

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU**



**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

**Département d'Ecologie et Environnement**

**Mémoire de fin d'étude**

**En Vue de l'Obtention Du Diplôme de Master**

**Filière : Ecologie et Environnement**

**Spécialité : Ecologie Animale**

**Thème**

---

**Inventaire des collemboles (Hexapoda :  
collembola) dans la forêt de Yakouren  
(Tizi-Ouzou)**

---

Présenté par :

**NADJI kenza**

Le : 30/06/2025

Devant le jury composé de :

Président : OUDJIANE A.

MCB, UMMTO

Promotrice : DJENNOUNE D.

MCB, UMMTO

Co-promotrice: METNA F.

MCA, UMMTO

Examineur: SLIMANI R.

MCB, UMBB

**Année universitaire : 2024–2025**

# Remerciements

Nous remercions dieu tout puissant de nous avoir donné la bonne santé, la patience, la volonté et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Tout d'abord, je remercie chaleureusement ma promotrice **Mme METNA.F.** Pour son soutien, ses conseils avisés et son encadrement tout au long de cette recherche.

Je remercie l'éco-promotrice **Mme DJENNOUNE.D.**

Je tenon également à remercier Mr. **Odjiane.A.** qui à accepter d'être Président du jury et **Mr. Simani.R.** pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Un grand merci également aux ingénieurs de laboratoire ressources naturelles, **Mme Saadoune .N. et Mme**

Je tenon à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

# *Dédicaces*

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

Je dédie mon travail à mes chers parents. À ma mère, la lumière de mes jours, la source de mes efforts.

À mon cher père, Mon cœur, que Dieu ait pitié de vous ;

À mon frère Mohamed, Mon âme et mon compagnon de vie ;

À ma sœur Tiriza ;

À ma grand sœur Sarah, son mari Yacine et ses enfants : Ilyane, Rayene, et la charmante Aylene.

À ma meilleur ami Katia ;

À tous ma famille.

À tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation.

## Résumé

Une étude faunistique réalisée dans trois stations du nord de l'Algérie a permis de recenser 1320 individus. Parmi eux, 221 ont été trouvés dans la litière, 392 dans le bois mort et 707 dans les mousses.

Les trois groupes de Collemboles identifiés — Poduromorphes, Entomobryomorphes et Symphypléones — montrent une répartition inégale selon les habitats et les lieux d'échantillonnage. Les Poduromorphes sont majoritaires dans les mousses, avec 405 individus, soit 57 % du total, ce qui montre leur affinité avec le milieu forestier.

La biodiversité des communautés étudiées montre un certain équilibre entre les deux habitats. La dominance est proche dans la litière et les mousses, avec des valeurs moyennes de PB de 0,59 et 0,61, mais elle baisse dans le bois mort, avec une moyenne de 0,54.

En ce qui concerne la densité, les mousses contiennent le plus grand nombre d'individus, alors que la litière et le bois mort en comptent moins.

**Mots clés : collemboles, biodiversité, Yakouren.**

## Summary

A faunal study conducted in three stations in northern Algeria recorded a total of 1320 individuals. Of these, 221 were collected from litter, 392 from dead wood, and 707 from moss. The three Collembola groups identified — Poduromorphs, Entomobryomorphs, and Symphypleona — showed an uneven distribution across habitats and sampling locations.

Poduromorphs were most abundant in the moss habitat, with 405 individuals, representing 57% of the total. This suggests a strong preference for forest environments.

The biodiversity found across the studied communities indicates a general balance between the habitats. Dominance values were similar in litter and moss, with PB averages of 0.59 and 0.61, but lower in dead wood, where the PB average was 0.54.

When it comes to population density, mosses had the highest number of individuals, while both litter and dead wood had fewer.

**Keywords:** springtails, biodiversity, yakouren .

## ملخص الدراسة:

إجريت دراسة على التنوع الحيواني في ثلاث محطات بشمال الجزائر، حيث تم إحصاء 1320 فرداً من الكائنات الصغيرة. تم جمع 221 منها من التربة، و392 من الخشب الميت، و707 من الطحالب. وقد أظهرت الأنواع الثلاثة من الكوليمبولات — البودورومورف، الإنتوموبريومورف، والسيمفيليونا — تواجدًا متفاوتًا بين المواطن المختلفة ومواقع الجمع .

سُجّلت أعلى نسبة من البودورومورف في الطحالب، حيث بلغ عددها 405 أفراد، أي 57% من العدد الإجمالي، ما يدل على ارتباطها الوثيق بالبيئات الغابية .

تشير نتائج التنوع البيولوجي إلى وجود توازن نسبي بين موطنين. حيث كانت نسب الهيمنة متقاربة في التربة والطحالب (0.59 و0.61)، لكنها انخفضت في الخشب الميت إلى 0.54 .

وبخصوص الكثافة، كانت الطحالب هي الموطن الذي يحتوي على أكبر عدد من الأفراد، في حين سجلت التربة والخشب الميت كثافات أقل.

**الكلمات المفتاحية:** كولومبولا، التنوع البيولوجي، إيكورن.

## Liste des figures

### Chapitre I. Généralités sur les collemboles

Figure 1 : Morphologie générale d'un collembole arthropléone (Thibaud, 2010).....3

Figure 2 : Classification de la classe des collemboles (Thibaud, 2003) ..... 6

### Chapitre II. Matériels et méthodes

Figure 3 : Situation géographique du site d'étude de Yakouren (avec les trois stations) .....15

**Figure 4 : Station 1 (photo originale, 2025)**  
.....17

**Figure 5 : Station 2 (photo originale, 2025)**  
.....18

**Figure 6 : Station 3 (photo originale, 2025)**  
.....19

Figure 7 : Courbe des variations mensuelles des précipitations dans la région d'étude pour la période (1991-2021) .....20

Figure 8 : Humidité moyennes mensuelles en (%) de la région d'étude durant la période 1991-2021.....21

**Figure 9 : Evolution des températures moyennes maximales et minimales dans la région d'étude.....2**

2

Figure 10 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la station Météorologique de Tizi-Ouzou (1991-2021).....23

Figure 11 : Position de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger pour la période 1991-2021.....24

Figure 12. Appareil de Berlese\_ Tullgren, (Photo originale, 2025) .....27

Figure 13. Loupe bioculaire (Photo originale, 2025) .....28

Figure 14 : Tube étiquetés (Photo originale, 2025).....28

Figure 15 : différents ordres de collemboles (A : Symphypleona),(B: Entomobryomorpha).(C : Poduromorpha), (Photo originale, 2025).....29

### Chapitre III : Résultat et discussion

Figure 16 : Répartition des collemboles par ordres..... 31

Figure 17 : Distribution des collemboles par ordre et par micro-habitat..... 33

Figure 18 : Répartition des Poduromorphes au niveau de chaque micro-habitat..... 35

Figure 19 : Répartition des Entomobryomorphes au niveau de chaque micro-habitat..... 35

Figure 20 : Abondance moyenne dans les micro-habitats étudiés..... 38

Figure 21 : Diversité spécifique (H') moyenne du peuplement de collemboles dans les trois micro-habitat étudiés..... 39

Figure 22 : Dominance du peuplement des collemboles pour les trois micro-habitat étudiés.....	40
Figure 23 : Densité moyenne des collemboles (nombre d'individus / m <sup>2</sup> ) des trois-micro habitats étudiés.....	41
Figure 24 : Indices d'agrégation de Cancela Da Fonseca pour les familles de collemboles recensées.....	45

## Liste des tableaux

### Chapitre I. Généralités sur les collemboles

Tableau 1 : Nouvelle systématique des collemboles selon Bellinger et <i>al.</i> , (2005) .....	5
Tableau 2 : les collemboles d'Algérie selon Thibaud et Messoud, (1980) .....	11

### Chapitre II. Matériels et méthodes

Tableau 3 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles à Tizi-Ouzou pour la période (1991-2021) .....	20
Tableau 4 : Valeurs de l'humidité moyennes mensuelles pour la période 1991-2021 à Tizi-Ouzou .....	20
Tableau 5 : Températures moyennes mensuelles de la région d'étude pour la période 1991- 2021 .....	21
Tableau 6 : Hauteur moyennes mensuelles des précipitations et températures mensuelles moyennes (1991-2021) .....	23

### Chapitre III : Résultat et discussion

Tableau 7. Liste des espèces de collemboles identifiés par type de micro-biotope.....	30
Tableau 8. Distribution de nombre d'individus par ordre et par biotope étudié.....	33
Tableau 9. Nombre d'individus par relevé et par biotope.....	33
Tableau 10 : Paramètres descriptifs du peuplement collemboologique dans les différents habitats. ....	37
Tableau 11 : Données de tendances centrales pour les espèces.....	42
Tableau 12 : Indices d'agrégation de Cansela da Fonseca.....	44

<b>Introduction.....</b>	<b>.....</b>
<b>Chapitre I. Généralités sur les collemboles</b>	
<b>I.1. Description morphologique .....</b>	<b>3</b>
a) La tête .....	4
b) Le thorax .....	4
c) L'abdomen .....	5
<b>I.2. La classification .....</b>	<b>5</b>
<b>I.3. Reproduction .....</b>	<b>6</b>
<b>I.4. Ecologie des collemboles .....</b>	<b>7</b>
I.4.1. Distribution géographique et habitat .....	7
I.4.2. Influence des facteurs du milieu sur la vie des collemboles .....	7
I.4.2.1. Les facteurs abiotiques .....	7
I.4.2.2. Les facteurs biotiques .....	8
<b>I.5. Ecomorphoses .....</b>	<b>9</b>
<b>I.6. Rôle des collemboles dans les écosystèmes terrestres .....</b>	<b>9</b>
<b>I.7. Historique sur les collemboles d'Algérie .....</b>	<b>10</b>
<b>Chapitre II. Matériels et méthodes</b>	
<b>II.1. Situation géographique et caractéristiques des régions d'étude .....</b>	<b>15</b>
II. 1.1. Situation de la région d'étude.....	15
II. 1.2. Géologie et pédologie.....	15
II. 1.3. Hydrologie.....	16
II. 1.4. La flore.....	16
II. 1.5. La faune.....	16
<b>II.2. Caractéristiques des stations d'études .....</b>	<b>17</b>
II.2.1. Station 1.....	17
II.2.2. Station 2.....	18
II.2.3. Station 3.....	18
<b>II. 3. Cadre climatique.....</b>	<b>19</b>
II. 3.1. Précipitations.....	19
II. 3.2. Humidité .....	20
II. 3.3. Température .....	21

II. 3.4. Synthèse climatique.....	22
II. 3.4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la station d'étude .....	22
II. 3.4.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger .....	23
II. 4. Matériel et méthodes d'études .....	25
II.4.1. Méthodes d'échantillonnage .....	25
II.4.2. Paramètres physiques .....	25
II.4.3. Extraction des collemboles .....	26
II.4.4. Tri et identification .....	27
II.4.4.1. Tri .....	27
II.4.4.2. Identification .....	28
<b>Chapitre III : Résultat et discussion</b>	
III.1. Analyse globale de la faune .....	30
III.2. Distribution des collemboles sur les micro-biotopes étudiés .....	30
III.3. Répartition de la faune par ordre et par familles .....	34
III.3.1. Ordre des Poduromorphes.....	34
III.3.2. Ordre des Entomobryomorphes.....	35
III.3.3. Ordre des Symphypléones.....	36
III.4. Analyse de la structure du peuplement collembologique.....	36
III.4.1. Etude de l'abondance de la faune.....	38
III. 4.2. Etude de la diversité du peuplement.....	38
III.4.3 Etude de la dominance.....	39
III. 4.4. Etude de la densité .....	40
III. 5. Synthèse sur la structure du peuplement.....	41
III.6. Distribution spatiale des individus.....	42
III.7. Analyse statistique des peuplements collembologique.....	46

# Introduction

Les collemboles sont les plus anciens représentants des hexapodes, leur apparition remontant au Dévonien. Il y a près de 400 millions d'années. Longtemps considérés comme des insectes, ils ont été reclassés grâce aux progrès de la systématique moderne, qui s'appuie sur de nouveaux critères. Aujourd'hui, les collemboles sont distingués de la classe Insecta et élevés au rang de classe propre : Collembola. Ces minuscules organismes sont mondialement connus pour leur remarquable capacité d'adaptation à une grande diversité de milieux et de biotopes terrestres, (Brahim \_ Bounab, 2016).

Les collemboles, groupe d'hexapodes le plus diversifié dans les milieux terrestres, jouent un rôle crucial dans la fragmentation de la matière organique ainsi que dans la dissémination et le contrôle de la microflore du sol. Cependant, ils restent largement ignorés dans les avancées concernant l'étude de la biodiversité en Afrique du Nord. Ils jouent également le rôle de fragmentateurs secondaires grâce à l'action microbienne. Leurs milliers de déjections se diffusent dans les sols, libérant des nutriments organo-argileux indispensables au développement de la végétation, et donc à notre propre survie,(Brahim \_ Bounab, 2016).

Ils jouent également le rôle de fragmentateurs secondaires grâce à l'action microbienne. Leurs milliers de déjections se diffusent dans les sols, libérant des nutriments organo-argileux indispensables au développement de la végétation, et donc à notre propre survie.

Les études portant sur la connaissance des collemboles en Algérie sont peu nombreuses et généralement anciennes. Les premiers travaux dans ce domaine remontent à la fin de la seconde moitié du XIXe siècle. Parmi les pionniers, Lucas (1846 et 1849) mentionne certaines espèces dont la classification reste encore difficile à établir dans la systématique actuelle. Au début du XXe siècle, d'autres contributions notables apparaissent, notamment celle d'Absolon (1913), qui décrit une nouvelle espèce, *Acherontiella onychiuriformis* découverte dans une grotte en Algérie. Par la suite, Denis (1922, 1937) signale plusieurs espèces : *Hypogastrura purpurascens* observée le long du chemin de Talmly (Alger) ; *Protanura pseudonuscorum*, *Entomobrya nicoletti* et *Orchesella pseudoluteala* dans les gorges de la Chiffa, ainsi que *Onychiurus soccadyi* et *Heteromurus peyerimhoffi* à Tessereft et Icetcifène, dans le Djurdjura central. Les travaux d'Handschin (1926), Delamare-Deboutteville (1954) et Murphy (1958) ont considérablement enrichi nos connaissances sur la faune des collemboles en Algérie. Handschin a décrit des collemboles provenant des marais algériens, tandis que Delamare-Deboutteville

étudié les collemboles marins des zones sableuses littorales. Murphy, quant à lui, a identifié une nouvelle espèce de collemboles en Algérie. Ces recherches ont permis d'approfondir la compréhension de la diversité et de la distribution des collemboles dans cette région.

