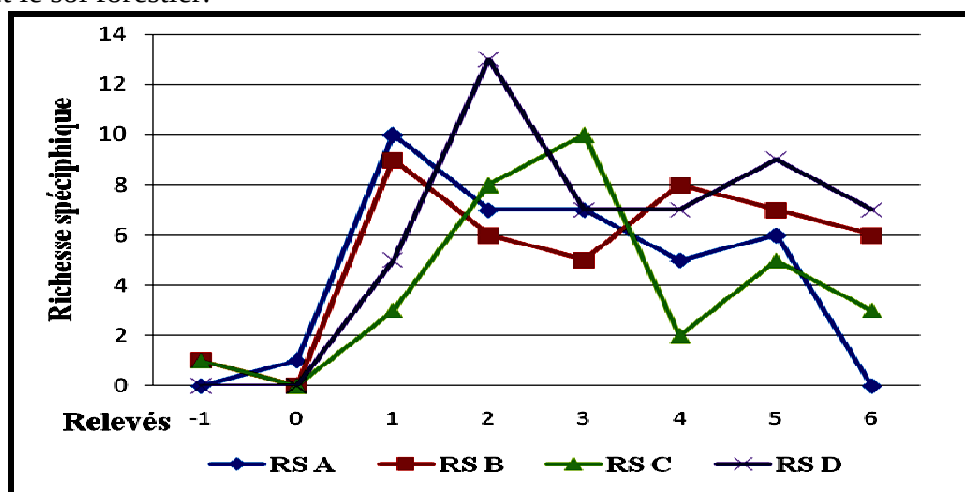


Figure 32. Evolution de la richesse spécifique le long des transects eau-sol au niveau de la mare aux Canards.

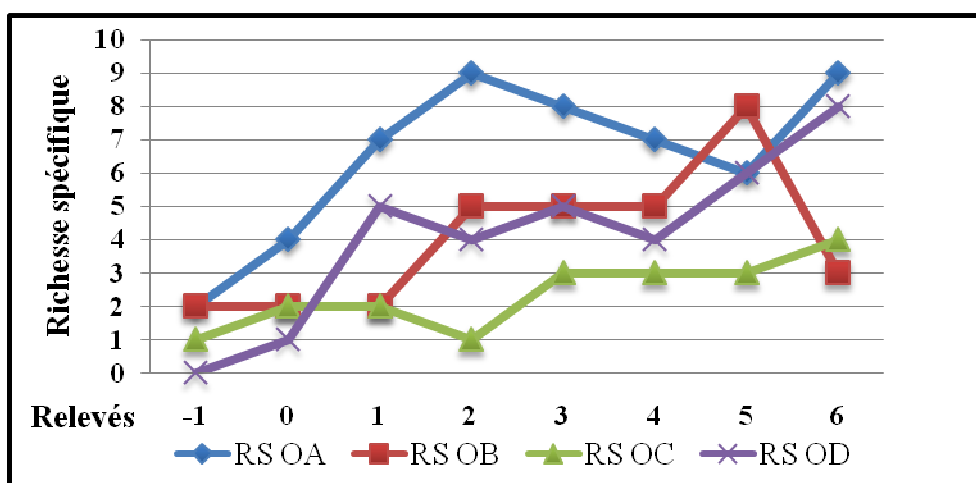


Figure 33. Evolution de la richesse spécifique le long des transects eau-sol au niveau de la mare de Boumessaoud.

IV- 4 -1-2- Etude de la diversité du peuplement

La diversité d'un peuplement informe sur la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces. Divers indices de diversité ont été proposés (Daget, 1979 et Daget, 1976 ; Magurran, 1988 cités par Dajoz, 2006). L'indice de diversité de Shannon (H') est le plus utilisé, il tient compte du nombre d'espèces présentes dans le milieu et de l'abondance de chacune d'elle. Il est donné par la formule :

$$(H') = - \sum (p_i * \log_2 p_i)$$

dans laquelle :

p_i : représente la probabilité de rencontrer l'espèce c'est-à-dire qu'il désigne l'importance relative de chaque espèce dans le peuplement étudié. Il est calculé par la formule : **$p_i = n_i/N$**

où **n_i** : est le nombre des individus de l'espèce *i* dans un relevé

et **N** est le nombre total des individus de toutes les espèces dans le même relevé.

(H') est égale à zéro lorsqu'il ya une seule espèce et sa valeur maximale est égale à $\log_2 S$ lorsque toutes les espèces ont la même abondance, *S* étant le nombre d'espèces. Autrement dit, H' est d'autant plus petit (proche de zéro) que le nombre d'espèces est faible; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement.

L'indice de diversité de Shannon (H') a été calculé pour les 32 relevés effectués sur les 4 transects au niveau des deux mares (figures 34 et 35). Son évolution moyenne fait apparaître une variation de 0 à 1,36 bits dans la mare aux Canards (MC) et de 0,22 à 1,99 dans celle de Boumessaoud (Bsd). Cet indice se révèle très faible en milieu aquatique (H' moyen (MC) = 0, H' moyen (Bsd) = 0,22). Il augmente sensiblement en écotone (H' moyen (MC) = 2,06 , H' moyen (Bsd) = 1,37), pour atteindre 2,07 en sol forestier dans la mare aux Canards et 1,87 dans celle de Boumessaoud. La diminution remarquable de cet indice dans les relevés en sol, pratiquement dans tous les transects de la mare aux Canards (figure 34), est à relier à la concentration de quelques espèces à ce niveau, telles que: *Hypogastrura sp.*, 145 individus/204; *Pseudachorutes sp.1*, 361/465; *Entomobrya sp.1* 122/186 et *Heteromurus major* 165/278 . Ces grégariations sont sans doute liées à l'isolement de la mare par un gabionnage et une route goudronnée, de la forêt avoisinante (forêt de Brabtia) ; ce qui empêche le déplacement de ces espèces de la mare vers la forêt et vice- versa.

En général nous pouvons dire que la biodiversité augmente progressivement du milieu aquatique au sol forestier sans présenter de pic au niveau de l'écotone qui se comporte ici comme intermédiaire entre les milieux adjacents.

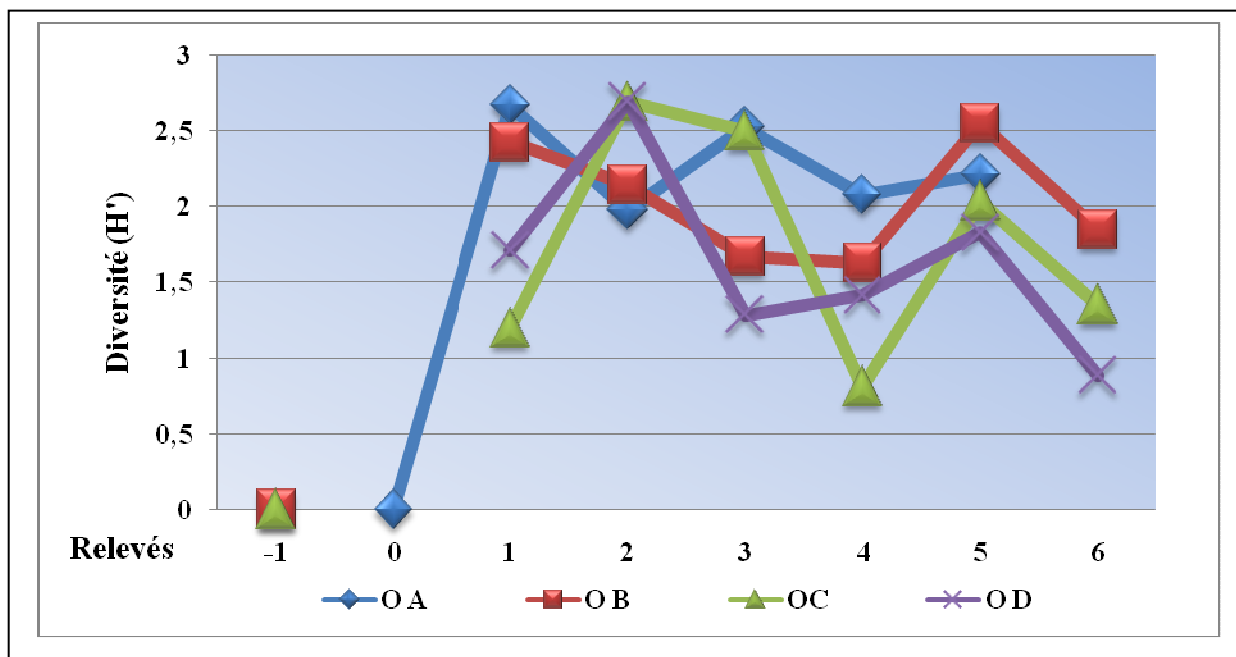


Figure 34. Variation de la diversité spécifique (H') le long des transects eau-sol forestier dans la mare aux Canards.

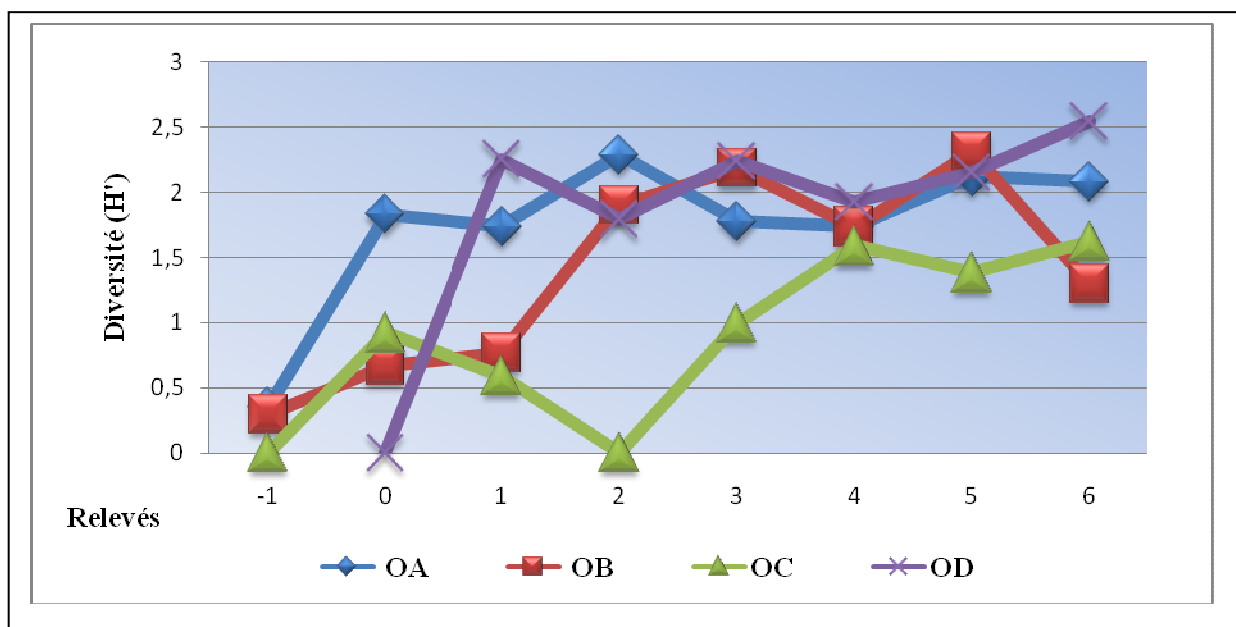


Figure 35. Variation de la diversité spécifique (H') le long des transects eau-sol forestier dans la mare de Boumessaoud.

IV- 4 -1 -3- Etude de la dominance

La dominance est considérée comme la contribution de l'espèce la plus abondante par rapport à l'abondance totale des collemboles dans un relevé. Elle est calculée avec l'indice Berger-Parker (BP) :

$$\text{Indice Berger-Parker (BP)} = N_{\text{max}} / N$$

Où : **N_{max}** est le nombre d'individus de l'espèce dominante dans un relevé

N est le nombre total d'individus dans ce même relevé.

Les profils de dominance sont comparables pour les deux sites, et dans les quatre transects. Notons ici la diminution progressive de la dominance en allant du milieu aquatique vers le sol forestier (Figures 36 et 37), contrairement à l'augmentation de la diversité constatée précédemment. Cette diminution de la dominance du milieu aquatique vers le sol forestier est une caractéristique des habitats humides mais qui se trouve ici accentuée.

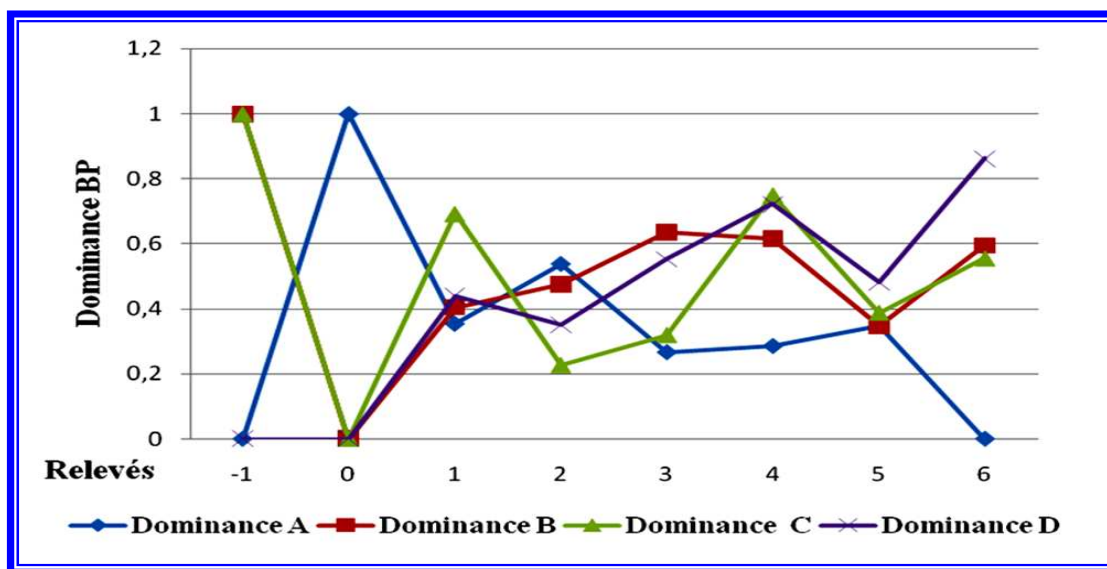


Figure 36. Evolution de la dominance sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare aux Canards.

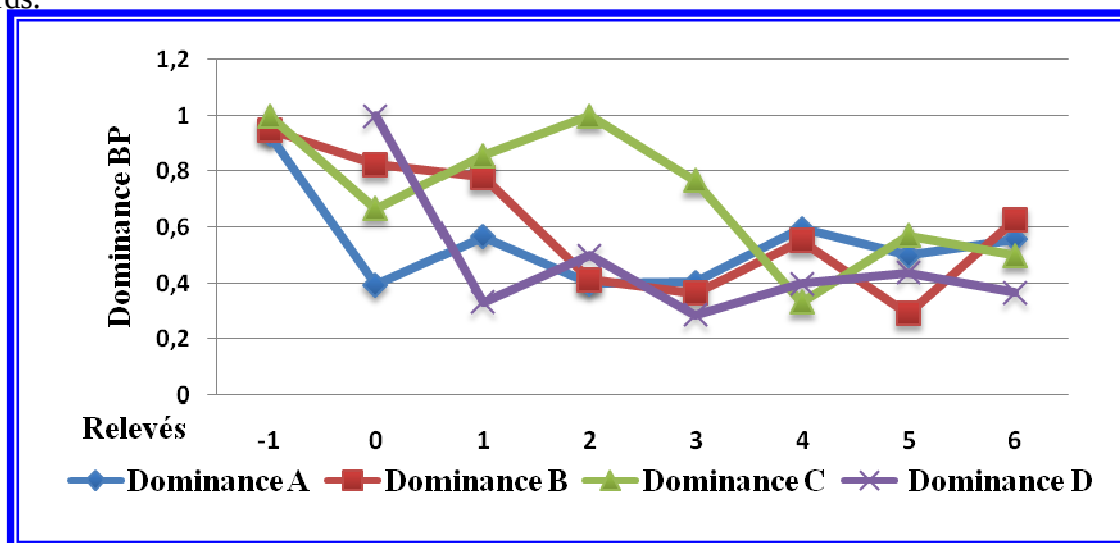


Figure 37. Evolution de la dominance sur les transects eau-sol forestier au niveau de la mare de Boumessaoud.

CHAPITRE IV : Résultats

Une forte dominance d'une à trois espèces est observée dans la plupart des relevés. Dans les habitats aquatiques, cette dominance est représentée par *Sminthurides aquaticus* où elle représente 67 % des collemboles récoltés dans l'eau au niveau de la mare aux canards (Figure 38), et 95 % dans celle de Boumessaoud (Figure 39).

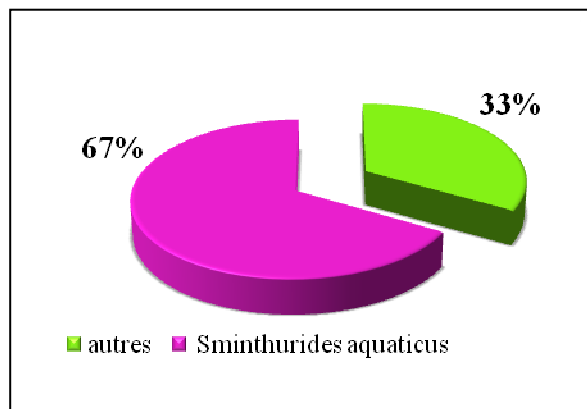


Figure 38 : pourcentage de *S. aquaticus* dans l'eau à la mare au Canards.

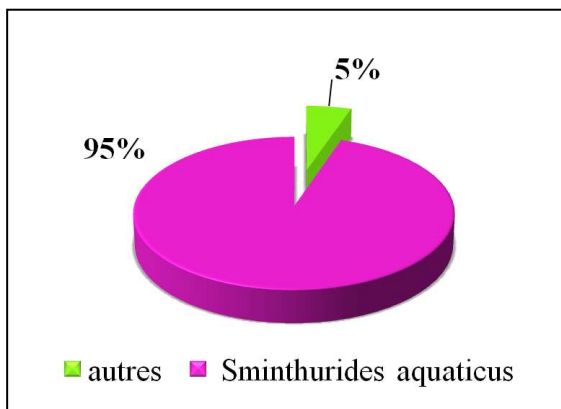


Figure 39: pourcentage de *S. aquaticus* dans l'eau à la mare de Boumessaoud.

Dans le sol, cette dominance est représentée à la mare aux canards par trois espèces: *Hypogastrura sp.*, *Entomobrya sp.1* et *Heteromurus major* ; elles représentent 37 % des collemboles (figure 40). A celle de Boumessaoud, *Pseudachorutes sp.1*, *Entomobrya multifasciata* et *Orchesella quinquefasciata* se révèlent dominantes, elles représentent 55,91% de la faune récoltée dans le sol de ce milieu (figure 41).

Nous remarquons que chaque écosystème (mare) a ses propres espèces dominantes.

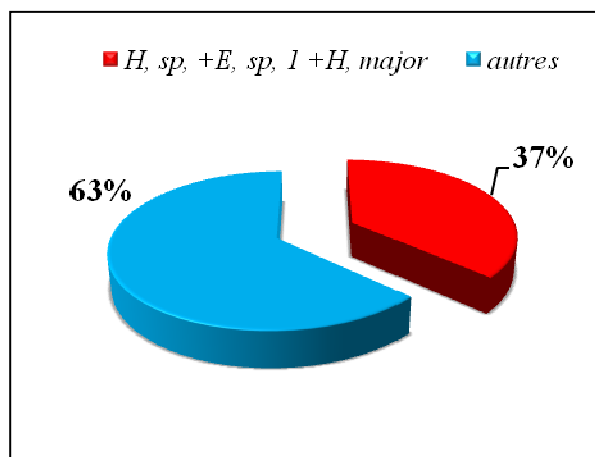


Figure 40 : pourcentage de : *Hypogastrura sp.*, *Entomobrya sp.1* et d' *Heteromurus major* à la mare aux canards.

