



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Biodiversité et Environnement »

THÈME

Diversité de la faune du sol au sein de trois sites Ramsar

Soutenu le : 24 /06 /2024

Présenté Par : Haddadi Zohra & Hanachi Riheb

Devant le jury composé de :

Mme Dr Saidi. H	MCA	Présidente	UCBET
Mme Pr Lazli. A	MCA	Examinatrice	UCBET
Mme Dr Rizi. H	Prof.	Promotrice	UCBET
Mme Dr Chettibi. A	Prof	Co promotrice	UCBET

Année universitaire 2023 - 2024

Dédicace

Je remercie Dieu Tout-Puissant qui nous a permis de mener à bien cette recherche scientifique et qui nous a inspiré santé, bien-être et détermination.

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

A l'homme, ma précieuse offre du bon Dieu, mon support dans ma vie qui ne ma
Ne jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre

Heureuse : **mon cher père.**

A la femme qui n'a jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me
Soutenir par ses précieux conseils à mon égard : **mon adorable mère.**

A mon cher grand frère et mon deuxième support dans ma vie pour son soutien
Aymen et mon petit frère **Achref**, qui était la source de joie et de bonheur pour
Toute la famille que Dieu vous protèges et vous offre beaucoup de bonheur dans
Votre vie.

A ma grand-mère, mes oncles et mes tantes que dieu leur donne une longue et
Joyeuse vie.

A mon binôme **Zahra** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension
Tout au long de ce projet et notre carrière universitaire.

Et sans oublier tous mes amis que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours
et

Leurs encouragements.

(Riheb)

Dédicace

C'est avec une joie immense et le cœur ému que je dédie ce mémoire à ma chère famille pour leurs affections inépuisables et leurs précieux conseils. Ils n'ont cessé de prier pour moi durant mon cursus scolaire et m'ont encouragé régulièrement

A Mon défunt père

A mon père de tous les pères, tu es le meilleur. Aucune dédicace ne saurait exprimer ma reconnaissance et mon profond amour

Que le monde sache que tu es mon père, mon amour, ma fierté et tu es mon premier et le plus vrai amour. Papa tu étais mon refuge après Dieu, je te dédie ce travail. J'espère que tu es heureux et fier de l'accomplissement de ta fille gâtée. Sachant que vous êtes en bonne compagnies, que Dieu vous accueille dans son vaste paradis.

TU ME MANQUE ENORMÉMENT

A ma mère

Ma mère, le bonheur, la force, la tendresse, mon idéal le plus élevé Mon amour et les pupilles de mes yeux, mon pilier dans les nuits durs

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifices. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je te souhaite santé, longue vie et bonheur. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur

À ma chère tante Ghezala ou à ma deuxième mère, a qui j'exprime ma grande gratitude car tu es le soutien, la force. Tu étais la première partisante et le pilier fixe pour terminer ce travail. Que Dieu vous accorde beaucoup de santé

A mon cher frère Mecha et mes chères sœurs Massouda, Sihem, Linda et Hannene

A ma tante Zinia et à mon oncle Hocine et leurs enfants Haytem, Mizou Et Kosai pour leur grand soutien

À mon ami, collègue de mon voyage d'étude et à mon partenaire dans ce travail Riheb.

Tu es sœur et amie, j'espère que notre amitié durera éternellement

Enfin, A mon ami proche ma sœur **Aya** et à **mes sœurs Rayenne, Aya, Amani**, je tiens à vous remercier d'être à côté de moi.

À la personne qui me soutient toujours et ma force cachée. Merci d'être à mes côtés, je t'aime

(Zohra)

Remerciement

Tout d'abord, louange à « Allah » qui nous 'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pu aboutir ;

Je voudrais remercier chaleureusement

Mon encadreur Mme Rizi Hadia, pour son inestimable aide et soutien, ses conseils ses directives, ses remarques, et de m'avoir accompagné durant mon travail, mais aussi par ses encouragements dans les moments clés de l'élaboration de se manuscrit

Un grand merci à notre co-encadreur Dr. Chettibi Ahlam pour la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être menée à bon port.

Mes vifs remerciements vont aux membres de jurys :

- Docteur Saidi Hassina la présidente du jury d'avoir accepté de juger notre travail.
- Professeur Lazli Amel d'avoir accepté d'examiner notre modeste travail.

Nous adressons également nos remerciements à tous nos enseignants, qui nous ont donné les bases de la science ;

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce mémoire.

Résumé

Les zones humides sont des écosystèmes d'une importance écologique majeure, abritant une diversité exceptionnelle de faune et de flore. Le parc national d'El Kala, situé dans le nord-est algérien, englobent plusieurs lacs classés sites Ramsar dont lacs Tonga, Mellah, et Oubeïra. Ces lacs sont des réservoirs de biodiversité, offrant un habitat à une multitude d'espèces végétales et animales.

La biodiversité de la faune du sol joue un rôle crucial dans la formation et la dynamique des sols, en particulier dans les zones humides. Dans notre étude, nous avons déterminé la diversité de la faune du sol dans les différents horizons des lacs Mellah, Oubeïra, et Tonga, au cours de trois saisons : hiver, printemps et automne, entre octobre 2023 jusqu'à avril 2024. Des échantillonnages mensuels ont été effectués à l'aide d'un quadrat métallique et l'extraction de la faune du sol à l'aide de l'appareil de berlèse.

Nos résultats montrent que la diversité et l'abondance de la faune du sol varient significativement selon les saisons et les types de sols. Les valeurs les plus élevées sont l'indice de diversité Shannon et d'équitabilité qui ont été enregistrées dans la litière pour les trois lacs, indiquant une richesse et un équilibre des espèces plus importants par rapport aux horizons les plus profonds.

Cette étude met en lumière l'importance de préserver les zones humides, non seulement pour leur biodiversité, mais aussi pour leur rôle écologique essentiel dans la genèse et la dynamique des sols.

Mot clé : Zones humides, biodiversité, faune du sol, lac, sol.

Abstract

Wetlands are ecosystems of major ecological importance, sheltering an exceptional diversity of fauna and flora. The El Kala National Park, located in northeastern Algeria, includes several lakes classified as Ramsar sites including Tonga, Mellah, and Oubeïra lakes. These lakes are reservoirs of biodiversity, providing habitat for a multitude of plant and animal species.

The biodiversity of soil fauna plays a crucial role in the formation and dynamics of soils, particularly in wetlands. In our study, we determined the diversity of soil fauna in the different horizons of Lakes Mellah, Oubeïra, and Tonga, during three seasons: winter, spring and autumn, between October 2023 and April 2024. Sampling monthly were carried out using a metal quadrat. and the extraction of fauna from the soil using the berlese device.

Our results show that the diversity and abundance of soil fauna vary significantly depending on the seasons and soil types. The highest Shannon diversity and evenness index values were recorded in the litter for all three lakes, indicating greater species richness and balance relative to the deeper horizons.

This study highlights the importance of preserving wetlands, not only for their biodiversity, but also for their essential ecological role in the genesis and dynamics of soils.

Keyword : Wetlands, biodiversity, soil fauna, lake, soil.

ملخص

الأراضي الرطبة هي أنظمة بيئية ذات أهمية بيئية كبيرة، فهي تؤوي تنوعًا استثنائيًا من الحيوانات والنباتات. يضم منتزه القالة الوطني، الواقع شمال شرق الجزائر، عدة بحيرات مصنفة ضمن مواقع رامسار منها بحيرات تونغنا، ملاح، وأوببيرا. تعد هذه البحيرات بمثابة خزانات للتنوع البيولوجي، وتوفر موطنًا لعدد كبير من الأنواع النباتية والحيوانية.

يلعب التنوع البيولوجي لحيوانات التربة دورًا حاسمًا في تكوين التربة وديناميكيته، خاصة في الأراضي الرطبة. حددنا في دراستنا تنوع حيوانات التربة في الأفاق المختلفة لبحيرات ملاح وأوببيرا وتونغنا، خلال ثلاثة فصول: الشتاء والربيع والخريف، في الفترة ما بين أكتوبر 2023 وأبريل 2024. وتم إجراء أخذ العينات شهريًا باستخدام رباعي معدني. واستخلصت الحيوانات من التربة باستخدام جهاز البرلس.

تظهر نتائجنا أن تنوع ووفرة حيوانات التربة يختلفان بشكل كبير حسب المواسم وأنواع التربة. تم تسجيل أعلى قيم لمؤشر شانون للتنوع والتساوي في القمامة لجميع البحيرات الثلاث، مما يشير إلى قدر أكبر من ثراء الأنواع وتوازنها. مقارنة بالأفاق الأعمق.

تسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية الحفاظ على الأراضي الرطبة، ليس فقط من أجل تنوعها البيولوجي، ولكن أيضًا لدورها البيئي الأساسي في نشأة وديناميكية التربة.

الكلمات المفتاحية: الأراضي الرطبة، التنوع البيولوجي، حيوانات التربة، البحيرة، التربة

Listes des Figures

N	Figures	Page
01	Sol sableux	08
02	Sol limoneux	08
03	Sol argileux	08
04	Sol humifère	09
05	Exemple du différent horizon du sol	09
06	Faune du sol	14
07	Carte de présentation du P.N.E.K	19
08	Limites administratives du Parc National d'El Kala dans le territoire de la wilaya d'El Tarf	20
09	Carte de présentation de lac El Mellah	23
10	Carte de présentation de lac Oubeira	24
11	Carte de présentation de lac Tonga	25
12	Abondance relative des différentes classes au niveau des trois sites	35
13	Abondance relative de la faune du sol au niveau du lac Mellah	37
14	Abondance relative de la faune du sol au niveau du lac Oubeira	38
15	Abondance relative de la faune du sol au niveau du lac Tonga	39
16	Richesse des familles de la faune du sol aux différents du sol	40
17	Abondance totale des familles dans les différents horizons de sol	41
18	Diversité de Shannon Weaver H' et L'équitabilité E au niveau les trois sites d'étude.	42
19	Analyse factorielle des correspondances(AFC) réalisée sur les trois sites d'étude et 16 familles de la faune du sol.	43
20	Variation saisonnière de la richesse pour la litière au niveau des trois sites d'étude.	44
21	Variation saisonnière de la richesse de l'horizon au niveau des trois sites d'étude	45
22	Variation saisonnière de l'abondance de la litière au niveau des trois sites d'étude.	46
23	Variation saisonnière de l'abondance de l'horizon au niveau des trois sites d'étude.	47
24	Variation saisonnière de l'indice de diversité de Shannon Weaver H' pour la litière au niveau des trois sites d'étude.	48
25	Variation saisonnière de l'indice de diversité de Shannon Weaver H' pour l'horizon au niveau des trois sites d'étude.	49
26	Variation saisonnière de l'équitabilité E pour la litière au niveau des trois sites d'étude.	50

27	Variation saisonnière de l'équitabilité E pour l'horizon au niveau des trois sites d'étude	51
----	--	----

Liste des Photo

N	Photos	Page
01	Vue du lac El Mellah	23
02	Vue du lac Obeira	24
03	vue de lac Tonga	25
04	Méthodes d'échantillonnage	27
05	(A et B) Appareil de Berlèse	28
06	(A, B) Identification de la faune des sols au niveau de laboratoire	29

Liste des Tableau

N	Tableau	Page
01	composition de la faune du sol durant notre étude	34
02	Fréquence d'occurrence des différentes familles de la faune du sol durant notre étude	36
03	Statistiques descriptives des trois sites d'étude	39
04	Test de Levene (Moyenne) / Test bilatéral	40

Sommaire

Dédicace	
Remerciement.....	
Listes des figures.....	
Listes des photos.....	
Liste des tableaux	
Résumé	
Abstract.....	
الملخص.....	
Sommaire.....	
Introduction	01
Chapitre I : Généralité	
I. Le sol.....	06
I.1. La composante biologique du sol	06
I.2. Les fonctions du sol.....	07
I.3. les types de sol.....	08
I.4. Les horizons du sol.....	09
I.5. Les facteurs abiotique du milieu.....	10
I.6. Les constituants du sol.....	11
I.6.1. Les constituants organiques.....	11
I.6.2. Les constituants minéraux.....	11
I.6.3. Humidité du sol	11
I.7. Les micro-organismes du sol.....	12
II. La diversité de la faune du sol.....	12
II.1. La faune du sol.....	12
II.1.1. La microfaune.....	12
II.1.2. La méso faune.....	13
II.1.3. La macrofaune.....	13
II.1.4. La mégafaune.....	13
II.2. Importance écologique de la faune du sol.....	14
II.3. Action de la faune sur le sol.....	14

II.3.1.Action sur les propriétés physiques du sol.....	14
II.3.2.Action sur les propriétés chimiques du sol.....	16
II.3.3.Action sur les propriétés biologiques du sol.....	16

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. Description de la région d'étude : Parc national d'El Kala.....	18
I.1. Limites administratives.....	19
I.2. Principaux lacs et zones marécageuses.....	20
I.3. Climatologie.....	21
I.4. Richesse naturelle.....	21
I.4.1. La faune.....	21
I.4.2. La flore.....	22
II. Description des sites d'études.....	22
II.1. Lac El Mellah.....	22
II.2.Lac Oubeira.....	23
II.3.Lac Tonga.....	24
III. Modèle Biologique.....	26
IV. Méthodologie de travail.....	26
IV.1.Matériel utilisée.....	26
IV.2.Méthode d'échantillonnages.....	26
IV.3.Méthode d'extraction des micro-organismes.....	28
IV.4.Identification de la faune du sol au niveau du laboratoire.....	29
V. Analyses statistiques.....	29
V.1. Richesse spécifique.....	30
V.2. Abondance.....	30
V.3. Indice de diversité de Shannon Weaver.....	30
V.4. Indice d'équitabilité.....	31

Chapitre III : Résultats et Interprétations

I. Analyse qualitatif et quantitatif de la faune du sol.....	33
I.1. Systématique de la faune du sol récolté au niveau les trois sites d'études.....	33
I.2. L'abondance relative des différentes classes	34
I.3. Fréquence d'occurrence des différentes familles de la faune du sol.....	35

II. Composition du peuplement de la faune du sol au niveau du lac Mellah	36
III. Composition du peuplement de la faune du sol au niveau du lac Oubeira.....	36
IV. Composition du peuplement de la faune du sol au niveau du lac Tonga.....	37
V. Variation saisonnière de la faune du sol dans les trois sites d'étude.....	38
VI. Les paramètres écologiques dans les trois lacs dans les différents horizons du sol.....	39
VI.1. Les paramètre de composition.....	39
VI.1.1 La richesse.....	39
VI.1.2. L'abondance.....	40
VI.2. Les paramètres de structure : la diversité de Shannon Weaver H' et L'équitabilité.....	40
VII. Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	41
VIII. Variation saisonnier de la faune du sol au niveau les trois sites d'études.....	43
VIII.1. Les paramètres écologiques de composition.....	43
VIII.1.1. La richesse.....	43
VIII.1.2. La abondance.....	45
VIII.2. Les paramètres écologiques de structure.....	46
VIII.2.1. L'indice de diversité de Shannon Weaver H'	46
VIII.2.2. L'équitabilité.....	48
Chapitre III : Discussions	
Conclusion	56
Références bibliographiques	59
Annexe.....	64
Productions Scientifiques	66

INTRODUCTION

Les zones humides sont parmi les écosystèmes les plus productifs sur la terre. On peut regrouper leurs caractéristiques en éléments, fonctions et attributs. Les éléments du système sont ses caractéristiques biotiques et abiotiques – le sol, l’eau, les plantes et les animaux. Les interactions s’expriment entre les éléments en tant que fonctions et comprennent le cycle des matières nutritives et l’échange des eaux entre la surface et la nappe souterraine, d’une part et entre la surface et l’atmosphère d’autre part. Le système a des attributs aussi tels que la diversité des espèces **(Barbier et al., 1997)**.

Depuis la reconnaissance des zones humides en 1971 lors de la conférence de Ramsar **(Frazier, 1996)**, la plupart des grandes zones humides sont connues et inventoriées à travers le monde, en raison de leur biodiversité. Ainsi, les zones humides algériennes à caractère patrimonial, qui ont focalisé l’attention des gestionnaires et des décideurs, sont inventories, protégées à travers différents dispositifs (parcs naturels régionaux, Observatoire national des zones humides...).