Dans la seconde moitié du siècle dernier, les recherches les plus approfondies sur les coléoptères d'Algérie ont été menées par Cassagnau (1963) dans la région de Bône (actuelle Annaba). L'auteur y établit une liste de 30 espèces de collemboles, dont 21 sont nouvelles pour l'Afrique du Nord et 2 inédites pour la science. Plus tard, en 1974, Jacquemart décrit quatre espèces appartenant aux genre *Seira* et *Mesentotoma* dans le Sahara algérien. La même année, Stomp étudie des coléoptères cavernicoles provenant des grottes glaciaires du Djurdjura.

Plus récemment, les travaux de Hamra Kroua (2005), Aït Mouloud (2006), Leblalta (2009), Ait Mouloud (2011), Bounoua (2012) et Djennoune & Ouassa (2013) ont relancé l'intérêt pour l'étude de la biodiversité des collemboles en Algérie. Leurs recherches ont apporté une contribution significative à la connaissance de la taxonomie, de l'écologie et de la biogéographie de ces espèces dans la région nord-est du pays.

L'objectif de notre travail est de contribuer à l'enrichissement de l'inventaire de la faune des collemboles dans la forêt de Yakouren. Le présent travail rentre dans le cadre des thèmes de recherche développés au niveau du laboratoire Ressources Naturelles. Il constitue une contribution à la connaissance de la faune collembologique locale du site de Yakouren. Il s'inscrit dans la continuité des efforts déjà engagés en vue d'une meilleure compréhension de la diversité des collemboles à l'échelle nationale.

L'étude se conclut par une conclusion et des perspectives.

# **Matériels et méthodes**

## II.1. Situation géographique et caractéristiques des régions d'étude

### II. 1.1. Situation de la région d'étude

Le site de Yakouren est situé dans la forêt d'Ath Ghobri, à environ 46 kilomètres à l'est de la ville de Tizi Ouzou. Aux coordonnées géographiques 36° 45'6 de latitude Nord et 4° 23'19 de longitude Est. Cette forêt se trouve entre les communes d'Azazga et de Yakouren. Elle couvre une superficie de 5705 hectares avec une altitude variant de 280 mètres au niveau de Tizi Bouchen jusqu'à 1340 mètres au sommet du Djebel Afroun, (Djenoune, 2019). Notre étude a été réalisée au niveau de trois stations de Yakouren avec des périodes différentes (station 1, station 2 et station 3), (Figure 03).



Figure 3 : Situation géographique du site d'étude de Yakouren (avec les trois stations):(Google Maps).

### II. 1.2. Géologie et pédologie

La forêt d'Ath Ghobri repose sur un substrat géologique composé de grès numidiens

(Messaoudène *et al.*, 2008). Les sols qui s'y développent sont principalement des sols lessivés, présentant par endroits une acidité marquée. Ces sols ont une texture limono-sableuse en surface, qui évolue vers une texture argileuse au niveau de l'horizon illuvial. En ce qui concerne les sols humiques, leur texture est argileuse en surface et devient limono-argileuse en profondeur (Ferrahi, 1994, cité dans Messaoudène *et al.*, 2008).

### II. 1.3. Hydrologie

La région est traversée par un important réseau hydrographique permanent, dominé par l'oued Ighzer Aboud, qui reçoit les eaux de plusieurs ruisseaux, (Aitboudrare et Blibek, 1998 in Ramdini ; Redouani, 2017). Elle se distingue également par la présence de fontaines à débit constant tout au long de l'année, ainsi que par un réseau étendu de cours d'eau souterrains.

### II. 1.4. La flore

La forêt d'Ath Ghobri se présente généralement sous forme de futaie dense, avec un sous-bois peu développé, voire parfois inexistant. Elle se compose essentiellement de trois strates. La strate arborescente est dominée par trois espèces de chêne : *Quercus suber*, *Quercus canariensis* et *Quercus afares*, dont la répartition dépend de l'altitude, de l'exposition et de la nature du sol (Rahmani, 2012). La strate arbustive, quant à elle, est la plus abondante et présente une grande diversité. Sa hauteur varie généralement entre 1 et 5 mètres. Parmi les principales espèces présentes on retrouve la bruyère arborescente (*Erica arborea*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), le genêt (*Rubus ulnifolius*), le cytise (*Cytisus triflorus*), ainsi que la phyllaie (*Phillyrea angustifolia*). Ces espèces ont également été mentionnées dans d'autres travaux antérieurs (Amroun *et al.*, 2008 ; Messaoudène et Mezani, 2000).

La strate herbacée est constituée de plantes dont la hauteur n'excède pas 1 mètre. Parmi les espèces recensées par Messaoudène et Mezani (2000), on peut citer le panicaut à trois épines (*Eryngium tricuspdatum*), la violette des bois (*Viola silvestris*) ainsi que le garou (*Daphne gnidium*).

### II. 1.5. La faune

La forêt d'Ath Ghobri abrite une faune riche et diversifiée, composée principalement d'insectes, d'oiseaux et de mammifères. En Kabylie, plusieurs espèces d'oiseaux ont été recensées, dont la majorité est sédentaire. Parmi elles, on peut citer le pouillot véloce

(*Phylloscopus collybita*), le merle noir (*Turdus merula*), le pinson des arbres (*Fringilla coelebs*) et la mésange noire (*Parus ater*), (Moali, 1999).

Concernant les mammifères, on retrouve notamment la mangouste d'Égypte (*Herpestes ichneumon*), la genette (*Genetta genetta*), le chacal doré (*Canis aureus*), le singe magot (*Macaca sylvanus*) et le sanglier (*Sus scrofa*).

En ce qui concerne les invertébrés, les groupes les plus représentés sont les insectes, les gastéropodes et les arachnides, (Chekroune et Mahouche, 1994).

## II.2. Caractéristiques des stations d'études

### II.2.1. Station 1

Cette station est située à la latitude 36°44,638' Nord et à la longitude 4°26,058' Est, à une altitude de 760 mètres. Elle se caractérise par une forêt dominée par le chêne zéen (*Quercus canariensis*). Le cortège floristique y est presque inexistant, principalement en raison de la forte pression anthropique liée à la proximité touristique. On y observe néanmoins, en faible quantité, la présence de certaines espèces comme le lierre grimpant (*Hedera helix*), (Figure 4).



Figure 4 : Station 1 (photo originale, 2025).

### II.2.2. Station 2

Cette station, située à la latitude 36°43,645' Nord et à la longitude 4° 27,318' Est, à une altitude de 800 mètres. se caractérise par une forêt ouverte à végétation dense. Elle est principalement dominée par une strate arbustive bien développée. La formation végétale est largement dominée par deux espèces majeures de chêne : le chêne liège (*Quercus suber*), qui est l'espèce dominante, et le chêne zéen (*Quercus canariensis*). En plus de ces essences principales, la flore accompagnante est composée de plusieurs espèces, parmi lesquelles : *Rubus ulmifolius*, *Cistus salviifolius*, *Crataegus monogyna*, *Juniperus sp.*, *Erica arborea* et *Calicotome spinosas*, (Figure 5).

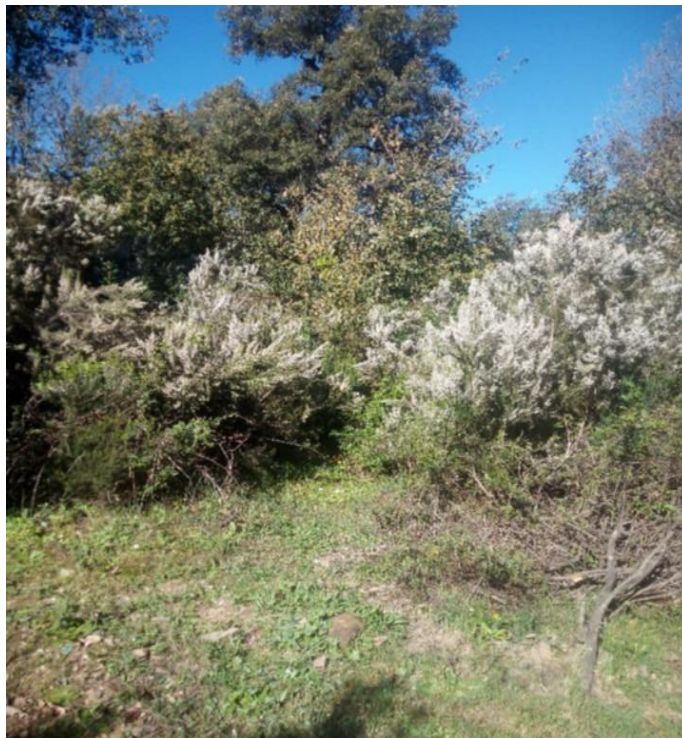


Figure 5 : Station 2 (photo originale, 2025).

### II.2.3. Station 3

Cette station se situe à une latitude de 36°44,095' Nord et une longitude de 4°28,653' Est, à une altitude de 844 mètres. Elle se caractérise par une forêt ouverte dominée par *Erica arborea*. Également connue sous le nom de bruyère arborescente, cette espèce typique des milieux

méditerranéens, se présente sous forme d'arbuste.

Le cortège floristique qui accompagne cette formation est composée principalement du : chêne zéen (*Quercus canariensis*) et du chêne-liège (*Quercus suber*). On y observe également d'autres espèces végétales telles que *Cytisus salvilius*, *Calicotome spinosa*, *Dittrichia viscosa*, *Daphne gnidiuim*, *Arbutus unedo*, *Cistus solvifolius*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Genista tricuspidata* et *Rubus ulnfolius*, (Figure 6).



Figure 6 : Station 3 (photo originale, 2025).

## II. 3. Cadre climatique

### II. 3.1. Précipitations

Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région d'étude durant la période (1991-2021) sont représentées dans le tableau 3 et illustrée dans la figure 7.

L'observation du tableau 3 et de la figure 7 permet de distinguer deux périodes climatiques distinctes. La première est une saison pluvieuse qui s'étend d'octobre à avril avec un pic de précipitations enregistré en décembre et janvier, atteignant respectivement 114 mm et 115 mm. La seconde correspond à une saison sèche, allant de mai à septembre, caractérisée par des précipitations très faibles.

Les mois les plus secs sont juin, juillet et août, avec des cumuls respectifs de 12 mm, 3

mm et 9 mm.

Tableau 3 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles à Tizi-Ouzou pour la période (1991-2021). [https://fr.climate\\_data.org/info/sources/](https://fr.climate_data.org/info/sources/)

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
P(mm)	115	94	90	82	61	12	3	9	40	64	107	114

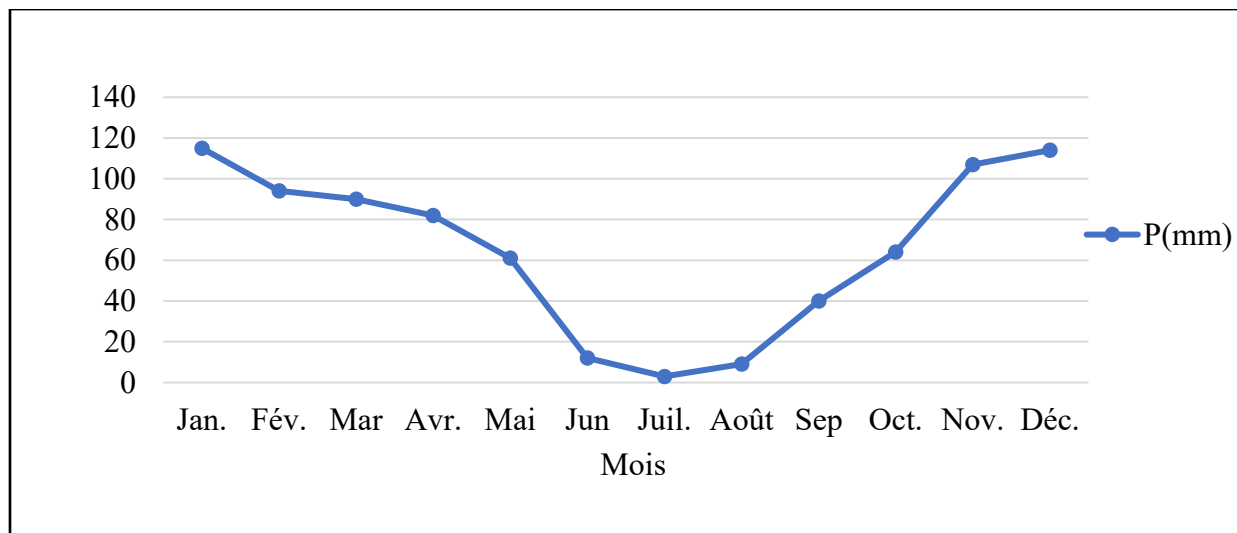


Figure 7 : Courbe des variations mensuelles des précipitations dans la région d'étude pour la période (1991-2021).

### II. 3..2. Humidité

Les valeurs de l'humidité moyennes mensuelles enregistrées dans la région d'étude sont représentées dans le tableau 5 et la figure 8 durant la période 1991-2021.

D'après le tableau 4 et la figure 8, on remarque que les mois de janvier et de décembre sont les plus humides, avec des taux d'humidité de 78 % et 77 %.

En revanche, les mois de juillet et août sont les moins humides avec seulement 51 % et 52 % d'humidité.