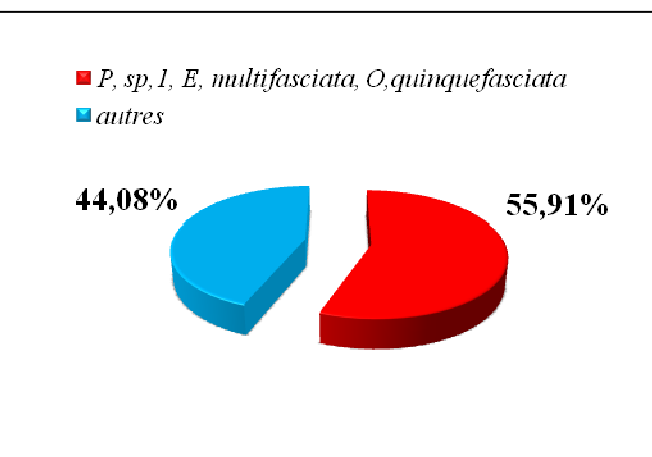


Figure 41 : pourcentage de : *Pseudachorutes sp.1*, *Entomobrya multifasciata* et *Orchesella quinquefasciata* à la mare de Boumessaoud.

IV- 4 -1 -4-Distribution spatiale des individus

La distribution spatiale des individus est déterminée par la comparaison de la variance à la moyenne. Les données des tableaux 22 et 23 montrent que pour 82,76% et 71,43% des espèces recensées, respectivement à la mare aux canards et dans celle de Boumessaoud, la variance est supérieure à la moyenne, ce qui signifie qu'elles ont tendance à se rassembler en agrégats ou par taches, tandis que *Mesaphorura sp.* et *Lepidocyrtus lanuginosus*, (6,9 %) au niveau de la mare aux canards et *Brachystomella parvula* et *Entomobrya sp.4* (9,52%) à celle de Boumessaoud ont une variance inférieure à la moyenne, cela confirme qu'ils ont une répartition uniforme. *Neanura sp.*, *Folsomia quadrioculata* et *Dicyrtomina sp.* représentants (10,34%) dans la mare aux canards, et *Folsomides sp.* *Lepidocyrtus sp.3*, *Sminthurinus niger* et *Sminthurinus sp.* représentants (19,05 %) dans la mare de Boumessaoud, ont une variance égale à la moyenne et présentent une distribution dite au hasard.

Tableau 22. Données de tendances centrales pour les espèces dans la mare aux canards

Espèces	Total individus	Total relevés	Moyenne	Variance (δ^2)	Ecart type	Erreur Standard (S)
1, <i>Hypogastrura sp.</i>	204	32	6,375	594,951	24,391	4,311
2, <i>Friesea s.</i>	3	32	0,093	0,152	0,390	0,069
3, <i>Neanura sp.</i>	1	32	0,031	0,031	0,176	0,031
4, <i>Pseudachorutes sp.1</i>	465	32	14,531	1285,483	35,853	6,338
5, <i>Pseudachorutes sp.2</i>	6	32	0,187	0,544	0,737	0,130
6, <i>Pseudachorutes sp.3</i>	6	32	0,187	0,6089	0,780	0,137
7, <i>Mesaphorura sp.</i>	3	32	0,093	0,0877	0,296	0,052
8, <i>Protaphorura gr armata</i>	9	32	0,281	0,5958	0,771	0,136
9. <i>Cryptopygus thermophilus</i>	39	32	1,218	19,08	4,368	0,772
10. <i>Folsomia quadrioculata</i>	1	32	0,031	0,031	0,176	0,031
11. <i>Isotomiella minor</i>	17	32	0,531	1,87	1,367	0,241
12. <i>Isotomurus sp.</i>	15	32	0,468	7,031	2,651	0,468
13, <i>Parisotoma notabilis</i>	82	32	2,562	51,028	7,143	1,262
14, <i>Entomobrya cf. multifasciata</i>	22	32	0,687	6,286	2,507	0,443
15, <i>Entomobrya sp.1</i>	186	32	5,812	142,415	11,933	2,109
16. <i>Entomobrya sp.2</i>	2	32	0,062	0,125	0,353	0,062
17, <i>Entomobrya sp.3</i>	8	32	0,25	0,645	0,803	0,142
18. <i>Heteromurus major</i>	278	32	8,687	188,673	13,735	2,428
19. <i>Heteromurus nitidus</i>	140	32	4,375	101,338	10,066	1,779
20. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	4	32	0,125	0,5	0,707	0,125
21, <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	2	32	0,062	0,060	0,245	0,043
22, <i>Lepidocyrtus sp.1</i>	29	32	0,906	3,636	1,906	0,337
23, <i>Lepidocyrtus sp.2</i>	11	32	0,343	3,136	1,770	0,313
24, <i>Pseudosinella sp.</i>	63	32	1,968	16,224	4,028	0,712
25. <i>Dicyrtomina sp.</i>	1	32	0,031	0,031	0,176	0,031
26, <i>Sminthurinus signatus</i>	3	32	0,093	0,152	0,390	0,069

CHAPITRE IV : Résultats

27. <i>Sminthurides aquaticus</i>	3	32	0,093	0,152	0,390	0,069
28. <i>Sphaeridia pumilis</i>	12	32	0,375	1,016	1,00	0,178
29. <i>Neelus murinus</i>	13	32	0,406	1,410	1,187	0,209

Tableau 23. Données de tendances centrales pour les espèces à la mare de Boumessaoud.

Espèces	Total individus	Total relevés	Moyenne	Variance (δ^2)	Ecart type	Erreur Standard (S)
1. <i>Brachystomella parvula</i>	4	32	0,125	0,112	0,336	0,059
2. <i>Pseudachorutes sp,1</i>	152	32	4,75	225,29	15,01	2,653
3. <i>Folsomia quadrioculata</i>	14	32	0,437	1,802	1,342	0,237
4. <i>Folsomides sp,</i>	1	32	0,031	0,031	0,176	0,031
5. <i>Isotomurus sp. 2</i>	2	32	0,062	0,125	0,353	0,062
6. <i>Proisotoma minuta</i>	3	32	0,093	0,152	0,390	0,069
7- <i>Entomobrya multifasciata</i>	186	32	5,812	116,35	10,787	1,906
8. <i>Entomobrya sp, 1</i>	21	32	0,656	2,426	1,557	0,275
9. <i>Entomobrya sp.4</i>	2	32	0,062	0,0605	0,245	0,043
10. <i>Heteromurus major</i>	100	32	3,125	50,242	7,088	1,253
11. <i>Heteromurus nitidus</i>	62	32	2	25,667	5,066	0,895
12. <i>Lepidocyrtus sp.3</i>	1	32	0,031	0,031	0,176	0,031
13- <i>Orchesella quinquefasciata</i>	151	32	4,718	119,69	10,94	1,934
14. <i>Pseudosinella sp.</i>	29	32	0,906	4,023	2,005	0,354
15. <i>Bourletiella sp.</i>	7	32	0,218	0,563	0,750	0,132
16. <i>Sminthurinus niger</i>	1	32	0,031	0,031	0,176	0,031
17. <i>Sminthurinus signatus</i>	7	32	0,218	0,305	0,552	0,097
18. <i>Sminthurinus sp</i>	1	32	0,031	0,031	0,176	0,031
19. <i>Sminthurides aquaticus</i>	43	32	1,343	16,168	4,021	0,710
20. <i>Sminthurides sp</i>	17	32	0,531	4,257	2,063	0,364
21. <i>Sphaeridia pumilis</i>	106	32	3,312	42,609	6,527	1,153

Plusieurs indices d'agrégation sont utilisés pour déterminer l'étendue des liens existants entre les individus des différentes espèces ainsi que leur comportement agrégatif.

Nous avons choisis ici l'indice d'agrégation de Cancela Da Fonseca qui correspond au rapport de l'erreur standard de la moyenne (S) à la variance (δ^2). Cet indice est conçu et appliqué par son auteur pour l'étude de la composition et de la distribution spatio- temporelle des microarthropodes édaphiques (Cancela Da Fonseca, 1966).

$$\text{Indice de Cancela Da Fonseca: } I = S / \delta^2$$

S : représente l'erreur standard de la moyenne.

Cet indice mesure le degré d'asymétrie de la distribution, donc de la tendance de l'espèce à la formation de taches, c'est- à- dire qu'il mesure le degré de couverture du biotope par l'espèce. Outre le nombre et l'intensité des agrégats, il est en rapport avec le nombre de prélèvements vides.

Tableau 24. Indice d'agrégation d'espèces de collemboles récoltés dans la mare aux canards

Espèces	S / δ^2
<i>Pseudachorutes sp.1</i>	0,0049
<i>Hypogastrura sp.</i>	0,0072
<i>Heteromurus major</i>	0,0130
<i>Entomobrya sp. 1</i>	0,0148
<i>Heteromurus nitidus</i>	0,0176
<i>Parisotoma notabilis</i>	0,0247
<i>Cryptopygus thermophilus</i>	0,0406
<i>Pseudosinella sp.</i>	0,0439
<i>Isotomurus sp.</i>	0,0667
<i>Entomobrya cf. multifasciata</i>	0,0705
<i>Lepidocyrtus sp.1</i>	0,0927
<i>Lepidocyrtus sp.2</i>	0,0998
<i>Isotomiella minor</i>	0,1292
<i>Neelus murinus</i>	0,1488
<i>Sphaeridia pumilis</i>	0,1754
<i>Entomobrya sp.3</i>	0,2201
<i>Pseudachorutes sp.3</i>	0,2265
<i>Protaphorura gr armata</i>	0,2290
<i>Pseudachorutes sp.2</i>	0,2396
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	0,25
<i>Entomobrya sp.2</i>	0,5
<i>Friesea sp.</i>	0,4531
<i>Sminthurinus signatus</i>	0,4531
<i>Sminthurides aquaticus</i>	0,4531
<i>Mesaphorura sp.</i>	0,5969
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	0,7188

Les résultats obtenus au niveau de la mare aux canards montrent que l'indice d'agrégation de Cancela da Fonseca varie de 0,0049 à 0,7188 (tableau 24 et figure 42). Les valeurs les plus basses correspondent à une couverture importante du biotope par l'espèce, c'est le cas de *Pseudachorutes sp.1* ($I = 0,0049$) et d' *Hypogastrura sp.* (0,0072). Ces espèces sont donc présentes dans un grand nombre d'échantillons et couvrent un maximum d'espace. Elles correspondent aussi aux deux espèces dominantes dans le site étudié. Les valeurs les plus élevées correspondent à des agrégations plus importantes et donc à un nombre plus élevé de prélèvements vides, c'est le cas par exemple de : *Lepidocyrtus lanuginosus* (0,7188), *Mesaphorura sp.* (0,5969); *Sminthurides aquaticus* (0,4531) et de *Sminthurinus signatus* (0,4531).

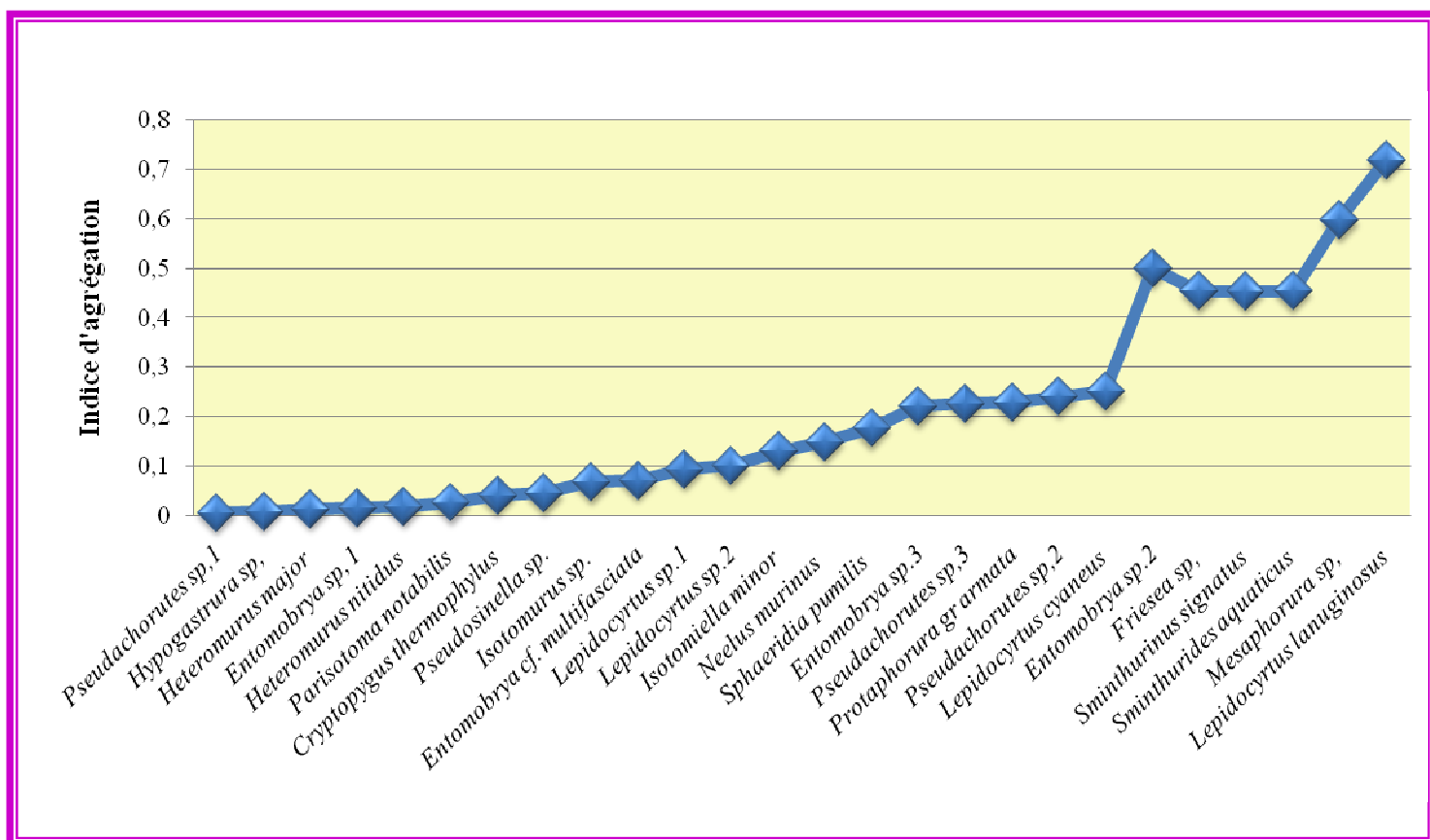


Figure 42. Indice d'agrégation de Cancela da Fonseca pour les espèces de Collemboles recensées à la mare aux canards

Tableau 25. Indice d'agrégation d'espèces de collemboles récoltés dans la mare de Boumessaoud

Espèces	S / δ^2
<i>Pseudachorutes sp,1</i>	0,0118
<i>Orchesella quinquefasciata</i>	0,0162
<i>Entomobrya multifasciata</i>	0,0164
<i>Heteromurus major</i>	0,0249
<i>Sphaeridia pumilis</i>	0,0271
<i>Heteromurus nitidus</i>	0,0349
<i>Sminthurides aquaticus</i>	0,044
<i>Sminthurides sp</i>	0,0857
<i>Pseudosinella sp.</i>	0,0881
<i>Folsomia quadrioculata</i>	0,1317
<i>Entomobrya sp, 1</i>	0,1135
<i>Bourletiella sp.</i>	0,2355
<i>Sminthurinus signatus</i>	0,3199
<i>Proisotoma minuta</i>	0,4531
<i>Isotomurus sp. 2</i>	0,5
<i>Brachystomella parvula</i>	0,5261
<i>Entomobrya sp.4</i>	0,7188

Pour la mare de Boumessaoud, L'indice d'agrégation de Cancela Da Fonseca varie de 0,0118 à 0,7188 (tableau 25 et figure 43). Les valeurs les plus basses correspondent à *Pseudachorutes sp.1* (0,0118), *Orchesella quinquefasciata* (0,0162) et *Entomobrya multifasciata* (0,0164). Elles correspondent aussi aux trois espèces dominantes dans cette mare. Les valeurs les plus élevées correspondent à: *Entomobrya sp.4* (0,7188), *Brachystomella parvula* (0,5261), *Isotomurus sp.2* (0,5) et *Proisotoma minuta* (0,4531).

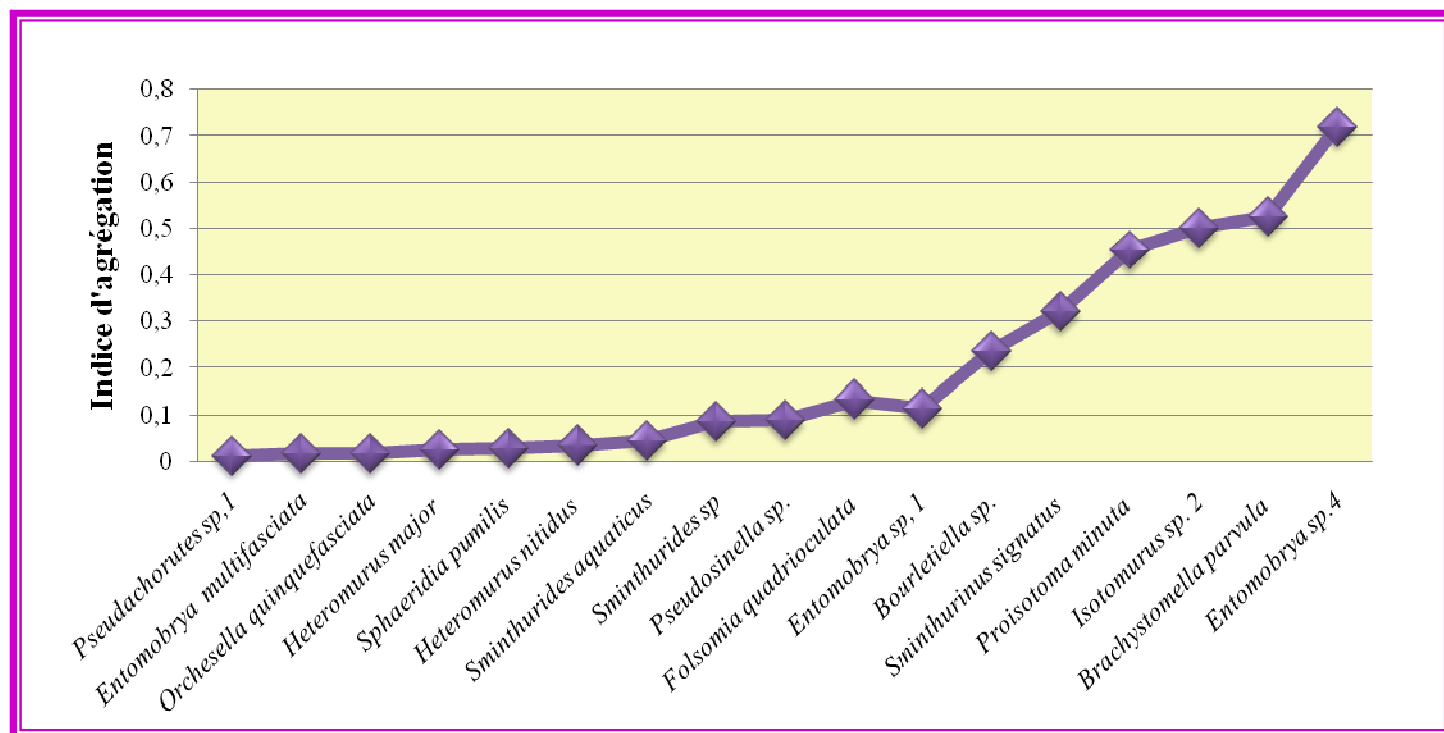


Figure 43. Indice d'agrégation de Cancela da Fonseca pour les espèces de Collembolles recensées à la mare de Boumessaoud

IV- 4 -1 -5- Etude de la densité

Les densités des populations observées (figure 44) avec (2 843 individus/ m² en moyenne à la mare de Boumessaoud et 5 087 ind./ m² à la mare aux canards) sont intermédiaires entre celles observées (10⁴ ind./ m²) dans des mares et leurs abords en région parisienne par Pichard et *al.*, (1989); et celles trouvées dans un grand nombre de milieux homogènes et à structure complète du sol : 4.10⁴ ind./ m² dans une forêt de conifères en Angleterre (Poole, 1961); 4 à 8.10⁴ ind./ m² dans une lande montagnaise du nord de l'Angleterre (Hale, 1966); 2 à 5 10⁴ ind./ m² dans une forêt de conifères en Norvège (Hagvar, 1982); et 8025 ind./m² dans l'humus, dans le Constantinois (Hamrakroua, 2005) ; 8450 à 48 050 individus / m² dans les tourbières de la grande Kabylie (Aït Mouloud, 2006) ; et 200 à 1800 ind./ dm³ dans le sol forestier (Handschin, 1955 cité par Popa, 2010).