Le sol représente un des réservoirs les plus importants de la biodiversité. En effet, la diversité biologique des sols correspond, dans plusieurs cas, à celle observée au-dessus de la surface du sol **(Heywood, 1995)**. Donc le sol est l’habitat le plus diversifié sur Terre et contient un large assemblage d’espèces qui sont connue sous le nom de la faune du sol **(Andrene, 1999)**.

La faune du sol et sa diversité sont largement reconnus pour leur participation aux processus physiques, chimiques et biologique impliqué dans le fonctionnement et l’évolution des sols naturels **(Lavelle et al., 2006) et (Barrios, 2007)**.

D’après Bachelier (1978), le rôle de la faune du sol est important dans la genèse et la dynamique des sols, en favorisant l’activité biologique globale du sol, comme elle favorise indirectement sa structure. Mais le nombre de cette faune du sol peut aussi avoir une action plus directe sur cette structure, soit en amalgamant intimement les débris végétaux en décomposition à la partie minérale du sol, soit comme les autres animaux en facilitant au cours des chaînes alimentaires la pénétration en profondeur des matières organiques. La porosité, la structure, le pouvoir de rétention d’eau et même la nature et la saturation du complexe absorbant d’un sol peuvent être complètement modifiés par la vie animale.

On estime actuellement que la faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale. Ses plus célèbres représentants, les vers de terre, sont la première biomasse animale

terrestre : on en compte en moyenne une tonne à l'hectare en masse fraîche **(Lozet et Mathieu, 1997)**.

L'Algérie présente une grande diversité de zones humides avec des particularités propres à chacune d'elles. Ce qui a motivé notre pays a ratifié la convention Ramsar en 1982 et a procédé depuis au classement de 50 zones humides sur la liste Ramsar qui ont une importance, totalisant une superficie globale de plus de 2.99 millions d'hectares **(Boumezbeur, 2004)**.

Dans la wilaya d'El Tarf le Parc National d'El-Kala (PNEK) est composé de plusieurs zones humides, occupant une superficie d'environ 80 000 Ha a été inscrite sur la liste Ramsar comme zone humide d'importance internationale.

Le PNEK est un site d'importance capitale en raison, non seulement, de la mosaïque de biotopes remarquables où se côtoient des espèces endémiques, boréales et tropicales, mais aussi parce qu'il rassemble à lui seul une majeure partie de la faune et de la flore du pays **(Hamouda et Tahar, 2012)**.

La région d'El Kala a la particularité d'abriter le complexe de zones humides le plus important du Maghreb. Très intéressant par ses dimensions et par la diversité des conditions de profondeur et de salinité, il favorise une richesse biologique particulièrement importante. Les principales zones humides de la région sont les lacs : Mellah (860 ha), Oubeira (2200 ha) et Tonga (2400 ha). Ces zones humides constituent des sites privilégiés de reproduction d'espèces animales d'un grand intérêt pour la biodiversité régionale voire nationale ; telles les Odonates, les Amphibiens et Reptiles **(Rouag, 1999)**, les Oiseaux **(Benyacoub et al., 2000 ; Chalabi, 1990 ; Rizi, 2001 ; Belhadj, 1996 ; Boulehbel, 1999 ; Ziane, 1999 ; Boukheroufa, 2001)**.

Nos objectifs dans ce travail visent à déterminer la diversité de la faune du sol au niveau des zones humides du Parc National d'El Kala, la richesse spécifique et la variation entre les sites en soulignant l'importance de ces habitats pour la conservation de la biodiversité. Des efforts continus de recherche et de surveillance sont nécessaires pour protéger ces écosystèmes précieux face aux menaces environnementales croissantes.

Notre travail est structuré comme suit :

- Introduction ;
- Le premier chapitre représente des généralités sur le sol et la faune d sol ;
- Le deuxième chapitre représente la partie expérimentale, elle comprend la présentation de la région d'étude et les sites d'étude, le matériel biologique, les méthodes d'échantillonnages sur terrain, les méthodes utilisées au laboratoire ;
- Le troisième chapitre englobe les résultats obtenus et leurs interprétations au cours de la période d'étude ;
- Le dernier chapitre discussion est une comparaison des résultats du présent travail avec la bibliographie ;
- Enfin une conclusion et des perspectives d'avenir clôturent ce travail.

Chapitre I : Généralités

I. Le sol

Le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche –mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques. Définit aussi comme la partie superficielle de l'écorce terrestre fortement soumise à l'action des agents climatiques et colonisée par les êtres vivants. Ceux-ci, conjointement et lentement, la transforment par un ensemble de processus ou interagissent des phénomènes physiques, chimiques et biologiques. Par sa composition très particulière, le sol est composé de trois fractions, la fraction solide (constituants minéraux et organiques), la fraction liquide (solution du sol) et la fraction gazeuse ou atmosphère du sol (oxygène, azote et gaz carbonique) (**Soltner et Beauchamp, 2003**).

Le sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres. C'est une ressource importante qu'il convient de protéger compte tenu de l'accélération de sa dégradation liée, souvent, aux activités humaines. Le bio fonctionnement des sols regroupe un ensemble de fonctions assurées par les organismes vivants dans ce sol et qui sont en interaction avec les composantes physiques et chimiques de celui-ci, permettant la dynamique de la matière organique et de l'eau, ainsi que le recyclage des nutriments (**Antunes et al., 2008 ; Boudiaf et al., 2014**).

I.1. La composante biologique du sol

On rencontre dans les sols tous les niveaux de la chaîne alimentaire, à l'exception des organismes photosynthétiques, limités à la surface du sol. Les décomposeurs y sont par contre très abondants ; ils transforment la matière organique et la minéralisent. Cette diversité de niveaux trophiques peut se rencontrer au sein d'un même groupe taxonomique : on trouve par exemple des nématodes fongivores, bactérivores, herbivores ou prédateurs qui se distinguent par la forme des pièces buccales. Dans les milieux méditerranéens, les conditions climatiques et pédologiques agissent fortement sur la réduction de la dynamique de la succession des communautés (**Véla et Benhouhou, 2007**). Les politiques mises en œuvre et adoptées ont conduit à une dégradation des agro écosystèmes pour lesquels actuellement on tente de restaurer les fonctions (**Boudiaf et al., 2014**).

On retrouve quatre composantes dans un sol : l'eau, l'air, les minéraux et la matière organique c'est la proportion l'organisation de ces différentes composantes qui déterminent les propriétés du sol et l'usage que l'on peut en faire.

I.2. Les fonctions du sol

La capacité du sol à fournir des services pour l'être humain et l'environnement est exprimée par la notion de fonctions du sol. En accord avec les définitions internationales usuelles, une distinction est faite entre les fonctions suivantes :

- Fonction d'habitat : capacité du sol à servir de base vitale pour les organismes et à contribuer à la conservation de la diversité des écosystèmes ainsi que des espèces et de leur diversité génétique.
- Fonction régulatrice : capacité du sol à réguler les cycles de substances et d'énergie, à assumer une fonction de filtre, de tampon ou de réservoir, et à transformer des substances.
- Fonction de production : capacité du sol à produire de la biomasse sous forme de denrées alimentaires et fourragères, de bois et de fibres.
- Fonction de support : capacité du sol à servir de fondement à des constructions.
- Source de matière première : capacité du sol à stocker des matières premières, de l'eau et de l'énergie géothermique.
- Fonction d'archivage : capacité du sol à conserver des informations sur l'histoire naturelle et culturelle.

Il représente une vaste réserve génétique qui abrite et influence une grande partie de la biodiversité terrestre où l'activité biologique est essentielle à sa construction, à son fonctionnement ainsi qu'à sa fertilité.

L'ensemble des interactions entre le milieu et les organismes vivants induisent un certain nombre de fonctions écologiques et environnementales qui se regroupent dans la notion de fonctionnement biologique des sols.

I.3. Les type de sols

Le type de sol est déterminé par la dimension des particules qui le composent et par leur agencement : On peut regrouper les sols en quatre grands types :

➤ **Sol sableux**

Sol très poreux qui ne retient pas l'eau, sèche et se réchauffe en peu de temps, glisse entre les doigts en raison de l'absence de cohésion entre les particules ; très sensible à l'érosion par le vent et au lessivage (**Anonyme, 1996**)



Figure n°1 : sol sableux (Anonyme, 1996)

➤ **Sol limoneux**

Contient surtout du limon, adhésion partielle des particules du sol qui se désagrègent en petits morceaux sous l'effet de l'environnement ; porosité moyenne. (**Anonyme, 1996**)



Figure n°2 : sol limoneux (Anonyme, 1996)

➤ **Sol argileux**

Contient surtout de l'argile, sol lourd et compact dont les particules demeurent collées entre elles comme de la pâte à modeler. Risque de compaction du sol si des masses lourdes (comme des camions) se retrouvent en surface, un sol compacté sera alors difficilement drainé ; souvent désigné sous le nom de « glaise ». (**Anonyme, 1996**)



Figure n°3 : sol argileux (Anonyme, 1996)

➤ Sol humifère

Contient surtout de la matière organique ; particules foncées relativement lâches qui glissent entre les doigts et permet à l'eau de s'écouler facilement. (Anonyme ,1996)



Figure n°4 : sol humifère (Anonyme, 1996)

I.4. Les horizons du sol

Horizon O (ou A0) : Cet horizon est organique (riche en humus) et comporte des débris végétaux qui sont partiellement décomposés et pratiquement non reconnaissables sur le terrain. Il contient 30 % de matière organique.

Horizon A : Il contient à la fois de la matière organique et de la matière minérale. Dans quelques rares cas, il résulte de la pénétration de la matière organique dans le sol sous forme de constituants solubles. Mais, en général, il est le résultat d'un brassage mécanique par les organismes vivants dans le sol (vers, insectes) ou bien il matérialise l'intervention d'outils dans le cas des sols cultivés.

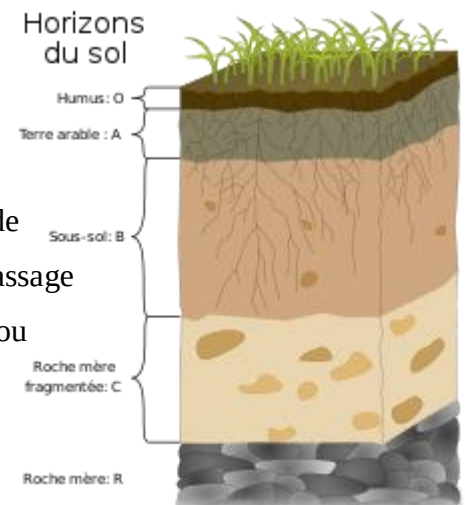


Figure n°5 : exemple du différent horizon du sol (Anonyme, 1996)

Horizon B : Il est enrichi en divers constituants, suivant les cas : argile, fer, matière organique, carbonate de calcium, etc. Ces constituants proviennent en majorité du lessivage par les eaux de percolation (eaux de pluies, irrigation) des horizons sus-jacents et en particulier de l'horizon O. Il est distingué par sa couleur, sa structure, la nature de ses constituants, sa granulométrie.

Horizon C : Il résulte de l'altération de la roche mère. La transformation de celle-ci reste limitée si bien que nombre de ses caractères originels (litage, schistosité, minéraux) sont encore très visibles.

Horizon R : Il correspond à la roche-mère dure (granite, calcaire, grès...). Tous les sols n'ont pas forcément la même organisation. Certains horizons peuvent être plus ou moins importants, certains peuvent être absents. Il existe ainsi des sols peu évolués, peu épais, et peu structurés en horizons. Les sols plus évolués sont composés de plus d'horizons et sont plus épais. Les pédologues distinguent ainsi plusieurs types de sols qui reflètent des stades évolutifs différents. La différenciation d'un sol ne dépend pas de son âge : des sols peu différenciés peuvent être plus anciens que des sols récents et très différenciés. Par exemple, les sols calcaires ont peu d'horizons et certains facteurs, comme une forte pente, peuvent favoriser l'érosion et bloquer la différenciation des sols.

I.5. Les facteurs abiotiques du milieu

Par leurs conditions très particulières d'atmosphère humide, d'uniformité thermique, d'obscurité et de calme, les sols se différencient radicalement des autres biotopes terrestres épigés.

Nous ne traiterons ici des différentes caractéristiques pédologiques qu'en tant qu'éléments de section susceptibles de jouer dans le déterminisme de la faune des sols. Ceci, tout en sachant que les diverses espèces offrent des ((valences écologiques)) différentes.

La valence écologique d'une espèce est la possibilité qu'a cette espèce de peupler des milieux distincts caractérisés par des variations plus ou moins grandes des facteurs écologiques. Il est des espèces *sténoèces* ne pouvant supporter que des variations limitées des facteurs écologiques et des espèces *euryèces* capables de peupler des milieux très différents ou présentant une forte variabilité : on parle d'espèces sténothermes et eurythermes avec la température, d'espèces sténohalines et eurythermes avec l'humidité, d'espèces sténohalines et euryhalines avec la salinité.

La valence écologique d'un animal peut varier en fonction de son stade de développement, ce qui est, par exemple, évident avec les larves d'insectes donnant des imagos ailés.

Les relations des animaux avec les divers facteurs abiotiques du milieu seront traitées plus en détail dans les chapitres suivants (**Bachelier, 1978**).

I.6. Les constituants du sol

Les constituants organiques des sols : On distingue traditionnellement : Les constituants organiques et les constituants minéraux.

1.6.1. Les constituants organiques

La matière organique des sols provient de la décomposition des produits d'origine animale et des produits végétaux qui s'accumulent à sa surface : débris de tiges, de feuilles, mais également de racines pouvant constituer une source de matière organique importante. La décomposition s'effectue par voie biologique, les microorganismes : bactéries et les champignons attaquent les substances hydrocarbonées (cellulose) qui constituent des matières énergétiques et également les protéines ou matières azotées, qui peuvent être décomposées en acides aminés puis en ammoniacque.

Les matières carbonées sont souvent éliminées à l'état de gaz carbonique. L'ammoniacque est oxydée en nitrate qui sert à l'alimentation des plantes, ou est parfois réintégrée dans les microorganismes, ou éliminée dans les eaux de drainage. Cette production de gaz carbonique, de nitrates ou d'autres composés minéraux, phosphates, sulfates, à partir de la matière organique en décomposition, s'appelle la minéralisation.

Cette minéralisation est un processus essentiel pour la vie des plantes supérieures ; elle règle le cycle de la vie végétale et animale sur terre **(Dabin et Segalen, 1970)**.

1.6.2. Les constituants minéraux

On trouve dans les sols une variété assez grande de constituants minéraux, mais dès le départ il est essentiel de faire une distinction fondamentale entre les constituants dits «primaires, Ou « hérités» qui proviennent intacts ou, en tout cas, peu modifiés de la roche dont est issu le sol, et les constituants - secondaire »formés dans le sol par transformation d'un minéral préexistant ou bien par synthèse après destruction complète des minéraux primaires **(Dabin et Segalen, 1970)**.

1.6.3. Humidité du sol

L'eau demeure un facteur primordial pour la faune du sol, son insuffisance aussi bien que son excès peut être néfaste aux animaux.

Le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux, surtout au moment des mues. Vannier (1973) a cependant montré que certains Collembolles réduisent au minimum leurs dépenses hydriques avant et après la mue. Vannier (1974) a aussi montré que leur résistance cuticulaire augmente avec le pouvoir évaporant de l'air. L'excès d'eau détermine les pièges

de la tension superficielle, le danger des phénomènes d'endosmose et le manque possible d'oxygène. On distingue des faunes hydrophiles ou avides d'eau, des faunes hygrophiles ou avides seulement d'humidité et des faunes xérophiles capables de supporter la sécheresse. Deux aspects sont à considérer : d'une part, l'eau dans le sol et, d'autre part, les besoins en eau des animaux sous forme liquide ou vapeur d'eau.