Tableau 4 : Valeurs de l'humidité moyennes mensuelles pour la période 1991-2021 à Tizi-Ouzou. [https://fr.climate\\_data.org/info/sources/](https://fr.climate_data.org/info/sources/)

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
H%	78%	76%	75%	73%	71%	59%	51%	52%	62%	65%	74%	77%

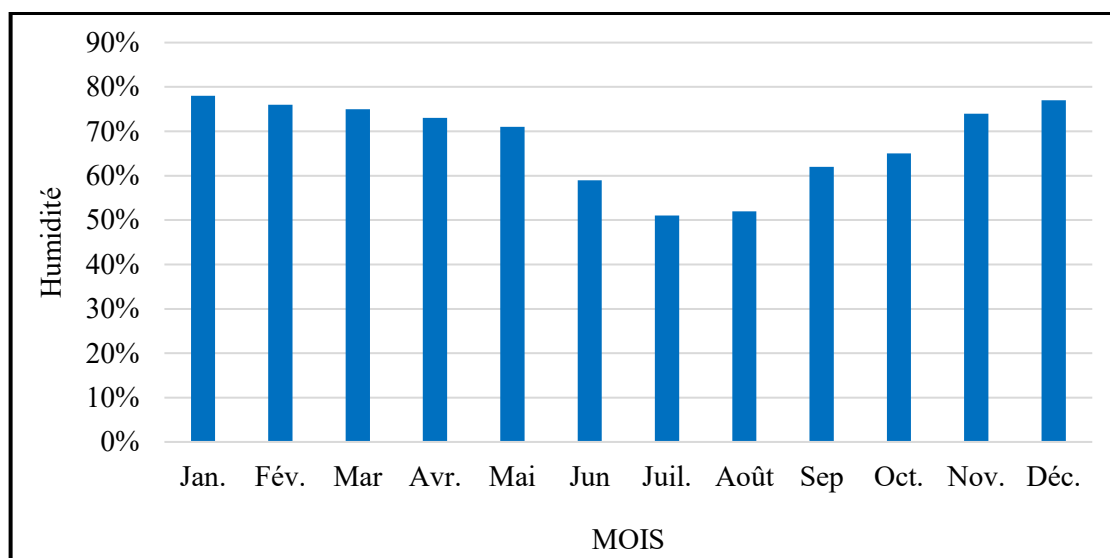


Figure 8 : Humidité moyennes mensuelles en (%) de la région d'étude durant la période 1991-2021.

### II. 3.3. Température

Les moyennes mensuelles de la température maximale (TM), de la température minimale (Tm) et des températures moyennes (T) enregistrées dans la région d'étude durant la période 1991-2021 sont représentées dans le tableau 5 et la figure 9.

D'après l'analyse du tableau 5 et de la figure 9, on remarque que la température moyenne mensuelle est la plus élevée en août avec 26.75 °C.

Ensuite, elle baisse progressivement pour atteindre son minimum en janvier avec 9.15 °C. Les températures moyennes les plus hautes sont enregistrées en été, notamment en août avec 32.9 °C. Les températures moyennes les plus basses sont notées en hiver en janvier avec 4.5 °C.

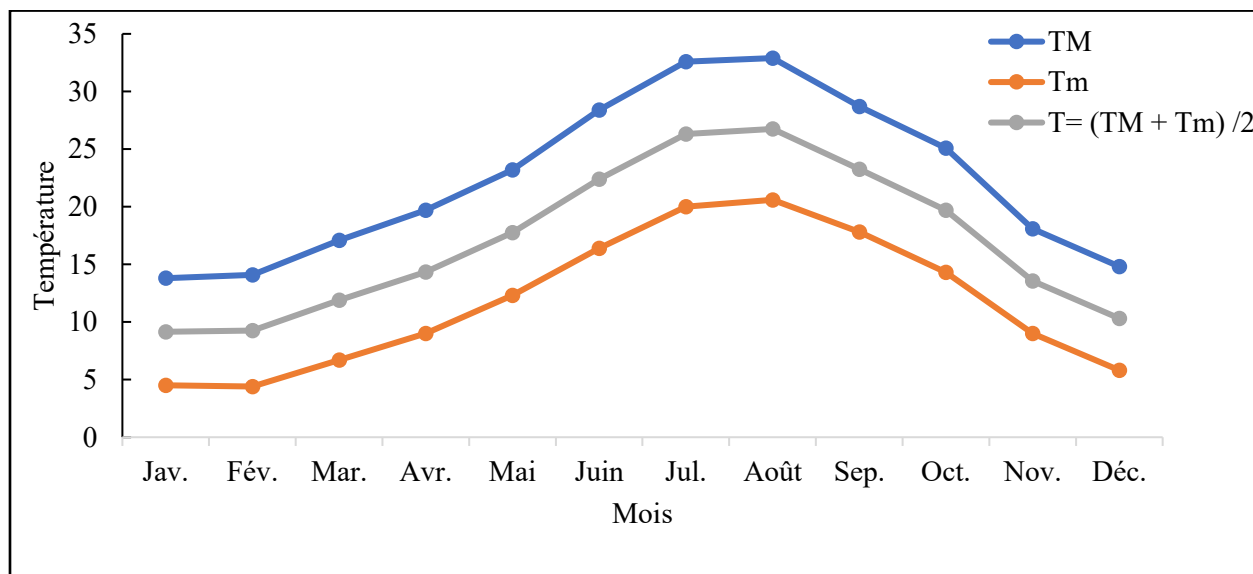
Tableau 5 : Températures moyennes mensuelles de la région d'étude pour la période 1991- 2021. [https://fr.climate\\_data.org/info/sources/](https://fr.climate_data.org/info/sources/)

Mois \ T (c)	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
TM	13.8	14.1	17.1	19.7	23.2	28.4	32.6	32.9	28.7	25.1	18.1	14.8
Tm	4.5	4.4	6.7	9	12.3	16.4	20	20.6	17.8	14.3	9	5.8
T= (TM + Tm) /2	9.15	9.25	11.9	14.35	17.75	22.4	26.3	26.75	23.25	19.7	13.55	10.3

TM : moyenne mensuelle des températures maximales.

Tm : moyenne mensuelle des températures minimales.

$T = (TM + Tm) / 2$  : température moyenne mensuelle.



**Figure 9 : Evolution des températures moyennes maximales et minimales dans la région d'étude.**

## II. 3.4. Synthèse climatique

### II. 3.4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la station d'étude

Pour montrer la saison sèche, on a utilisé le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1953).

D'après cette méthode, un mois est considéré comme sec quand la quantité de pluie (en mm) est inférieure ou égale au double de la température moyenne du mois.

La température moyenne mensuelle est calculée en faisant la moyenne entre la température maximale (TM) et la température minimale (Tm), soit :  $T = (TM + Tm) / 2$ . Donc, un mois est sec : si  $P \leq 2T$ , où P est la quantité de précipitations du mois.

Les points d'intersection des courbes pluviométrique et thermique délimitent ainsi la durée de la saison sèche lorsque  $P < 2T$  l'autre partie correspondant à la saison humide, (Tableau 6 et Figure 10).

Tableau 6 : Hauteur moyennes mensuelles des précipitations et températures mensuelles moyennes (1991-2021).

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Jun	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
P(mm)	115	94	90	82	61	12	3	9	40	64	107	114
T moy (C°)	9.15	9.25	11.9	14.35	17.75	22.4	26.3	26.75	23.25	19.7	13.55	10.3

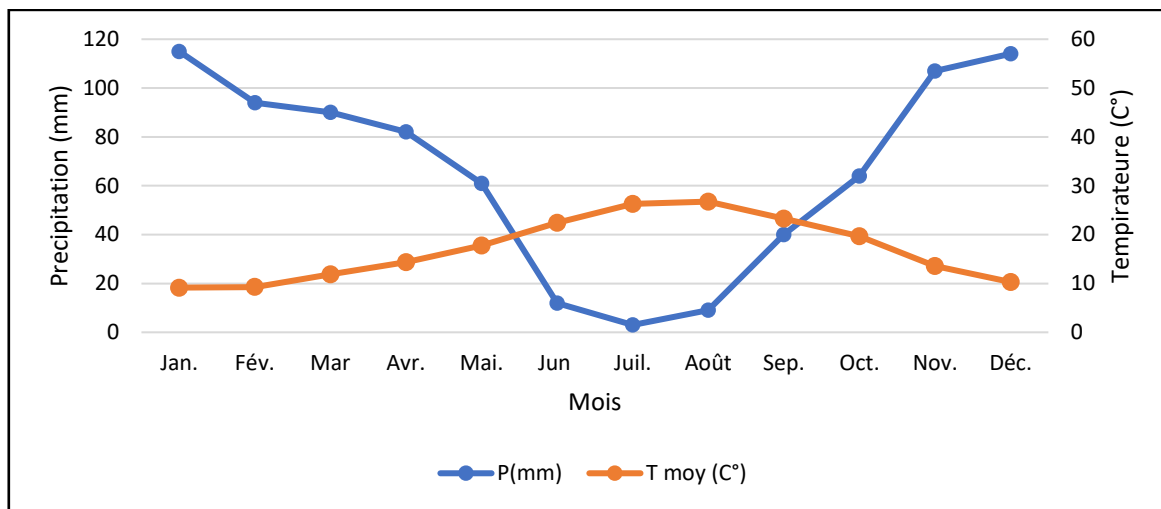


Figure 10 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la station météorologique de Tizi-Ouzou (1991-2021).

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région étudiée montre qu'il y a une période sèche qui dure environ trois mois, de la mi-mai jusqu'à septembre.

On observe aussi deux périodes humides, la première va de janvier jusqu'à la mi-mai et la deuxième commence en début septembre et se prolonge jusqu'à la fin décembre.

On remarque donc que la période humide est assez longue dans cette région.

### II. 3.4.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Emberger (1955) et Stewart (1969) ont élaboré un graphique, appelé climagramme, qui permet de situer les régions étudiées dans l'étage bioclimatique correspondant.

Pour évaluer l'étage bioclimatique de la région d'étude, nous avons calculé le quotient

pluviothermique d'Emberger en appliquant la formule proposée par Stewart (1969).

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

- $Q_2$  : quotient pluviothermique d'Emberger (mm/an)
- $P$  : précipitations annuelles (mm).
- $M$  : Température moyenne du mois le plus chaud ( $^{\circ}\text{K}$ ).
- $m$  : Température du mois le plus froid ( $^{\circ}\text{K}$ ).
- Pour la station d'étude nous avons :
- $P$  : 791 mm : précipitation annuelle en mm ;
- $M$  :  $32,9^{\circ}\text{C}$  : moyenne des maxima du mois le plus chaud ;
- $m$  :  $4,4^{\circ}\text{C}$  : moyenne des minima du mois le plus froid.
- Le  $Q_2$  calculé est de : 95,11.

Cette valeur est rapportée dans le climagramme d'Emberger, montre que cette dernière se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux.

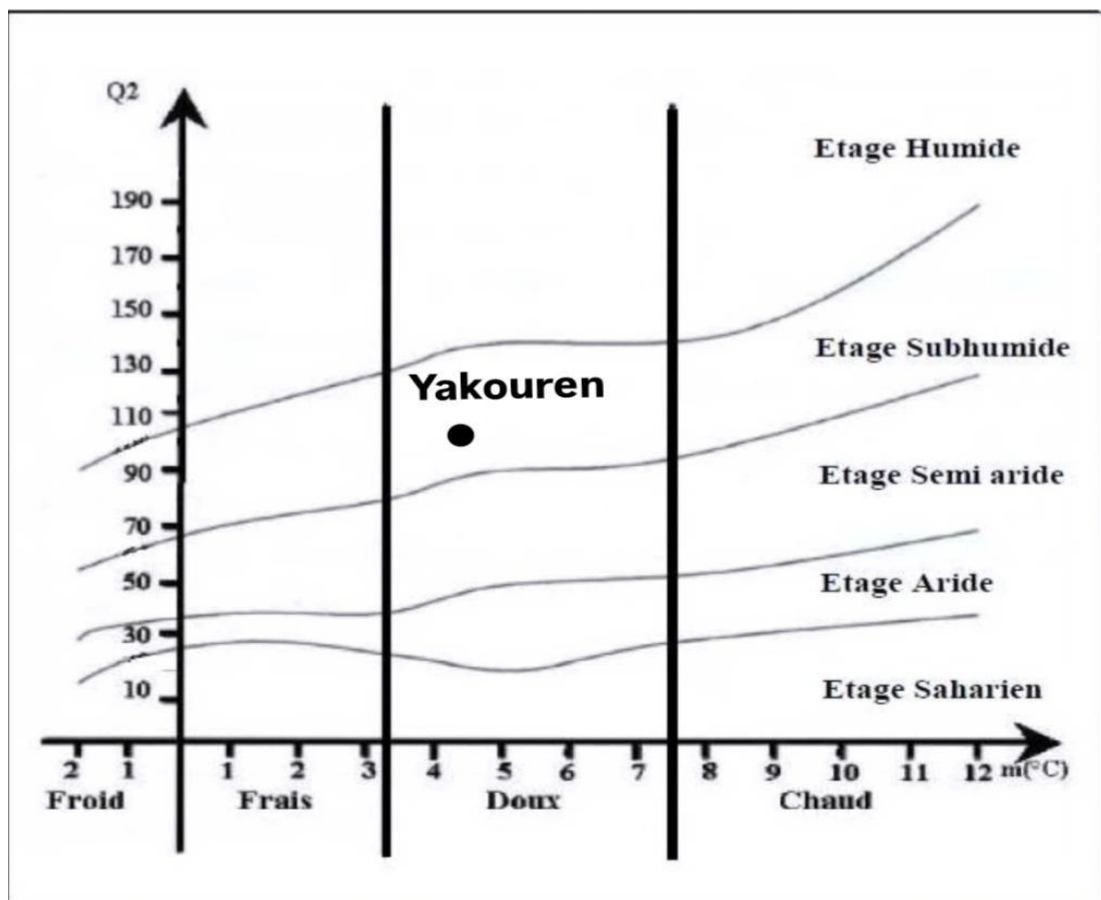


Figure 11 : Position de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger pour la période 1991-2021.

## II. 4. Matériel et méthodes d'études

### II. 4.1. Méthodes d'échantillonnage

Nos sorties sur le terrain, réalisées entre janvier et avril 2025 sur les trois sites de Yakouren, ont permis d'effectuer 90 prélèvements.

La collecte des échantillons s'est faite manuellement par échantillonnage à une profondeur de 10 cm. Les prélèvements ont été réalisés dans différentes micro-habitats : la litière, la mousse et le bois mort.

Les échantillons récoltés ont été placés dans des sachets en plastique étiquetés, portant toutes les coordonnées de la station de prélèvement.

Les sachets sont soigneusement fermés afin de conserver un taux d'humidité constant et de préserver la structure du substrat jusqu'à leur extraction et leur analyse au laboratoire.

### II.4.2. Paramètres physiques

Pour chaque relevé, quatre variables environnementales jugées les plus pertinentes ont été retenues : les coordonnées géographiques (mesurées par GPS), le type de biotope, la température (°C) et l'altitude (m).