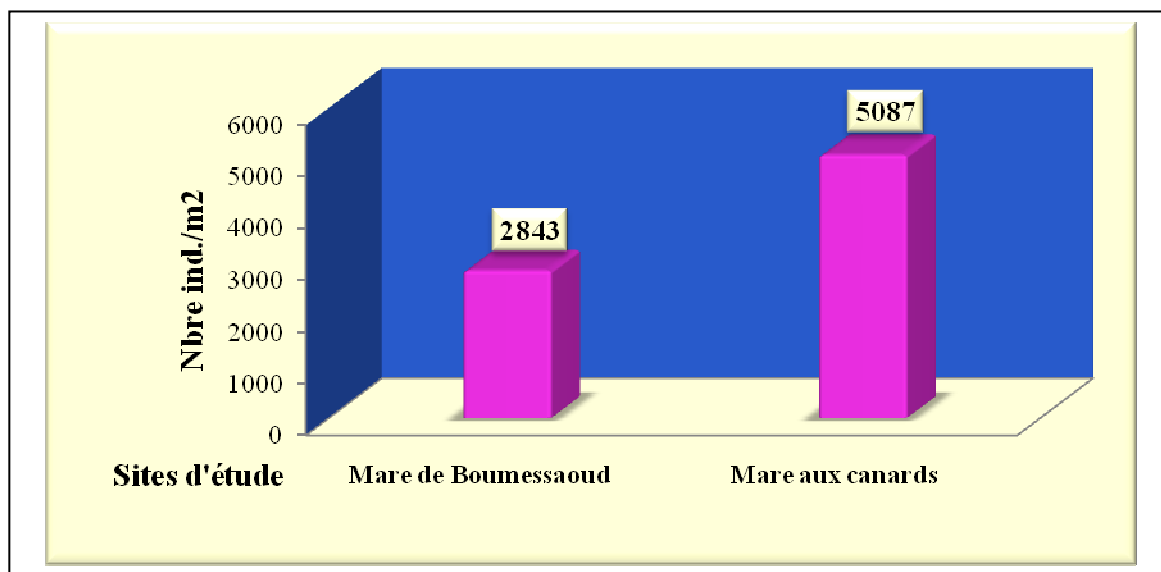


Figure 44. Densité (nombre d'individus / m²) des collembolans dans les sites étudiés.

Ces résultats restent toutefois très différents pour les deux localités. A ce sujet, Massoud (1971) rapporte qu'il est très difficile de se faire une idée précise du nombre de Collembolans par unité de surface. Trop de facteurs interviennent et souvent faussent les mesures et rendent difficiles toutes interprétations : techniques différentes pour l'extraction et pour l'échantillonnage, unités différentes, sols et végétations différents... La densité des Collembolans signalée par Kevan (1962) cité par Hamra-Kroua (2005), dans un sol de prairie en Angleterre est de l'ordre de 43.100 ind./m² à une profondeur de 0,6 à 15 cm et 18.200 ind./m² entre 15 et 30 cm de profondeur. De leur côté Jagers et *al.*, (1988) cités par Hamra-Kroua (2005) trouvent dans un sol agricole argileux lourd d'origine marine, une abondance de 1974 ind./m² à une profondeur de 0-2,5 cm, 2403 ind./m² entre 2,5 et 5 cm, 9882 ind./m² entre 7,5 et 10cm, 2451 ind./m² entre 15 et 17cm et 1641 ind./m² entre 25 et 27,5cm de profondeur.

IV- 4 -1 -6- Similarité des compositions spécifiques entre relevés

La similarité entre relevés successifs le long de chaque transect est calculée en utilisant l'indice de Jaccard:

$$\text{Indice de Jaccard} = j / (a+b-j)$$

Où : **j** = nombre d'espèces communes aux deux relevés,

a = nombre d'espèces dans le 1^{er} relevé;

b = nombre d'espèces dans le 2^{ème} relevé.

La similarité est calculée sur les relevés successifs dans les 4 transects de manière à détecter d'éventuelles variations des compositions spécifiques en allant de l'eau vers l'interface puis vers le sol forestier.

Une forte dissimilarité des compositions spécifiques entre relevés successifs est constatée dans les deux sites (figures 45 et 46). Elle n'est cependant pas équitablement partagée le long des transects. Elle est plus marquée en milieu aquatique à cause du faible nombre d'espèces en eau. Elle est moins importante en milieu terrestre où le nombre d'espèces est plus élevé, excepté dans quelques relevés, due à l'existence d'espèces rares dans certains échantillons.

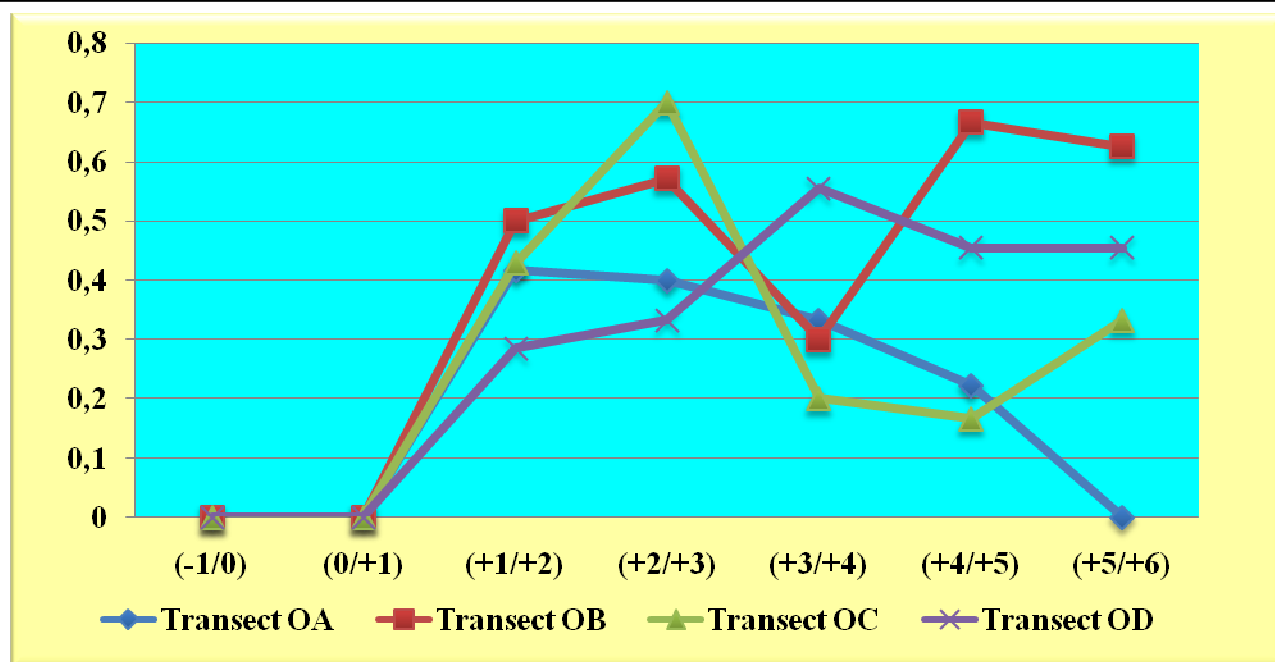


Figure 45. Similarité calculée sur les paires de relevés successifs le long des transects à la mare aux canards.

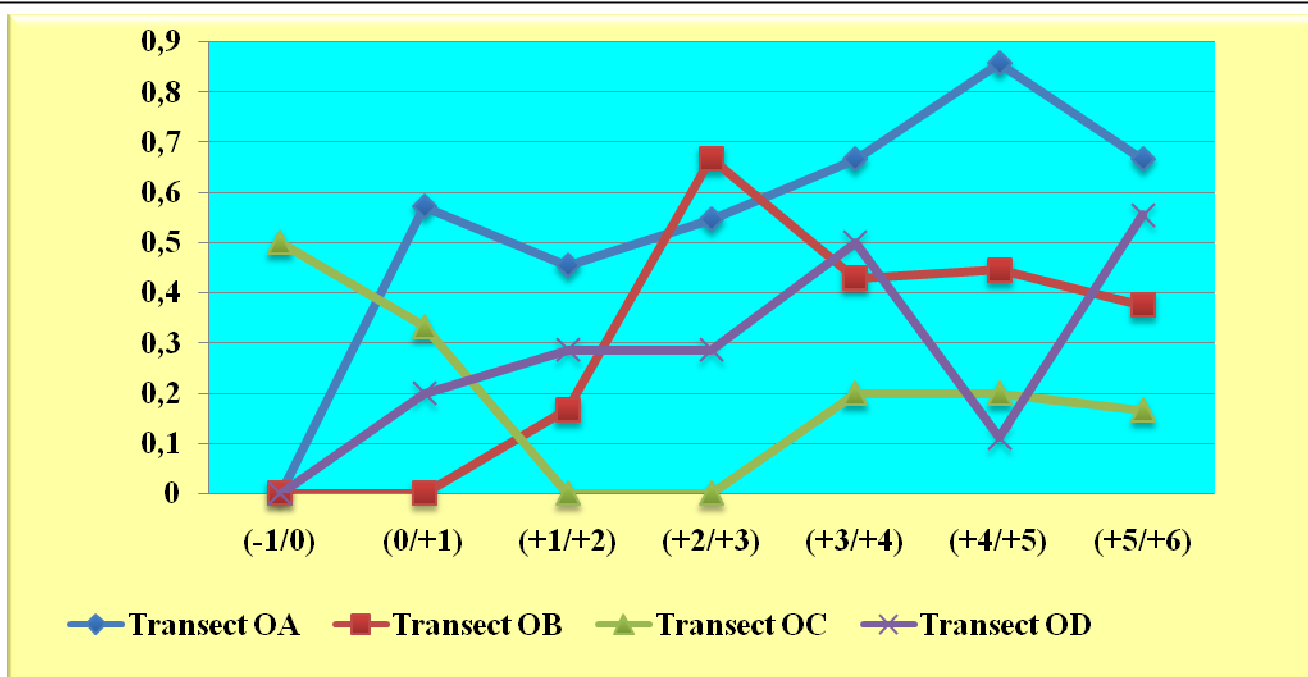


Figure 46. Similarité calculée sur les paires de relevés successifs le long des transects à la mare de Boumessaoud.

IV- 4 -2- Comparaison global des deux milieux d'étude

En général, la comparaison entre les 2 milieux est calculée par l'indice de Shannon pour la diversité: $H' = -\sum p_i \cdot \log p_i$; et ceux de Jaccard: $j / (a+b-j)$

Où : j = nombre d'espèces communes aux deux relevés, a = nombre d'espèces dans le 1^{er} relevé; b = nombre d'espèces dans le 2^{ème} relevé et de Morisita pour la similarité:

$$\text{Indice de Morisita} = 2 \cdot \sum (a_{ni} \cdot b_{ni}) / [(d_a + d_b) \cdot a_N \cdot b_N]$$

avec $d_a = \sum a_{ni}^2 / a_N^2$ et $d_b = \sum b_{ni}^2 / b_N^2$.

Où a_{ni} , b_{ni} = nombre d'individus des espèces i dans A et dans B ;

a_N = nombre total des individus dans A ;

b_N = nombre total d'individus dans B.

L'indice de Morisita prend en compte non seulement la présence ou l'absence des espèces, mais aussi leur abondance, modérant ainsi l'impact des espèces rares. Il rend mieux compte de la similarité écologique des stations comparées.

La comparaison des 2 sites (tableau 26) fait ressortir que la composition spécifique des deux mares est différente. Elles ne renferment en effet que 9 espèces communes aux deux sites. L'indice de Shannon, montre une légère augmentation de la diversité ($Ish = 1,42$) dans la mare aux canards qu'à Boumessaoud ($Ish = 1,41$). La dominance d'une espèce est plus marquée à Boumessaoud ($BP = 0,58$) qu'au niveau de la mare aux canards ($BP = 0,44$). La densité (nombre d'individus / m²) est plus élevée dans la mare aux canards (5 087 inds/ m²) que dans la mare de Boumessaoud (2 843 inds/ m²). Les indices de Jaccard = 0,61 et de Morisita = 0,79 montrent une faible similarité. Cette faible similarité rendue par le Morisita est due à un grand nombre d'espèces rares (10 espèces à la mare aux canards contre 8 à la mare de Boumessaoud).

Tableau 26. Etude comparative des deux sites d'étude

Indices / milieux	mare aux canards	mare de Boumessaoud
Effectif total	1628	910
Richesse totale mesurée	29	21
Espèces communes	9	
Espèces rares (1 à 5 ind.)	10	8
Indice de diversité de Shannon (H')	1,42	1,41
dominance de Berger-Parker (BP)	0,44	0,58
Densité (nombre d'individus / m ²)	5 087	2 843
Jaccard	0,61	
Morisita	0,79	

IV- 4 -2- 1- Comparaison entre transects dans les 2 milieux

Nous comparons ici les 4 transects OA, OB, OC et OD au niveau de chaque mare pour voir si les différents axes d'échantillonnage ne présentent pas de différences significatives.

CHAPITRE IV : Résultats

La répartition des collemboles (tableau 27) sur les 4 transects étudiés au niveau de la mare aux canards montre une distribution particulière caractérisée par :

- une dominance des Entomobryomorphes sur les quatre axes étudiés: OA (139 individus, soit 8,54 %) ; OB (215 individus, soit 16,71%) OC (272 individus, soit 13,21%) et OD (273 individus, soit 16,78 %). Les éléments de ce groupe sont pourvus d'une furca développée qui leur permet de fuir rapidement tout mouvement brusque de l'eau, d'où une occupation judicieuse de tous les milieux en bord du plan d'eau.
- une dominance des Poduromorphes dans l'axe OD (462 individus, soit 28,39%). Ce transect, à pente moyenne ne subit pas les variations rapides du taux d'humidité consécutives aux brusques augmentations du niveau de l'eau. Ces dernières sont en effet néfastes au maintien des poduromorphes dont la morphologie (furca vestigiale) ne permet pas la fuite rapide en cas d'inondation.
- une dominance des Symphypléones dans l'axe OA (9 individus, soit 0,55 %) et des Neelipleones dans l'axe OC (12 individus, soit 0,74 %) dont l'explication reste à élucider.

Tableau 27. Distribution des différents ordres de collemboles au niveau des 4 transects A la mare aux canards

Ordres	Transect OA	Transect OB	Transect OC	Transect OD	Total
PODUROMORPHA	9	220	6	462	697
ENTOMOBRYOMORPHA	139	215	272	273	899
SYMPHYPLEONES	9	3	2	5	19
NEELIPLEONA	0	0	12	1	13
Total	157	438	292	741	1628

Au niveau de la mare aux canards, qui se trouve dans la forêt de Brabtia (caractérisée par une végétation riche et variée) mais isolée de cette dernière par du gabionnage, les 4 transects comprennent une litière plus ou moins abondante. Le piétinement existe aussi, mais il est peu accentué par rapport à la mare de Boumessaoud. Les différences entre le BP des différents axes sont beaucoup plus faibles entre les transects ; elles sont de: 0,35 pour l'axe OA; 0,51 pour l'axe OB; 0,49 pour l'axe OC et 0,43 pour l'axe OD.

Nous comparons ici l'abondance, le nombre d'espèces, la densité et la dominance à la mare aux canards (tableau 28).

Tableau 28. Comparaison entre transects au niveau de la mare aux canards

Transects	Situation	Espèces	Abondance	densité (Nombre d'individus /m2)	BP
Transect OA	sol ombragé, litière et taux d'humidité plus ou moins élevés, piétinement	18	157	1962	0,35
Transect OB	Humus piétiné	13	438	5475	0,51
Transect OC	Sol nu, piétiné	13	292	3650	0,49
Transect OD	sol ombragés contenant une litière et un taux d'humidité plus ou moins élevés	19	741	9262	0,43

Les densités des populations observées (figure 47) montrent des différences importantes entre les transects étudiés, avec 1962 ind. / m² pour l'axe OA, 3650 ind. / m² pour l'axe OB, 5475 ind. / m² pour l'axe OC et 9262 ind. / m² pour OD.

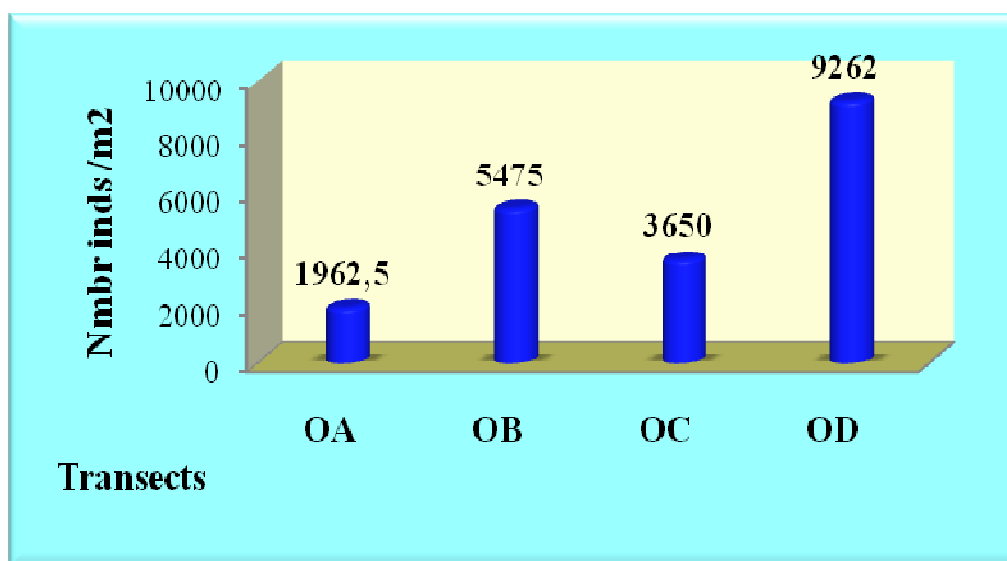


Figure 47. Densité des collemboles (nombre d'individus/m²) calculée sur les quatre transects au niveau de la mare aux canards.

La distribution des collemboles sur les 4 transects étudiés au niveau de la mare de Boumessaoud montre des variations caractéristiques dans la représentation des différents ordres (tableau 29).

Nous pouvons noter une dominance des Entomobryomorphes sur les quatre transects : OA (370 individus, soit 5,6 %) ; OB (116 individus, soit 12,75 %) ; OC (35 individus, soit 3,85%) et OD (51 individus, soit 40,66 %) ; une dominance des Poduromorphes dans l'axe OA (118 individus, soit 12,97 %) et des Symphypléones dans l'axe OA (90 individus, soit 9,89 %) de l'ensemble de la faune récoltée.

Tableau 29. Distribution des différents ordres de Collemboles sur les 4 transects à la mare de Boumessaoud.