Pour ce qui est de l'eau dans le sol, il est nécessaire d'en connaître la disponibilité, et donc l'énergie avec laquelle elle est retenue. **(Bachelier, 1978)**

I.7. Les micro-organismes du sol

Les parties du sol influencées par la présence des racines « la rhizosphère » ou par le creusement des vers de terre « la drilosphère ». Les exsudats racinaires, dans la rhizosphère, et le mucus intestinal des vers, dans la drilosphère, ont un effet favorable sur l'abondance et la richesse des communautés de bactéries, de champignons, de protistes ou de microarthropodes dans ces compartiments privilégiés **(Davet, 1996)**. On ne peut dire que leur rôle soit plus important que celui d'animaux du sol : leurs actions s'ajoutent. Mais celle des micro-organismes se situe plutôt en bout de chaîne, après la fragmentation entreprise par les animaux. Ce seront les agents directs de la minéralisation et de l'humification **(Soltne et Duchauffour, 1977)**.

II. Diversité de la faune du sol

Selon la taille des individus, la faune édaphique est divisée en microfaune, méso faune, macrofaune et mégafaune **(Bachelier et al., 1998 in Kadi, 2002)**.

II.1. La faune du sol

La faune du sol ou pédofaune est l'ensemble de la faune effectuant tout son cycle de vie dans le sol. La pédofaune participe à la biodiversité du sol et joue un rôle fondamental pour la production et l'entretien de l'humus **(Anonyme, 2011)**.

De manière globale la faune du sol peut être classée en quatre catégories selon la taille des organismes qui la composent **(Gobât et al., 1998 ; Martins et al., 2015)**

II.1.1. La microfaune

Elle a une longueur entre ($< 0,2$ mm), regroupe principalement des microorganismes ayant besoin d'eau liquide pour vivre. On trouve des protozoaires grands consommateurs de bactéries, ils induisent le maintien de la jeunesse des populations de bactéries, celle-ci devant

se reproduire pour pallier à cette prédation. On peut aussi observer des Métazoaires, essentiellement des Nématodes (Vers ne présentant pas de segmentation), qui interviennent dans la première phase de décomposition des végétaux en les brisants, ce qui facilite ensuite l'action des bactéries et des champignons. Ils participent aussi au brassage des horizons, activant la remontée des éléments minéraux vers la surface (**Gobât et al., 1998**).

II.1.2. La méso faune

Cette catégorie d'invertébrés comprend la majorité des Nématodes, les Acariens, les Collembolles, et des Protoures, dont la longueur varie entre 0,2 et 4mm avec un diamètre de 0,1 à 2mm. Les jeunes larves de macro arthropodes entrent généralement dans cette catégorie (**Nadama, 2006 ; Machado et al., 2009**).

II.1.3. La macrofaune

On la repère sans difficulté à l'œil nu d'autant plus que de par sa taille qui varie (4 à 80mm) elle occupe surtout les couches superficielles , regroupe les vers de terre , certains mollusques, arachnides , crustacés et myriapodes , les vers de terre ou lombrics ont un rôle primordial dans le brassage des différents horizons, ils ingèrent de la terre qu'ils rejettent ailleurs apportant des éléments organiques vers le bas. Leur activité permet aussi d'améliorer l'aération et la perméabilité des sols. Enfin leur biomasse importante constitue une réserve d'Azote pour le sol (**Nadama, 2006**).

II.1.4. La mégafaune

Cette classe représente les vertèbres qui ont une taille dépassant 80 mm de longueur. Ils agissent sur le sol par creusement de leurs galeries, reptiles, mammifères fouisseurs tels que les campagnols, les chiens de prairie, les marmottes, aussi les amphibiens semblables à des vers de terre, et des reptiles apodes et fouisseurs (**Gobât et al., 1998 ; Peres, 2003**).

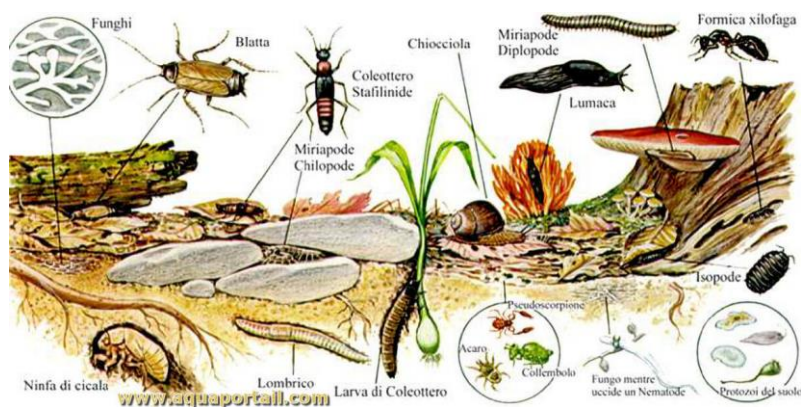


Figure n°6 : faune du sol (Anonyme, 2011)

II.2.Importance écologique de la faune du sol

La faune du sol joue un rôle déterminant dans divers processus de l'évolution des sols. Ainsi, selon (Dejean *et al.*, 1986 in Chaouch et Nacer, 2017), le rôle le plus important joué par les invertébrés du sol est leur contribution aux processus de dégradation et de minéralisation des macro-particules organiques de litière, et de ce fait au recyclage rapide des minéraux contenus dans la litière ; Ils jouent un rôle mécanique dans le cycle des nutriments en fragmentant et en ingérant les matériaux de la litière, facilitant ainsi leur biodégradation. Cette biodégradation facilite l'action des microorganismes qui décomposent et minéralisent les détritits (Lavelle *et al.*, 1994 in Chaouch et Nacer, 2017).

La réduction de la faune du sol pourrait réduire la quantité et la qualité des réserves de carbone dans le sol et finalement, conduisent à la dégradation de ses propriétés physico-chimiques (Casdar, 2007 in Chaouch et Nacer, 2017). Les organismes du sol fournissent ainsi des services éco systémiques.

II.3.Action de la faune sur le sol

II.3.1.Action sur les propriétés physiques du sol

L'action physique de la faune intervient sur des propriétés telles que la porosité, ou la structure. Indirectement, c'est l'évolution des gaz et liquides dans le milieu qui est améliorée. Elle permet également la création d'habitat et de réseaux de migration pour toute une partie de la pédofaune. L'activité de la faune est largement dépendante de l'organisation créée par les organismes ingénieurs.

- Le macro brassage : Il permet la circulation d'important volume de terre entre les horizons du sol. Il permet la remontée en surface des horizons riches en matières minérales et l'enfouissement des horizons organiques superficiels, les litières et le fumier. Dans nos régions tempérées les organismes concernés ont les vers de terre, les fourmis, les scarabées et certains mammifères (taupes, campagnols,...) (**Kadi, 2002**).

- Le micro brassage : Si son effet sur la structure est moins visible, il n'en est pas pour autant moins important. Il y a peu de remontée de matières minérales, en revanche l'incorporation de la matière organique au sol par l'intermédiaire des déjections n'est pas négligeable. Cette activité se limite aux horizons superficiels mais ses effets s'observent jusqu'à 60cm de profondeur par lessivage et accumulation des crottes (**Gobat et al., 2003**).

-La formation de galeries : Ces structures jouent un rôle important pour l'aération du sol et son régime hydrique. Elles sont le fait des vers de terre et enchytréi des, auxquels on ajoute les nids et déblais de fourmi. Chacun agit à son échelle et crée des galeries de diamètres variés. Elles offrent des voies de pénétration préférentielle pour les racines, les éléments fins lessivés, les excréments, ou encore les invertébrés épigés. Ces derniers n'ayant pas la capacité d'agir sur le sol, profitent de ces aménagements pour fuir des conditions défavorables. (**Kadi, 2002**).

En revanche, la méso faune (acariens, collemboles,...) ne paraît pas modifier directement la porosité du sol mais tend à agrandir et aménager les cavités naturelles. Il semble que « des centres de peuplement liés la reproduction » y soient créés (**Gobat et al., 2003**).

La fragmentation : Il s'agit d'une réduction mécanique de la matière organique. Elle permet la multiplication des surfaces attaquables de l'ordre de 50 à 200 fois selon (**Bachelier, 1978**). Elle est due à l'activité successive des phytosaprophages⁶ qui ingèrent et transforment leurs aliments.

Ainsi, les fragmenter influence fortement l'évolution de la matière organique dans le sol et permet l'intervention successive et organisée de chaque maillon. Ils conditionnent en grande partie l'importance des peuplements bactériens, fongiques et micro fauniques (**Kadi, 2002**).

- La formation d'agrégats : Les vers de terre et la macro arthropodes qui ingèrent des particules de terre avec leur nourriture contribuent à la formation d'agrégats, en mélange anti matières organiques et matières minérales dans leur tube digestif. Les sécrétions intestinales et les colloïdes bactériens du tube digestif jouent le rôle de ciment sur ces agrégats. Pour leur stabilisation, le chevelu racinaire a une action mécanique et enrobant, mais également une

action par les sécrétions de la microflore de la rhizosphère. Le réseau d'hyphes de champignons et de fibres végétales (issues des feuilles consommées) peut également consolider la structure des sols (**Kadi, 2002**).

La pédofaune associée à la microflore participe donc à l'amélioration et la stabilisation de l'organisation structurale du sol.

II.3.2.Action sur les propriétés chimiques du sol

La faune influence les caractéristiques chimiques des sols par des voies très variées. L'effet le plus net est la modification de la nourriture durant son passage à travers la chaîne alimentaire (**Gobat et al., 2003**). Les excréta produits par la faune modifient également de manière directe la composition chimique du sol.

La faune constitue en elle-même une réserve importante d'éléments qui redevient mobilisable à sa mort. En comparaison à la micro et méso faune, les cadavres de la macrofaune fournissent des apports beaucoup plus élevés. Il en est de même pour les vertébrés formant la mégafaune.

Plusieurs effets indirects sur la composition chimique du sol peuvent également être observés. Les protozoaires sont capables de minéraliser l'azote, le phosphore et le soufre à partir de leur nourriture (bactéries). Les ingénieurs par la remontée de matériaux profonds peuvent également augmenter le potentiel chimique des sols.

II.3.3.Action sur les propriétés biologiques du sol

L'activité biologique d'un sol est le résultat des interactions entre les différents organismes. Elle se traduit par une variation de l'activité ou de la densité de la communauté. Elle tend à installer un certain « équilibre » pour un fonctionnement optimal et durable des processus en cours. Parmi eux, on notera la compétition, ou l'effet des prédateurs sur les ravageurs. On notera également le rôle joué par la pédofaune pour la dissémination des spores et bactéries. Cette propagation s'effectue soit par des crottes dispersées dans le sol soit par transport sur le corps des animaux.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. Description de la région d'étude : Parc national d'El Kala

Le PNEK est situé à l'extrême Nord-est algérien, il est intégralement inclus dans la wilaya d'El Tarf et occupe une superficie d'environ 80.000 ha soit 26% de la surface de la wilaya.

(Figure n°7)

Il est limité :

- Au Nord, par la mer Méditerranée ;
- Au Sud, par les contreforts des monts de la Medjerda ;
- À l'Est, par la frontière algéro-tunisienne ;
- À l'Ouest, par l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba.

Ses écosystèmes très variés le classent parmi les sites protégés mondialement, avec des espèces endémiques dont quelques-unes sont en voie de disparition. Hautement boisé (69% de sa superficie), il s'étend sur une bande côtière de 50 km, longe la frontière tunisienne sur 98km. Les limites du parc englobent 8 communes dont 6 sont entièrement situées à l'intérieur de cet espace naturel (Hamouda et Tahar, 2012).

Les objectifs du Parc National d'El-Kala

- la protection et la conservation de toutes les richesses d'un milieu naturel.
- Le maintien de l'aspect naturel de tous les paysages, sites, monuments historique et préhistorique et la préservation de toute intervention artificielle incompatible avec le milieu.
- L'assurance de la reproduction et de développement des espèces forestiers et animales.
- L'association de l'Université aux activités de recherche scientifique dans le parc

(Melouah, 1986).

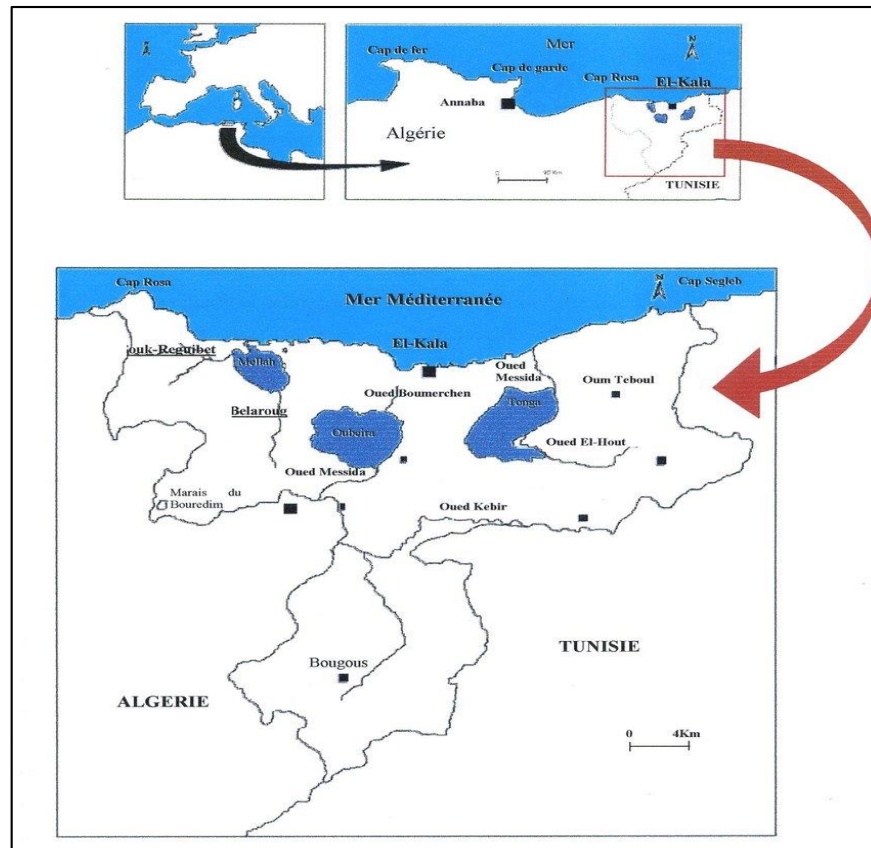


Figure n°7 : Carte de présentation du P.N.E.K (Benyacoub, 1996)

I.1. Limites administratives

Cette aire protégée située entièrement dans la wilaya d'El Tarf compte 09 communes dépendant des daïras suivantes : (Figure n°8)

- **Daïra d'El Kala :** Avec 4 communes totalement incluses dans le Parc et qui sont El Kala ; Essouarekh (Oum Teboul) ; El Aioun et Ramel-Souk.
- **Daïra d'El Tarf :** Avec 2 communes totalement incluses dans le Parc et qui sont Ain el Assel, Bougous et une commune partiellement incluse dans le Parc (la commune d'El Tarf)
- **Daira de Boutheldja :** Avec une commune partiellement incluse dans le Parc (La commune de Boutheldja)
- **Daira de BenM'hidi :** Avec une commune partiellement incluse dans le Parc (La commune de Berrihane).