La **température** est un facteur limitant majeur pour la faune du sol. Elle régule l'ensemble des activités biologiques et conditionne la répartition des espèces dans la biosphère. Chaque espèce possède une plage thermique préférentielle, et les variations de température peuvent entraîner des migrations verticales de la faune (Ramade, 1984 ; Leveque, 2001).

L'**eau** constitue également un facteur essentiel. Un excès ou un déficit hydrique peut être préjudiciable aux organismes, provoquant respectivement des phénomènes d'endosmose ou de dessiccation (Bachelier, 1978).

Les **coordonnées géographiques** et l'**altitude** sont relevées au moment du prélèvement à l'aide d'un GPS. En laboratoire, chaque échantillon est d'abord pesé à l'état frais (poids humide

: PH), puis après **dessiccation** (environ 15 jours), il est de nouveau pesé (poids sec : PS). Le **teneur en eau (H%)** est ensuite calculée par la formule suivante :

$$\text{TH} = (\text{AH} / \text{PH}) \times 100.$$

Cela permet de connaître le pourcentage d'eau présent dans l'échantillon au moment de la récolte.

### II. 4.3. Extraction des collemboles

Les échantillons prélevés sont traités au sein du laboratoire. Plusieurs méthodes d'extraction des collemboles et autres microarthropodes peuvent être utilisées, notamment l'extraction à sec, le lavage, l'extraction par voie humide, ainsi que la méthode du film graisseux (Ducarm, 1973 ; Conçoção de Fonseca & Vanin, 1994, cités par Hamra Kroua, 2005).

Dans la présente étude, nous avons utilisé la méthode d'extraction par voie sèche, également connue sous le nom de méthode de Berlese-Tullgren (Figure 13).

Il s'agit d'une méthode dynamique permettant la récolte des microarthropodes.

Le dispositif, simple dans sa conception, est composé d'un tamis à mailles larges (4 mm), placé à l'ouverture d'un entonnoir de 27 cm de diamètre – l'embout de l'entonnoir est inséré dans un pilulier de récolte contenant de l'alcool à 75°.

Chaque échantillon est conservé à l'abri puis laissé à l'air libre jusqu'à dessèchement complet. Ce processus de dessiccation incite les microarthropodes à fuir vers le bas, où ils tombent dans le pilulier contenant l'alcool.

Il est recommandé d'ajouter périodiquement les piluliers afin de s'assurer que les individus tombants récemment soient préservés immédiatement ; cela permet d'éviter leur dessèchement ou par conséquent la détérioration de certains spécimens.

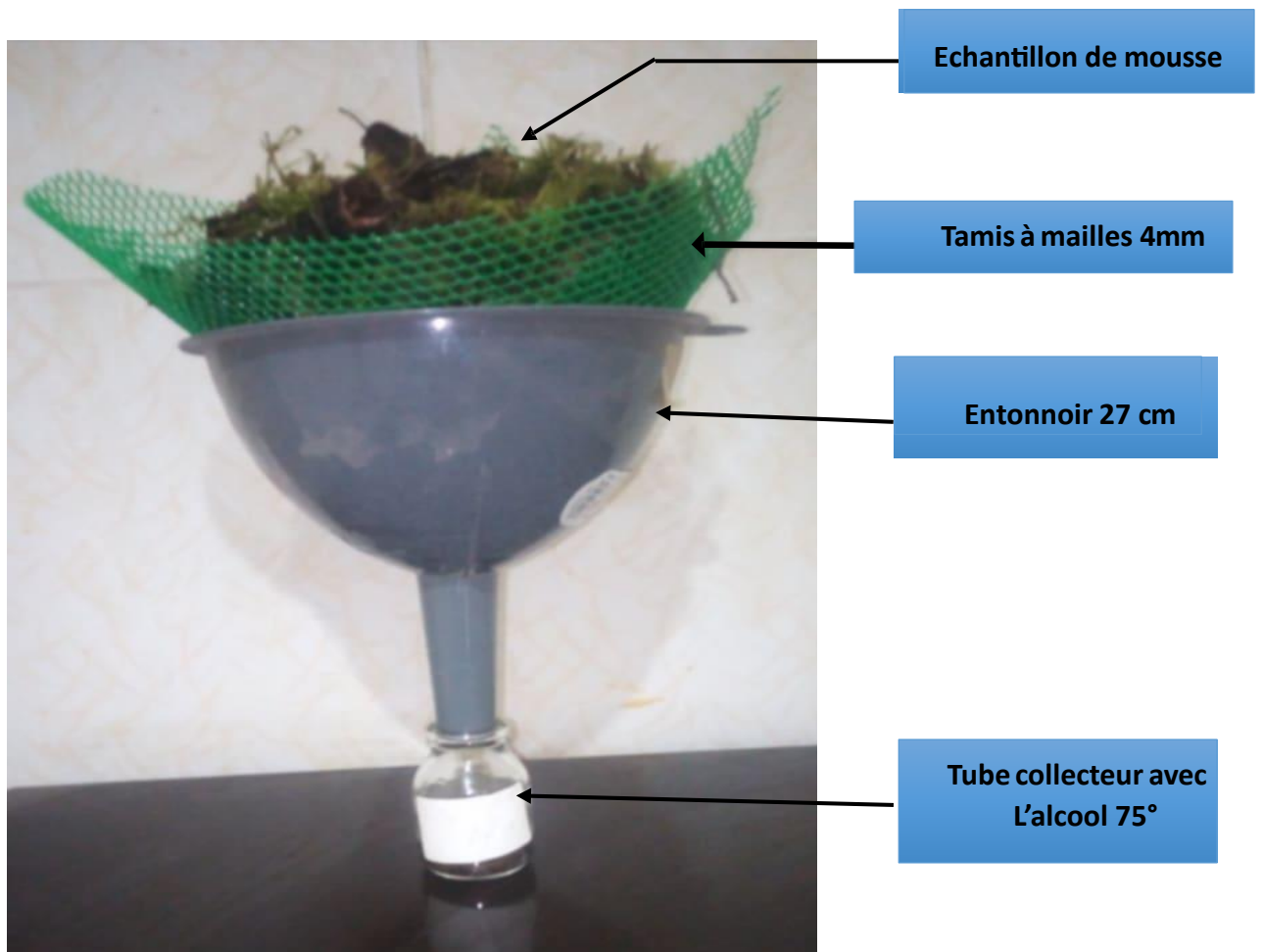


Figure 12 : Appareil de Berlese-Tullgren, (Photo originale, 2025).

## II. 4.4. Tri et identification

### II. 4.4.1. Tri

Les collemboles extraits d'un échantillon sont déposés dans une boîte de Pétri en vue du tri. Cette opération s'effectue à l'aide d'une loupe binoculaire, avec un grossissement suffisant pour distinguer les collemboles des autres groupes faunistiques tels que les acariens, les araignées, les pseudoscorpions, ainsi que les larves et adultes de petits insectes. Les collemboles sont ensuite récupérés à l'aide d'un pinceau, (Figure 13).

Les collemboles prélevés dans chaque échantillon sont placés dans un pilulier contenant de l'alcool à 75° puis étiquetés avec le numéro du relevé, la date et le lieu de prélèvement, (Figure 14).



Figure 13 : Loupe binoculaire

(Photo originale. 2025)



Figure 14 : Tube étiquetés

(Photo originale. 2025).

#### II. 4.4.2. Identification

L'identification des collemboles jusqu'au niveau de l'ordre et de la famille, (Figure 15) a été réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire, en s'appuyant sur une clé d'identification de référence (Jordana et Arbea, 1989) et d'un site web : [www.collembola.org](http://www.collembola.org), qui décrit les principaux caractères morphologiques distinctifs de ces microarthropodes. En revanche, l'identification au niveau spécifique s'avère plus complexe, car elle requiert l'observation de structures très fines telles que les pièces buccales ou l'agencement des soies antennaires. Pour cela, des préparations microscopiques sont nécessaires, impliquant le montage des spécimens entre lame et lamelle pour une observation détaillée au microscope optique.

Nous avons identifié seulement 12 prélèvements pour chaque micro-habitats (12 prélèvements pour la litière, 12 prélèvements pour les bois morts et 12 prélèvements pour les mousses).



(A)



(B)



(C)



(C)

Figure 15 : différents ordres de collembolés (A : Symphypleona), (B : Entomobryomorpha), (C : Poduomorpha), (Photo originale, 2025).

# **Résultats et discussions**

## Chapitre III. Résultats et discussions

## III.1. Analyse globale de la faune

Lors de ce travail, nous avons récolté 1320 collemboles répartis en 6 familles et 02 sous-famille, 3 ordres. Le tableau 7, ci-dessous, présente la liste des familles récoltées et leur répartition dans les micro-habitats.

Tableau 7 : Liste des familles et des super familles de collemboles identifiés par type de micro-biotope.

Familles	Types de micro-biotopes			
	Litière	bois mort	Mousse	Total
<b>I. PODUROMORPHA Börner, 1913</b>				
1.-Hypogastruridae Börner, 1913 sensu Deharveng, 2004	17	73	173	263
2.-Neanuridae Börner, 1901 sensu D'Haese, 2002				
a.- Sous-famille : Neanurinae Börner, 1901	11	32	22	65
b.-Sous-famille: Pseudachorutinae Börner, 1906	7	59	207	273
3.- Onychiuridae Börner, 1913	9	23	3	35
4.-Odontellidae Massoud, 1967	15	0	0	15
<b>II. ENTOMOBRYOMORPHA Börner, 1913</b>				
1.- Isotomidae Börner, 1913	94	133	100	327
2.- Entomobryidae Tömösvary, 1882	63	66	165	294
3.-Tomoceridae Schäffer, 1896	0	3	3	6
<b>III. SYMPHYPLEONA Börner, 1901</b>	5	3	34	42
<b>Total individus</b>	221	392	707	1320

## III.2. Distribution des collemboles sur les micro-biotopes étudiés

Lors de notre étude, trois types de milieu ont été prospectés : **la litière, le bois mort et les mousses (12 échantillons pour chaque milieu)**, à travers un total de 03 stations d'échantillonnage. Le tableau 7 ci-dessus présente la répartition des individus de collemboles recensés selon les familles et les milieux échantillonnés. L'analyse des données met en évidence une **abondance plus marquée dans les mousses, qui totalisent 707 individus**, suivies par le **bois mort avec 392 individus**, et enfin la **litière, qui enregistre 221 individus**.

Au total, **1 320 individus** ont été récoltés et répartis comme suit : **651 Poduromorphes** (soit **49,3 %**), **627 Entomobryomorphes** (**47,5 %**), et **42 Symphypléones** (**3,2 %**) comme le montre la figure 16 ci-dessous. Ces proportions révèlent une **représentation équilibrée entre Poduromorphes et Entomobryomorphes**, bien que légèrement en faveur des premiers, ce qui contraste avec les résultats classiques de milieux strictement forestiers où les Entomobryomorphes sont généralement dominants.

La **dominance des collemboles dans les mousses** suggère que ce micro habitat, par sa structure complexe, sa capacité à retenir l'humidité et sa richesse en micro-organismes, offre des conditions particulièrement favorables au développement de ces arthropodes du sol. À l'opposé, la **litière**, bien que souvent riche en matière organique, semble moins favorable en termes d'abondance globale, mais abrite certaines familles spécialisées comme **Odontellidae**, absente des deux autres biotopes.

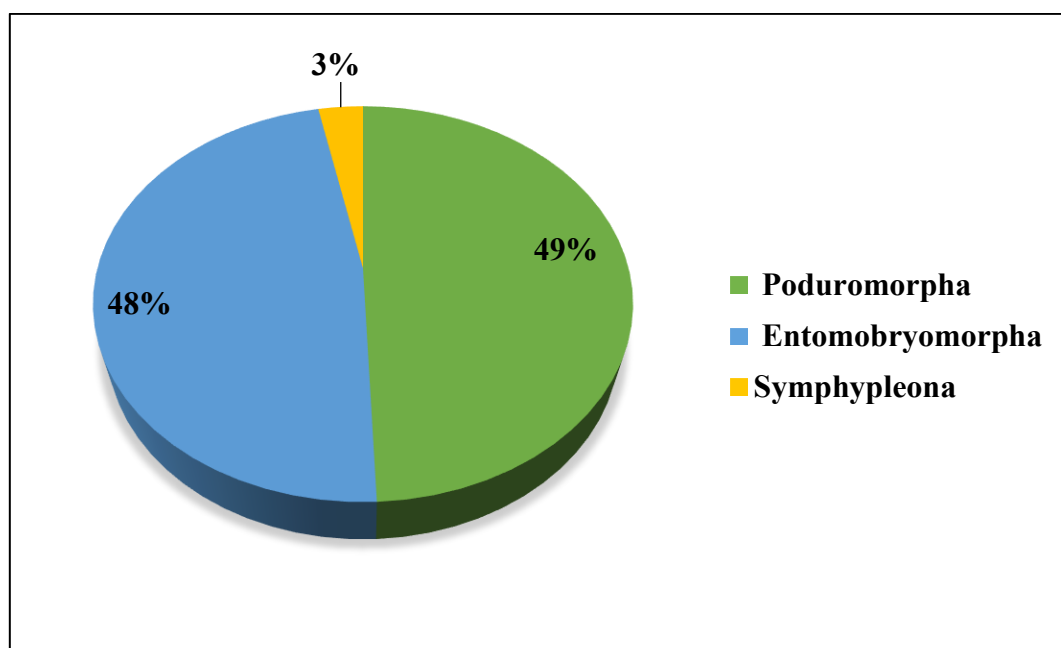


Figure 16 : Répartition des collemboles par ordres.

La répartition des collemboles, présentée dans les tableaux 8 et 9 ainsi que dans la figure 17, met en évidence une distribution caractéristique selon les biotopes étudiés.

Une nette dominance des Poduromorpha est observée dans l'habitat des mousses, avec une moyenne de 405 individus par relevé. En revanche, leur présence est beaucoup plus faible dans la litière (59 individus/relevé) et dans le bois mort (157 individus/relevé).

Les Entomobryomorpha sont également bien représentés dans les mousses, avec 258 individus en moyenne par relevé, mais leur abondance reste limitée dans les autres microhabitats. Quant aux symphypleona, ils sont faiblement représentés dans la litière et bois mort avec 34 individus / relevé dans les mousses.