Ordres	Transect OA	Transect OB	Transect OC	Transect OD	Total
PODUROMORPHA	118	2	15	21	156
ENTOMOBRYOMORPHA	370	116	35	51	572
SYMPHYPLEONA	90	63	18	11	182
Total	578	181	68	83	910

Au niveau de la mare de Boumessaoud, le transect OA se situe dans la partie exposée à une subéraie dégradée, le transect OB se trouve sous eucalyptus et une végétation bordante moins importante, alors que les transects OC et OD se trouvent sur un sol presque nu, où on ne rencontre que quelques plantes annuelles, et fortement piétiné par les animaux de passage. Un fort entassement causé par la présence d'un passage (sentier), est noté au niveau de l'axe OD. Il faut noter aussi que les quatre transects présentent, en générale, une faible pente (10% en moyenne) en interface et où le taux d'humidité peut varier très brusquement. Ce qui explique, ici, la dominance

CHAPITRE IV : Résultats

des entomobryomorphes pourvus d'une furca développée leur permettant de fuir rapidement ces mouvements brusques de l'eau alors que les Poduromorphes sont piégés et meurent par endosmose. Ceci est dû à leur morphologie (furca vestigiale) qui ne leur permet pas la fuite en cas d'augmentation brusque du niveau de l'eau.

Nous comparons ici l'abondance, le nombre d'espèces la densité et la dominance à la mare de Boumessaoud (tableau 30).

Tableau 30. Comparaison entre transects à la mare de Boumessaoud.

Transects	Situation	Espèces	Abondance	densité Nombre d'individus /m ²	BP
Transect OA	subéraie dégradée, végétation bordante et litière importantes	14	578	7225	0,54
Transect OB	Sous eucalyptus, ripisylve peu importante, piétiné	15	181	2262	0,6
Transect OC	Sol nu, piétiné	10	68	850	0,71
Transect OD	Sol nu, piétiné	13	83	1037	0,47

L'axe OA et OB, situés dans la partie de la mare où la végétation bordante et la litière sont plus ou moins importantes, faiblement piétinée, présentent une meilleure richesse spécifique (14 espèces pour l'axe OA et 15 pour OB). Les différences entre le BP des différents axes sont beaucoup plus faibles entre les transects ; elles sont de: 0,54 pour l'axe OA; 0,60 pour l'axe OB; 0,71 pour l'axe OC et 0,47 pour l'axe OD.

Il faut noter aussi que les densités des populations observées (figure 48) montrent des différences importantes entre les transects étudiés, avec 7225 ind. / m² pour l'axe OA, 2262 ind. / m² pour l'axe OB, 850 ind. / m² pour l'axe OC et 1037 ind. / m² pour OD.

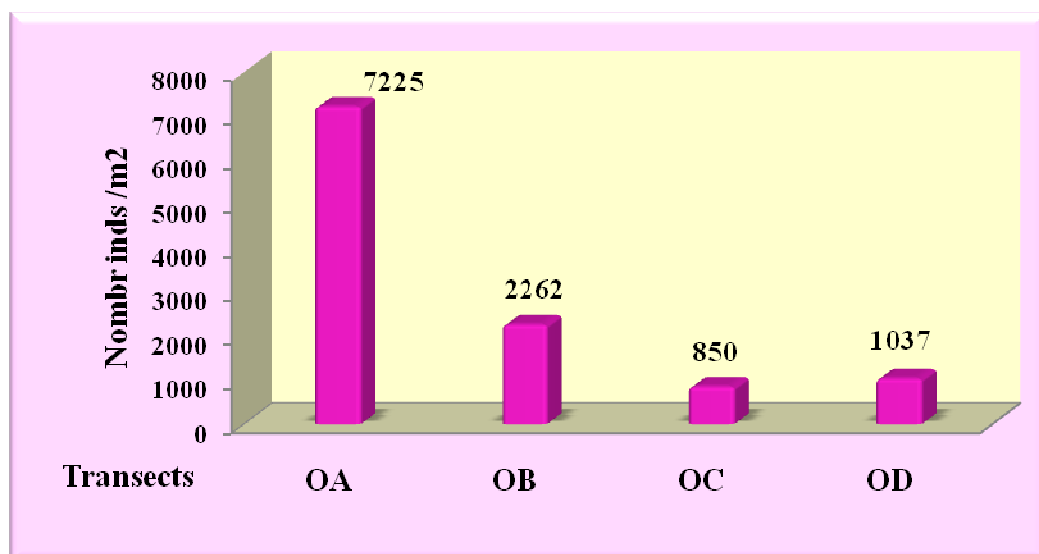


Figure 48. Densité des collembolés (nombre d'individus/m²) calculée sur les quatre transects à la mare de Boumessaoud.

Dans la mare aux canards, la diversité de la faune collemboologique est plus ou moins importante dans la majorité des relevés en écotone et en sol et diminue brusquement en passant des relevés (+4) vers les derniers échantillons (+6) (Figure 34). Cette diminution est sans doute liée d'une part à la fragmentation du milieu par le gabionnage qui entoure la mare, isolant cette dernière de la forêt de Brabtia environnante; empêchant le passage libre des individus de la forêt vers la berge et vice-versa ; et d'autre part à la dégradation de cet écosystème par le piétinement excessif qui est un facteur accentuant la dégradation de la végétation et de la litière et mettant le sol à nu et les collemboles à la limite de leurs possibilités vitales.

Cancela Da Fonseca et Sarkar, 1996 cités par Hamra Kroua 2005, rapportent que la diversité taxonomique et la richesse des microarthropodes du sol (Acariens et Collembolles) diminuent considérablement sous l'intensité des perturbations introduites par l'homme dans les peuplements et les écosystèmes.

Les données de ses auteurs concordent avec celle de Saunders et *al.*, (1993) cités par Amroun (2005) qui confirment que la réduction des habitats naturels, suite à l'augmentation des activités humaines, se traduit par des transformations parfois très importantes qui touchent à la fois la structure et la composition des peuplements végétaux et animaux. Et d'après Happold (2001) cité par Amroun (2005), les habitats méditerranéens, exploités très largement et de longue date, comptent parmi les plus modifiés. Les forêts méditerranéennes en particulier, à cause d'une exploitation intensive, voire de leur remplacement par de zones d'intérêt agricole ou pastorale ont largement régressé.

Il semble donc que le caractère permanence ou non de l'eau ne joue pas un rôle important dans la détermination de la diversité dans les deux sites car le nombre d'espèces aquatiques est limité. D'autres facteurs tels que le couvert forestier et la présence de la litière ainsi que le piétinement semblent jouer ici un rôle prépondérant. Ainsi, le transect OB à la mare de Boumessaoud est comparable en termes de richesse spécifique ($RS = 15$) et de dominance ($BP = 0,6$) à ce que l'on retrouve au niveau de la mare aux canards ($RS = 13$, $BP = 0,51$).

A la mare de Boumessaoud, le piétinement du sol provoque sa compaction (photo 6), induisant une diminution de sa porosité (en faible profondeur), et son appauvrissement par perte de la litière en surface. Le sol ainsi mis à nu est sujet à des variations thermiques et hydriques plus fortes. Holmstrup et *al.*, (2001) notent que dans le sol, l'humidité est un facteur abiotique qui joue un rôle déterminant dans la survie des Collembolles. Il ajoute que les Collembolles édaphiques hydrophiles perdent 50 % de leur humidité corporelle quand ils sont placés dans un sol sec.



Photo 6. Piétinement à la mare de Boumessaoud (Photo originale, 2011).

La compaction des sols a fait l'objet de nombreux travaux parmi lesquels ceux de Hermosilla et *al.*, (1977 et 1978) et Massoud et *al.* (1984). Ces auteurs notent qu'il y a des effets immédiats sur les Collemboles qui se traduisent par une forte baisse de l'effectif total, de la richesse et de la diversité spécifiques en période estivale. Un sol à faible taux de porosité n'offre pas une meilleure circulation de la faune (Bachelier, 1978; Gobat et *al.*, 1998). C'est du taux de porosité que dépend le déplacement saisonnier des Collemboles. La porosité du sol bien que liée en grande partie à sa structure, peut être affectée par d'autres facteurs mécaniques tels que le piétinement par l'homme, les animaux ou les engins agricoles. Enfin Crossley et *al.*, (1992) indiquent d'une part que l'assolement ainsi que le désherbage entraînent en général une diminution de la diversité spécifique des Collemboles et une augmentation de la densité de certaines espèces.

Selon Likens et Bormann (1974), la relation entre les deux écosystèmes (eau et sol) est d'ordre biologique, géomorphologie et climatologique. Les mêmes auteurs ajoutent que le flux des éléments nutritifs entre l'eau et le sol (à travers l'écotone) est positif dans le sens sol – eau ce qui signifie que la richesse du milieu en cette matière va en diminuant du sol vers l'eau, inversement pour l'humidité qui diminue en allant de l'eau vers le sol.

Nous retrouvons ici ce qui existe dans les milieux humides d'Europe. Les collemboles hydrophiles appartiennent en fait à quelques genres, parmi lesquels Sminthurides et Isotomurus, Carapelli et *al.*, (1995) sont les plus spécifiques et les plus abondants dans les habitats humides tempérés. Cependant, dans les deux mares étudiées la pauvreté en espèces hydrophiles est encore accentuée, car le genre le plus diversifié dans ce type de milieu, Isotomurus, n'est représenté que par deux espèces : *Isotomurus sp.1* et : *Isotomurus sp.2* ; il en est de même pour le genre Sminthurides qui n'est représenté que par deux espèces : *Sminthurides aquaticus* et *Sminthurides sp.*

IV- 4 -2- 2- Action de l'humidité sur la répartition des collemboles

Les profils d'humidité dans les deux plans d'eau ainsi que dans les transects sont comparables (figures 49 et 50), et montrent une diminution progressive de la teneur en eau en allant du milieu aquatique vers le sol forestier. Cette dernière semble toutefois se stabiliser à un niveau plus élevé à la mare aux Canards lorsqu'on atteint le sol forestier (41,6 %) qu'à la mare de Boumessaoud (25 %).

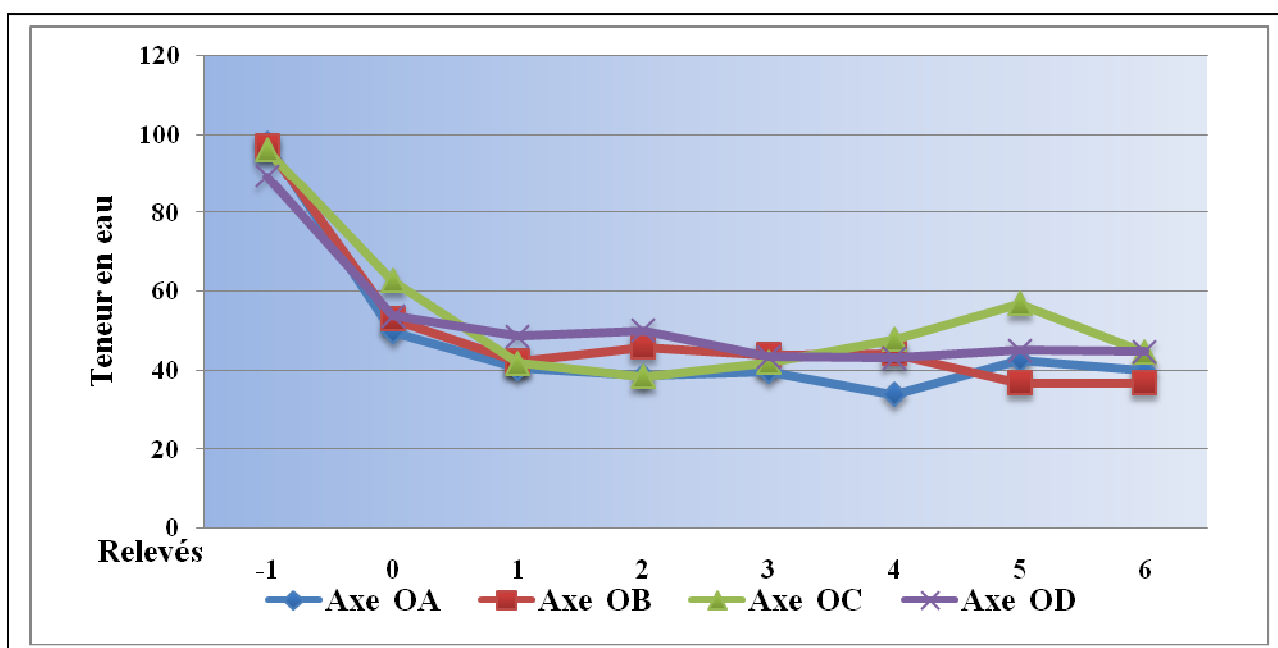


Figure 49. Evolution du taux d'humidité dans les quatre transects à la mare aux Canards.

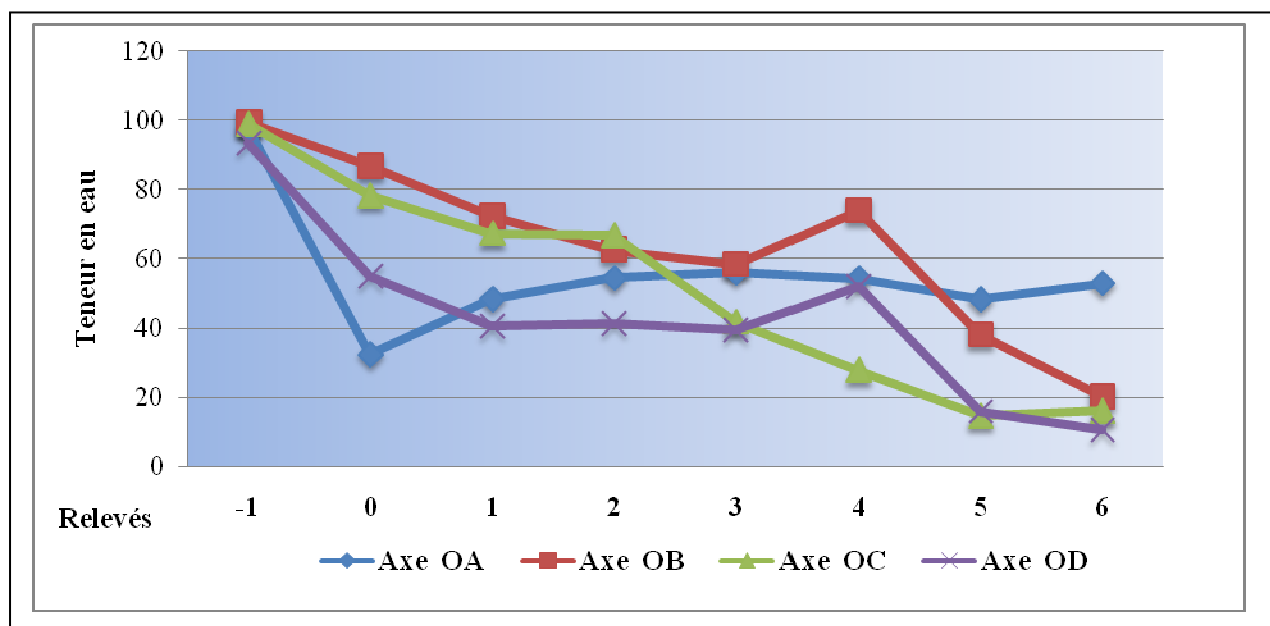


Figure 50. Evolution du taux d'humidité dans les quatre transects à la mare de Boumessaoud.

Pour mettre en évidence l'action de ce facteur (l'humidité) sur la répartition des individus, les coefficients de corrélation ont été calculés entre le taux d'humidité et le nombre d'individus et le taux d'humidité et le nombre d'espèces, au niveau de chaque transect (Tableau 31).

Tableau 31. Coefficients de corrélation: taux d'humidité – nombre d'individus (A) et taux d'humidité – richesse spécifique (B), pour les deux sites.

Mare au Canards			Mare de Boumessaoud		
	(A)	(B)		(A)	(B)
transect OA	-0,4536	-0,5447	transect OA	-0,349	-0,4418
transect OB	-0,3474	-0,6689	transect OB	-0,1576	-0,4963
transect OC	-0,3039	-0,5548	transect OC	-0,4968	-0,8858
transect OD	-0,6221	-0,6138	transect OD	-0,7544	-0,9245

L'examen de ces résultats montre une relation négative entre le taux d'humidité et la richesse spécifique pour l'ensemble des transects dans les deux sites prospectés. Ainsi, le nombre d'espèces augmente en s'éloignant de la limite eau-sol, et aux forts taux d'humidité correspond une pauvreté de la faune. Les abords immédiats de l'eau représenteraient un écotone instable suite aux variations du niveau d'eau consécutives au tarissement des ruisseaux et à la sécheresse qui sévit durant la période estivale.

Le même constat peut être fait pour la relation entre le taux d'humidité et l'abondance des individus. Celle-ci diminue avec l'augmentation du taux d'humidité.

Il est intéressant de noter que les collemboles ne semblent pas présenter une grande diversité en milieu aquatique, ni en zone dénudée (sol nu de la mare de Boumessaoud), mais se développent beaucoup mieux dans le sol forestier où la litière leur fournit des conditions hydrique et

thermique les plus favorables. L'humidité est en effet un facteur écologique primordial pour les Collemboles. Cependant, Son excès comme son déficit semblent néfastes pour le développement de ces arthropodes dans le sol. A ce sujet Vannier, (1970) précise que dans les régions méditerranéennes, les Collemboles disparaissent des couches superficielles du sol et des autres strates aériennes pendant la période estivale en s'enfonçant en profondeur dès que le point de flétrissement est atteint. Il ajoute qu'en excès, l'humidité provoque le phénomène d'endosmose et du manque d'oxygène et les pièges de la tension superficielle; son manque entraîne la dessiccation des animaux.

IV-5-Caractéristiques mésologiques des stations

IV-5-1-. La mare aux canards

L'importance relative des variables environnementales sur la structure spatiale des sites d'étude a été mise en évidence par l'analyse factorielle en composantes principales (ACP) effectuée sur les données mésologiques enregistrées au niveau de la mare aux canards à l'aide du logiciel statistique StatBox version 6.40.

L'analyse à été effectuée pour 32 relevés et 3 mesures: distance eau-sol forestier (D) (cm), température du sol T (°C) et taux d'humidité dans l'échantillon H (%) (Tableau 32).

Tableau 32. Emplacement et paramètres physiques des relevés à la mare aux canards.

Paramètres Relevés	Transects OA			Transects OB			Transects OC			Transects OD		
	D (cm)	T (°C)	H (%)	D (cm)	T (°C)	H (%)	D (cm)	T (°C)	H (%)	D (cm)	T (°C)	H (%)
-1	-30	13,5	97,83	-30	15,2	97,2	-30	13,8	96,15	-30	15,5	89,38
0	0	12,6	49,85	0	13	53,06	0	12,6	62,76	0	13,6	53,73
1	30	13,6	40,49	30	12,3	42,37	30	12,5	41,91	30	13,3	48,53
2	60	13	38,66	60	12,9	45,95	60	12,9	38,46	60	13,5	50,04
3	90	13	39,74	90	12,8	44,01	90	11,8	41,94	90	13,3	43,43
4	120	13,9	33,83	120	13	44,31	120	12,3	47,87	120	13,6	43,09
5	150	13,4	42,66	150	13,2	36,93	150	12,4	56,92	150	14,1	45,16
6	180	12,5	39,97	180	13,1	36,86	180	13	44,74	180	14	44,79

Les résultats de l'ACP sont présentés sur la figure 51. L'analyse du graphique des valeurs propres indique que les deux principaux axes expliquent 93% de l'inertie totale du tableau de données.

Le cercle de corrélation (figure 51) montre que l'axe F1 est expliqué positivement par la distance « eau-sol forestier » et négativement par le taux d'humidité, et l'axe F2 est expliqué négativement par la distance « eau-sol forestier », alors que la température ne présente pas de liaison significative avec ces axes. Cela signifie qu'au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables. Autrement dit, la corrélation entre les variables n'est pas significative.

L'action de la température n'a pu être mise en évidence à ce niveau sans doute en raison de la faible amplitude thermique constatée sur l'ensemble des relevés (3°C) seulement.