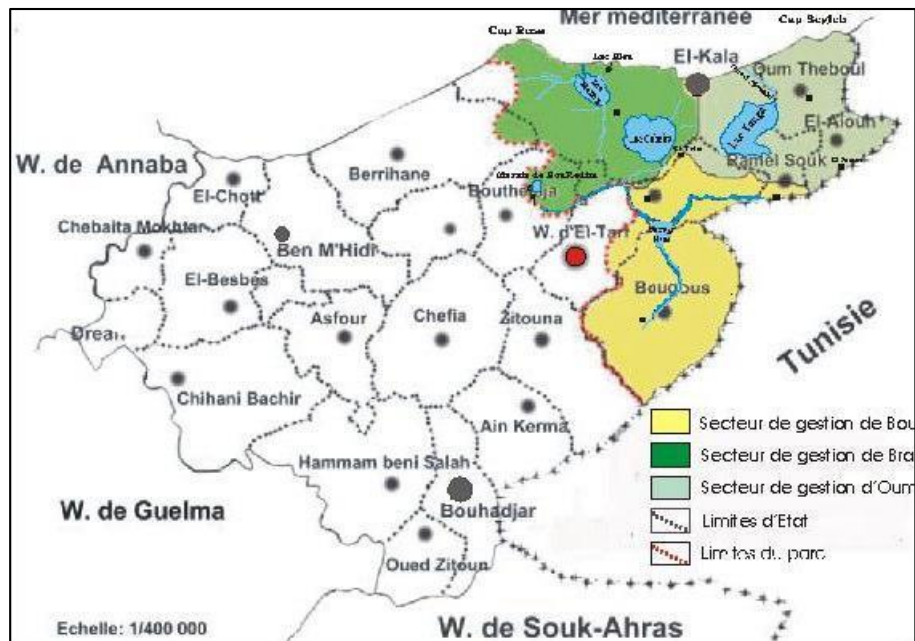


Figure n°8 : limites administratives du Parc National d'El Kala dans le territoire de la wilaya d'El Tarf (**Bentouili, 2007**)

I.2. Principaux lacs et zones marécageuses :

- **Lac Tonga** : Le Lac Tonga ($36^{\circ}53' N$ et $08^{\circ}31' E$) est un plan d'eau douce à saumâtre classé site Ramsar depuis 1982. Il couvre une superficie totale d'environ 2 600 ha. Il est situé à mi-chemin entre la ville d'El-Kala et la commune d'Oum Teboul et à environ 3 km de la mer Méditerranée (**Abbaci, 1999**).
- **Lac Oubeira** : C'est une nappe d'eau douce de 2200 ha qui se situe à la côte 25 mètres (**Joleaud, 1936**). Il est endoréique (sans écoulement vers la mer), il représente donc la réserve d'eau douce la plus profonde de la région dont l'importance sur le plan économique (pêche), ornithologique et international qui lui confère le statut de zone intégrale (**Boumezbeur, 2002**).
- **Lac Mellah** : Situé à $36^{\circ} 53' N$ et $08^{\circ} 20' E$, le lac Mellah est une ancienne vallée fluviale qui s'est transformée en lagune après avoir été envahie par l'eau marine.

C'est l'unique lagune qui existe en Algérie. Son fonctionnement dépend des flux hydriques continentaux, les intrusions d'eau marines au gré du rythme des marées et l'apport local de précipitations (**Retima, 1999**).

- **Le Marais de la Mékhada** : Ce marais (36° 48' N et 08° 00 E) s'étale sur une superficie de 10 000 ha. Il constitue après le lac Fetzara (15 000 ha) le deuxième site de la Numidie (**de Belair et Bencheikh, 1987**).
- **Le Lac Bleu** : C'est un petit lac d'eau douce, d'une superficie de 1,5 à 3 ha. Sa profondeur ne dépasse pas 2m. Il est localisé dans une formation dunaire au Nord-Est du Lac Mellah. Il est délimité au Nord par Koudiat El Rhar, au Sud-Ouest par Koudiat Ain Erroumi, à l'Ouest par Koudiat Terch et à l'Est par Koudiat El Achêch (**Samraoui et de Belair, 1998**).
- **Lac Noir** : Situé dans le complexe des zones humides d'El Kala, est un ancien lac asséché accidentellement par les deux actions conjuguées liées à l'ouverture d'un forage important, à proximité du site, et le chemin de wilaya 109 reliant les villes d'Annaba à El Kala. Depuis, seule reste la tourbière sous-jacente qui aujourd'hui, a remplacé l'ancien site considéré comme la deuxième station où l'on recensait le nénuphar jaune (**Malki, 1996**).

I.3. Climatologie

El Kala est une des régions les plus arrosées d'Algérie, elle se situe dans l'étage bioclimatique subhumide chaud, avec des hivers doux et humides et des étés chauds, secs et longs (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps). Le minimum absolu en décembre atteint 6°C, et 39°C maximum en août et une pluviométrie moyenne annuelle de 910 mm et un maximum de 1300 mm (**DGF, 2004**).

I.4. Richesse naturelle

I.4.1. La faune

La faune du parc est assez riche et diversifiée, les études disponibles au niveau du Parc National d'El Kala révèlent que le Parc abrite 43 espèces de mammifères (90 pour l'Algérie), 204 espèces d'oiseaux nicheurs et de rapaces, inféodés au milieu aquatique et forestier (350 espèces pour l'Algérie), 24 espèces de reptiles et amphibiens (82 pour l'Algérie) 823 espèces d'invertébrés dont 523 espèces d'insectes. Les espèces animales les plus emblématiques à la

région sont le renard roux ou doré, le lynx caracal, la mangouste et l'hyène rayée. Quant au Cerf de Berberie, c'est le mammifère le plus imposant du point de vue taille (**Hamouda et Tahar, 2012**).

I.4.2. La flore

La flore du parc constitue un véritable carrefour biogéographique avec d'une part l'élément méditerranéen (Chêne liège, Chêne vert, Chêne zeen et Chêne kermès) et d'autre part des espèces d'affinité européenne (Aulne, Orme et Saule) et tropicale. Le patrimoine végétal du parc est constitué de plus de 850 espèces qui comptent 65 algues, 110 champignons, 50 lichens, 40 mousses, 25 fougères et 545 spermaphytes (**Abbaci, 1999**). D'une manière générale, parmi les 135 familles recensées dans la flore de (**Quezel et Santa, 1962-1963 in de Belair, 1990**), plus de 100 familles sont représentées dans le Parc National d'El-Kala.

II. Description des sites d'études

II.1. Lac El Mellah

Le lac El Mellah, une lagune salée de forme ovoïde, est située entre la ville d'El Kala, dans l'extrême nord-est du pays, et la frontière algéro-tunisienne. Il couvre une superficie de 860 hectares avec une profondeur moyenne de 3 mètres et une profondeur maximale de 6 mètres. Cette étendue d'eau se divise en deux parties, reliée à la mer par un canal mesurant 900 mètres de long sur 20 mètres de large, avec une profondeur variant entre 0,5 et 2 mètres. Le canal, orienté Nord-Ouest, est un chenal artificiel qui capte les eaux des Oueds El Mellah, Erguibet et El Aroug (**Otmani et al., 2006**) (**Figures n°9**) (**Photo n°1**).



Figure n°9 : Carte de présentation de lac El Mellah
(Google maps, 2024)

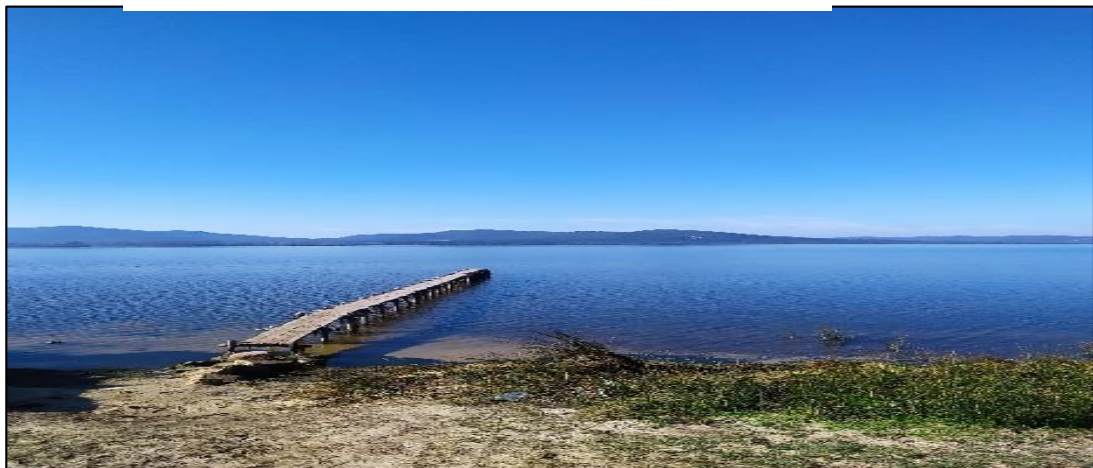


Photo n° 1 : Vue du lac El Mellah
(©Hanachi, Haddadi, 2024)

II.2.Lac Oubeira

Ce lac endoréique d'eau douce, d'origine naturelle, s'étend sur une superficie de 2 200 hectares avec une forme subcirculaire. Il se trouve à 3 kilomètres à l'ouest de la ville d'El-Kala, dans la Wilaya d'El-Tarf, à l'extrême nord-est de l'Algérie. Il est situé au cœur d'un bassin versant de 9 900 hectares et se trouve à une distance de 4 kilomètres de la mer, en ligne droite (Kahli et *al.*, 1996) (Figure n°10) (Photo n°2).

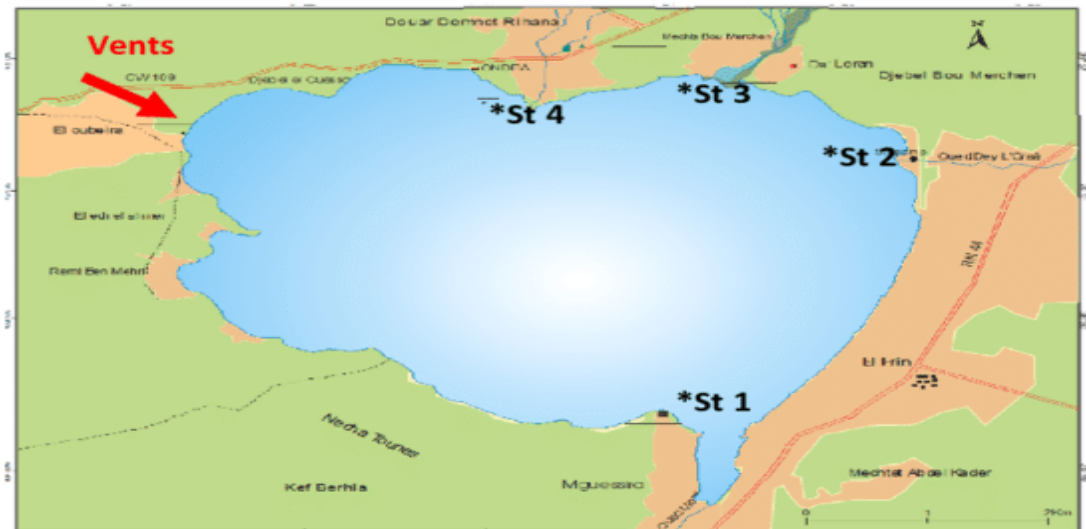


Figure n° 10 : Carte de présentation de lac Oubeira
(Djabourabi, 2014)



Photo n°2 : Vue du lac Oubeira (©Hanachi,
Haddadi, 2024)

II.3.Lac Tonga

Le lac Tonga est situé à l'extrême nord-est du Parc National d'El Kala (wilaya d'El Tarf). Il est situé à l'Est de la ville d'El Kala, à 70 Km à l'est de la ville d'Annaba et à 3 km à vol d'oiseau de la mer méditerranée, d'une superficie de 2600 hectares et une altitude moyenne de 2,2 mètres. Le lac Tonga est un site d'importance internationale géré administrativement par la direction du P.N.E.K.(Kadid, 1989) (Figure n°11) (Photo n°3).



Figure n° 11 : Carte de présentation de lac Tonga
(Google maps, 2024)



Photo n°3 : vue de lac Tonga (©Hanachi et Haddadi 2021)

III. Modèle Biologique

On définit la faune du sol comme l'ensemble des animaux qui ont au moins une partie de leur cycle biologique dans le sol. Cette faune représente près d'un quart (23%) de la diversité totale des organismes vivants décrite à ce jour avec des distributions horizontale et verticale très hétérogènes.

- **La Microfaune** ($t < 0,2\text{mm}$) est représentée par les Protozoaires, les Nématodes, les Rotifères, les Tardigrades et les Petits Turbellariés.
- **La Mésofaune** ($0,2\text{ mm} < t < 4\text{mm}$) est représentée par les Acariens, les Collemboles, les Protoures, les Diptoures, les Thysanoures, les Petits Insectes Ptérygotes et leurs larves, les Symphyles et Enchytreides.
- **La Macrofaune** ($4\text{mm} < t < 80\text{mm}$) est représentée par les Vers de terres, les Myriapodes, les Arachides, les Isopodes, les Mollusques, les Crustacés Terrestres et les Insectes.
- **La Mégafaune** ($80\text{mm} < t < 1,60\text{m}$) est représentée par quelques Reptiles, Rongeurs et Mammifères.

IV. Méthodologie de travail

IV.1. Matériel utilisée

- Une pelle
- Sacs en plastique
- Étiquettes
- Un quadra ($20\text{cm} \times 4$)
- Télescope
- Loupe

IV.2. Méthode d'échantillonnages

Notre échantillonnage a été effectué au sein de trois lacs à savoir : lac Mellah, Oubeira et Tonga. Les prélèvements de la faune du sol ont été réalisés de manière aléatoire en utilisant un cadre métallique de dimensions $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 15\text{cm}$. Ce cadre a été enfoncé verticalement dans la litière jusqu'à l'horizon, puis à partir de cet horizon, des échantillons de litière ont été prélevés simultanément. Tous les échantillons ont été placés individuellement dans des sachets en plastique, auxquels des étiquettes d'information ont été

Matériel et Méthodes

apposées. Chaque sachet de prélèvement était étiqueté avec le nom du site et la date de prélèvement.



A : Choix de station et Déterminé le quadra



B : Percer le quadra



C : Récolte du sol et de la litière



E : Placer les échantillons dans les sacs

Photo n°4 : A, B, C et D : Méthodes d'échantillonnage (©Hanachi et Haddadi, 2023)

IV.3.Méthode d'extraction des micro-organismes

🚦 Appareil de Berlèse

L'inventeur est l'entomologiste italien Antonio Berlèse (1863–1927), a conçu cet appareil en 1905. Cet appareil sert à capturer les petits invertébrés qui vivent dans la litière du sol, ou dans l'humus. On a placé nos échantillons de sol dans un entonnoir au fond duquel on a placé un grillage pour retenir le contenu ensuite on a placé une source de chaleur au-dessus (une lampe 100 W). Au fur et à mesure que le sol se réchauffe et s'assèche, les organismes qu'il contient migreront vers le fond jusqu'à finalement traverser la grille et tomber dans un flacon d'alcool placé sous l'entonnoir (Albony et al., 2004).

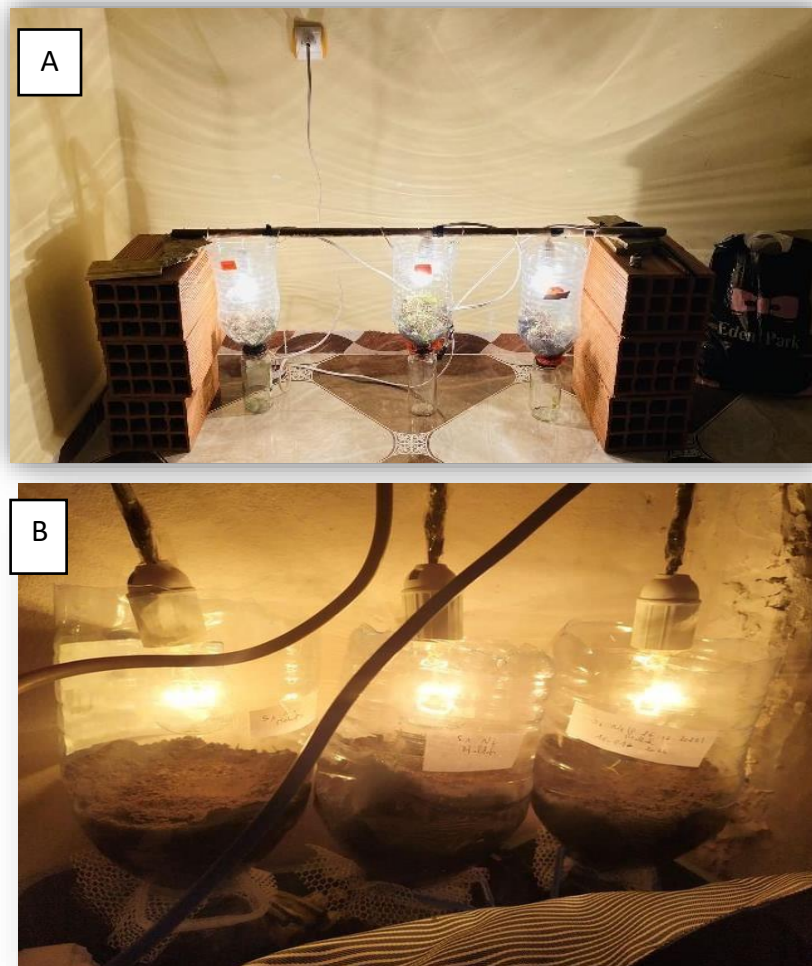


Photo n° 5 : (A et B) Appareil de Berlèse

(©Haddadi et Hanachi, 2024)

IV.4. Identification de la faune du sol au niveau du laboratoire

Pour la détermination des différents ordres ou groupes de la faune, nous avons utilisé un microscope et nous avons aussi pris comme référence plusieurs ouvrages qui utilisent quelques clés de détermination en se basant sur les caractères morphologiques du corps (Albony *et al.*, 2004).