En plus des abondances totales, le calcul du nombre moyen d'individus par relevé pour chaque ordre et chaque type de biotope permet d'évaluer la densité relative des collemboles selon les micro habitats. Le tableau 9 présente ces valeurs.

Ces données confirment la forte affinité des Poduromorphes pour les mousses, où leur densité atteint en moyenne 33,75 individus par relevé, soit plus de six fois leur densité dans la litière (4,92 ind./relevé). Ce résultat suggère que les Poduromorphes sont particulièrement bien adaptés aux microconditions des mousses, notamment à leur forte capacité de rétention d'eau et à leur richesse en microflore (Glime, 2007 ; Hågvar, 2010).

Les Entomobryomorphes, quant à eux, présentent des densités relativement homogènes entre les différents types de substrats, avec une légère dominance dans le bois mort (16,83 ind./relevé) et les mousses (22,33 ind./relevé), traduisant une plasticité écologique plus marquée. Leur capacité à coloniser divers microhabitats pourrait s'expliquer par leur comportement plus actif et leur adaptation aux couches superficielles du sol et de la végétation (Hopkin, 1997).

Enfin, les Symphypléones montrent une nette préférence pour les mousses, avec une densité de 2,83 individus par relevé, contre moins de 0,5 dans la litière et le bois mort. Leur faible présence globale, combinée à cette affinité marquée, indique une forte spécialisation écologique pour les environnements très humides et structurés.

Ces résultats soulignent l'importance des mousses comme micro habitat clé pour les collemboles dans la forêt de Yakouren. En plus de leur abondance globale, c'est leur capacité à soutenir des densités élevées de populations qui les positionne comme élément structurant de la faune édaphique locale.

Tableau 8. Distribution du nombre d'individus par ordre et par biotope étudié

Ordres	Litière	bois mort	Mousse
Poduromorpha	59	187	405
Entomobryomorpha	157	202	268
Symphyleona	5	3	34

Tableau 9. Nombre moyenne d'individus par relevé et par biotope.

Ordres	Nombre d'individus / relevé		
	Litière	bois mort	Mousse
Poduromorpha	4,92	15,58	33,75
Entomobryomorpha	13,08	16,83	22,33
Symphyleona	0,42	0,25	2,83

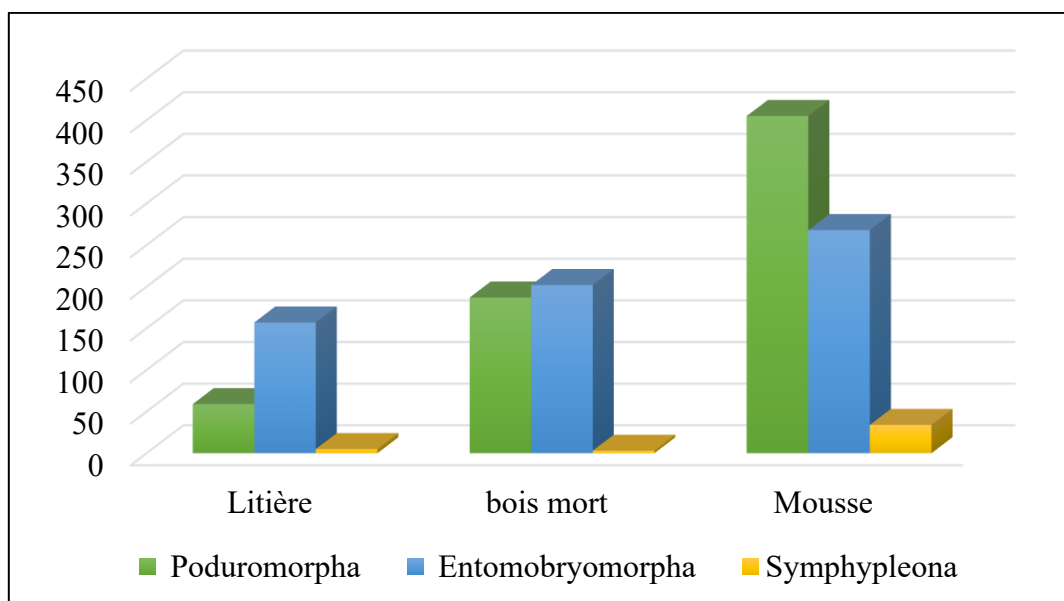


Figure 17 : Distribution des collemboles par ordre et par micro-habitat.

### III.3. Répartition de la faune par ordre et par familles

#### III.3.1. Ordre des Poduromorphes

L'ordre des **Poduromorphes** est le plus abondant, avec un total de 651 individus, représentant 49,31 % de l'ensemble de la faune recensée. Il est composé de quatre familles et de deux sous-familles (Figure 18).

Les Poduromorphes sont particulièrement nombreux dans l'habitat des mousses, un milieu caractérisé par une humidité stable. Des travaux antérieurs, notamment ceux de Hamra Kroua (2005) et Brahim Bounab (2016), ont également mis en évidence une grande diversité de Poduromorpha, principalement dans la litière et surtout dans les mousses.

➤ **Famille des Hypogastruridae :**

Elle est représentée par 263 individus, soit 40,40 % de la population totale.

➤ **Famille des Neanuridae** est représenté par deux sous familles :

• **Sous-famille des Neanurinae :**

Elle compte 65 individus, ce qui correspond à 9,98 %.

• **Sous-famille des Pseudachorutinae :**

Elle est représentée par 273 individus, soit 41,93 %.

➤ **Famille des Onychiuridae :**

Elle comprend 35 individus, représentant 5,37 %.

➤ **Famille des Odontellidae :**

Elle est représentée par 15 individus, soit 2,30 %.

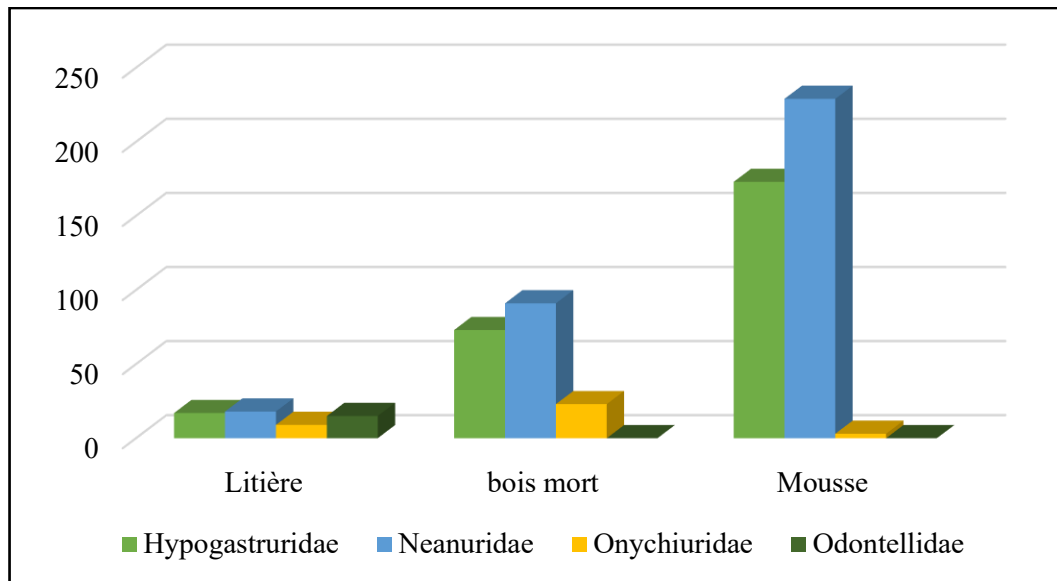


Figure 18 : Répartition des Poduromorphes par famille au niveau de chaque microhabitat.

### III.3.2. Ordre des Entomobryomorphes

Elle est représentée par 627 individus, soit 47,5 % de la faune totale (Figure 19). Les individus de ce groupe présentent une répartition hétérogène selon les différents biotopes (Ait Mouloud, 2011). Selon Hamra Kroua (2005), bien que les Entomobryomorpha soient abondants dans la litière, leur diversité reste faible.

➤ **Famille des Isotomidae :**

Elle est représentée par 327 individus, soit 52,15 % de l'ensemble.

➤ **Famille des Entomobryidae :**

Avec 294 individus, cette famille représente 46,88 %. Elle est principalement présente au niveau du sol, ce qui suggère une préférence pour des milieux à faible humidité (Ait Mouloud, 2011).

➤ **Famille des Tomoceridae :**

Elle est représentée par 6 individus, soit seulement 0,95 %.

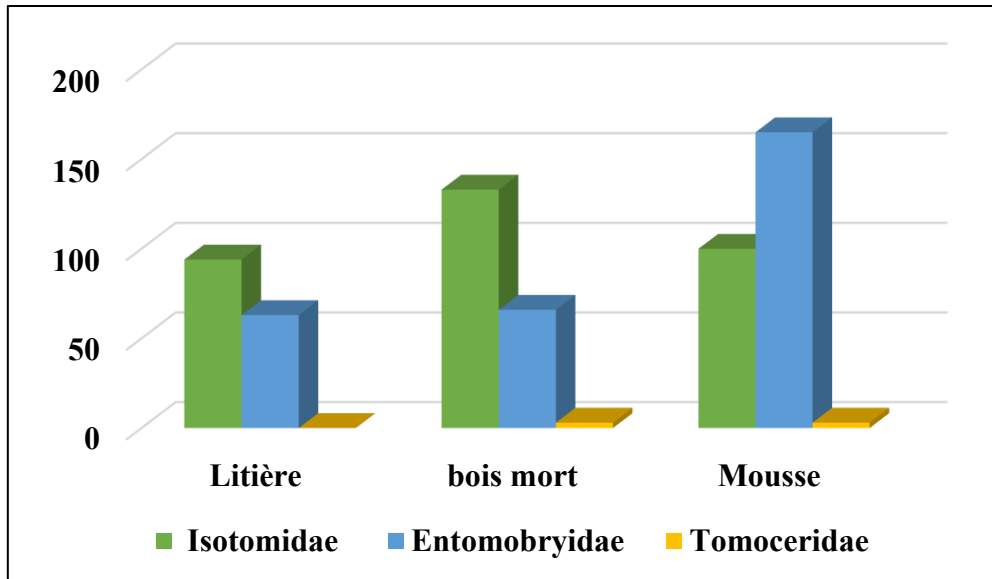


Figure 19 : Répartition des Entomobryomorphes par famille au niveau de chaque micro habitat.

### III.3.3. Ordre des Symphypléones

Cet ordre est représenté par 42 individus, soit 3,18 % de la faune récoltée. Selon Thibaude et Messoud (1980), ces organismes peuvent vivre dans une grande diversité d'habitats, allant des milieux humides (à la surface de l'eau) aux milieux secs, comme le sol ou la litière. Pour cet ordre, nous n'avons pas pu déterminer les familles car ; en raison de leur petite taille, cela nécessite un montage complexe.

### III.4. Analyse de la structure du peuplement collembologique.

La structure du peuplement collembologique dans les divers micro habitats étudiés a été appréciée grâce aux paramètres de description suivants :

- a. L'abondance de la faune  $p_i = n_i / N$ ,
- b. L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) =  $-\sum p_i * \log_2 (p_i)$ ,
- c. La dominance de Berger Parker =  $N_{max} / N$ ,
- d. La densité (Nombre d'individus /m<sup>2</sup>).

Où  $p_i$  = abondance de l'espèce  $i$ ,  $N$  = nombre d'individus,  $n_i$  = nombre d'individus de l'espèce  $i$   
 Les valeurs calculées pour les différents paramètres sont rapportées dans le tableau 10 ci-dessous :

Tableau 10 : Paramètres descriptifs du peuplement collembologique dans les différents habitats.

EL(Litière)					EB (Bois mort)					EM(Mousses)				
St	Ab	D(H')	Dom	Den	St	Ab	D(H')	Dom	Den	ST	Ab	D(H')	Dom	Den
EL <sub>1</sub> (st <sub>1</sub> )	21	0,32	0,33	2100	EB <sub>1</sub> (st <sub>1</sub> )	23	0,24	0,60	2300	EM <sub>1</sub> (st <sub>1</sub> )	22	0,16	0,64	2200
EL <sub>2</sub> (st <sub>1</sub> )	6	0,14	0,66	600	EB <sub>2</sub> (st <sub>1</sub> )	23	0,24	0,56	2300	EM <sub>4</sub> (st <sub>1</sub> )	67	0,32	0,82	6700
EL <sub>3</sub> (st <sub>1</sub> )	20	0,31	0,7	2000	EB <sub>3</sub> (st <sub>1</sub> )	7	0,10	0,57	700	EM <sub>7</sub> (st <sub>1</sub> )	4	0,04	0,5	400
EL <sub>4</sub> (st <sub>1</sub> )	14	0,25	0,78	1400	EB <sub>4</sub> (st <sub>1</sub> )	57	0,40	0,52	5700	EM <sub>8</sub> (st <sub>2</sub> )	52	0,28	0,86	5200
EL <sub>5</sub> (st <sub>1</sub> )	4	0,10	0,75	400	EB <sub>5</sub> (st <sub>1</sub> )	14	0,17	0,42	1400	EM <sub>10</sub> (st <sub>2</sub> )	19	0,14	0,26	1900
EL <sub>6</sub> (st <sub>1</sub> )	17	0,28	0,82	1700	EB <sub>6</sub> (st <sub>1</sub> )	61	0,42	0,49	6100	EM <sub>1</sub> (st <sub>2</sub> )	54	0,28	0,46	5400
EL <sub>7</sub> (st <sub>1</sub> )	18	0,29	0,44	1800	EB <sub>8</sub> (st <sub>1</sub> )	17	0,19	0,47	1700	EM <sub>2</sub> (st <sub>2</sub> )	75	0,34	0,94	7500
EL <sub>10</sub> (st <sub>1</sub> )	10	0,20	0,5	1000	EB <sub>9</sub> (st <sub>1</sub> )	26	0,26	0,38	2600	EM <sub>3</sub> (st <sub>2</sub> )	2	0,02	0,5	200
EL <sub>1</sub> (st <sub>2</sub> )	7	0,15	0,42	700	EB <sub>1</sub> (st <sub>2</sub> )	08	0,11	0,63	800	EM <sub>4</sub> (st <sub>2</sub> )	166	0,49	0,51	16600
EL <sub>4</sub> (st <sub>2</sub> )	6	0,14	0,66	600	EB <sub>2</sub> (st <sub>2</sub> )	30	0,28	0,7	3000	EM <sub>7</sub> (st <sub>2</sub> )	83	0,36	0,38	8300
EL <sub>2</sub> (st <sub>3</sub> )	50	0,49	0,46	5000	EB <sub>5</sub> (st <sub>3</sub> )	10	0,13	0,9	1000	EM <sub>3</sub> (st <sub>3</sub> )	44	0,25	0,66	4400
EL <sub>3</sub> (st <sub>3</sub> )	48	0,48	0,5	4800	EB <sub>1</sub> (st <sub>3</sub> )	116	0,52	0,34	11600	EM <sub>4</sub> (st <sub>3</sub> )	119	0,43	0,79	11900
<b>Moy</b>	18,42	0,26	0,23	1841,66		32,67	0,25	0,29	3266,66		58,92	0,26	0,23	5891,66

**St** : Station

**Ab** : Abondance

**D(H')** : Diversité de Shannon et Weaver

**Dom** : Dominance de Berger Parker

**Den** : Densité

**Moy** : Moyenne

### III.4.1. Etude de l'abondance de la faune

L'abondance représente la proportion d'individus appartenant au taxon  $i$  par rapport au nombre total d'individus présents dans l'échantillon. La figure 20 présente l'abondance moyenne de chaque micro habitat étudié (litière, bois mort et mousse). Dans la litière, la famille la plus abondante est celle des Isotomidae, avec 94 individus. Dans le bois mort, ce sont également les Isotomidae qui dominent, avec 133 individus. En revanche, dans les mousses, la famille la plus représentée est celle des Pseudachorutinae, avec 207 individus.