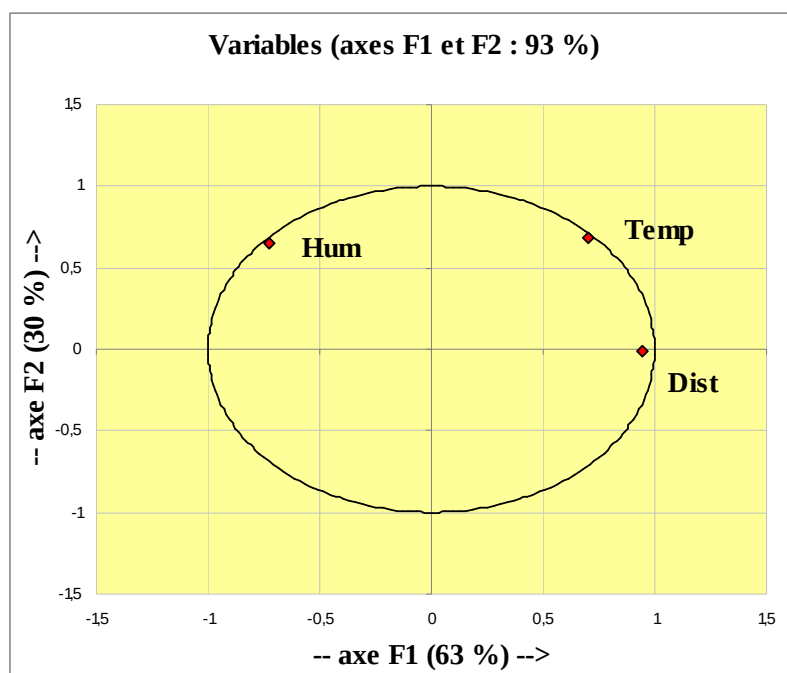


Figure 51. Analyse factorielle en composante principale (ACP) des paramètres mésologiques de la mare aux canards. Cercle de corrélation des paramètres écologiques sur le plan factoriel F1 × F2.

IV-5-2. La mare de Boumessaoud

Les paramètres du milieu présentent en général des indications sur la qualité du milieu et les conditions écologiques où vivent les collemboles, mais souvent sujettes à des changements liés soit à des activités anthropiques ou des variations climatiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et du sol.

L'ACP a été effectuée sur 32 relevés et 3 variables explicatives du milieu: distance eau-sol forestier (D) (cm), température du sol T (°C) et taux d'humidité dans l'échantillon H (%) (Tableau 33).

Tableau 33. Emplacement et paramètres physiques des relevés à la mare de Boumessaoud.

Paramètres Relevés	Transects OA			Transects OB			Transects OC			Transects OD		
	D (cm)	T (°C)	H (%)	D (cm)	T (°C)	H (%)	D (cm)	T (°C)	H (%)	D (cm)	T (°C)	H (%)
-1	-30	18,5	98,03	-30	18	99,37	-30	21	98,92	-30	24,8	93,47
0	0	15,6	32,52	0	17,5	86,69	0	16,9	78,25	0	22,7	54,99
1	30	15	48,58	30	16,3	72,29	30	17,2	67,25	30	18,1	40,6
2	60	14,5	54,55	60	16,5	62,61	60	15,8	66,78	60	18,9	41,44
3	90	14,7	56,33	90	16,7	58,45	90	18,3	41,73	90	17	39,37
4	120	15	54,52	120	16,9	74,01	120	17,7	27,78	120	15,9	52,14
5	150	14,2	48,35	150	15,6	38,19	150	21,1	14,67	150	15,9	15,99
6	180	15,1	53,06	180	19,9	20,32	180	18,2	16,01	180	17,3	10,7

L'analyse du cercle de l'ACP (Figure 52) appliquée aux paramètres environnementaux mesurés au niveau de la mare aux canards, indiquée par les facteurs 1 et 2 qui présentent 98% de l'inertie totale, montre que l'axe F1 est expliqué positivement par la distance « eau-sol forestier » et négativement par le taux d'humidité, alors que le facteur F2 est représenté positivement par la température et négativement par l'humidité. Cela signifie qu'au seuil de signification total $\alpha = 0,05$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables. Autrement dit, la corrélation entre les variables est significative.

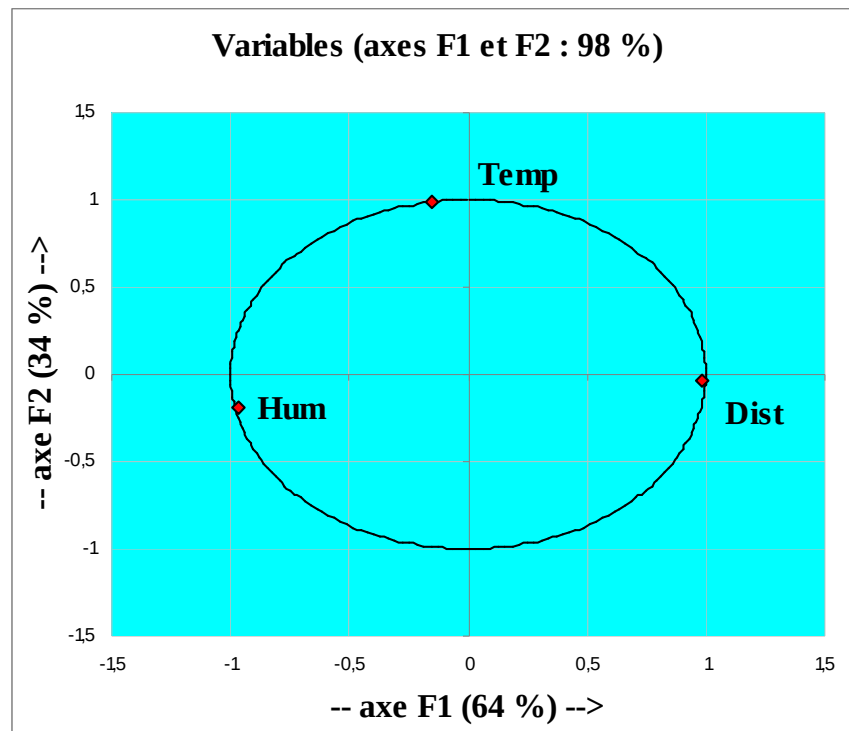


Figure 52. Analyse factorielle en composante principale (ACP) des paramètres mésologiques de La mare de Boumessaoud. Cercle de corrélation des paramètres écologiques sur le plan factoriel F1 $\times$ F2.

CHAPITRE V

Eléments de biogéographie et Autoécologie des espèces



Chapitre V. Eléments de biogéographie et Autoécologie des espèces

V-1- Eléments de Biogéographie

Les Collembolés se trouvent dans toutes les parties du globe. Leur faible mobilité et leur diversification écologique en font des marqueurs biogéographiques. La biogéographie des Collembolés n'est cependant qu'à ses débuts et les travaux réalisés jusqu'à aujourd'hui sont limités à quelques genres et à des aires restreintes. Selon Cassagnau (1990) les Collembolés, groupe zoologique très ancien (Dévonien) peuvent apporter des informations fondamentales pour une meilleure connaissance de la paléogéographie en tant que marqueurs fiables des étapes de la fragmentation des milieux continentaux ou de la fluctuation des paléoclimats.

Des travaux d'analyse phylogénétique ont été entrepris par de nombreux auteurs pour certaines lignées, parmi lesquelles: les *Pseudosinella* da Gama (1984), les *Xenylla* da Gama (1980), la lignée des *Odontellidae* Deharveng (1981), des *Neanurinae* Deharveng (1983) et Cassagnau (1983) et du genre *Tetracanthella* Deharveng (1987), les *Entomobryomorpha* Szeptycki (1979) les *Symphypléones* Betsch (1980) et les *Willemia* (D'haese 2000 cité par Deharveng, 2004).

Ces travaux ont permis d'arriver à des conclusions biogéographiques récentes desquelles nous pouvons décrire un spectre biogéographique constitué d'éléments spécifiques des domaines suivants:

- **Eléments à large répartition:** ce sont des genres que l'on retrouve sur les deux hémisphères comme les *Xenylla*, les *Friesea*, les *Folsomia*, les *Megalothorax*, les *Sminthurinus* etc. Selon Cassagnau (1990) l'expansion de ces genres semble être liée à leur lointaine origine Pangéenne. Lorsqu'ils sont confirmés à de nombreux endroits, on parle alors d'éléments cosmopolites c'est-à-dire concernant des aires qui s'étendent à la majeure partie du globe.
- **Eléments holarctiques:** ils sont fréquents et nombreux dans le sol et dans les humus des régions froides et tempérées situées au nord du 30^{ème} degré de latitude nord. Ils regroupent donc des éléments du Paléarctique et du néotropical. Deux exemples typiques: le genre *Tetracanthella* Deharveng (1987) et la lignée *Neanurienne* Cassagnau (1983) et Deharveng (1983). Ces deux lignées sont nettement dominantes dans la région paléarctique. La majorité des *Hypogastrura* se sont également différenciés dans le domaine holarctique.
- **Eléments boréaux et sibériens:** leur aire est fragmentée en Eurasie et en Amérique du Nord. Citons le cas des *Morulinae* dont l'aire dessine un vaste arc de l'Alaska à la Californie et de la Sibérie au Japon avec trois pointes en direction du sud eurasiatique: Carpathes, Turquie, Himalaya.
- **Les lignées holantarctiques** ou "Gondwana froid": actuellement ces lignées sont réparties essentiellement sur la Patagonie, l'extrême sud de l'Afrique et les terres australes (Nouvelle-Zélande). Citons particulièrement les genres *Triacanthella*, *Ectonura*, *Australonura*, ainsi que de nombreux *Katianidae*.
- **Eléments Holotropicaux ou gondwaniens:** ils s'étendent de l'Amérique du sud à la Nouvelle Guinée et peuplent une large bande de part et d'autre de l'équateur. Ils constituent l'essentiel du peuplement en forêt tropicale. Citons les *Entomobryomorpha*: *Dicranocentrus*, *Paronella*, *Acanthocyrtus*. Parmi les *Symphypléones*, ils sont représentés par les *Temeritas* et les *Calvatomina*.
- **Les lignées inabasiennes:** elles sont limitées à la partie septentrionale du Gondwana préjurassique (Brésil, Afrique, Inde). Les genres les plus représentatifs se retrouvent chez les

Neanuridae : Arlesia, Kenyura, Furculanurida et Aethiopella. Les lignées gondwaniennes orientales sont centrées sur le socle africano-indo-malgache, elles sont à l'origine de la parenté faunistique des massifs africains avec l'Himalaya Cassagnau (1984): lignées bilobellienne phylliomérienne.

- **La lignée australo-cathaysienne** (Asie du sud-est et le Pacifique), dominée par des Lobelliens.

V-2- Distribution biogéographique des Collemboles recensés dans les zones humides étudiées

Le tableau 34 et la figure 53 présentent la répartition géographique des Collemboles répertoriés dans les deux localités d'étude.

Tableau 34. Répartition biogéographique des Collemboles recensés

Familles et espèces	Distribution Biogéographique
I- PODUROMORPHA Börner, 1913	
1,- Hypogastruridae Börner, 1913	
1, <i>Hypogastrura</i> sp.	Indéterminée
2. -Brachystomellidae Stach, 1949	
2. <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1816)	Cosmopolite
3,- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955	
a- Sous-famille : Frieseinae Massoud, 1967	
3, <i>Friesea</i> sp,	Indéterminée
b- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1961	
4, <i>Neanura</i> sp.	Indéterminée
c- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906	
5, <i>Pseudachorutes</i> sp.1	Indéterminée
6, <i>Pseudachorutes</i> sp.2	Indéterminée
7, <i>Pseudachorutes</i> sp.3	Indéterminée
4,- Onychiuridae Börner, 1913	
8, <i>Mesaphorura</i> sp.	Indéterminée
9, <i>Protaphorura</i> gr. <i>armata</i> (Tullberg, 1871)	Cosmopolite
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913	
5.- Isotomidae Börner, 1913	
10, <i>Cryptopygus thermophilus</i> (Axelson, 1900)	Cosmopolite
11. <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	Large répartition
12. <i>Folsomides</i> sp.	Indéterminée
13. <i>Isotomiella minor</i> (schäffer, 1896)	Large répartition
14. <i>Isotomurus</i> sp.1	Indéterminée
15. <i>Isotomurus</i> sp. 2	Indéterminée
16, <i>Parisotoma notabilis</i> (schäffer, 1896)	Cosmopolite
17, <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	Large répartition
6.- Entomobryidae Tömösvary, 1882	
18, <i>Entomobrya</i> cf. <i>multifasciata</i>	Cosmopolite

19, <i>Entomobrya multifasciata</i>	Cosmopolite
20, <i>Entomobrya</i> sp. 1	Indéterminée
21. <i>Entomobrya</i> sp.2	Indéterminée
22, <i>Entomobrya</i> sp.3	Indéterminée
23, <i>Entomobrya</i> sp.4	Indéterminée
24. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	Cosmopolite
25. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	Holarctique
26. <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> (Tullberg, 1871)	Cosmopolite
27, <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1781)	Holarctique
28, <i>Lepidocyrtus</i> sp.1	Indéterminée
29, <i>Lepidocyrtus</i> sp.2	Indéterminée
30, <i>Lepidocyrtus</i> sp.3	Indéterminée
31, <i>Orchesella quinquefasciata</i>	Indéterminée
32, <i>Pseudosinella</i> sp.	Indéterminée
III.- SYMPHYPLEONA	
7.- Bourletiellidae	
33, <i>Bourletiella</i> sp.	Indéterminée
8.- Dicyrtomidae Börner, 1906	
34. <i>Dicyrtomina</i> sp.	Indéterminée
9.- Katiannidae Börner, 1913	
35. <i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1868)	Large répartition
36, <i>Sminthurinus signatus</i>	Européenne
37, <i>Sminthurinus</i> sp.	Indéterminée
10.- Sminthurididae Börner, 1906	
38, <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	Large répartition
39, <i>Sminthurides</i> sp.	Indéterminée
40. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	Cosmopolite
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896	
11.- Neelidae Folsom, 1896	
41. <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	Large répartition

Les collembolés récoltés dans les zones humides étudiées (tableau 34 et figure 53) peuvent être répartis comme suit :

- **espèces à large répartition** : elles sont au nombre de 6 et représentent 14,63 % de la faune, il s'agit de: *Folsomia quadrioculata*, *Isotomiella minor*, *Proisotoma minuta*, *Sminthurinus niger*, *Sminthurides aquaticus*, et *Neelus murinus*.
- **espèces cosmopolites** : elles sont au nombre de 9 et représentent 21,95% de la faune: *Brachystomella parvula*, *Protaphorura* gr. *Armata*, *Cryptopygus thermophilus*, *Parisotoma notabilis*, *Entomobrya multifasciata*, *Entomobrya* cf. *Multifasciata*, *Heteromurus major*, *Lepidocyrtus cyaneus*, *Sphaeridia pumilis*.
- **espèces holarctiques**: elles sont au nombre de 2 et représentent 4,87% de la faune: *Heteromurus nitidus* et *Lepidocyrtus lanuginosus*.

- **espèces européennes** : représentés par une seule espèce et représentent 2,44% de la faune, il s'agit de *Sminthurinus signatus*.
- **éléments indéterminés**: le reste de la faune (23 taxons), soit 56,10% (tableau 34) représente des éléments non identifiés au niveau spécifique (individus trop jeunes, récoltés en un seul exemplaire, ou difficulté à déterminer l'espèce) ou encore qui présentent une répartition indéterminée ou mal connue à ce jour.

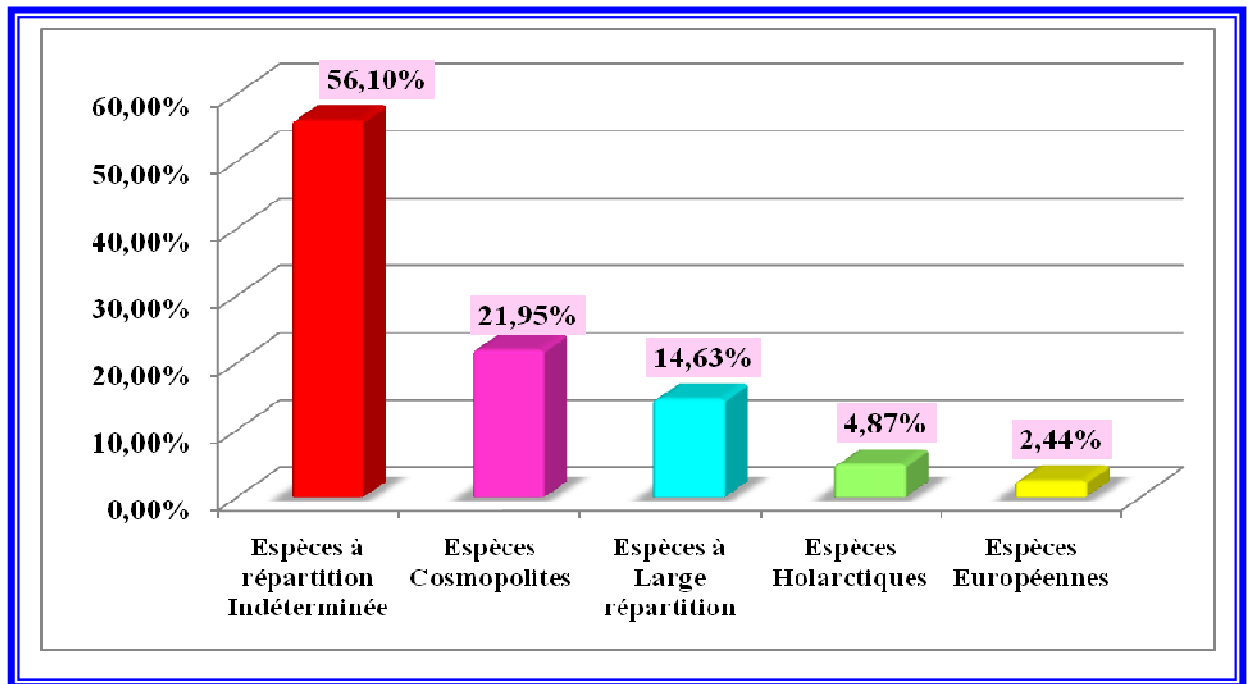


Figure 53. Répartition biogéographique des Collemboles recensés dans les deux zones humides étudiées.

V- 3 - Autoécologie de quelques espèces recensées

Nous donnons ici l'autoécologie de quelques espèces récoltées dans nos sites d'étude.

1- *Isotomiella minor* (Schäffer, 1896): espèce cosmopolite, 500-3100 m, humus et litière en forêt jusqu'à 1900m, moins fréquente en prairie. Edaphique troglophile.

Répartition : Largement répandue en Europe du Groenland à Malte, au Caucase et en Afrique du nord, ou elle a été citée par Cassagnau (1963) dans la région de Annaba. Elle est également connue sur d'autres continents.

2- *Folsomia quadrioculata* (Tulberg 1871): cosmopolite, 500 à 3100 m, milieux humides en toutes saisons, surtout en forêt, très abondante par tout. Edaphique troglophile.

3- *Cryptopygus thermophilus* (Axelson, 1900) : cosmopolite, jusqu'à 1600 m d'altitude. Elle est abondante par tout dans le sable, retrouvée dans le guano des grottes. Connue particulièrement d'Europe. Selon Hamra Kroua (2005) c'est une espèce qui se rencontre dans la plus part des biotopes et supporte même les milieux secs .

D'après Hamra Kroua et al., (2009), *C. thermophilus* est une espèce édaphique tolérante, xérothermique et eurytope, à large valence écologique, capable de résister aux conditions extrêmes. Elle est connue d'Europe, Australie, Argentine et au Pérou. Cité en Algérie et au Maroc. Déjà signalée en Amérique néotropicale.

Répartition : Europe entière, mais souvent confondue avec plusieurs espèces.

4- *Lepidocyrtus cyaneus* (tullberg, 1871) : cosmopolite, 500- 3080m, humus et mousses, surtout en sous bois, sur les souches d'arbres en forêt. Héliédaphique troglophile.

Répartition : Très répandue en Europe, déjà connue en Algérie.

5- *Brachystomiella parvula* (Schäffer, 1816) : cosmopolite, 500- 3000m, milieux humides en prairie, caractéristique de faciès prairie en Allemagne, marécage des plaines, héliédaphique troglophile.