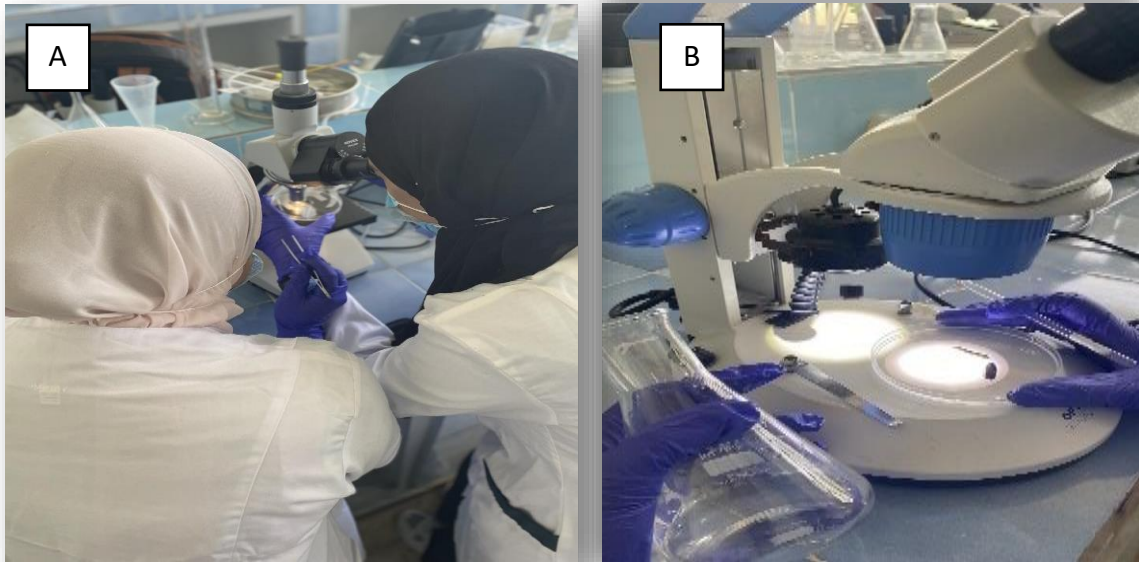


Photo n°6 : (A, B) Identification de la faune des sols au niveau de laboratoire
(©Haddadi et Hanachi, 2024)

V. Analyses statistiques

Pour l'analyse de nos résultats, on a eu recours à l'utilisation de certains paramètres et indices écologique.

Les données de la faune du sol regroupées par familles ont été analysées pendant toute les différentes saisons avec :

Test de Levene a été utilisé afin de comparer la variation de l'abondance de la faune du sol pendant les 03 saisons (automne, hiver et printemps).

- Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse multivariée de type Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), afin d'obtenir une ségrégation des principales familles observés pendant les trois saisons (automne, hiver et printemps).

- L'Analyse Factorielle des Correspondances consiste à représenter un maximum d'inertie totale sur le premier axe factoriel, un maximum de l'inertie résiduelle sur le second axe.
- Toutes ces analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel Xlstat.

On a aussi calculé la Fréquence d'occurrence ou constance

La constance est exprimée par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total des relevés (Dajoz, 1982). La constance est calculée par la formule suivante :

$$\text{➤ } Fi (\%) = (Pi / P) * 100$$

- **Pi**= nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.
- **P** = nombre total des relevés effectués.

- Si $Fi = 100\%$ → l'espèce est omniprésente;
- Si $75\% \leq Fi < 100\%$ → l'espèce est constante;
- Si $50\% \leq Fi < 75\%$ → l'espèce est régulière;
- Si $25\% \leq Fi < 50\%$ → l'espèce est accessoire;
- Si $5\% \leq Fi < 25\%$ → l'espèce est accidentelle;
- Si $Fi < 5\%$ → l'espèce est rare.

V.1. Richesse spécifique

C'est le nombre total des espèces recensées dans un peuplement au cours d'une série de (n) relevé réalisés dans un milieu (**Blondel, 1975, in Nebili 2013**).

V.2. Abondance

L'abondance spécifique d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce dans un Milieu donné. L'abondance relative (fi) d'une espèce est le rapport de son abondance Spécifique à l'abondance totale (fréquence relative).

V.3. Indice de diversité de Shannon Weaver

La diversité spécifique d'un peuplement exprime le degré de complexité de ce peuplement. Elle s'exprime par l'indice de shannon-winner (H') qui intègre à la fois, la richesse du peuplement et les abondances spécifiques.

La formule de L'indice de Shannon-winner est la suivant :

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

H' = indice de biodiversité de Shannon-winner

I = une espèce du milieu d'étude,

P_i = proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèce (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

$$P(i) = n_i / N$$

Ou n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces)

N : effectif total du peuplement

H' : Exprimé en bit (Binary digit)

H' Max : la divers théorique maximale

L'indice de diversité de Shannon (H') mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement à grand nombre d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une valeur faible traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité (BLONDEL 1995).

V.4. Indice d'équitabilité

Des peuplements à physionomie très différente peuvent ainsi avoir la même diversité, il est donc, nécessaire de calculer parallèlement à l'indice de diversité H' l'équitabilité (E) en rapportant la diversité observée à la diversité théorique maximale (H' Max).

$$E = H' / H' \text{ Max avec } H' \text{ Max} = \log_2 S$$

L'équitabilité varie de 0 à 1, elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce, elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces sont une même abondance, situation théorique dans le mesure où il existe toujours des espèces rares dans un peuplement

Chapitre III : Résultats et Interprétations

I. Analyse qualitatif et quantitatif de la faune du sol

I.1. Systématique de la faune du sol récolté au niveau les trois sites d'étude

La détermination taxonomique a permis de réaliser une liste faunistique de la faune du sol qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau n°01 : Composition de la faune du sol au sein des trois sites

Embranchement	Classe	Ordre	famille
Arthropoda	Insecta	Coléoptère	Scarabaeoidea
			Elateridae
			Ténébrionidés
			Carabidae
		Diptera	Tipulidae
			Athericidae
		Hymenoptera	Formicidae
		Blattodea	Blattidae
		Orthoptera	Gryllidae
	Crustacea	Isopoda	Armadillidiidae
			Porcellionidae
	Myrapoda	Julida	julidae
	Arachnida	Trombidiformes	Tetranychidae
Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	Hygromiidae
			Helicidae
Annelida	Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae

I.2. L'abondance relative des différentes classes

Les groupes zoologiques de la faune du sol dans les trois sites d'étude, sont représentés par 06 classes dans les différents horizons du sol.

Selon la figure n12, la plus grande proportion de la faune du sol récoltée est celle de la classe des insectes, représentés par 76 %. Après par la classe de Clitellata avec un pourcentage de 16%. Suivi par la classe de Crustacea avec 4 %. Viens après la classe de Gastéropoda avec 2 %. Les classes de Myrapoda et Arachnida sont présentes avec un faible pourcentage de 1 %.

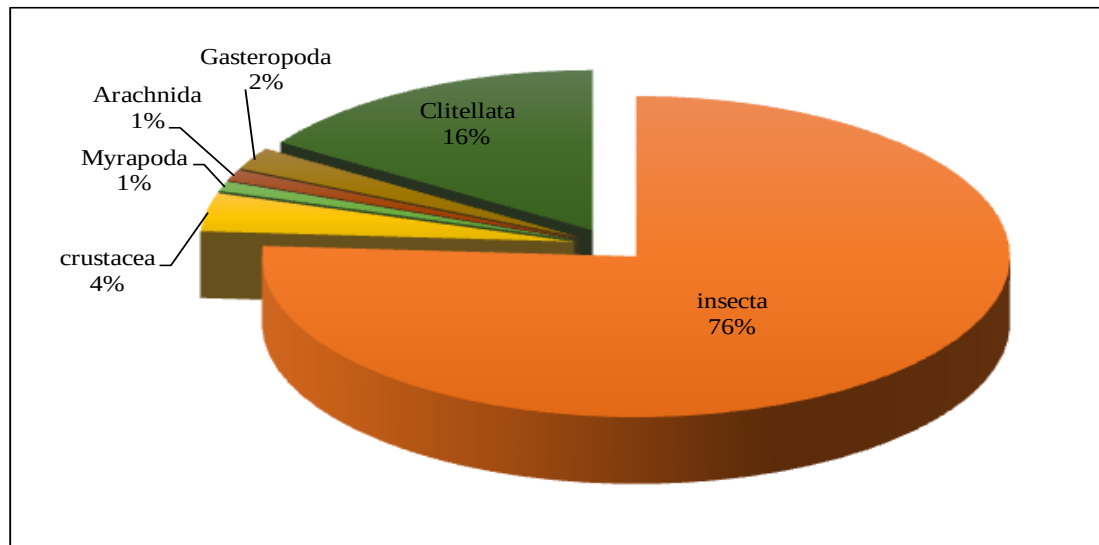


Figure n°12 : Abondance relative des différentes classes au niveau des trois sites

I.3. Fréquence d'occurrence des différentes familles de la faune du sol

La fréquence d'occurrence calculée à partir de l'ensemble des prélèvements réalisés dans les différentes stations et pendant toute la période d'étude fournit les données suivantes :

- Trois familles accessoires : Scarabaeoidea, Elateridae, Porcellionidae, Hygromiidae et Lumbricidae.
- Le peuplement est constitué de huit familles régulières : Ténébrionidés, Carabidae, Tipulidae, Athericidae, Gryllidae, Julidae, Tetranychidae et Helicidae.
- Les familles omniprésentes sont : Formicidae, Blattidae et Armadillidiidae.

Tableau n°02 : Fréquence d'occurrence des différentes familles de la faune du sol

Famille	Accidentelle 0-25	Accessoire $25 \leq F < 50$	Régulière $50 \leq F < 75$	Constante $75 \leq F < 100$	Omniprésente 100 %
Scarabaeoidea		X			
Elateridae		X			
Ténébrionidés			X		
Carabidae			X		
Tipulidae			X		
Athericidae			X		
Formicidae					X
Blattidae					X
Gryllidae			X		
Armadillidiidae					X
Porcellionidae		X			
Julidae			X		
Tetranychidae			X		
Hygromiidae		X			
Helicidae			X		
Lumbricidae		X			

II. Composition du peuplement de la faune du sol au niveau du Lac Mellah

Les familles de Formicidae et Lumbricidae sont abondantes et assez fréquentes durant tout la période d'étude au niveau du lac Mellah avec 39 % et 36 % respectivement. La famille des Ténébrionidés occupe la deuxième place de la faune du sol avec 14 %. Les familles des Carabidae et des Elateridae sont peu abondantes avec 3 % et 2 %. Les familles de Scarabaeoidea, Tipulidae, Armadillidiidae, Julidae, Hygromiidae et Blattidae sont moins abondantes et moins fréquentes avec 1 %. (Fig n°13)

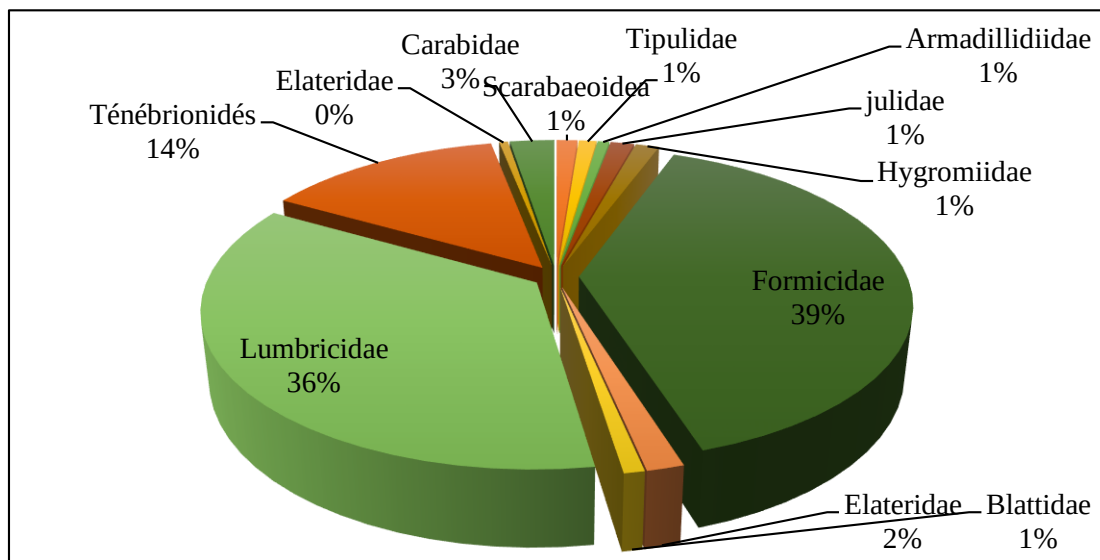


Figure n°13 : Abondance relative de la faune du sol au niveau du lac Mellah.

III. Composition du peuplement de la faune du sol au niveau du Lac Oubeira

Les familles de Formicidae et Lumbricidae présentent une abondance et une fréquence assez élevées pendant toute la période d'étude au lac Oubeira, représentant respectivement 37 % et 33 %.

La faune du sol est composée de 7 % de la famille des Ténébrionidés. La présence des familles Gryllidae, Armadillidiidae et Blattidae est limitée à 4 %. Les Carabidae et Porcellionidae sont présents avec 3 %.