On observe que la famille des Isotomidae colonise l'ensemble des habitats étudiés. Selon Potapov (2001), cette famille est particulièrement abondante dans différents types de litières et de mousses. Elle est également capable de survivre dans des conditions de sécheresse, notamment dans certains micro habitats comme les troncs d'arbres.

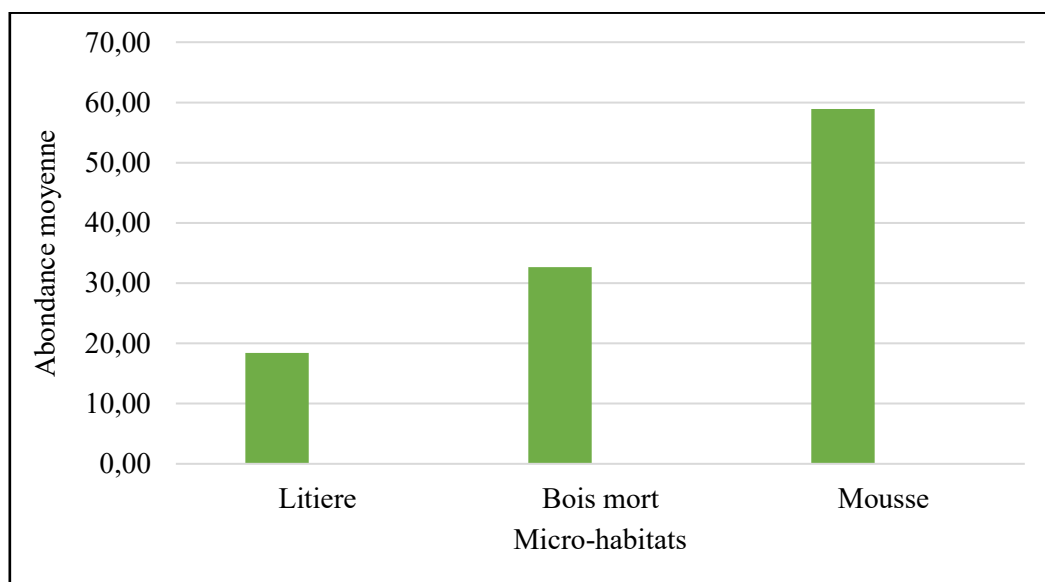


Figure 20 : Abondance moyenne dans les micro-habitats étudiés.

### III. 4.2. Etude de la diversité du peuplement

L'étude de la diversité du peuplement permet d'observer comment les individus sont distribués dans un espace donné. Le calcul de l'indice de diversité est donné par la formule suivante :

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

**ni** : Nombre d'individus de l'espèce  $i$

**N** : Nombre total des individus.

L'indice de Shannon et Weaver a été calculé pour les 12 relevés effectués dans les trois micro habitats étudiés (Figure 21). La plus grande diversité ( $H' = 0,26$ ) a été enregistrée dans le micro habitat constitué de litière et de mousse. Ce micro habitat présente des conditions particulièrement favorables au développement des collemboles, telles que l'altitude, un taux d'humidité élevé et une couverture végétale importante. Ces deux milieux offrent en effet une humidité optimale, essentielle à la survie et à la prolifération des collemboles, en revanche, au niveau du bois mort, l'indice de Shannon ( $H'$ ) est relativement faible ( $H' = 0,25$ ) ce qui reflète une faible diversité spécifique. On observe également une forte dominance des Isotomidae par rapport aux deux autres milieux étudiés. À titre de comparaison, Aït Mouloud (2006) a relevé un indice de diversité beaucoup plus élevé ( $H' = 0,25$ ) dans la région de Yakouren, au niveau de Khbouth, ce qui témoigne d'une richesse et d'une diversité spécifiques nettement supérieures à celles que nous avons constatées.

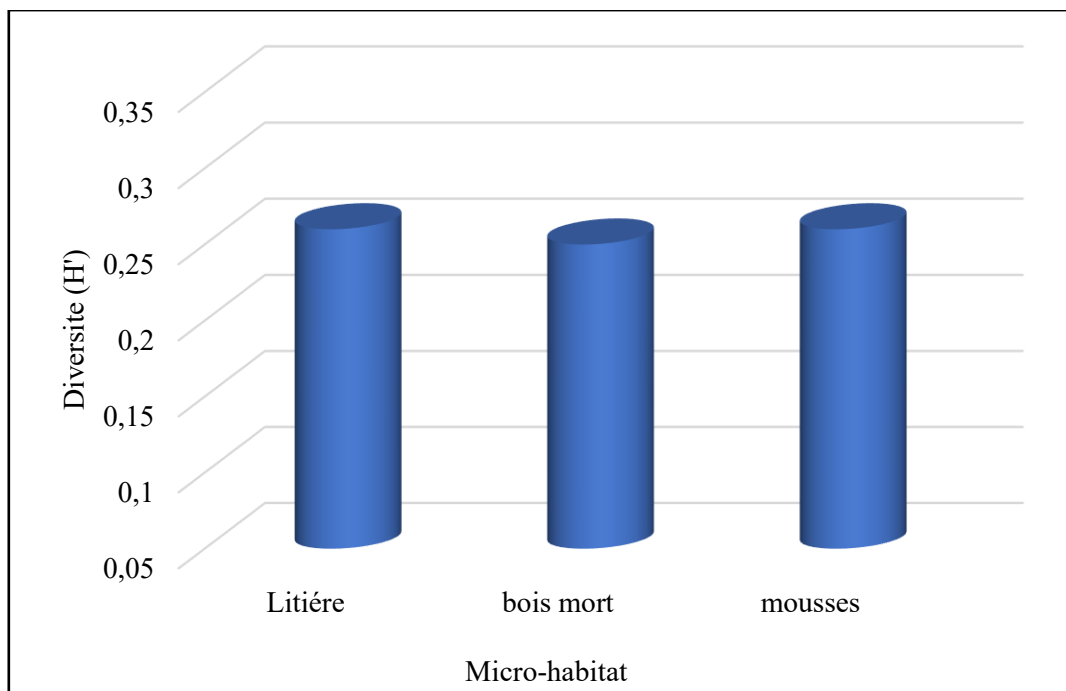


Figure 21 : Diversité spécifique ( $H'$ ) moyenne du peuplement de collemboles dans les trois micro-habitat étudiés.

#### III.4.3 Etude de la dominance

La dominance est considérée comme la contribution de l'espèce la plus abondante comparée à l'abondance totale des collemboles dans un relevé. Elle est calculée grâce à l'indice de Berger-Parker :

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

**$N_{\max}$**  : nombre d'individus de l'espèce dominante dans un relevé.

**N** : Nombre total d'individus dans ce même relevé.

La figure 22 illustre la dominance spécifique au sein des différents biotopes étudiés. La plus forte dominance a été enregistrée dans les habitats des mousses (BP = 0,23) et de la litière (BP = 0,23). En revanche, cette dominance est légèrement plus faible dans l'habitat constitué de bois mort, avec une valeur de BP = 0,29.

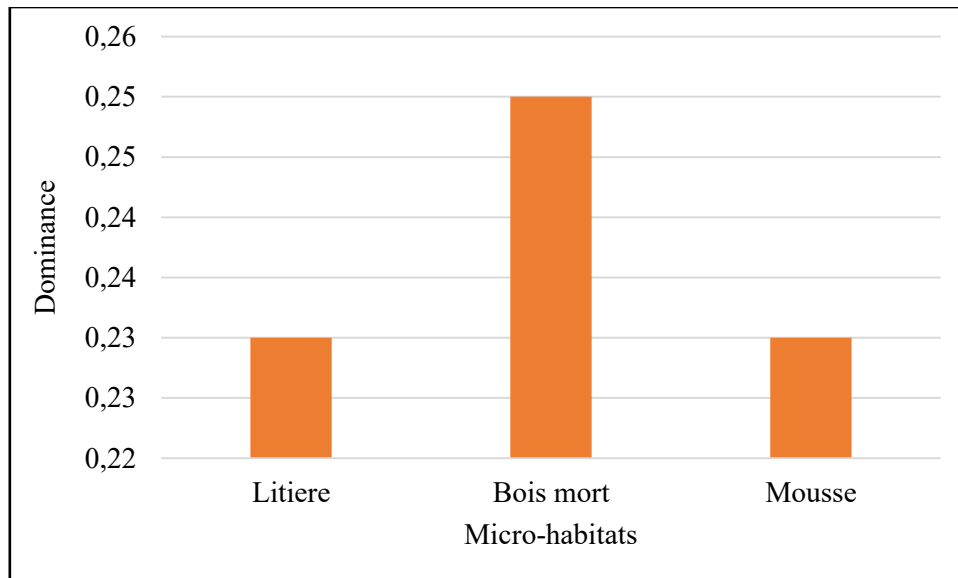


Figure 22 : Dominance du peuplement des collemboles pour les trois micro-habitat étudiés.

#### III. 4.4. Etude de la densité

La densité, exprimée en nombre d'individus par mètre carré, varie selon les différents biotopes étudiés (Figure 23). La densité la plus élevée a été enregistrée dans les mousses, avec 5841 individus/m<sup>2</sup>, tandis que la plus faible a été observée dans la litière, avec 1841 individus/m<sup>2</sup>.

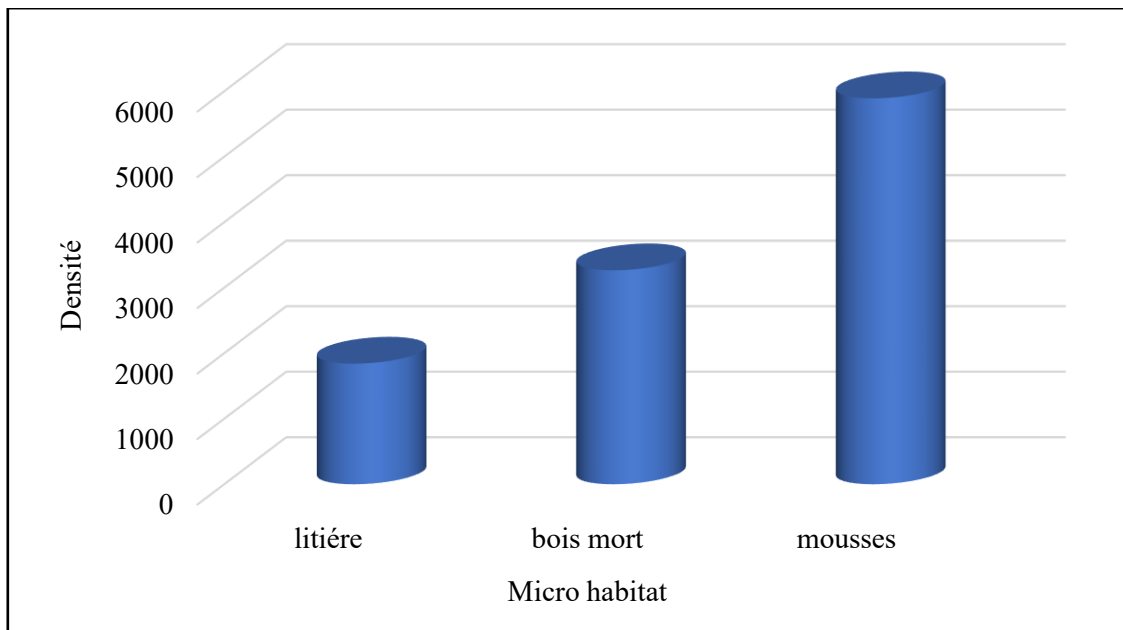


Figure 23 : Densité moyenne des collemboles (nombre d'individus / m<sup>2</sup>) des trois-micro habitats étudiés.

### III. 5. Synthèse sur la structure du peuplement

À la lumière des paramètres descriptifs analysés ci-dessus, il apparaît que la biodiversité est relativement similaire dans les trois habitats étudiés. Les indices de diversité sont proches avec des valeurs de 0,26 pour la litière, 0,25 pour le bois mort et 0,26 pour les mousses, ce qui indique une stabilité et une faible variation de la diversité entre ces milieux.

Les valeurs de dominance les plus élevées sont observées dans le bois mort (moyenne = 0,29), suivi des mousses (0,23) et de la litière (0,23 également). Cela signifie qu'un petit nombre d'espèces domine particulièrement dans le bois mort, ce qui peut refléter une sélectivité plus forte ou des conditions favorisant quelques espèces compétitives.

La densité la plus élevée a été observée dans le biotope des mousses, avec 5891 individus/m<sup>2</sup>. En revanche, cette densité diminue dans les autres micro habitats, avec respectivement 3266 individus/m<sup>2</sup> dans le bois mort et 1841 individus/m<sup>2</sup> dans la litière.