Répartition : de la Finlande à l'Espagne, dans le jura suisse. Connue d'Algérie et du Maroc.

6- *Sminthurides aquaticus* (Bourellet, 1842) : Holarctique, abondante et fréquente dans les endroits humides. Elle est toujours présente dans les marées proches de la mer (Stratonice, 1955 cité par Bretfeld, 1999), jusqu'à 1900m d'altitude (Autriche), selon Gisin, (1960) *S. aquaticus* vit sur les flaques d'eau. A el kala, l'espèce est trouvée dans le lac bleu sur les racines émergées d'*Agrania maritima*. Les individus de la même espèce ont été considérés différemment à cause de la variation de la coloration du corps.

Répartition : France, holarctique, non confirmé pour l'Australie. Elle se retrouve de l'Afrique du nord jusqu'en arctique du Canada (Fjelberg, 1986 cité par Bretfeld, 1999).

7-*Sphaeridia pumilis* (krausbauer, 1898) : sensu Bretfeld, 1995 : cette espèce se retrouve sur la surface et au dessous des différentes couches du sol humide. Dans la strate herbacée, mais pas durant l'hiver et les mois d'été secs. Rencontrée dans les mousses au sol près d'une petite source d'eau douce et dans la litière de chêne zéen à l'Edough par Hamra- kroua (2005).

Répartition : Holoarctique, Australie, certainement elle se trouve du nord du Soudan jusqu'en Algérie, elle est abondante en Europe et au nord Américain, Russie, récemment identifiée au sud de l'Italie. Signalé au Maroc et en Algérie dans la région de Annaba par cassagnau, (1963).

8-*Heteromurus major* (Moniez, 1889) : espèce connue d'Europe, des Açores, d'Algérie, de la Palestine; Héliédaphique troglophile.

9-*Heteromurus nitidus* (Templeton, 1835): espèce holarctique, connue d'Algérie et du Maroc (sol et grottes de la région de Taza), Héliédaphique troglophile.

10-*Sminthurinus niger* (Lubbock 1868) : c'est une espèce domestique cosmopolite, qui vit dans les pots de fleurs des maisons. Elle est abondante dans la litière humide, dans les mousses et dans plusieurs habitats. Cassagnau (1961) la décrit comme espèce xérophile.

Répartition: Portugal et grande Bretagne.

11-*Neelus murinus* (Folsom, 1896): Cosmopolite. Vivant souvent dans les grottes. Déjà signalée par Cassagnau, (1963) en Algérie et dans la région d'Annaba.

12-*Sminthurides signatus* (Krausbauer, 1898), cette espèce se trouve dans des habitats humides, mais rarement dans l'eau; jusqu'à 1210 m d'altitude (sud de la France, montagne noire).

-Répartition : Allemagne, Paléarctique, non confirmée pour l'Australie, Portugal, Russie.

A close-up photograph of a bright yellow, spiky sea urchin. The urchin is the central focus, with its numerous sharp, white spines radiating outwards. The background is dark and textured, possibly a rock or coral, which makes the yellow urchin stand out. The word "Discussion" is overlaid in a bold, blue, serif font across the middle of the image.

Discussion

Discussion

Discussion

Les récoltes de Collemboles effectuées sur les deux zones humides du nord de l'Algérie ont permis de dénombrer un total de 2538 individus pour 41 espèces. Les Entomobryomorphes se révèlent dominants dans les deux sites. Les Symphypléones sont toutefois majoritairement représentés par une seule espèce aquatique: *Sminthurides aquaticus* qui est rare à la mare aux canards (3 individus) alors qu'elle est dominante dans tous les milieux aquatiques jusque là étudiés (Ait mouloud, 2006), ou alors remplacée par *sminthurides malmgreni* comme à Thioudiouine. Les Poduromorphes sont très peu représentés sans doute en raison de l'échantillonnage choisi qui ne permet pas de récolter la faune du sol profond; ou de la forte instabilité du taux d'humidité dans le sol au voisinage immédiat des plans d'eau étudiés comme c'est le cas à la mare de Boumessaoud où les Poduromorphes ne sont représentés que par deux espèces.

Sur le total d'espèces rencontrées dans les deux sites d'étude, 19 espèces, soit 46,34%, ont été signalées en Algérie avant ce travail par Cassagnau, (1963); Thibaud et Massoud, (1980) et récemment par Hamra-Kroua (2005) et Ait Mouloud (2006).

Les quatre groupes de collemboles recensés (Entomobryomorphes, Poduromorphes, Symphypléones et Néelipléones) se répartissent de façon hétérogène selon les habitats, les transects et les relevés.

Le milieu aquatique montre une très faible richesse spécifique où *Sminthurides aquaticus* est la seule espèce abondante et préférentielle pour cet habitat. Elle présente toutefois des abondances variées en fonction des transects étudiés. Cette faible diversité des espèces hydrophiles ainsi que leur abondance élevée confirme les résultats de (Deharveng et Lek, 1993), les mêmes auteurs (Deharveng et Lek, 2002) notent que la composante non hydrophile (espèces forestières et de prairie) montre une plus grande richesse et une plus faible abondance et que les collemboles hydrophiles ont souvent une plus faible diversité que les espèces mésophiles. Pichard et *al.*, (1989) ne trouvent par exemple que 4 à 9 espèces dans des mares près de Paris (France), contre 41 à 46 dans le sol forestier environnant. Un contraste similaire sur la richesse spécifique a été constaté dans d'autres régions (Deharveng et Lek, 2002). Pour Capparelli et *al.*, (1995b) cité par Ait Mouloud (2006), les collemboles hydrophiles englobent en fait peu de genres, parmi lesquels *Sminthurides* et tous les *Isotomurus* sont spécieux et abondants dans les zones humides tempérées.

La richesse (RS) et la diversité spécifique (Ish) constatées varient en fonction du site considéré. Au niveau de la mare aux canards elles sont, respectivement, de 29 et 1,42. Dans celle de Boumessaoud elles sont de (RS = 21) et (Ish = 1,41). La pauvreté faunistique dans ce milieu peut s'expliquer par des variations brusques et importantes du taux d'humidité du sol. Ceci est du à la forme plate de la mare. Cette situation favorise une succession inondation - exondation du sol défavorable à la faune endogée fortement réduite car incapable de fuir rapidement en cas d'inondation du milieu. C'est le cas notamment des Poduromorphes qui ne sont représentés ici que par 2 espèces et 156 individus soit 17,14 % de la faune récoltée dans ce milieu.

Nos résultats restent modestes comparés à ceux de Ait mouloud (2006), dans la mare de Boumessaoud, et en période de pleine eau (printemps), avec une liste de 31 espèces et une diversité spécifique de 2,68. Ces dernières sont à leur tour inférieures à celles observées par le même auteur au niveau de la tourbière de Freychinède (qui se trouve au milieu d'une large forêt de hêtres dans les Pyrénées centrales (France)) et à Khbouth (qui se trouve dans la forêt des Béni-Ghobri en grande Kabylie) avec respectivement (Ish = 4,31, RS = 63 espèces) et (Ish = 3,25, RS = 45 espèces). Au niveau de ces deux milieux, les conditions favorables au développement et à la multiplication des Collemboles sont réalisées, à savoir maintien d'un taux d'humidité élevé et développement de la

Discussion

litière. Le premier facteur est assuré par la permanence de l'eau dans les tourbières, et le second par la forêt dans laquelle elles se trouvent.

Les résultats observés dans la mare de Boumessaoud (que se soit en période sèche ou humide) sont à relier à la dégradation de ce milieu par le piétinement important aux abords immédiats du plan d'eau. En outre son assèchement est précoce en raison de sa faible profondeur alors que la forêt y est en dégradation et remplacée graduellement par du maquis.

La mare aux canards et la mare de Boumessaoud se trouvent dans des milieux fortement dégradés: disparition du couvert forestier suite à des feux répétés à Boumessaoud, et piétinement important aux abords immédiats du plan d'eau. A la mare aux canards, le nombre d'espèces n'est maintenu élevé que grâce aux transects OA et OD (avec respectivement, 18 et 19 espèces) se trouvant sur des sols ombragés contenant une litière et un taux d'humidité plus élevé alors que les transects OB et OC ne comptent que 13 espèces. A la mare de Boumessaoud, les richesses les plus élevées sont notées sur les transects OA et OB (respectivement 14 et 16 espèces) alors que les plus faibles sont enregistrées sur les transects OC et OD (11 espèces en moyenne).

A la Mare aux canards le nombre d'espèces recensées (29) est relativement bas bien que le plan d'eau soit permanent. La mare est cependant complètement isolée de la forêt par un gabionnage qui empêche le déplacement libre des collemboles entre les deux écosystèmes.

Nous pouvons dire que dans l'ensemble des deux sites étudiés, la richesse et la diversité spécifiques des Collemboles est largement subordonnée à l'humidité du milieu et à sa couverture forestière. Ces conclusions sont en accord avec celle de Cassagnau (1961) qui signale que les deux facteurs essentiels qui permettent d'expliquer la plupart des phénomènes de répartition et d'Ecobiologie chez les collemboles sont la température et l'humidité qui règnent dans leur environnement immédiat; ceci est dû évidemment au caractère aérien de leur métabolisme et à la difficulté qu'ont ces animaux à migrer rapidement sur de grandes distances pour échapper le cas échéant aux variations brusques de l'écoclimat qui les entoure.

Ait mouloud (2006), suggère que la faible richesse spécifique notée dans les zones humides de Kabylie, comparée à celle de Freychinède, est à relier à l'assèchement parfois précoce de ces mares et de leurs abords immédiats. Comme le soulignent Holmstrup *et al.*, (2001), dans le sol l'humidité est un facteur abiotique qui joue un rôle déterminant dans la survie des Collemboles. Les mêmes auteurs notent que les Collemboles édaphiques hydrophiles perdent 50 % de leur humidité corporelle quand ils sont placés dans un sol sec.

Cette faible richesse spécifique est aussi à relier aux multiples perturbations observées dans le milieu comme les incendies répétés et/ou le piétinement constaté aux abords immédiats de ces sites.

Les nombreux travaux sur l'action du feu sur les microarthropodes du sol rapportés dans la littérature sont difficilement comparables voire controversés eu égard à la périodicité du feu, son intensité et aux conditions hydriques du milieu.

Ainsi, Vannier (1978) dans une étude expérimentale de l'effet immédiat du feu de litière sur les microarthropodes d'un sol forestier signale que les groupes zoologiques à tendance épigée comme les Collemboles Sminthurides et Entomobryens montrent une nette augmentation de leur activité motrice, en revanche les groupes à tendance plus endogée comme les Collemboles Isotomides, Poduromorphes et les acariens oribates n'affectent pas de changement dans leur comportement de déplacement.

Bellido (1987) dans une approche expérimentale de l'effet immédiat d'un incendie sur le peuplement de microarthropodes d'une lande, signale que les Collemboles présentent le taux de mortalité le plus élevé (76% en moyenne) et le plus faible taux de migration en profondeur (1% seulement).

Discussion

De nombreux auteurs relient l'action du feu à ses effets indirects (diminution du taux d'humidité, destruction de la couche de litière et modification de la qualité de l'humus).

Au niveau des zones humides de la Kabylie, les feux sont accidentels ou intentionnels, provoqués alors par des riverains afin de permettre un accès facile aux mares qui servent d'abreuvoir à leur bétail. Le défrichement et le feu aboutissent souvent à une réduction de la végétation aux abords immédiats de la zone humide, réduisant la litière et mettant le sol à nu (Ait mouloud, 2006)

A ces perturbations vient s'ajouter le piétinement du sol qui produit son tassement et une diminution de sa porosité, ce qui induit une gêne sensible sur le déplacement de la faune endogée. Pour Massoud et *al.*, (1984) les espèces du sol sont défavorisées par le piétinement de façon d'autant plus forte qu'elles sont plus proches de la surface.

Massoud et *al.*, (1984), dans une expérience sur le piétinement contrôlé du sol d'une forêt périurbaine signalent que l'effet du piétinement se fait sentir sur l'effectif total des collemboles, tous horizons confondus; il se traduit par une baisse des effectifs.

Dans les zones humides étudiées, le passage du milieu aquatique au sol forestier semble se faire sans transition car la faune récoltée et les paramètres écologiques étudiés n'ont pas permis de définir une zone intermédiaire ou Ecotone. Ce dernier ne présente en effet ni richesse ni diversité particulières pouvant le distinguer des autres milieux. Il représente alors un simple passage entre le milieu aquatique et le sol. D'après nos résultats, ceci est dû essentiellement au fait que le milieu aquatique comporte un très faible nombre d'espèces hydrophiles. La faune Collembologique recensée entre le milieu aquatique et le sol forestier est le plus souvent dominée par la faune provenant de la forêt environnante. Les déplacements de la faune du milieu aquatique vers le milieu forestier sont insignifiants. Ils sont limités à ceux de quelques *Sminthurides* et *Isotomurus* se trouvant aux abords immédiats de l'eau.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Van der maarel (1976) qui signale que le nombre d'espèces dans la zone de bordure est très faible; alors même qu'une grande part de la littérature rapporte au contraire que les écotones contiennent des organismes d'écosystèmes chevauchants, ce qui détermine une grande richesse spécifique dans ces milieux (Giudicelli et Bournaud, 1997).

Ces résultats sont contradictoires avec ceux de Pichard et *al.*, (1989) qui notent que cette zone supporte toutes les espèces rencontrées dans la zone exondée et inondée, ce qui reflète la plasticité des collemboles vis-à-vis des conditions écologiques. Il est cependant intéressant de noter que dans ce travail, les auteurs recensent un nombre beaucoup plus élevé d'espèces en milieu aquatique.

Ait mouloud (2006), ajoute que le statut écologique des espèces aquatiques retrouvées dans des mares s'asséchant une bonne durée de l'année reste à élucider. Ainsi, Thala Boussaleh s'asséchant en été, on peut se demander ce que devient l'espèce strictement hydrophile *Sminthurides malmgreni*, pour laquelle on ne connaît aucune forme de résistance. Toutefois, pour Triska et Cromack (1980), le bois demeure humide bien après l'infiltration de l'eau dans le sol; il devient alors attractif pour l'oviposition et fournit des refuges pour la faune aquatique.

Les sites prospectés sont alimentés par des ruisseaux; la richesse et la variété de leur matière organique offrent sans doute aux collemboles un refuge de choix pour passer la période sèche.

Enfin, Batzer et Wissinger (1996) signalent que dans les zones humides supportant alternativement des périodes sèches et humides, les débris de bois peuvent héberger à la fois une faune terrestre et aquatique.

A circular inset image showing a close-up of a person's hands holding a small, brown, textured object, possibly a seed or a piece of wood, against a dark background. The object has a rough, fibrous texture and is being held between the fingers of both hands. The background is dark and out of focus.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Les récoltes effectuées durant ce travail ont permis de dénombrer un total de 2538 individus répartis en 41 espèces de collemboles, parmi lesquelles 29 espèces dans la mare aux canards (El Kala) et 21 espèces dans la mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).

A petite échelle, la faune trouvée au niveau des deux sites étudiés est composée d'éléments déjà signalés dans différentes localités du pays. A grande échelle, cette faune est composée d'espèces à large répartition, européennes, holarctiques et cosmopolites.

La structure des peuplements étudiés montre une pauvreté dans les deux zones humides prospectées ; ceci est à relier à la dégradation de ces deux milieux ; caractère retrouvé sur d'autres milieux humides en Europe, mais plus accentué ici.

Une forte dominance d'une à trois espèces est notée dans les deux sites étudiés. Cette dominance diminue toutefois, alors que la diversité augmente sur les transects lorsque l'on va de l'eau vers les sols forestiers.

Il n'y a pas de caractères particuliers des peuplements à l'interface eau-sol: les paramètres descriptifs étudiés ne présentent pas de pic à ce niveau, comme il n'y a pas d'espèces particulières susceptibles de différencier cet habitat. Ainsi, l'écotone eau-sol forestier peut être considéré comme un simple passage de la faune d'un milieu adjacent vers l'autre alors qu'il est connu habituellement par sa richesse en espèces ubiquistes. L'écotone semble ici séparé des autres habitats dans le temps et dans l'espace. Dans le temps car il subit des variations (inondation- exondation) qui le rendent instable ; comme il reçoit une faune strictement forestière en l'absence d'espèces aquatiques, et dans l'espace car les différentes perturbations (feu, piétinement...) ralentissent sensiblement le déplacement des collemboles d'un habitat vers l'autre. La faune Collembologique récoltée est le plus souvent dominée par la faune provenant de la forêt environnante d'où une forte représentation des Entomobryomorphes.

Le climat de la zone étudiée est relativement pluvieux, tempéré par la proximité de la mer, il se caractérise par une saison humide et une saison sèche, ce qui induit certainement pour la faune collembologique des stratégies originales qui restent à élucider. Poinso- Balaguer, 1991 cité par Ait Mouloud (2006) rapporte que la région méditerranéenne à climat contrasté par ses successions de saisons sèche et humide, les collemboles présentent des capacités d'adaptation originales : migration en profondeur, cycle de vie court, mœurs nocturne, estivation à l'état d'œufs et anhydrobiose.

Dans ce travail, 1236 individus n'ont pas été identifiés au niveau spécifique, soit 48,7 % de la faune récoltée, cette proportion permet de nous attendre à d'importantes découvertes d'espèces nouvelles, ce qui prouve que cette faune est encore mal connue et nécessite de nouvelles prospections. Les résultats faunistiques obtenus par ce travail nous permettent d'ouvrir de grandes perspectives pour une meilleure connaissance de ce groupe zoologique négligé jusqu'ici par la plupart des spécialistes en Algérie.

Le problème de l'hétérogénéité des peuplements des deux sites étudiés se trouve posé, et nous envisageons d'échantillonner de nouvelles zones humides et sites forestiers dans les mêmes régions afin de mieux cerner le déterminisme de ces grandes différences de composition faunistique. La prospection de mares isolées des zones incendiées et anthropisées permettrait de comprendre l'action séparée du feu ou du piétinement et de mieux évaluer l'impact de l'un ou l'autre des facteurs perturbants.

Références

Bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Achhal A., Akabli O., Barbero M., Benabid A., M'hirit O., Peyre C., Quezel P., et Rivas Martinez S., 1980. A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. *Ecol. Medit.*, 5, 211-249.

Ait Mouloud S., 2006. Etude de la biodiversité des Collemboles sur l'Ecotone 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, Tizi Ouzou, 122 p.

Amroun M., 2005. Compétition alimentaire entre le chacal, *Canis aureus*, et la genette, *Genetta genetta*, dans deux sites de Kabylie : Conséquences prévisibles des modifications de milieux. Thèse de doctorat d'Etat en biologie, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 98p.

A. N. R. H. Données hydrobiologiques de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques. Station régionale de Tizi-Ouzou. Documentation.

A.P.N.A., 2006. Atlas des Parcs Nationaux Algériens. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Direction Générale des Forêts. Edition imprimerie Ed- Diwan. 91p.

Argyropoulou, M.D., Asikidis, M.D., Iatrou, G.D., and Stamou, G.P., 1993. Colonization patterns of decomposing litter in a maquis ecosystem. *Eur. J. Soil Biol.* 29, 183–191.

Bachelier G., 1978. La faune du sol, son écologie et son action. Initiation-Documentation-Techniques, 38 O.R.S.T.O.M, Paris, 391 p, 4 pl.

Bakaria K., 2002. Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la Guifette *Moustaclidionias hybridus hybridus* (Palla, 1811) dans les zones humides du nord est algérien : cas du lac Tonga. Mémoire de magister, Université d'Annaba. 61p.

Baker, French et Whelan, 2002. The edge effect and ecotonal species: bird communities across a natural edge in southeastern Australia. *Ecology*, 83 (11): 3048-3059.

Barbault R., 2000. Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère. 5^{ème} édition, Dunod, Paris, 326 p.

Batzer D.P., and Wissinger S.A., 1996. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual Review of Entomology* 41 : 75-100.

Bellido A., 1987. Approche expérimentale de l'effet immédiat d'un incendie sur le peuplement de Microarthropodes d'une lande. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 24 (4): 603-622.