Les familles Helicidae, Julidae et Athercidae sont moins nombreuses et moins fréquentes, représentant 1 %. (Fig n°14)

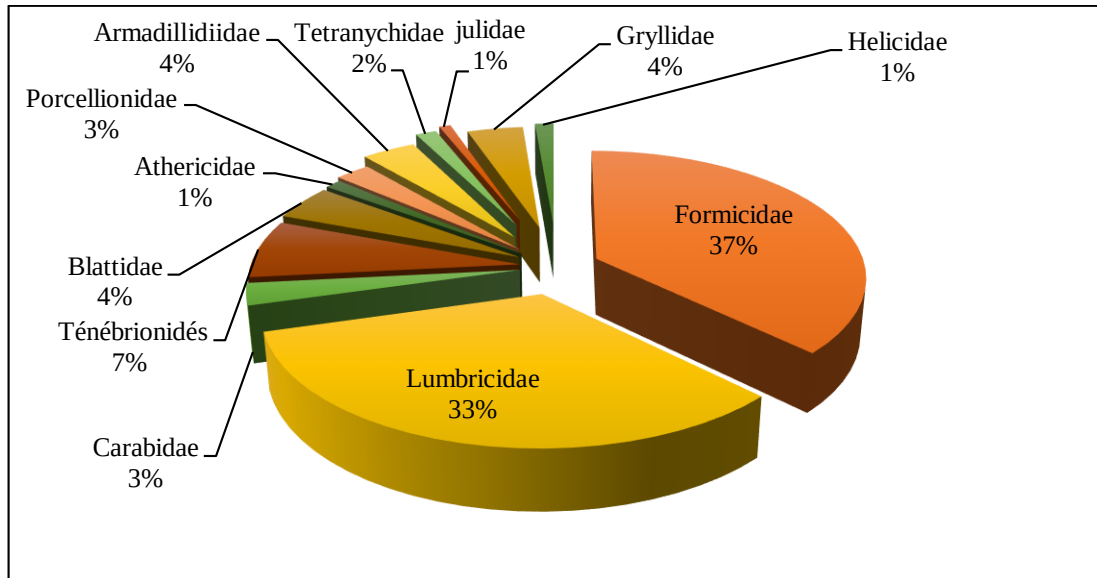


Figure n°14 : Abondance relative de la faune du sol au niveau du lac Oubeïra

IV. Composition du peuplement de la faune du sol au niveau du Lac Tonga

Au niveau du lac Tonga, les familles de Formicidae et Lumbricidae sont abondantes et relativement fréquentes, représentant respectivement 54 % et 37 % de la faune du sol récolté. Les familles de Tipulidae et Helicidae sont peu abondantes avec 2 %. Les familles Scrabaeidae, Tetranychidae, Atherticidae, Gryllidae et Blattidae sont représentées par 1 %. Les familles de Porcellionidae et Armadillidiidae occupent la dernière place de la faune du sol avec 0,1 %. **(Fig n°15)**

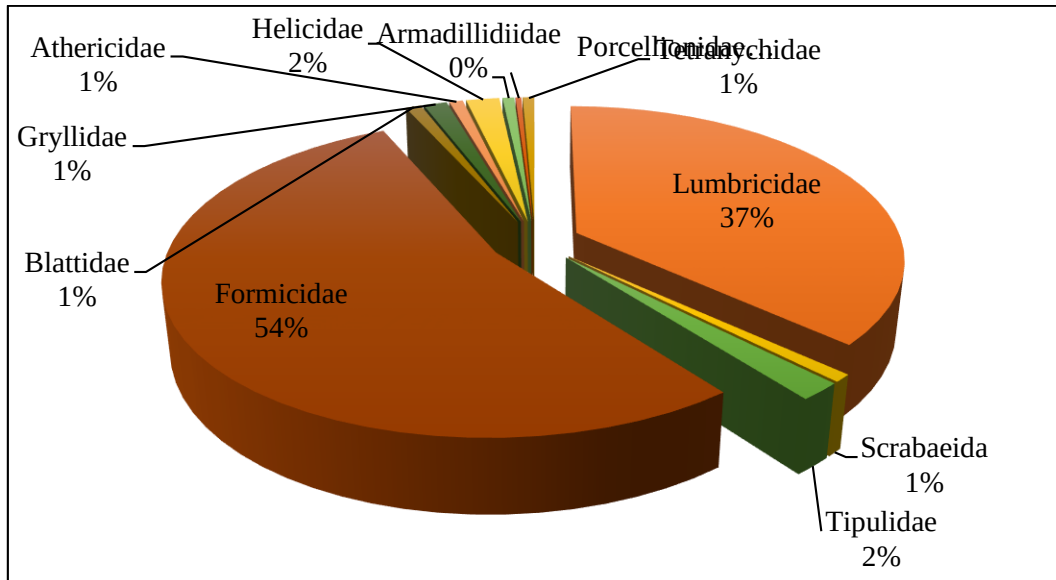


Figure n°15 : Abondance relative de la faune du sol au niveau du lac Tonga.

V. Variance de la faune du sol dans les trois sites d'étude

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 . Donc les variances sont identiques (Tab.n°03).

Tableau n°03 : Statistiques descriptives des trois sites d'étude

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Oubeïra	16	0,000	228,000	38,250	70,608
Tonga	16	0,000	468,000	54,375	135,413
Mellah	16	0,000	230,000	35,063	74,489

Tableau n° 04 : Test de Levene (Moyenne) / Test bilatéral

F (Valeur observée)	1,347
F (Valeur critique)	3,204
DDL1	2
DDL2	45
p-value (bilatérale)	0,270
alpha	0,05

VI. Les paramètres écologiques dans les trois lacs dans les différents horizons du sol

VI.1. Les paramètre de composition

VI.1.1 La richesse

Selon la figure ci-dessus la richesse la plus élevée a été enregistrée dans la litière du lac Mellah avec 11 familles, par contre l'horizon est le moins diversifié avec 7 familles. La richesse dans les différents types de sol au niveau du lac Tonga est identique avec 10 familles. La litière du lac Oubeïra présente une richesse supérieure à celle de l'horizon.

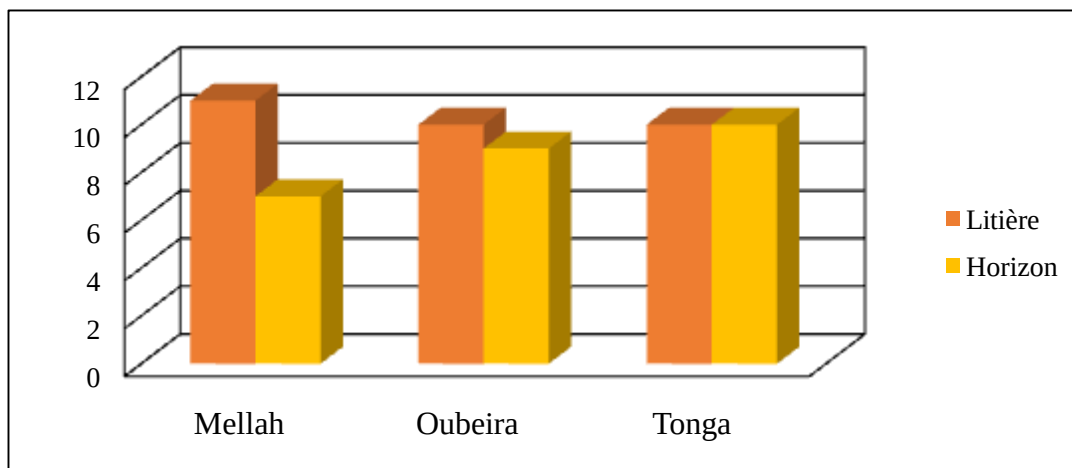


Figure n°16 : Richesse des familles de la faune du sol aux différents horizons du sol

VI.1.2. L'abondance

Selon nos résultats, la plus grande abondance a été détectée au niveau de la litière du lac Tonga par 717 individus. Au niveau du lac Mellah, la litière et l'horizon sont moins nombreux, avec 440 individus et 130 individus respectivement. **(Fig.n°17)**

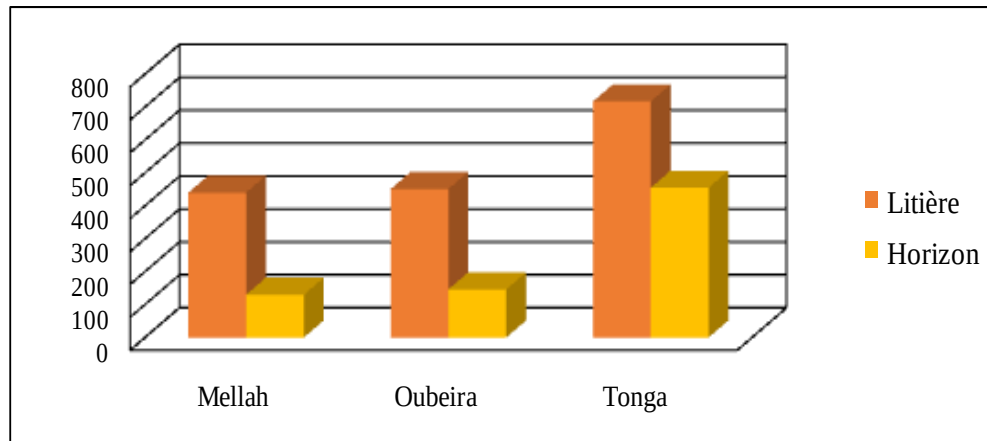


Figure n°17 : Abondance totale des familles dans les différents horizons de sol.

VI.2. Les paramètres de structure : La diversité de Shannon Weaver H' et L'équitabilité

Selon notre étude, les valeurs les plus élevées de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité pour le lac Oubeira étaient respectivement de 1.71 bits et 0.68, tandis que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité pour lac Tonga étaient faibles, avec 1.12 bits et 0.46 respectivement.

Lac Mellah a été enregistré avec des valeurs moyennes de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité avec 1.34 bits et 0.58 respectivement. **.(Fig.n°18)**

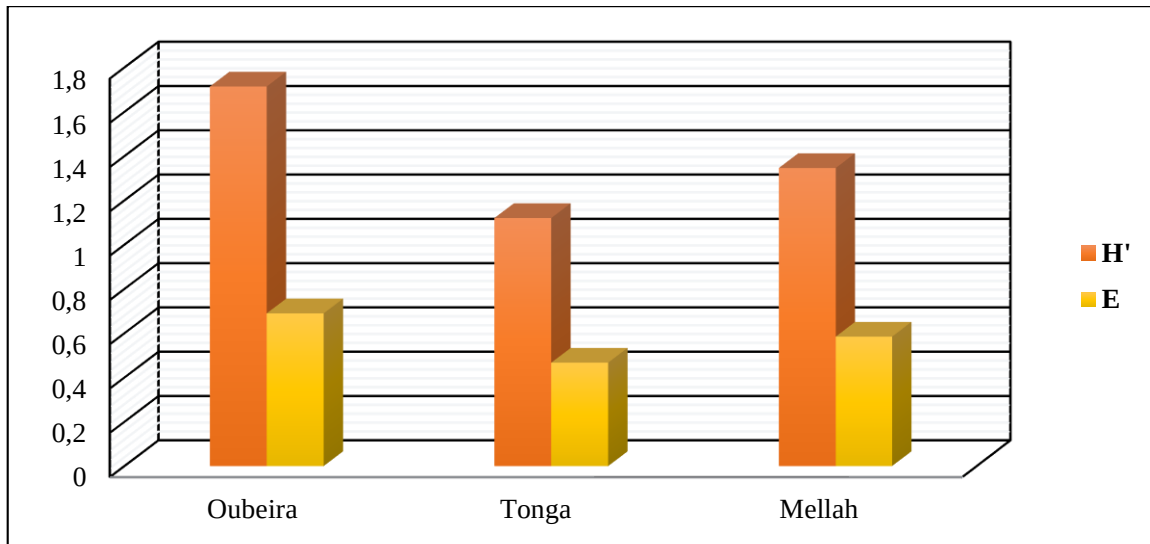


Figure n°18 : Diversité de Shannon Weaver H' et L'équitabilité E au niveau les trois sites d'étude.

VII. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'Analyse factorielle des correspondances des données récoltées durant la toute la période d'étude est exprimée sur le plan factoriel (F1xF2) de l'AFC avec un taux d'inertie autour de 100% (**Fig.n°19**).

La carte factorielle expose une information sur l'abondance des différentes familles de la faune du sol au sein des trois sites d'études (Lac Mellah, lac Tonga et lac Oubeira).

Les graphiques issus de l'analyse factorielle, montrent clairement que l'axe F1 exprime 82.57 % et l'axe F2 exprime 17.43 %.

L'axe 1 oppose deux groupes, le premier en position positive il correspond les espèces inféodés au lac Mellah avec 03 familles à très fortes abondances il s'agit des familles Julidae, Ténébrionidés et Lumbricidae.

Le deuxième groupe est caractérisé par des espèces moins fréquentes et moins abondantes inféodés au lac Tonga sur le côté négatif, il s'agit des familles de : Scrabaeida, Tipulidae et Helicidae.

L'axe 2 est caractérisé par un groupe, qui est en position positive, il comprends les familles notées durant la saison de printemps à très fortes abondances : Armadillidiidae, Blatidae, Athericidae, Porcellionidae, carabidae, Gryllidae, Haplotaxidae et Tetranychidae.

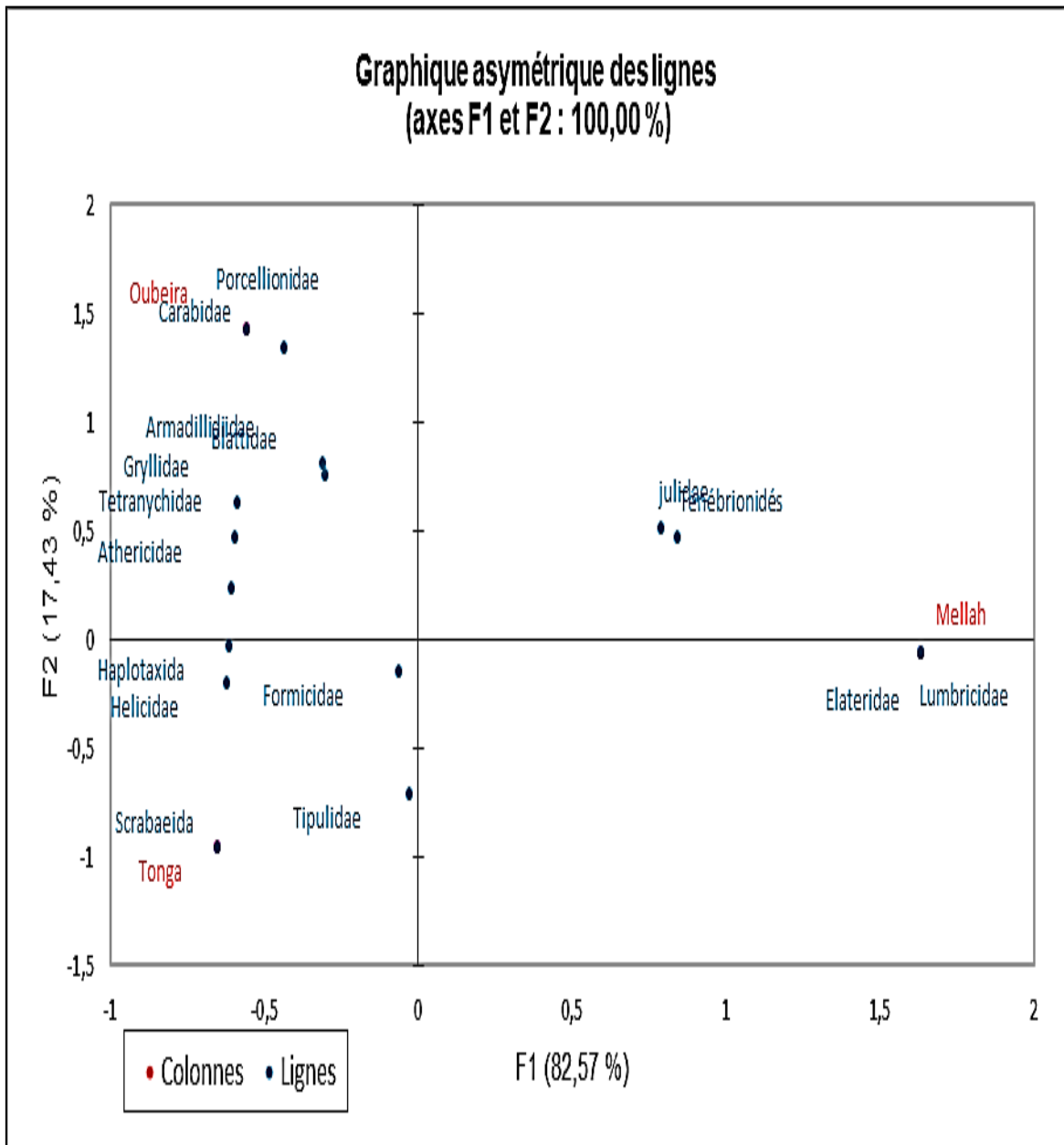


Figure n°19 : Analyse factorielle des correspondances(AFC) réalisée sur les trois sites d'étude et 16 familles de la faune du sol.

VIII. Variation saisonnier de la faune du sol au niveau les trois sites d'étude

VIII.1. Les paramètres écologiques de composition

VIII.1.1. La richesse

➤ La litière

D'après la **figure n°20**, qui représente des variations saisonnières de la richesse au niveau de la litière dans les trois sites d'étude, les valeurs supérieures de la richesse sont enregistrées durant la saison de printemps. Par contre, les valeurs faibles sont enregistrées au cours de l'hiver.