Outre ces variations, on observe en altitude un remplacement progressif des Poduromorphes, de nature hémiedaphique et interstitielle, par des Entomobryomorphes considérés comme atmobiantes. Ces derniers sont mieux adaptés aux conditions extrêmes de surface. Ils présentent une capacité de migration verticale, leur permettant de fuir rapidement les variations subites de l'environnement. Aït Mouloud (2006) a d'ailleurs observé un phénomène similaire au niveau

des tourbières, où la mobilité des Entomobryomorphes leur permet d'échapper rapidement aux zones d'inondation, favorisant ainsi leur développement.

Ainsi, l'altitude associée aux conditions climatiques telles que l'humidité et la température, joue un rôle déterminant dans le développement des collemboles. Ces facteurs influencent non seulement leur abondance et leur diversité, mais aussi la structure des communautés en milieu forestier.

### III.6. Distribution spatiale des individus

L'analyse de la distribution spatiale des collemboles dans la forêt de Yakouren repose sur la comparaison entre la variance et la moyenne du nombre d'individus par station pour chaque famille (Tableau 11). Cette approche permet de déterminer le type de répartition des individus dans le milieu : une variance supérieure à la moyenne traduit une distribution agrégée, une variance inférieure indique une distribution uniforme, et une égalité entre les deux suggère une distribution aléatoire.

Tableau 11 : Données de tendances centrales pour les espèces.

Famille	Moyenne	Variance	Ecart -type	Erreur standart
<b>Hypogastruridae</b>	7.31	444.39	21,08	0,59
<b>Neanuridae</b>	9.39	372.87	19,31	0,54
<b>Onychiuridae</b>	0.97	6.08	2,47	0,07
<b>Odontellidae</b>	0.42	6.25	2,50	0,07
<b>Isotomidae</b>	9.08	117.96	10,86	0,30
<b>Entomobryidae</b>	8.17	155.69	12,48	0,35
<b>Tomoceridae</b>	0.17	0.37	0,61	0,02
<b>Symphyléona</b>	1.17	7.51	2,74	0,08

Les analyses statistiques portant sur les effectifs des différentes familles de collemboles échantillonnées à Yakouren révèlent des contrastes notables entre les groupes quant à leur répartition et leur abondance.

Hypogastruridae et Neanuridae sont les familles les plus représentées parmi les Poduromorphes. Malgré une moyenne modérée (7,31 et 9,39 individus par relevé respectivement), elles présentent des variances très élevées (444,39 et 372,87), traduisant une

répartition très hétérogène, fortement agrégée, avec des pics d'abondance ponctuels. Cela pourrait indiquer une préférence pour des micro-habitats particuliers (zones humides, riches en matière organique).

Isotomidae (moyenne : 9,08 ; variance : 117,96) et Entomobryidae (moyenne : 8,17 ; variance : 155,69), appartenant à l'ordre des Entomobryomorpha, affichent également une distribution agrégée, mais de manière moins marquée que les Poduromorpha dominants. Ces familles sont souvent cosmopolites et euryèces, capables d'exploiter plusieurs types de substrats, ce qui expliquerait leur présence relativement constante mais variable.

Onychiuridae et Symphypléona montrent des moyennes faibles (moins de 1,2 individus par station) avec des écarts-types relativement élevés par rapport à la moyenne. Cela suggère une présence sporadique avec une tendance à l'agrégation dans quelques stations spécifiques.

Odontellidae et Tomoceridae, peu représentées (moyennes de 0,42 et 0,17 respectivement), présentent aussi une variance relativement élevée au regard de leur abondance. Leur faible densité pourrait s'expliquer par une niche écologique restreinte ou une mobilité limitée.

Ces résultats confirment des tendances déjà observées dans d'autres écosystèmes forestiers méditerranéens. Une forte dominance des Entomobryomorpha dans les litières forestières, souvent associée à leur capacité à exploiter efficacement la matière organique en décomposition (Da Fonseca, 1966 ; Ait-Mouloud, 2006). Une agrégation spatiale marquée des Poduromorpha, en particulier des Hypogastruridae et Neanuridae, qui préfèrent des micro-habitats humides, frais, et bien abrités (Bretfeld, 1999 ; FJellberg, 1998). La présence discrète mais non négligeable des Symphypléones, notamment dans les substrats riches en mousses, où l'humidité et la structure verticale du biotope offrent des refuges (Baquero et *al.*, 2003).

Enfin, l'observation de variances toujours supérieures aux moyennes (sauf pour Tomoceridae) confirme le modèle d'agrégation comme distribution dominante chez les collemboles dans ces milieux, ce qui est fréquent chez les microarthropodes du sol (Da Fonseca, 1966 ; Giller, 1996).

Plusieurs indices d'agrégation sont utilisés pour déterminer l'étendue des différentes familles ainsi que leurs comportements agrégatifs. Pour affiner l'analyse, nous avons utilisé l'indice d'agrégation de Cancela Da Fonseca, défini comme le rapport de l'erreur standard à la variance. Plus cette valeur est faible, plus la distribution est agrégée (Tableau 12, Figure 24). Cet indice

est conçu et appliqué par l'auteur dans l'étude de la composition et de la distribution spatio-temporelle des Microarthropodes édaphiques (Cancela Da Fonseca, 1966).

**Indice de Cancela Da Fonseca :  $I = S / \delta^2$**

S = erreur standard à la moyenne,  $\delta^2$  = variance

Tableau 12 : Indices d'agrégation de Cancela da Fonseca.

<b>Famille</b>	<b>Indice Cancela</b>
<b>Hypogastruridae</b>	0.0013
<b>Neanuridae</b>	0.0014
<b>Onychiuridae</b>	0.0113
<b>Odontellidae</b>	0.0111
<b>Isotomidae</b>	0.0026
<b>Entomobryidae</b>	0.0022
<b>Tomoceridae</b>	0.0456
<b>Symphyléona</b>	0.0101

L'indice de Cancela Da Fonseca, calculé pour les différentes familles de collemboles échantillonnées dans la forêt de Yakouren, varie de 0,0013 à 0,0456, traduisant une hétérogénéité importante dans les comportements spatiaux des groupes étudiés.

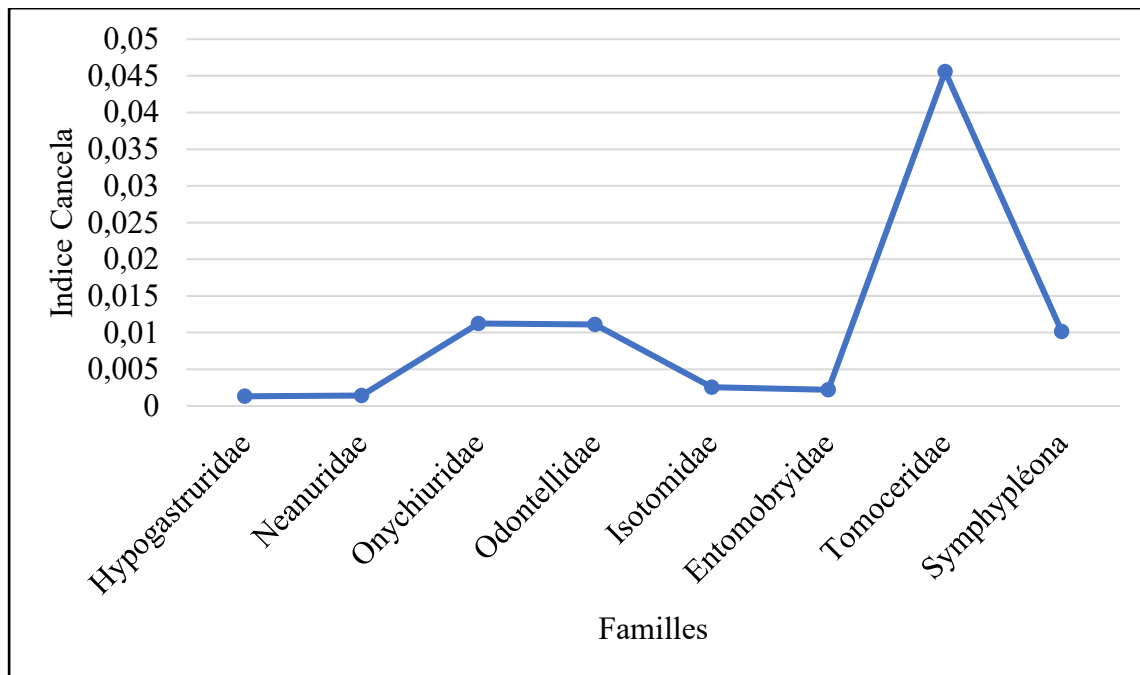


Figure 24 : Indices d'agrégation de Cancela Da Fonseca pour les familles de collemboles recensées.

Les familles Hypogastruridae (0,0013) et Neanuridae (0,0014) présentent les indices les plus faibles. Ces valeurs traduisent une forte agrégation spatiale, associée à une présence fréquente et abondante dans les stations prospectées. Cela indique que ces familles, bien adaptées aux conditions de la litière forestière et des mousses, colonisent des micro habitats riches et stables, en formant des noyaux de populations denses. Ce comportement est souvent favorisé par des traits tels que la réduction des déplacements (faible dispersion horizontale) et une spécialisation à des substrats riches en matière organique.

De manière similaire, les Isotomidae (0,0026) et les Entomobryidae (0,0022), bien qu'ayant une mobilité plus élevée (furca bien développée), présentent aussi un indice relativement faible. Cela reflète une agrégation liée à la disponibilité de micro-habitats spécifiques, en particulier le bois mort et les zones couvertes de mousses. Ces familles regroupent généralement des formes *atmobionte* de surface, dont la survie est étroitement liée à l'humidité, à la couverture végétale, et à une litière continue, comme le soulignent Poinot (1973) et Aït-Mouloud (2006).

En revanche, les Tomoceridae présentent un indice nettement plus élevé (0,0456), indiquant une répartition plus dispersée et sporadique. Cette faible fréquence de rencontre peut être expliquée par leur faible abondance globale (6 individus), ce qui rend leur présence moins structurée spatialement. Cela pourrait également indiquer une plus grande capacité de

déplacement, ou une tolérance écologique plus large, ce qui les rend moins dépendants des conditions micro-habitat très spécifiques.

Les Onychiuridae (0,0113), Odontellidae (0,0111) et les Symphypléones (0,0101) montrent des indices intermédiaires, témoignant d'une distribution modérément agrégée. Ces groupes, souvent peu abondants, montrent une présence irrégulière dans les relevés, mais suffisamment structurée pour ne pas être aléatoire. Cela peut être interprété comme une occupation localisée de micro-habitats spécifiques, combinée à une capacité de colonisation réduite, notamment chez les Symphypléones qui, en raison de leur furca peu développée et de leur morphologie globuleuse, sont peu mobiles et très dépendants de conditions environnementales stables (Bretfeld, 1999).

Dans l'ensemble, ces résultats confirment que la distribution spatiale des collemboles dans la forêt de Yakouren est principalement influencée par deux facteurs, la nature du micro-habitat (litière, bois mort, mousse) et sa richesse en matière organique et les traits fonctionnels des familles (mobilité, affinités écologiques, capacité de reproduction).

L'indice de Cancela se révèle ainsi être un outil pertinent pour diagnostiquer la structure spatiale des populations édaphiques et pour interpréter les stratégies écologiques des groupes faunistiques dans les écosystèmes forestiers méditerranéens.

### **III.7. Analyse statistique des peuplements collembologique**

Afin d'évaluer les relations entre la composition des peuplements collembologique et les types de substrats (litière, bois mort, mousse), un test du  $\chi^2$  d'indépendance a été appliqué aux données d'abondance des huit familles identifiées.

Les fréquences observées ont été comparées aux fréquences théoriques calculées selon l'hypothèse d'indépendance. La statistique de  $\chi^2$  obtenue est de 276,01, avec 14 degrés de liberté ( $ddl = (8 \text{ familles} - 1) \times (3 \text{ substrats} - 1)$ ). Cette valeur est très largement supérieure à la valeur critique de 23,68 au seuil de signification de 5 % ( $p < 0,05$ ), indiquant une association hautement significative entre la répartition des familles et les substrats. Cela signifie que la distribution des collemboles n'est pas due au hasard, mais reflète une sélectivité écologique forte. Les Hypogastruridae et Neanuridae sont majoritairement associés à la mousse, un substrat humide et stable favorable aux espèces interstitielles. Les Odontellidae sont strictement localisés dans la litière, un microhabitat plus aéré et instable. Les Entomobryidae et Isotomidae,

familles à large valence écologique, montrent une répartition plus équilibrée, bien que les Entomobryidae dominant dans la mousse.

Ce modèle de distribution différenciée confirme les observations de Cancela Da Fonseca (1966) sur la sélectivité écologique des microarthropodes édaphiques, ainsi que celles de Potapov et *al.*, (2016) qui soulignent le rôle des conditions microclimatiques et structurales dans l'organisation des communautés de collemboles. Les différences de mobilité (présence ou non de furca fonctionnelle), de capacité de dispersion et de préférence trophique pourraient également expliquer ces répartitions contrastées.

En conclusion, le test du  $\text{Khi}^2$  met en évidence une structuration non aléatoire des communautés collembologique selon les types de substrats, ce qui illustre leur grande sensibilité aux caractéristiques microécologiques du sol et renforce leur intérêt comme bioindicateurs fiables de la qualité et de l'hétérogénéité des habitats forestiers.



**conclusion**

Le présent mémoire a permis d'enrichir les connaissances sur la faune collemboologique du site forestier de Yakouren, une zone encore peu explorée du point de vue de la biodiversité édaphique en Algérie. À travers un inventaire réalisé dans différents micros-habitats (litière, bois mort, mousses), cette étude a mis en évidence la présence d'un nombre significatif de familles de collemboles, traduisant une diversité écologique notable. Parmi les 36 relevés répartis sur les trois types de micro-habitats ; un total de 1320 individus a été collecté et attribué à 8 familles réparties dans 3 ordres : Poduromorpha, Entomobryomorpha et Symphypléona.

L'analyse des résultats a révélé une nette dominance des Poduromorphes (49,3 %) suivis de près par les Entomobryomorphes (47,5 %), tandis que les Symphypléones restent minoritaires (3,2 %). Les mousses se sont avérées être le biotope le plus riche et le plus densément peuplé, concentrant plus de la moitié des individus recensés. Ce micro-habitat, par sa structure complexe, sa forte rétention en humidité et sa richesse en matière organique, constitue un milieu particulièrement favorable à la faune collemboologique.