Bellinger P. F., Christiansen K. A., et Janssens F., 2005- Checklist of the Collembola of the world. <http://www.collembola.org>.

Bellinger P.F., Christiansen, K.A., et Janssens, F., 1996-2009. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>

BIBLIOGRAPHIE

- Betsch. J.-M., 1980. Eléments pour une monographie des Collemboles Symphypléones (Héxapodes, Aptérygotes). *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat.*, A, 116, 3-227.
- Bilde T., Axelsen J. A., et Toft S., 2000. The value of collembola from agriculture soils as food for generalist predator. *J. Appl. Ecol.*, 37: 672-683.
- Bonet F., 1947. Monografía de la familia Neelidae (Collembola). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 8:131-192.
- Boudjema, G., Julien, J.M., Sarkar, S. and Cancela Da Fonseca, J.P., 1991. Etude par analyse statistique multilinéaire de l'impact des facteurs physico-chimiques sur l'abondance des Microarthropodes édaphiques d'une forêt de mousson en Inde orientale. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 28, 303-322.
- Bretfeld G., 1986. Phylogenetic systematics of the higher taxa of Symphypleona Börner, 1901 (Insects, Entognatha, Collembola). *Proc. 2nd Intern. Sem. Apterygota*, Siena, R. Dallai Ed., 307-311.
- Bretfeld G., 1999. Synopsies on palaearctic collembola (Symphypleona). Edited by wolfran Dunger. ISSN 0373-7586: 317p.
- Cancela da Fonseca J.P., 1966. L'outil statistique en biologie du sol. III. Indices d'intérêt écologique. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 3:381-407.
- Carapelli A., Frati F., Fanciulli P.P., et Dallai R., 1995. Genetic differentiation of six sympatric species of *Isotomurus* (Collembola, Isotomidae); is there any difference in their microhabitat preference, *European Journal of Soil Biology*, 1995, 31 (2), p.87-99.
- Cassagnau P., 1961. Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales: les biocénoses de Collemboles. Hermann, Paris.
- Cassagnau P., 1963. Les Collemboles d'Afrique du nord avec une étude de quelques espèces du Nord- Constantinois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 98: 197-206.
- Cassagnau P. et Juberthie C., 1967. Structures nerveuses, neurosécrétion et organes endocrines chez les Collemboles (1). Le complexe cérébral des Poduromorphes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse.* 103: 178-222.
- Cassagnau P., 1971. La phylogénie des Collemboles à la lumière des structures endocrines rétro-cérébrales. 1^{er} Symposium International de Zoofilogenia, Salamanca: 339-349.
- Cassagnau P., 1983. Un nouveau modèle phylogénétique chez les Collemboles Neanurinae. *Nouv. Rev. Ent.*, 13, 3-27.
- Cassagnau P., 1984. Introduction à l'étude des phylliomériens (Collemboles Neanurinae): diagnoses des espèces. *Trav. Lab. Ecol. Arth. Edaph.* Toulouse, 4, 1-30.
- Cassagnau, P., 1990. Des Héxapodes vieux de 400 millions d'années: Les Collemboles: Biologie et Evolution; 2. Biogéographie et Ecologie. *Rev. Année Biologique* 29 (1): 1-69.
- Clements F.E., 1905. Research methods in ecology, University Publishing Company, Lincoln.

BIBLIOGRAPHIE

- Crossley D.A., Barbara Jr., Mueller R., et Perdue J.C., 1992. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils : relations to processes. *Agric.Ecosystems Environ.*, 40 : 37-46.
- Daget P., 1984. Introduction à une théorie générale de la méditerranéité. *Bul.soc. bot. Fr.*,131, Actual. Bot.(2/3/4) : 31-36.
- Dajoz R., 2006. Précis d'écologie, 8^{ème} Edition Dunod, Paris, 631p.
- Debazac E.F., 1959. La végétation forestière de la Kroumirie. *Ann. E.N.E.F.* 16(2), 1-131.
- Deharveng L., 1979. Contribution à la connaissance des Collemboles Neanurinae de France et de la Péninsule Ibérique.*Travaux du Laboratoire d'Ecologie des Arthropodes Edaphiques, Toulouse*, 1(4): 1-61.
- Deharveng L., 1981. La famille des Odontellidae: Phylogénèse et taxonomie. *Trav. Lab. Ecobiol. Arthr. Edaph.*, Toulouse, 3 (1) : 1-21.
- Deharveng L.,1983 . Morphologie évolutive des Collemboles Neanurinae, en particulier de la lignée Néanurienne. *Trav. Lab. Ecobiol. Arthr. Edaph. Toulouse*, 4 (2).
- Deharveng L., 1987. Révision taxonomique du genre *Tetracanthella* Schött, 1891. *Trav.Lab.Ecobiol. Arthr. Edaph.*, Toulouse, 5 (3), 1-151.
- Deharveng L., et Lek S., 1993. Remarque sur la morphologie et la taxonomie du genre *Isotomurus* Börner, 1903. Et description de deux nouvelles espèces de France (collembola : Isotomidae). *Ann. Soc. Entomol.Fr* (N. S), 29(3): p 245-259.
- Deharveng L., 2004. Recent advances in Collembola systematics. 6th International Seminar on Apterygota, Siena, Italy, 2002. *Pedobiologia*, 43: 215-233.
- Deharveng L., 2005. Rapport sur le mémoire de thèse de Mr Salah Hamra Kroua « Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du nord-est algérien : taxonomie, biogéographie et écologie », en vue de l'obtention du Doctorat d'Etat es Sciences Naturelles. DEPARTEMENT SYSTEMATIQUE ET ÉVOLUTION. PARIS.2p
- Deharveng L., et Lek, S., 2002. Seasonal variations of Collembola (Hexapoda) assemblages in damp riparian habitats. *Arch. Hydrobiol* , 153 (4) 635-655.
- 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.
- Delamare Cl., 1954. Collemboles marins de la zone souterraine humide des sables littoraux. *Vie et milieu*. 4: 290-319.
- Denis J.R., 1922. Sur deux Collemboles de l'Afrique du Nord. *Bull.Soc. ent. Fr.* :284-285.
- Denis J.R., 1925. Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (3^{note}). *Bull.Soc. Hist.nat. Afr. N.*, 16: 254-256.
- Denis J.R., 1935. Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (2^{note}). *Bull.Socent.Fr.* 16: 230-233.

BIBLIOGRAPHIE

- Denis J.R., 1937. Sur les Collemboles de l'Afrique du nord (4^e note). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*28: 85-87.
- Duchaufour, P., 1977. Pédologie.I. Pédogénèse et classification. Masson, Paris, 477p.
- Durand J. H., 1959. Sur quelques sols de la forêt de l'Akfadou et des environs de Yakouren (Grande Kabylie) ; *Ann. de l'I.N.R.A*, N°2, Ser. A, éd. La diffusion du livre ; Alger : 110-126.
- Emberger L., 1930. La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gen. Bot.*, 42, 641-662.
- Emberger L., 1943. Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 78 (3), 159-180.
- Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Trav Lab Bot Zool Fac Sci Serv Bot Montpellier* ; 7 : 3-43.
- Emberger L., 1971. considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques, phytogéographiques et écologiques. in « Travaux de Botanique et d'Ecologie », Masson et Cie (éd.), Paris, 291-301.
- Fjellberg, A., 1989. Redescription of *Mackenziella psocoides* Hammer, 1953 and discussion of its systematic position (Collembola, Mackenziellidae). 93-105.
- Gama M. M., DA, 1980. Aperçu évolutif d'une septaine d'espèces et sou-espèces de Xynella provenant de tous les continents. *Proc. 1st Intern. Semin. Apteryg.*. Siena, 53-58.
- Gama M. M., DA, 1984. Phylogenie des especes europeennes de Pseudosinella (Collembola: Entomobryidae)., *Annales De La Societe Royale Zoologique De Belgique* 114(1) 1984, p.59-70
- Gelard J.P., 1979. Géologie du Nord-Est de la grande Kabylie (un segment des zones internes de l'orogène littoral maghrébin). Mémoires géologiques de l'Université de Dijon, Institut des Sciences de la terre- Editeur. 335p.
- Gisin H., 1960. Collembolen fauna Europas. Museum d'Histoire Naturelle, Genève, 312 p.
- Giudicelli et Bournaud, 1997. Invertebrate biodiversity in land inland water ecotonal habitat. . In *Biodiversity in Land/Inland Water Ecotones*, Lachavanne J.B. and Juge R., UNESCO, Paris. (Man and the biosphere series vol. 18) : 143-160.
- Gobat J.-M. ,Aragno M. , Matthey W., 1998. Le sol vivant: Bases de pédologie. Biologie des sols. Ed. Presses polytechniques et universitaires Lausanne. 14, 518 p, 8 pl.
- Grassé P.P., 1965. Traité de Zoologie: Anatomie, Systématique, Biologie. T.10, Masson et Cie Edit. Paris (Vème) ,1117 p.
- Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M. Boudjellal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaïdi N., Kerzabi F., Khelifi H., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M.Z. et Touahria T., 2004. Biodiversité marine et littorale algérienne. Projet Sonatrach/LRSE. *Eds. Sonatrach*. 362 p.

BIBLIOGRAPHIE

- Grimes S., 2005. Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf). Projet régional pour le développement d'aires protégées marines et côtières dans la région méditerranéenne (Projet MedMPA).147p.
- Hagvar S., 1982. Collembola in Norwegian coniferous forest soils. I. Realations to plant communities and soil fertility. *Pedobiologia* 24: 255-296.
- Hale W.G., 1966. A population study of Moorland Collembola. *Pedobiologia*, 6: 65-99.
- Hamra-Kroua S., 2005. Les Collemboles (Arthropoda : Hexapoda) du Nord-Est algérien : Taxonomie, Biogéographie, Ecologie. Thèse Doct. Univ. Mentouri Constantine,324 p.
- Hamra-Kroua S., Jordana R. et Deharveng L., 2009. A new Friesea of the mirabilis-group from Algeria (Collembola: Neanuridae, Frieseinae). *Zootaxa* 2074: 65-68.
- Handschin E., 1926. Collembolen aus Algerien. *Neue Beitr. Syst. Insektenk.* 3 : 117-126.
- Hansen A.J., DI Castri F., et Naiman, R.J., 1988. Ecotones: what and why? In di Castri, F., Hansen A.J. and Holland M.M. eds. : A New Look At Ecotones: emerging international projects on landscape boundaries. Special Issue 17 *Biology International*: 1-163. IUBS. Paris, France. 9-46.
- Hermosilla W., Reca A.R., Pujalte J.C., et Rubio I., 1977. Efectos de la compactation del suelo sobre la fauna edafica en campos pastoreados (Prov. Buenos-Aires, Argentina), *Physis, C*, 36: 227-236.
- Hermosilla W., Rubio I., Pujalte J.C., et Reca A.R., 1978. Die Wirkung der Bodenverdichtung auf die hypogäischen Zoozönosen. *Landwirtsch Forsch*, 31: 208-217.
- Holmstrup M., Sjursen H., Ravn H., et Bayley M., 2001. Dehydration tolerance and water vapour absorption in two species of soil-dwelling Collembola by accumulation of sugars and polyols. *Functional - Ecology*, 15(5): 647-653.
- Hopkin S. P., 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press. 1997. 1-330.
- Jaquemart, S. 1974. Résultats de la mission anthropologique belge au Niger. Collemboles nouveaux du Sahara. *Bull. Inst. R. Sci. nat. Belg.* 50 : 1-46.
- Johnston C.A., and Naiman R.J., 1987. Boundary dynamics at the aquatic-terrestrial interface: The influence of beaver and geomorphology. *Landscape Ecology* 1:47-57.
- Lachavannene J.B., et Juge R., 1997. Land-inland water ecotones as transitional systems of particularly high biodiversity: towards a synthesis. In *Biodiversity in Land/Inland Water Ecotones*, Lachavanne J.B. and Juge R., UNESCO, Paris. (Man and the biosphere series vol. 18) : 277-297.
- Larochelle L., Pagé F., Beauchamp C., et Lemieux G., 1993. Rôle de la mésofaune dans la dynamique de transformation de la matière ligneuse appliquée au sol. *Agrosol*, vol 6 (2), pp36-43

BIBLIOGRAPHIE

- Leblalta A., 2009. Les Collemboles de la litière du Chêne-vert (*Quercus ilex*) dans le massif forestier de Belezma. Memoire de Magister. Option : Entomologie Agricole et Forestière. Université El Hadj Lakhdar Batna.131p.
- Le-Houerou HN., Claudin J., et Pouge M. 1977. Étude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1 000 000. *Bul Soc Hist Afri Nord*: 36-40.
- Levêque C., 2001. Ecologie de l'écosystème à la biosphere, Dunode, Paris, 502p.
- Likens G.E., and Bormann F.H., 1974. Linkages between Terrestrial and Aquatic Ecosystems. *BioScience* 24(8):447-456.
- Lounaci A., 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de doctorat d'Etat en biologie option : Hydrobiologie, université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 209p.
- Lucas H., 1846. Aperçu des espèces nouvelles d'insectes qui se trouvent dans nos possessions françaises du nord de l'Afrique. *Revue Zool.* 9 : 232-256.
- Lucas H., 1849. Thysanoures de l'Algerie. *Explor. Sc. Alg.*, t. 1, pp. 371-376.
- Massoud Z., 1971a. Un élément caractéristique de la pédofaune : Les Collemboles. In : La vie dans les sols. Aspects nouveaux. Etudes expérimentales. GauthiersVillars Ed., 472 p., 111 fig.
- Massoud Z., 1971b. Contribution à la connaissance morphologique et systématique des collemboles Neelidae. *Rev.Ecol.Biol.Sol.* T VIII, 1, P. 195 à 198.
- Massoud Z., Betsch J.-M., et Thibaud J.-M., 1984. Expérience de piétinement contrôlé du sol d'une forêt périurbaine : effets sur le peuplement de Collemboles. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 21 (4) : 507-518.
- Messaoudene M., 1989. Etude dendroécologique et dendro-climatologique du chêne zéen (*Quercus canariensis Willd.*) et du chêne afares (*Quercus afares Pomel*) dans les massifs de Béni-Ghobri et de l'akfadou. Thèse Doct. en sc., Univ. Aix-Marseille III, 105 P.
- Murphy D.H., 1958. *Isotoma Vaillanti* n.sp., a new species of *Collembola* from Algeria. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 13 : 524-526.
- Mutin G., 1977- La Mitidja, décolonisation et aspect géographique. Ed.O.P.U., Alget, 606p.
- Ouelmouhoub S., 2005. Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El kala (Algérie). Thèse requise pour l'obtention du titre « Master of Science » Série n°78. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes. Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier.127p.
- Pichard S., Massoud Z., et Elkaim B., 1989. Ecologie des peuplements de collemboles de quelques mares et de leurs abords en région parisienne. *Revue. Ecol. Biol. Sol*, 26 : 451 - 472.
- Ponge J.F., 1993. Biocenose of *Collembola* in Atlantic temperate grass-woodland ecosystems. *Pedobiologia* 37, 223–244.

BIBLIOGRAPHIE

- Ponge J. F., Dubs F., Gillet S., Sousa J.P. et Lavelle P., 2006. Decreased biodiversity in soil springtail communities : the importance of dispersal and landuse history in heterogeneous landscapes. *Soil Biology et Biochemistry* 38: 1158-1161.
- Poole T.B., 1961. An ecological study of the Collembola in a coniferous forest soil. *Pedobiologia*, 1 : 113-137.
- Popa J., 2010. First record of *Orchesella pannonica* Stach; 1960. (Exapoda: collembola) in Romania. Trav. Inst. Spéol. « Emile Racovitza », t.XLIX, p.185-187, Bucarest , 2010.
- Prous X., Lopes Ferreira R., et Parentoni Martins A., 2004. Ecotone delimitation: Epigeic-hypogean transition in cave ecosystems. *Austral Ecology*, 29: 374-382.
- Quezel P., 1956. Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 1, 1-57.
- Raachi M.L., 2007. Etude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au nord- est algérien. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie. Université du Québec à Montréal. 175p.
- Ramade F., 1984. Eléments d'écologie- écologie fondamentale. Edition MC. Graw-Hill, Paris, 576p.
- Ramade F., 2003. Elément d'écologie fondamentale, Ed. Dunod, Paris, 689p.
- Rusek J., 1989. Collembola and Protura In a meadow - forest ecotone. Proc. 3d international seminar on apterygota, University of Siena: 413-418.
- Rusek J., et Subrt M., 1999. Epigeic Collembola in a mixed forest-grassland ecotone. Proc. 5th Central European Workshop on Soil Zoology, České Budejovice, April 27-30: 269-276.
- Sabatini M. A., et Innocenti G., 2001. Effects of Collembola on plant- pathogenic fungus interactions in simple experimental systems. *Biology and Fertility of Soils* 33: 62-66.
- Stewart P., 1969. Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.* 65 (1/2). 239-252
- Stomp N., 1974. Collembolles cavernicoles d'Afrique du nord. I (Insecta) . *Annls. Spéléol.* 29 (1) : 109-120.
- Szeptycki A., 1979. Chaetotaxy of the Entomobryidae and its phylogenetical significance. Morpho-systematic studies on Collembola. IV. *Panstwowe Wydawnictwo Naukowe* 1-219.
- Therrien F., Changnon M., et Hébert C., 1999. Liste des espèces de collembolles du Québec. Bulletin de l'entomofaune N°21 : 8- 11 (1999).
- Thibaud J. M., 1977. Intermue et température léthales chez les insectes Collembolles Arthropléones. II. Isotomidae, Entomobryidae et Tomoceridae. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 14, 267-278.
- Thibaud J.M., et Massoud Z., 1980. Etude des Collembolles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. *Rev. Suisse Zool.*, 87 (2): 513-548.

BIBLIOGRAPHIE

Thibaud J.M., 2009. Les Collemboles, des Hexapodes vieux de 400 millions d'années, cousins des Insectes, si communs, mais si méconnus...pp20-23 in Collot J. 2010. Les Amis du Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris. Rev. N°242. Publication trimestrielle. 32p.

Triska F.J., et Cromack K. J., 1980. The role of wood debris in forests and streams. P. 171-190. In R.H. Waring (ed.) Forests: Fresh perspectives from Ecosystem Analysis. Proceedings 40th Biological Colloquium, Oregon State University Press, Corvallis, OR, USA.

Van Der Maarel E., 1976. On the establishment of plant community boundaries, Bericht der Deutschen botanischen Gesellschaft 5 (89): 473-498.

Vannier, G., 1970. Réactions des microarthropodes aux variations de l'état hydrique du sol. Techniques relatives à l'extraction des arthropodes du sol. Editions du CNRS, Paris, série P.B.I., R.C.P., 40 :319p.

Vannier, G., 1978. Etude expérimentale de l'effet immédiat du feu de litière sur les microarthropodes d'un sol forestier. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, 3è Ser., 42: 51 – 63.

Wiens, J. A., Crawford, C. S., et Gosz, J. R., 1985. Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems. *Oikos* 45: 421–427.

COLLEMBOLLES de la Litée

Corps globuleux, non segmenté

SYMPHYPLEONES

Antennes plus
courtes que la tête

Antennes plus
longues que la tête

Necletus



1^{er} article antennaire
plus long que le 5^e

Ils présentent une bosse
au milieu du corps

Smethurus



Smethurus

Dasytomus



Dasytomus

Corps allongé, segmenté

ERTHROPLEONES

3 segments thoraciques
nettement marqués
segments vives, mates

2 segments thoraciques
saillant sur les
segments durs, brillants

Poduramorphus



Poduramorphus

Entomobryomorphus



Entomobryomorphus

Corps irrégulièrement segmenté
à l'avant. En général, une
grande plaque
légèrement

légèrement
légèrement

Entomobryon



Entomobryon

Lepidogaster
Gibberellus

Corps également
segmenté à l'arrière

Isotomus



Isotomus
Tomocerus

ANNEXES

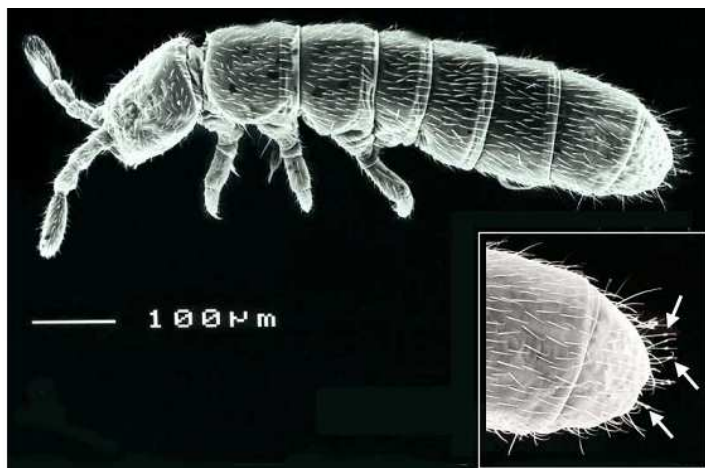
Annexe 1: Photos d'espèces de Collemboles selon Bellinger et *al.*, 1996-2009.