Durant la saison de l'automne, le lac Tonga a enregistré une faible richesse avec 7 familles par rapport au lac Oubeira et au lac Mellah avec 9 familles et 10 familles respectivement.

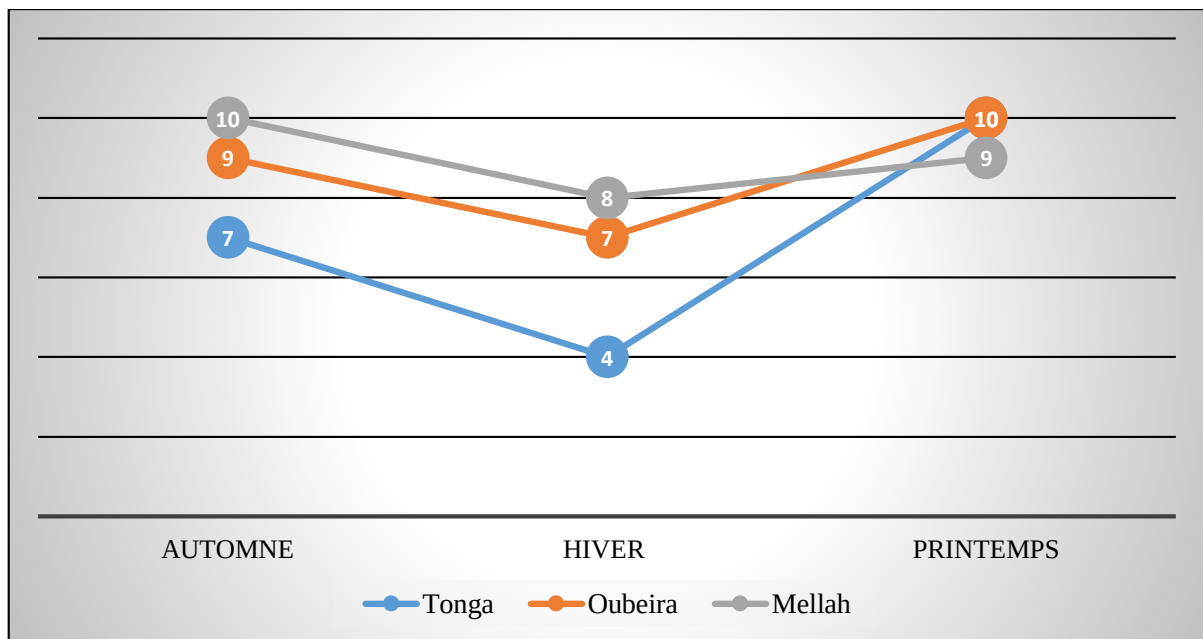


Figure n° 20 : Variation saisonnière de la richesse pour la litière au niveau des trois sites d'étude.

➤ Horizon

La valeur la plus élevée de la richesse dans l'horizon a été enregistrée au niveau du lac Oubeïra dans la saison de printemps par 10 familles. Suivis par 09 familles durant le printemps au niveau du lac Tonga et la saison de l'automne au niveau du lac Oubeïra.

Les valeurs de la richesse les plus faibles sont enregistrées dans la saison de l'hiver au niveau du lac Oubeïra et du lac Tonga par 06 familles et 02 familles respectivement. Par contre, la valeur la plus faible a été enregistrée au lac Mellah pendant la saison de printemps et la valeur la plus élevée pour ce lac a été enregistrée dans la saison de l'automne avec 06 familles.

(Fig.n°21)

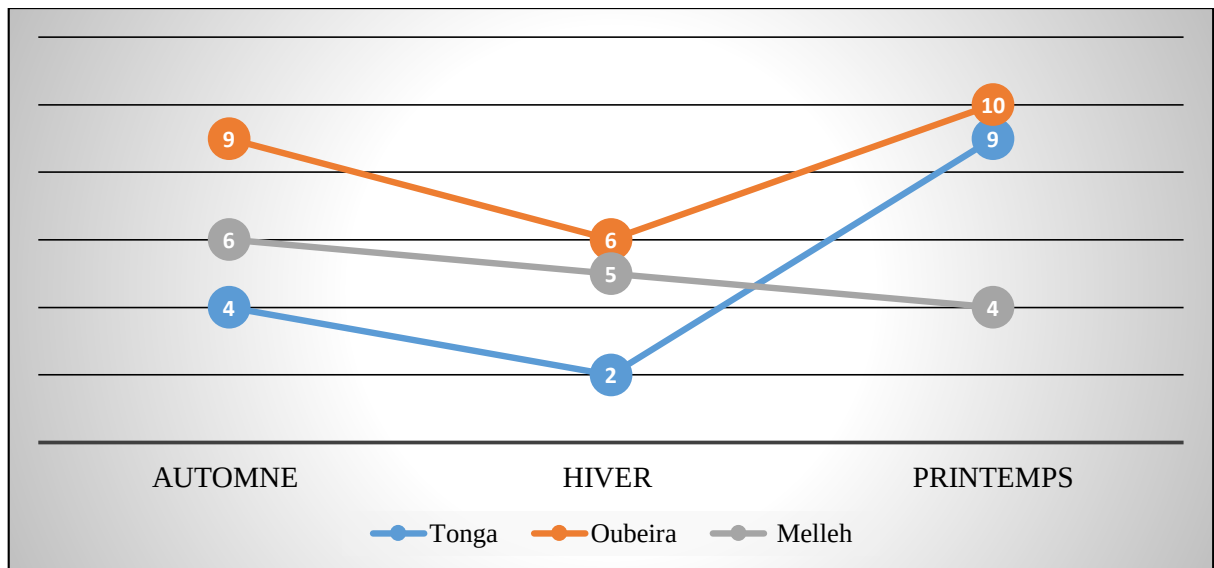


Figure n°21 : Variation saisonnière de la richesse de l'horizon au niveau des trois sites d'étude.

VIII.1.2 L'abondance

➤ La litière

Les valeurs supérieures de l'abondance dans la litière sont enregistrées durant la saison du printemps au niveau des trois sites d'étude. Par contre, les valeurs de l'abondance les plus faibles sont enregistrées pendant l'hiver au niveau des trois lacs.

Ces derniers ont enregistré des valeurs moyennes de l'abondance et presque identiques durant la saison du printemps. **(Fig.n°22)**

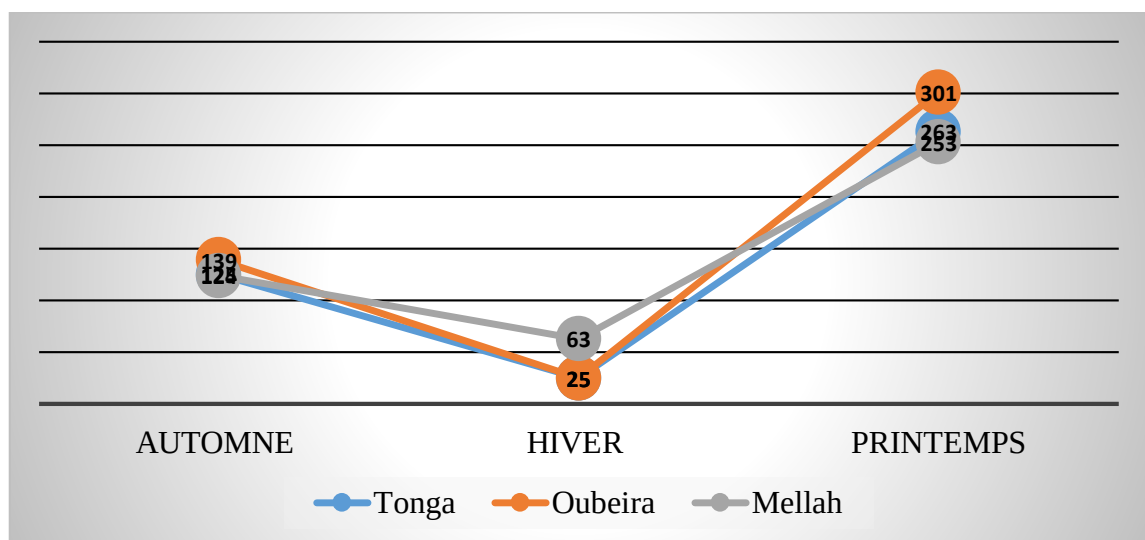


Figure n°22 : Variation saisonnière de l'abondance de la litière au niveau des trois sites d'étude.

➤ L'horizon

L'horizon du lac Tonga a enregistré une valeur supérieure de l'abondance de la faune du sol durant les saisons du printemps et de l'automne par 284 individus et 158 individus respectivement. Les valeurs moyennes de l'abondance ont été enregistrées durant la saison du printemps au niveau du lac Oubeira et du lac Mellah. L'abondance la plus faible a été notée pendant la saison de l'hiver au niveau des trois sites d'étude. **(Fig.n°23)**

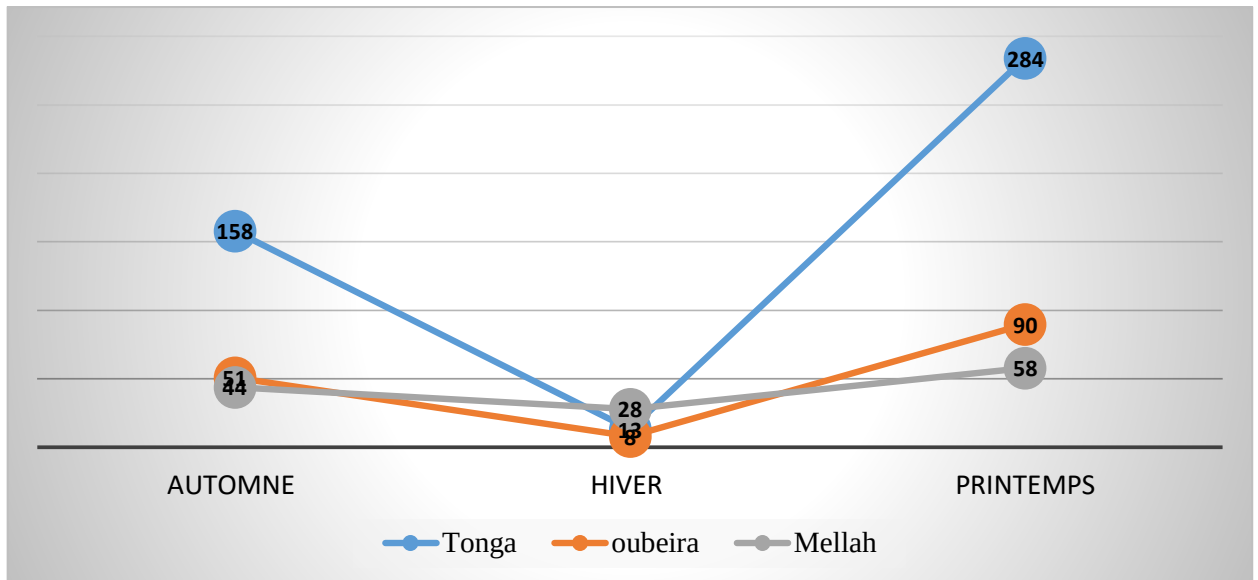


Figure n°23 : Variation saisonnière de l'abondance de l'horizon au niveau des trois sites d'étude.

VIII.2. Les paramètres écologiques de structure

VIII.2.1. L'indice de diversité de Shannon Weaver H'

➤ La litière

L'indice de diversité de Shannon Weaver H' le plus élevé pendant la saison d'automne, avec une valeur de 1,633 bits au lac Mellah, alors qu'on a noté une faible valeur de H' pendant la saison de printemps. Par contre Lac Oubeira et lac Tonga ont enregistré des valeurs les plus élevées de l'indice de diversité de Shannon Weaver H' durant la saison de printemps, par contre la valeur la plus faible de H' a été marquée au niveau du lac Tonga durant la saison de l'hiver avec 0.86 bits. (Fig.n°24)

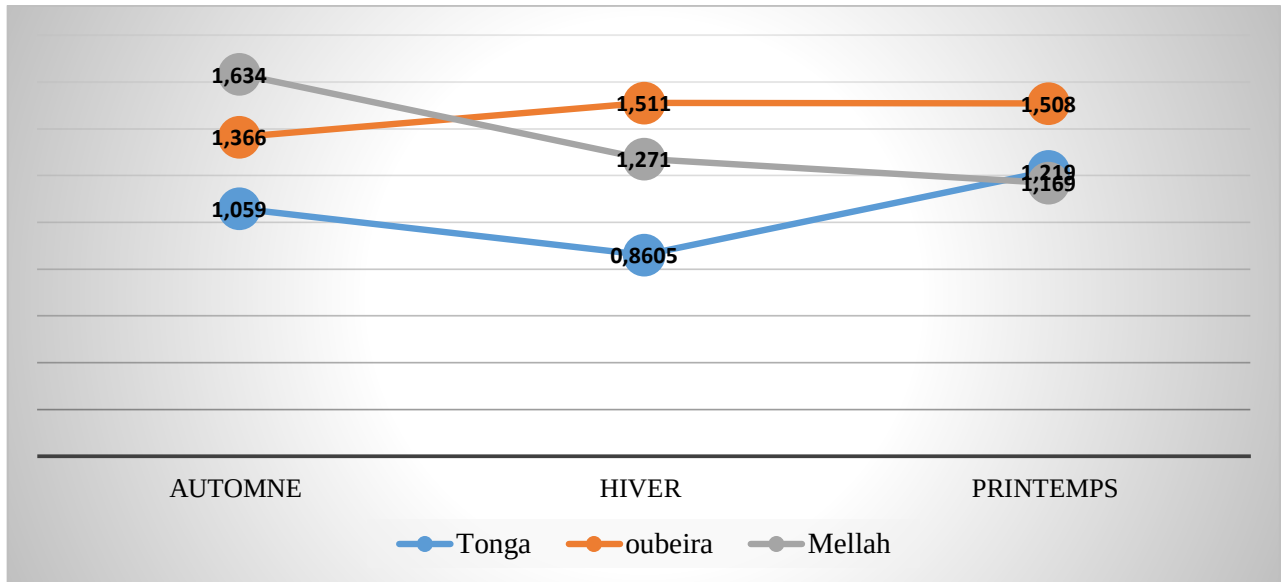


Figure n°24 : Variation saisonnière de l'indice de diversité de Shannon Weaver H' pour la litière au niveau des trois sites d'étude.

➤ L'horizon

Le lac Oubeïra est le plus diversifié pendant les trois saisons par rapport aux autres sites d'étude. Le Lac Tonga a enregistré une valeur supérieure de H' pendant la saison de printemps, par contre la valeur la plus faible pour ce lac a été marquée durant la saison de l'hiver. La diversité la plus élevée pour le lac Mellah a été observée durant la saison de l'automne, par contre la diversité de H' pour ce lac a été observée durant la saison de printemps. (Fig.n°25)

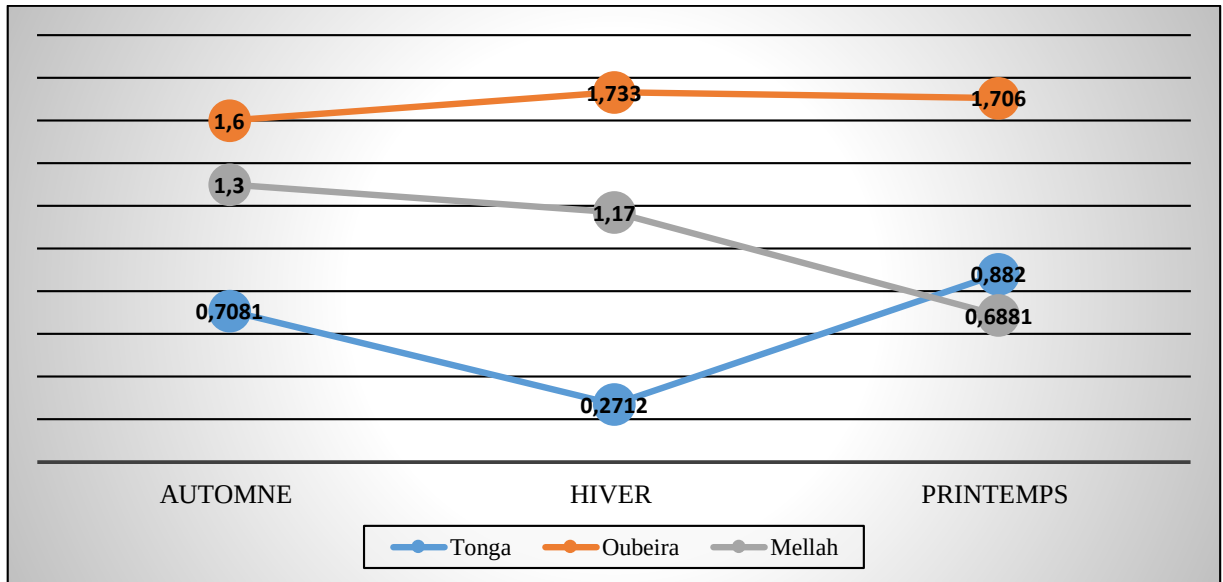


Figure n°25 : Variation saisonnière de l'indice de diversité de Shannon Weaver H' pour l'horizon au niveau des trois sites d'étude.