La diversité spécifique, mesurée par l'indice de Shannon-Weaver, s'est révélée relativement homogène entre les trois types de substrats, suggérant une richesse équivalente en nombre de familles. Toutefois, les différences en termes d'abondance, de dominance et de distribution spatiale soulignent des préférences écologiques marquées selon les groupes. Par exemple, les Pseudachorutinae et Hypogastruridae sont majoritairement associés aux mousses, tandis que les Odontellidae ne sont présents que dans la litière. Les Entomobryidae et Isotomidae, plus euryèces, montrent une distribution plus équilibrée.

Les analyses de la distribution spatiale (variances, indices d'agrégation) ont mis en évidence une forte tendance à l'agrégation chez la majorité des familles, notamment chez les Poduromorphes. Ce comportement reflète leur faible mobilité et leur dépendance à des micro-habitats stables et riches en matière organique.

Enfin, l'analyse statistique (test du  $\chi^2$ ) a démontré une relation significative entre la composition des peuplements collemboologiques et le type de substrat, confirmant que la distribution des familles n'est pas due au hasard mais répond à des sélectivités écologiques spécifiques.

Malgré les résultats obtenus, plusieurs perspectives doivent être prises en compte :

- Approfondir l'identification au niveau spécifique, à l'aide de moyens d'observation plus performants (microscopie électronique, génétique moléculaire) ;
- Étendre l'échantillonnage à d'autres périodes de l'année pour suivre les variations saisonnières ;
- Intégrer d'autres paramètres physico-chimiques du sol (pH, matière organique, granulométrie) pour affiner l'analyse écologique ;
- Comparer les peuplements de Yakouren avec d'autres massifs forestiers du nord algérien dans une approche biogéographique régionale.
- Associer l'étude des collemboles à celle de la communauté microbienne du sol (bactéries, champignons), afin de mieux comprendre les interactions sol-faune-microflore. Une telle approche en écologie microbienne permettrait de mettre en évidence le rôle fonctionnel des collemboles dans la dissémination, la stimulation ou la régulation de certaines populations microbiennes, et ainsi de mieux appréhender leur place dans le réseau trophique édaphique.

# **Références bibliographiques**

- Absolon K.**, 1913. Über einen neue subterrane Collembole Acherontiella onychiuriformis n.g. n.sp aus den Höhlen Algiers. Archs. Zool. Exp. Gén. 51 : 1-7.
- Ait Mouloud S.**, 2006. Etude de la biodiversité des Collemboles sur l'Écotone eau-sol forestier dans les zones humides de la Kabylie et d'une tourbière des Pyrénées : Systématique, Ecologie, Biogéographie. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 122p.
- Ait Mouloud S.**, 2011. Biodiversité et distribution des collemboles dans l'écotone eau-sol forestier dans la mare d'Aghribet dans la tourbière d'El-Kala. Thèse Magister. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 82p.
- Amroun, M., Bensidhoum, M., Delattre, P. et Gaubert, P.** (2008) Importance des rongeurs dans le régime trophique de deux carnivores — le chacal doré (*Canis aureus*) et la genette (*Genetta genetta*) — dans le nord de l'Algérie. Communication orale présentée au Séminaire scientifique et technique sur l'environnement, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 3-5 juin 2008.
- Arbea J.I., Brahim Bounab H., et Hamra Kroua S.**, 2013. Collembola Poduromorpha from Guelma Province (Northeastern Algeria), with description of a new Superodontella species (Collembola: Odontellidae). *Zootaxa* 3709 (2) : 177–184.
- Bachelier G.**, 1971. La vie animale dans les sols. I. Déterminisme de la faune du sol. In *La vie dans les sols, aspects nouveaux, études expérimentales*, Gauthier-Villars Edition, 472p.
- Bachelier G.**, 1978. La faune du sol, son écologie et son action. Initiation-Documentation-Techniques, 38 O.R.S.T.O.M, Paris, 391p.
- Bagnouls F., Gaussen H.**, 1953. Saison sèche et indice xérothermique. *Bull.soc. hist. Nat. de Toulouse*, 88 : 193-240.
- Baquero, E., Moraza, M. L. et Jordana, R.** [2003](#). A new species of Polydiscia (Acarai, Prostigmata, Tanaupopidae) with reference to its host: a new species of Deuterostminthurus (Collembola, Symphypleona, Bourletiellidae)., *Zootaxa* 188, (2003): 1-16.
- Baquero E., Hamra Kroua S., and Jordana R.**, 2009. New species of entomobrya from northern algeria (collembola: entomobryidae). *Entomological news*, 120(1).
- Börner, C.**, 1906. *Das System der Collembolen nebst Beschreibung neuer Collembolen des Hamburger Naturhistorischen Museums. Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg*, 23: 147–188, <https://doi.org/10.5962/bhl.part.29866>.
- Bellinger, P.F., Christiansen, K.A. et Janssens, F.**, 1996-2022. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>.
- Bounoua S.**, 2012. Biodiversité et distribution des collemboles sur l'Écotone eau-sol forestier au niveau de deux zones humides : Mare aux canards (El-Kala) et Mare de Boumessaud (Grande Kabylie). Thèse Magister. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 99p.
- Brahim Bounab, H.**, (2016). Les Collemboles (Hexapoda : Collembola) de quelques localités du Nord-est algérien : Taxonomie et Appartenance Biogéographique. Thèse de Doctorat 3eme Cycle en Biologie Animale. Université des Frères Mentouri, Constantine. 229p.

- Bretfeld, G., 1994.** The chaetotaxy of the small abdomen of the Symphypleona (Insecta, Collembola) and its phylogenetic interpretation. *Acta Zoologica Fennica*, **195** : 13–17.
- Bretfeld G., 1999.** Synopses on Palaearctic Collembola Symphypleona. Museum fur naturkunde Gorkitz Staatl. 318 p.
- 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.
- 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., 1990.** Des Hétéropodes vieux de 400 millions d'années : Les Collemboles : Biologie et Evolution ; 2. Biogéographie et Ecologie. *Rev. Année Biologique* 29 (1), : 1-69
- Chekroune O., Mahouche F., 1994.** Contribution à l'inventaire de l'entomofaune de la suberaie de Beni Ghobri (Azazga) Willaya de Tizi-Ouzou. Mémoire d'Ingénieurs, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou .87p.
- 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.Ent. France*, 109 (2): 141-143.
- Deharveng, L., Hamra-Kroua, S. et Bedos A., 2007.** Edoughnura rara n.gen., n.sp., an enigmatic genus of Neanurinae Collembola from the Edough Massif (Algeria). *Zootaxa* 1652: 57-61.
- Deharveng, L., Zoughailech A., Hamra-Kroua S. et Porco D., (2015).** A new species of Deutonura (Collembola: Neanuridae: Neanurinae) from north-eastern Algeria, and characterisation of two intraspecific lineages by their barcodes. *Zootaxa*. 3920 (2): 281–290.
- Delamare Deboutteville C., 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. France*, :284-285.
- Denis J.R., 1925.** Sur les Collemboles de l'Afrique du Nord (3<sup>e</sup>note) *Bull.Soc. Hist. Nat. Afr.*, 16: 254-256.
- D'Haese C.A., 2003.** Morphological appraisal of Collembola phylogeny with special emphasis on Poduromorpha and a test of the aquatic origin hypothesis., *The Norwegian Academy of Science and Letters, Zoologica Scripta*, 32(6): 563-586.
- Djennoune D., 2019.** Modes d'utilisation des ressources et des milieux par le hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) dans divers habitats naturels du nord algérien. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 136p.
- Djennoune D., Ouassa K., 2013.** Etude des collemboles dans quelques biotopes alticoles du Djurdjura. Mémoire de Masater, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 60p.
- Ducarme, X., André, H.M., & Lebrun, P. (1998).** Extracting endogenous microarthropods: A new flotation method using 1,2-dibromnothane. *Eur. J. Soil Biol.*, 34: 143-150.

- Emberger L.**, 1955. Une classification Biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Montpellier, 34p.
- Ferahi, M. O.** (1994). Variation spatiale et saisonnière des paramètres physico-chimiques du sol sous la subéraie de Yakouren et de l'Akfadou. Annales de la Recherche Forestière en Algérie, 6(1) : 25-34.
- Fjellberg, A.** (1998). *The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I: Poduromorpha. Fauna Entomologica Scandinavica*, **35**: 1–184. Brill. ISBN 978-90-04-11241-4
- Giller, P. S.** (1996). *The diversity of soil communities, the “poor man’s tropical rainforest”*. **Biodiversity and Conservation**, **5**: 135–168.
- Glime, J. M.** (2007). *Bryophyte Ecology. Volume 1: Physiological Ecology*. Houghton, Michigan: Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Disponible en ligne : <https://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology1/>
- Hågvar S.**, 2010. *A review of Fennoscandian arthropods living on and in snow*. **European Journal of Entomology**, **107** : 281–298.
- Hamra-Kroua S.**, (2005). Les Collemboles (Hexapoda, Arthropoda) du Nord-Est algérien: Taxonomie, Biogéographie et Ecologie. Thèse de doctorat d’Etat en sciences naturelles, université Mentouri, Constantine. 266 p.
- Hamra-Kroua S., Jordana R. & Deharveng L.**, 2009. A new Friesea of the mirabilis-group from Algeria (Collembola: Neanuridae, Frieseinae). *Zootaxa*, 2074 : 65-68.
- Handschin E.**, 1926. Collembolen aus Algerien. *Neue Beitr. Syst. Insektenk.* 3 : 117-126.
- Hopkin S. P.**, 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford: Oxford University Press. xi + 330 p. ISBN 0-19-854084-1.
- Hubert F.**, 2012. *Les collemboles*. **L’Érable**, 35(2) : 3–4.
- Jaquemart S.**, 1974. Résultats de la mission anthropologique belge au Niger. Collemboles nouveaux du Sahara. *Bull. Inst. R. Sci. nat. Belg.* 50 : 1-46.
- Jordana R. et Arbea J.I.**, 1989. Clave d’identification de los géneros de Collembolos de España (Insecta, Collembola).
- Leblalta A.**, 2009. Les Collemboles de la litière du chêne-vert (*Quercus ilex*) dans la massife forestier de Belezma. Thèse de magister. Université El Hadje Lehkdar Batna. 113p
- Levêque C.**, 2001. *Ecologie de l’écosystème à la biosphère*, Dunod, Paris, 502p.
- Lubbock, J.**, (1873). *Monograph of the Collembola and Thysanura*. Ray Society. London. p.1-276.
- Lucas H.**, 1846. Aperçu des espèces nouvelles d’insectes qui se trouvent dans nos possessions françaises du nord de l’Afrique. *Revue Zool.* 9: 232-256.
- Lucas H.**, 1849. *Thysanoures de l’Algérie*. *Explor. Sc. Alg.*, Tome 1 : 371-376.

- Messaoudène M. et Mezani A.,** 2000. Etude de la régénération par rejet de chêne liège (*Quercus suber*) dans les forêts de Tamgout et Béni Ghobri : Wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire d'Ingénieurs, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Tizi-Ouzou, 41p
- Messaoudene, M., Tafer, M., Loukkas, A., & Marchal, R.** (2008). Propriétés physiques du bois de chêne zéen de la forêt des Ait Ghobri (Algérie). *Bois et Forêts des Tropiques*, (298) : 37-48.
- Moali A.,** 1999. Déterminisme écologique de la distribution et Biologie des populations des oiseaux nicheurs en Kabylie. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.
- Murphy D.H.,** 1958. *Isotoma Vaillanti* n.sp., a new species of Collembola from Algeria. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 13 : 524-526
- Poinsot, N.** (1973). *Dynamique de certains groupements de Collemboles en Camargue. Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 27(1), 118–137
- Ponge J.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 and Biochemistry* 38: 1158-1161.
- Potapov M.,** 2001. Synopses on Palaearctic Collembola. Volume 3. Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Goerlitz*, 73(2): 1-603.
- Potapov, A. M., Semenina, E. E., Korotkevich, A. Y., Kuznetsova, N. A., & Tiunov, A. V.** (2016). *Connecting taxonomy and ecology: Trophic niches of collembolans as related to taxonomic identity and life forms. Soil Biology and Biochemistry*, 101, 20–31.
- Rahmani, A.M.,** 2012 : Étude de l'activité cambiale chez le chêne zeen (*Quercus canariensis* Wild), au niveau de la forêt des Ait-Ghobri. Thèse de Magister en Biologie. Université de Tizi-Ouzou. 61p.
- Ramade F.,** 1984. *Éléments d'écologie, écologie fondamentale.* Ed. McGraw-Hill, Paris, 397p.
- Ramdini R., Redouani O.,** 2017. Étude comparative du régime alimentaire du Chacal doré (*Canis aureus algirensis* Wagner, 1841) dans deux stations : forêt de Yakouren et oliveraie d'Ait-Zellal (Tizi-Ouzou ; Algérie). Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 38p.
- Stewart P.,** 1969. Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 65 (1/2): 239-252.
- Stomp N.,** 1974. Collemboles cavernicoles d'Afrique du nord. I (Insecta). *Annls. Spéléol.* 29 (1): 109-120.
- Thibaud J.M. & Massoud Z.,** 1980. Etude des Collemboles de certains milieux du Maroc et considérations biogéographiques sur la faune du Maghreb. *Rev. Suisse Zool.*, 87 (2): 513-548.
- Thibaud J.M.,** 2003. Titres et travaux scientifiques. 54p. (bibliothèque centrale du MNHN).

**Thibaud J.M.**, 2010. Les Collemboles, des Hexapodes vieux de 400 millions d'années, cousins des Insectes, si communs, mais si méconnus...Les Amis du Muséum d'Histoire Naturelle, Genève (242) :20-23.

**Vannier G. et Kilbertus G.**, 1981. *Relations microflore–microfaune dans la grotte de Sainte-Catherine (Pyrénées ariégeoises) 2. Le régime alimentaire de Tomocerus minor (Lubbock) et Tomocerus problematicus Cassagnau (Insecta, Collembola)*. **Revue d'Écologie et de Biologie du Sol**, **18**(3) : 319–338.

**Wise, K. A. J.** (1965). An annotated list of the aquatic and semi-aquatic insects of New Zealand. *Pacific Insects*, 7: 191–216.

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