Brachystomella parvula



Protaphorura armata



Cryptopygus thermophilus



Folsomia quadrioculata



Isotomiella minor



Parisotoma notabilis

ANNEXES



Proisotoma minuta



Entomobrya multifasciata



Heteromurus major



Heteromurus nitidus



Lepidocyrtus cyaneus



Lepidocyrtus lanuginosus

ANNEXES



Sminthurinus niger



Sminthurides aquaticus



Sphaeridia pumilis



Neelus murinus



Photo . La mare aux canards
(Photo originale, 2010)



Photo : La mare de Boumessaoud (Photo originale, 2011).

E

[illegible]

ANNEXES

24, <i>Pseudosinella</i> sp.	0	0	1	0	0	1	0	0	2
III.- SYMPHYPLEONA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.- Dicyrtomidae Börner, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25, <i>Dicyrtomina</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9.- Katiannidae Börner, 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26, <i>Sminthurinus signatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.- Sminthurididae Börner, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27, <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	0	1	0	0	0	0	0	0	1
28, <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	0	2	5	0	0	0	0	7
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.- Neelidae Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29, <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total individus	0	1	48	52	15	21	20	0	157
Total espèces RS	0	1	10	7	7	5	6	0	18

[illegible]

ANNEXES

9.- Katiannidae Börner, 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26, <i>Sminthurinus signatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.- Sminthurididae Börner, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27, <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	0	0	0	1	0	0	2	3
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.- Neelidae Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29. <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total individus	1	0	79	42	11	219	49	37	438
Total espèces	1	0	9	6	5	8	7	6	13

[illegible]

ANNEXES

25. <i>Dicyrtomina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.- Katiannidae Börner, 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26, <i>Sminthurinus signatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.- Sminthurididae Börner, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27, <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	2	0	0	0	0	0	0	0	2
28. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.- Neelidae Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29. <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	0	0	2	2	6	0	2	0	12
Total individus	2	0	13	22	175	4	67	9	292
Total espèces	1	0	3	7	10	2	5	3	13

[illegible]

ANNEXES

8.- Dicyrtomidae Börner, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25. <i>Dicyrtomina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.- Katiannidae Börner, 1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26. <i>Sminthurinus signatus</i>	0	0	2	1	0	0	0	0	3
10.- Sminthurididae Börner, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27. <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	0	0	0	1	1	0	0	2
IV.- NEELIPLEONA Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.- Neelidae Folsom, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29. <i>Neelus murinus</i> (Folsom, 1896)	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total individus	0	0	25	117	76	183	187	153	741
Total espèces	0	0	5	13	7	7	9	7	19

ANNEXES

Tableaux II . Répartition du nombre d'individus par relevés et par famille pour la Mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).

Tableau 5 : Présence et abondances des espèces dans le transect OA (Bsd)

Famille et espèces	Relevés								
	-1	0	1	2	3	4	5	6	Totale OA
I- PODUROMORPHA Börner, 1913									
1. -Brachystomellidae Stach, 1949									
1. Brachystomella parvula (Schäffer, 1816)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955									
c- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906									
2, Pseudachorutes sp,1	0	0	0	2	9	16	8	83	118
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913									
3.- Isotomidae Börner, 1913									
3. Folsomia quadrioculata (Tullberg, 1871)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. Folsomides sp,	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.Isotomurus sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,Proisotoma minuta (Tullberg, 1871)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.- Entomobryidae Tömösvary, 1882									
7- Entomobrya multifasciata	1	0	4	25	16	50	24	9	129
8, Entomobrya sp, 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9, Entomobrya sp.4	0	0	0	0	1	0	0	0	1
10. Heteromurus major (Moniez, 1889)	0	0	4	31	25	10	4	7	81
11. Heteromurus nitidus (Templeton, 1835)	0	0	3	3	4	1	3	27	41
12, Lepidocyrtus sp.3	0	0	0	0	1	0	0	0	1
13-Orchesella cincta	0	9	59	8	5	5	5	7	98
14, Pseudosinella sp.	0	0	0	3	1	1	4	10	19
III.- SYMPHYPLEONA									
5.- Bourletiellidae									
15, Bourletiella sp.	0	0	0	3	0	1	0	3	7
6.- Katiannidae Börner, 1913									
16. Sminthurinus niger (Lubbock, 1868)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17, Sminthurinus signatus	0	0	0	1	0	0	0	0	1
18, Sminthurinus sp	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7.- Sminthurididae Börner, 1906									
19, Sminthurides aquaticus (Bourlet, 1841)	14	3	1	0	0	0	0	0	18
20, Sminthurides sp	0	11	4	0	0	0	0	2	17
21. Sphaeridia pumilis (Krausbauer, 1898)	0	15	29	2	0	0	0	0	46
Total individus	15	38	104	78	62	84	48	149	578
Total espèces	2	4	7	9	8	8	6	9	14

ANNEXES

Tableau 6 : Présence et abondances des espèces dans le transect OB (Bsd)

Famille et espèces	Localités de récolte								Total OB
	-1	0	1	2	3	4	5	6	
I- PODUROMORPHA Börner, 1913									
1. -Brachystomellidae Stach, 1949									
1. <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1816)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2.- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955									
c- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906									
2, <i>Pseudachorutes</i> sp,1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913									
3.- Isotomidae Börner, 1913									
3. <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	0	3	0	0	0	0	0	0	3
4. <i>Folsomides</i> sp,	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. <i>Isotomurus</i> sp. 2	0	0	0	0	0	2	0	0	2
6- <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	0	0	0	1	2	0	0	0	3
4.- Entomobryidae Tömösvary, 1882									
7, <i>Entomobrya multifasciata</i>	0	14	0	2	2	7	17	5	47
8, <i>Entomobrya</i> sp, 1	0	0	2	0	0	0	0	0	2
9, <i>Entomobrya</i> sp.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
11. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	0	0	0	0	0	1	10	0	11
12, <i>Lepidocyrtus</i> sp.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13, <i>Orchesella cincta</i>	0	0	0	6	2	21	13	2	44
14, <i>Pseudosinella</i> sp.	0	0	0	1	0	0	1	1	3
III.- SYMPHYPLEONA									
5.- Bourletiellidae									
15, <i>Bourletiella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.- Katiannidae Börner, 1913									
16. <i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1868)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
17, <i>Sminthurinus signatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
18, <i>Sminthurinus</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.- Sminthurididae Börner, 1906									
19, <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	18	0	0	0	0	0	0	0	18
20, <i>Sminthurides</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	
21. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	0	7	7	4	7	18	0	43
Total individus	19	17	9	17	11	38	62	8	181
Total espèces	2	2	2	5	5	5	8	3	15

ANNEXES

Tableau 7 : Présence et abondances des espèces dans le transect OC (Bsd)

Famille et espèces	Relevés								
	-1	0	1	2	3	4	5	6	Totale OC
I- PODUROMORPHA Börner, 1913									
1. -Brachystomellidae Stach, 1949									
1. Brachystomella parvula (Schäffer, 1816)	0	0	0	0	1	0	1	0	2
2,- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955									
c- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906									
2, Pseudachorutes sp,1	0	0	0	0	0	0	0	13	13
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913									
3.- Isotomidae Börner, 1913									
3. Folsomia quadrioculata (Tullberg, 1871)	0	4	6	0	0	0	0	0	10
4. Folsomides sp,	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.Isotomurus sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,Proisotoma minuta (Tullberg, 1871)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.- Entomobryidae Tömösvary, 1882									
7, Entomobrya multifasciata	0	0	0	0	0	0	0	8	8
8, Entomobrya sp, 1	0	0	0	1	0	1	4	4	10
9, Entomobrya sp.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10, Heteromurus major (Moniez, 1889)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. Heteromurus nitidus (Templeton, 1835)	0	0	0	0	0	1	0	1	2
12, Lepidocyrtus sp.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13, Orchesella cincta	0	0	1	0	2	0	0	0	3
14, Pseudosinella sp.	0	0	0	0	0	0	2	0	2
III.- SYMPHYPLEONA									
5.- Bourletiellidae									
15, Bourletiella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.- Katiannidae Börner, 1913									
16. Sminthurinus niger (Lubbock, 1868)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17, Sminthurinus signatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18, Sminthurinus sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.- Sminthurididae Börner, 1906									
19, Sminthurides aquaticus (Bourlet, 1841)	5	2	0	0	0	0	0	0	7
21, Sminthurides sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22. Sphaeridia pumilis (Krausbauer, 1898)	0	0	0	0	10	1	0	0	11
Total individus	5	6	7	1	13	3	7	26	68
Total espèces	1	2	2	1	3	3	3	4	10

ANNEXES

Tableau 8 : Présence et abondances des espèces dans le transect OD (Bsd)

Famille et espèces	Relevés								
	-1	0	1	2	3	4	5	6	Totale OD
I- PODUROMORPHA Börner, 1913									
1. -Brachystomellidae Stach, 1949									
1. <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1816)	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2.- Neanuridae sensu Cassagnau, 1955									
c- Sous-famille : Pseudachorutinae Börner, 1906									
2, <i>Pseudachorutes</i> sp,1	0	0	0	1	0	0	4	15	20
II.- ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913									
3.- Isotomidae Börner, 1913									
3. <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
4. <i>Folsomides</i> sp,	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5. <i>Isotomurus</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6, <i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.- Entomobryidae Tömösvary, 1882									
7, <i>Entomobrya multifasciata</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	2
8, <i>Entomobrya</i> sp, 1	0	0	0	1	0	0	1	7	9
9, <i>Entomobrya</i> sp.4	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10. <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	0	0	1	1	1	1	7	7	18
11. <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	0	0	1		2	2	0	3	8
12, <i>Lepidocyrtus</i> sp.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13, <i>Orchesella cincta</i>	0	0	1	0	0	0	2	3	6
14, <i>Pseudosinella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	4	5
III.- SYMPHYPLEONA									
5.- Bourletiellidae									
15, <i>Bourletiella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.- Katiannidae Börner, 1913									
16. <i>Sminthurinus niger</i> (Lubbock, 1868)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17, <i>Sminthurinus signatus</i>	0	2	2	0	1	0	0	0	5
18, <i>Sminthurinus</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.- Sminthurididae Börner, 1906									
19, <i>Sminthurides aquaticus</i> (Bourlet, 1841)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20, <i>Sminthurides</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21. <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	0	1	3	2	0	0	0	6
Total individus	0	2	6	6	7	5	16	41	83
Total espèces	0	1	5	4	5	4	6	8	13

ANNEXES

Tableaux III

Tableau 9. Paramètres descriptifs du peuplement des collemboles sur les transects eau-sol dans la mare aux canards (MC)

	Richesse spécifique				Diversité (Ish)				Dominance			
Relevés	RS A	RS B	RS C	RS D	Ish A	Ish B	Ish C	Ish D	D A	D B	D C	D D
-1	0	1	1	0	-	0	0	-	0	1	1	0
0	1	0	0	0	0	-	-	-	1	0	0	0
1	10	9	3	5	2,67	2,43	1,2	1,71	0,354	0,405	0,692	0,44
2	7	6	8	13	1,98	2,15	2,69	2,7	0,538	0,476	0,227	0,35
3	7	5	10	7	2,53	1,67	2,5	1,29	0,267	0,636	0,32	0,553
4	5	8	2	7	2,08	1,63	0,81	1,42	0,286	0,616	0,75	0,721
5	6	7	5	9	2,22	2,55	2,04	1,83	0,35	0,347	0,388	0,481
6	0	6	3	7	-	1,85	1,35	0,89	0	0,595	0,556	0,863

Tableau 10. Paramètres descriptifs du peuplement des collemboles sur les transects eau- sol dans la mare de Boumessaoud (Bsd).

	Richesse spécifique				Diversité (Ish)				Dominance			
Relevés	RS A	RS B	RS C	RS D	Ish A	Ish B	Ish C	Ish D	D A	D B	D C	D D
-1	2	2	1	0	0,35	0,30	0	-	0,933	0,947	1	-
0	4	2	2	1	1,83	0,67	0,92	0	0,395	0,823	0,667	1
1	7	2	2	5	1,73	0,76	0,59	2,25	0,567	0,778	0,857	0,333
2	9	5	1	4	2,29	1,90	0	1,79	0,397	0,412	1	0,5
3	8	5	3	5	1,77	2,19	0,99	2,24	0,403	0,364	0,769	0,286
4	7	5	3	4	1,74	1,73	1,58	1,92	0,595	0,553	0,333	0,4
5	6	8	3	6	2,12	2,31	1,38	2,15	0,5	0,29	0,571	0,437
6	9	3	4	8	2,08	1,3	1,62	2,54	0,557	0,625	0,5	0,366

ANNEXES

Tableaux IV

Tableau 11 : Taux d'humidité, nombre d'individus et nombre d'espèces dans les quatre (4) transects de la mare aux canards (MC).

	Axe A							
Relevés	-1	0	1	2	3	4	5	6
Taux d'humidité %	97,83	49,85	40,5	38,66	39,74	33,83	42,66	39,97
Nombre d'individus	0	1	49	53	16	21	21	0
Total espèces RS	0	1	10	7	7	5	6	0
	Axe B							
Taux d'humidité %	97,2	53,06	42,4	45,95	44,01	44,31	36,93	36,86
Nombre d'individus	0	0	80	44	14	223	56	43
Total espèces	1	0	9	6	5	8	7	6
	Axe C							
Taux d'humidité %	96,15	62,76	41,9	38,46	41,94	47,87	56,92	44,74
Nombre d'individus	2	1	13	21	174	7	65	10
Total espèces	1	0	3	7	10	2	5	3
	Axe D							
Taux d'humidité %	89,38	53,73	48,5	50,04	43,43	43,09	45,16	44,79
Nombre d'individus	0	0	26	117	88	187	192	159
Total espèces	0	0	5	13	7	7	9	7

Tableau 12 : Taux d'humidité, nombre d'individus et nombre d'espèces dans les quatre (4) transects de la mare de Boumessaoud (Bsd)

	Axe A							
Relevés	-1	0	1	2	3	4	5	6
Total individus OA	15	38	104	78	62	84	48	149
Taux d'humidité OA %	98,03	32,52	48,6	54,55	56,33	54,52	48,35	53,06
Richesse spécifique RS OA	2	4	7	9	8	7	6	10
	Axe B							
Total individus B	19	17	9	17	11	38	62	8
Taux d'humidité OB %	99,37	86,69	72,3	62,61	58,45	74,01	38,19	20,32
Richesse spécifique RS OB	2	2	2	5	5	6	9	4
	Axe C							
Total individus C	5	6	7	1	13	3	7	26
Taux d'humidité OC %	98,92	78,25	67,3	66,78	41,73	27,78	14,67	16,01
Richesse spécifique RS OC	1	2	2	1	3	3	3	4
	Axe D							
Total individus D	0	2	6	6	7	5	16	41
Taux d'humidité OD %	93,47	54,99	40,6	41,44	39,37	52,14	15,99	10,7
Richesse spécifique RS OD	0	1	5	4	5	4	7	9

Résumé

Le présent travail s'intéresse particulièrement aux collemboles de la zone de transition (écotone) entre écosystème aquatique et terrestre, au niveau de deux zones humides du nord de l'Algérie : la mare aux canards située au niveau du parc national d'El kala (wilaya d'El Taref) et la mare de Boumessaoud (Grande Kabylie). Cette zone a été décrite par de nombreux auteurs, mais leur appréciation sur la structure et la biodiversité de tels milieux reste différente.

Dans ce travail, les récoltes de Collemboles ont permis de dénombrer un total de 2538 individus répartis sur 41 espèces. Les Entomobryomorphes se révèlent dominants dans les deux sites. Les Poduromorphes sont moins bien représentés sans doute en raison de l'échantillonnage choisi qui ne permet pas de récolter la faune du sol profond; ou de la forte instabilité du taux d'humidité dans le sol au voisinage immédiat du plan d'eau comme c'est le cas à Boumessaoud.

La mare aux canards se révèle plus diversifiée (29 espèces) comparée à celle de Boumessaoud (21 espèces). La diversité et la richesse spécifique sont influencées par le piétinement qui est plus accentué au niveau de la mare de Boumessaoud. Ce dernier provoque le tassement et la diminution de la porosité du sol qui induisent une gêne dans le déplacement de la faune endogée. Au niveau de la mare aux canards, c'est l'isolement de cette mare de la forêt de Brabtia, par un gabionnage, qui empêche le déplacement libre des collemboles entre les deux écosystèmes.

Le passage du milieu aquatique au sol forestier semble se faire sans transition car la faune récoltée et les paramètres écologiques étudiés n'ont pas permis de définir une zone intermédiaire ou Ecotone. Ce dernier ne présente en effet ni richesse ni diversité particulières pouvant le distinguer des autres milieux. D'après les résultats de ce travail, ceci est dû essentiellement au fait que le milieu aquatique comporte un très faible nombre d'espèces hydrophiles. La faune Collembologique recensée entre le milieu aquatique et le sol forestier est le plus souvent dominée par la faune provenant de la forêt environnante.

48,7 % de la faune récoltée n'a pas été identifiée au niveau spécifique, cette proportion permet de nous attendre à d'importantes découvertes d'espèces nouvelles, ce qui prouve que cette faune est encore mal connue et nécessite de nouvelles prospections.

Mots clés : collemboles, biodiversité, écotone, distribution, mare aux canards (El Kala), mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).

Summary

The present work is interested particularly in collembola of the transition area (boundarie) between aquatic and terrestrial ecosystem, in two damp areas of the north of Algeria: « la mare aux canards » situated in El kala national parc (El Taref) and « la mare de Boumessaoud » (Grande Kabylie). This area was described by numerous of authors, but their appreciation about the structure and the biodiversity of such environment remain different.

In this work, the collect of collembola has permitted to count a total of 2538 individuals distributed on 41 species. The Entomobryomorpha prove to be dominant in the two sites. The Poduromorpha are less represented without doubt in reason of the sampling choosed who did not permit to recolt the fauna of the deep soil ; or of the strong instability of the humidity rate of the soil in the neighborhood of the damp area like the case of « la mare de Boumessaoud ».

« La mare aux canards » is more diversify (29 species) than « la mare de Boumessaoud » (21 species). Diversity and species richness are influenced by trampling which is more accentuated in « la mare de Boumessaoud ». The latter causes compaction and decrease soil porosity which leads difficulty of moving for the soil- dwelling fauna. Isolation of « la mare aux canards » from Brabtia forest by a track, prevent the free moving of collembola between the two ecosystems.

The passage from the aquatic environment to the forest soil seems to be without transition, because the fauna harvested and ecologicals parameters studied had not permit to define intermediate zone or boundarie. The latter do not present sure enough neither richness nor particular diversity that can distinguish it from the other environments. According to our results, this is due essentially to the less aquatic species richness. The fauna of collembola collected between aquatic environment and forest soil is dominated most of the time by the fauna coming from surrounding forest.

48, 7 % of the fauna collected had not identified to specific level, this proportion allows us to expect important discovers of new species, indicating that this fauna is still poorly understood and requires further explorations.

Keys-words: collembola, biodiversity, transition area (boundarie), distribution, mare aux canards (El Kala), mare de Boumessaoud (Grande Kabylie).