VIII.2.2. L'équitabilité

➤ La litière

Les résultats ont montré que le lac Oubeira et lac Tonga sont les plus équilibrés durant la saison d'hiver avec 0.77 et 0.62 respectivement. Par contre, ces lacs sont moins équilibrés durant la saison de l'automne avec 0.62 et 05.4 respectivement.

Le lac Mellah est plus équilibré pendant la saison de l'automne avec 0.70, tandis qu'il est moins équilibré pendant la saison du printemps avec 0.53. **(Fig.n°26)**

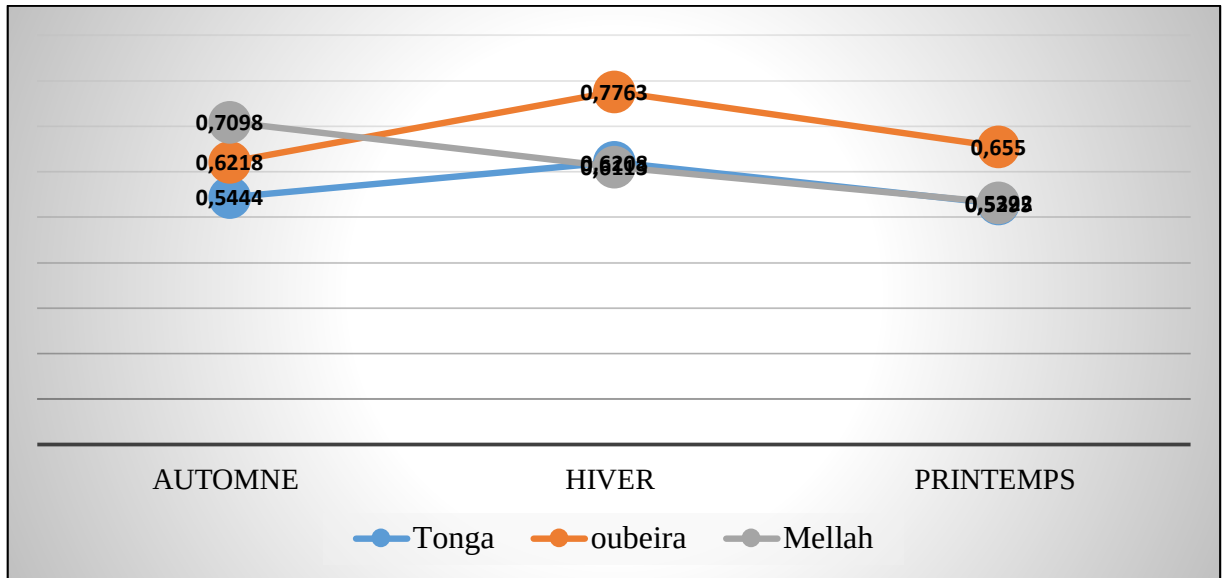


Figure n°26 : Variation saisonnière de l'équitabilité E pour la litière au niveau des trois sites d'étude.

➤ L'horizon

La valeur de l'équitabilité la plus élevée a été enregistrée au lac Oubeira pendant la saison de l'hiver avec 0.96. Par contre, les lacs Mellah et Tonga ont été enregistrés avec des valeurs élevées de l'équitabilité pendant la saison de l'automne avec 0.72 et 0.51 respectivement. Les résultats ont montré que le lac Mellah est moins équilibré pendant la saison de printemps avec 0.49, le lac Oubeira moins équilibré pendant la saison de l'automne avec 0.72 et le lac Tonga est moins équilibré pendant la saison de l'hiver avec 0.39. **(Fig.n°27)**

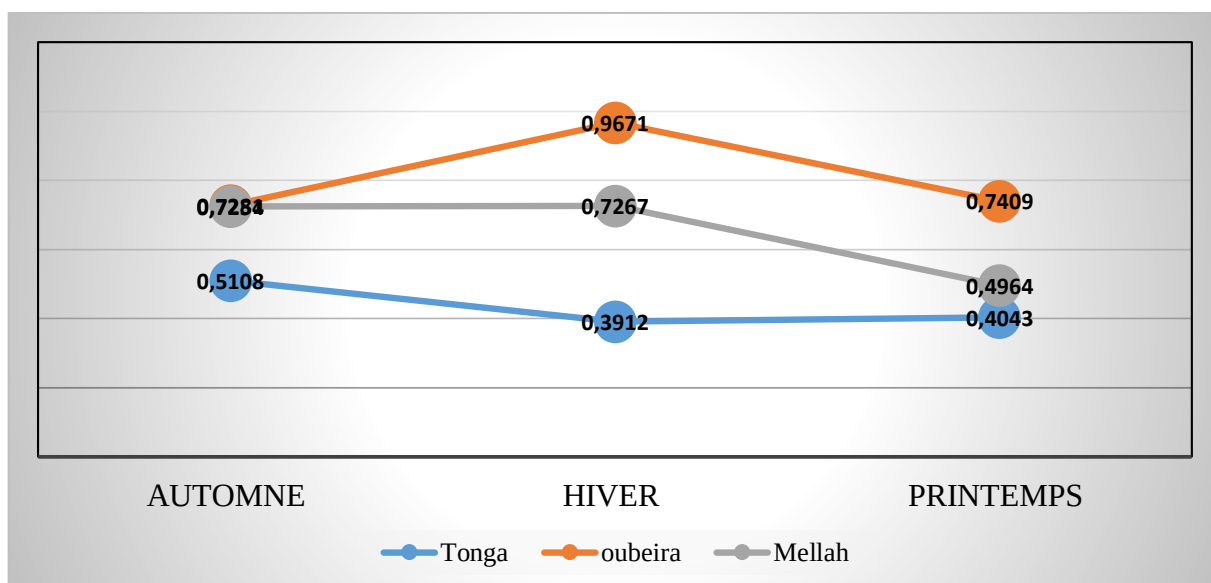


Figure n° 27 : Variation saisonnière de l'équitabilité E pour l'horizon au niveau des trois sites d'étude

Chapitre VI : Discussion

Au cours de notre étude, nous avons déterminé la diversité de la faune du sol dans les différentes zones humides du parc national d'El Kala dont les lacs Mellah, Oubeira et Tonga, pendant trois saisons : hiver, printemps et automne, d'octobre 2023 à avril 2024. Des prélèvements mensuels ont été réalisés en utilisant un quadrat métallique pour l'échantillonnage et l'extraction de la faune du sol à l'aide de l'appareil de berlèse.

Cette étude révèle une diversité structurelle de la faune du sol dominée par les insectes, suivis par les Clittelata, Crustacea, Gastéropoda, Myriapoda, et les Arachnida. Ces résultats soulignent l'importance des insectes et des vers de terre dans la dynamique des sols, et la nécessité de préserver ces groupes pour maintenir la santé et la productivité des écosystèmes terrestres. (**Lavelle et al., 2006 et Wardle et al., 2004**).

L'analyse de la richesse des familles de la faune du sol dans différents horizons et sites d'étude révèle des variations significatives. Ces variations sont essentielles pour comprendre la structure et la dynamique des écosystèmes du sol dans ces régions.

La richesse la plus élevée a été enregistrée dans la litière du lac Mellah et lac Oubeira avec 11 et 10 familles respectivement. Cela peut être attribué à la grande disponibilité de matière organique et de microhabitats offerts par la litière.

La litière est souvent un habitat riche en ressources pour de nombreux invertébrés du sol, offrant nourriture et abri. Des études montrent que les litières forestières et des zones humides abritent une diversité élevée de la faune du sol en raison de la complexité structurale et de la disponibilité de nutriments (**Lavelle et al., 2006; Wardle, 2002**).

L'horizon du lac Mellah et lac Oubeira sont les moins diversifiés avec seulement 7 et 9 familles respectivement. Les conditions abiotiques telles que la compaction du sol et la disponibilité limitée de matière organique peuvent expliquer cette faible diversité.

L'horizon du sol est plus profond et tendent à avoir une diversité plus faible en raison des conditions plus stables mais moins nutritives et moins complexes sur le plan structurel (**Edwards & Bohlen, 1996**).

La richesse dans les différents types de sol au niveau du lac Tonga est identique avec 10 familles. Cela suggère une homogénéité des conditions écologiques et des ressources disponibles dans les divers types de sol de cette région. Une richesse homogène peut indiquer une gestion équilibrée des écosystèmes locaux et des conditions environnementales similaires à travers les différents types de sol. Des études montrent que des sols bien

équilibrés en matière organique et nutriments tendent à maintenir une diversité constante de la faune du sol. **(Bardgett & Wardle, 2010)**

Les résultats montrent que l'abondance de la faune du sol varie significativement entre la litière et les horizons des sols dans les différents sites étudiés, en particulier entre le lac Tonga et le lac Mellah. L'abondance observée reflète des différences dans les conditions environnementales, la disponibilité des ressources et les caractéristiques spécifiques des microhabitats.

Les études montrent que la richesse en matière organique et micro habitats sont complexes dans la litière qui conduit à une plus grande abondance de la faune du sol **(Lavelle et al., 2006; Wardle, 2002).**

La qualité et la quantité de matière organique dans la litière influencent directement l'abondance des invertébrés. Les litières moins riches ou plus perturbées ont tendance à abriter moins d'organismes **(Edwards & Bohlen, 1996).**

Les horizons plus profonds ont souvent une diversité et une abondance réduites en raison de la moindre disponibilité en matière organique et des conditions environnementales plus stables mais moins favorables pour de nombreux invertébrés **(Coleman, Crossley, & Hendrix, 2004).**

Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité sont des mesures clés pour évaluer la biodiversité et la répartition des espèces dans un écosystème. Ces indices révèlent non seulement la richesse en espèces, mais aussi la manière dont les individus sont distribués parmi ces espèces.

Le lac Oubeira affiche les valeurs les plus élevées pour l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité. Des écosystèmes avec une forte diversité de Shannon sont indicateurs des conditions environnementales favorables et de perturbations limitées, permettant une coexistence harmonieuse des espèces **(Magurran, 2004 ; Wardle, 2002).**

Le lac Tonga présente des valeurs faibles pour les indices de diversité et d'équitabilité. Les écosystèmes avec une faible diversité et équitabilité peuvent être le résultat des conditions environnementales suboptimales, telles que la pollution, la perturbation humaine ou des événements climatiques extrêmes **(Tilman, 1996 ; Pimm, 1984).** Le lac Mellah enregistre des valeurs moyennes pour les indices de diversité et d'équitabilité.

Les indices de diversité modérés sont souvent observés dans des écosystèmes avec des perturbations assez importante ou une structure d'habitat intermédiaire en complexité (**Whittaker, 1972 ; Rosenzweig, 1995**).

Les litières, en raison de leur richesse en matière organique et de leur structure complexe, abritent généralement une biodiversité plus élevée que les horizons minéraux du sol (**Coleman, Crossley, & Hendrix, 2004**). Des études comparatives montrent que les horizons supérieurs, riches en débris végétaux et en activité biologique, soutiennent des communautés plus diversifiées (**Bardgett, 2005**).

Les variations saisonnières des indices de diversité de Shannon-Weaver dans les lacs Mellah, Oubeira et Tonga illustrent des dynamiques écologiques influencées par des conditions climatiques et la disponibilité des ressources.

La litière du lac Mellah montre une diversité maximale en automne, probablement en raison de la décomposition accrue de la matière organique. La diversité de la faune du sol peut augmenter en automne en raison de la disponibilité renforcée de matière organique et de conditions climatiques modérées (**Wardle, 2002**). Des cycles saisonniers de biodiversité sont souvent observés, reflétant la réponse des communautés biologiques aux variations environnementales (**Magurran, 2004**).

Les lacs Oubeira et Tonga présentent une diversité maximale au printemps, lorsque les conditions environnementales favorisent la prolifération des espèces. En hiver, la diversité diminue notablement, particulièrement dans le lac Tonga, en raison des conditions climatiques défavorables. Les écosystèmes aquatiques montrent souvent une diminution de la diversité en hiver en raison des conditions abiotiques stressantes, tandis que le printemps favorise une biodiversité élevée grâce aux conditions favorables de croissance et de reproduction (**Pimm, 1984 ; Connell, 1978**).

L'analyse des indices de diversité de Shannon-Weaver dans les horizons des lacs Mellah, Oubeira et Tonga met en évidence des dynamiques écologiques influencées par les conditions environnementales saisonnières. L'horizon du lac Oubeira se distingue par une diversité élevée et stable tout au long de l'année, probablement en raison de l'hétérogénéité de l'habitat et de la disponibilité continue des ressources. Le lac Tonga montre une diversité maximale au printemps et minimale en hiver, reflétant les variations saisonnières des conditions climatiques. Le lac Mellah présente une diversité maximale en automne, liée à la décomposition de la matière organique, et une diversité plus faible au printemps,

probablement due à la compétition interspécifique. Ces observations soulignent l'importance de la saisonnalité et de la stabilité environnementale dans la détermination de la biodiversité des écosystèmes aquatiques. **(Connell, 1978 ; Harrison & Bruna, 1999).**

Conclusion

Les zones humides présentent un patrimoine naturel et biologique exceptionnel elles sont très importantes du point de vue de la biodiversité car elles abritent de nombreuses espèces végétales et animales.

Les sols renferment une formidable diversité d'organismes vivants, actifs et fragiles, qui contribue fortement à leur spécificité, à l'entretien de leur qualité et fertilité. Les écosystèmes et les cultures agricoles portées par les sols dépendent de cette biodiversité, et l'influencent à leur tour.

Au cours de notre étude sur la diversité de la faune du sol au sein de trois sites Ramsar les lacs Tonga Obeira et El Mellah du Parc National d'El Kala (PNEK) entre 2023-2024 pendant les trois saisons (automne, hiver et printemps) ou ils constituent un refuge de 18 familles dans les sols des trois lacs.

L'utilisation de la technique de débordement des espèces avec l'appareil de berlèse et leur identification au laboratoire nous a permis de trouver les espèces du sol dans les trois lacs, ce qui nous permet de confirmer que la faune du sol dans les trois lacs est très riche et diversifiée.

D'une manière générale, il existe une différence dans la distribution des 18 familles entre l'horizon du sol et la litière de chaque zone humide étudiée. La comparaison entre les différents sites montre qu'il y a une différence dans la biodiversité entre les peuplements en termes de densité de faune.

La famille des Formicidae et la famille la plus représentées du point de vue effectifs au niveau de la litière et l'horizon dans les lacs Tonga Oubeira et El Mellah.

Quant au lac Mellah, la famille des Lumbricidae partage la dominance avec la famille des Formicidae, et on remarque également qu'ils sont retirés dans les deux lacs, par contre. Quant aux deux lacs Tonga et Oubeira, la famille des Haplotaxida et des Formicidae partage la dominance et on remarque son absence au lac El Mellah.

Les résultats obtenus après un effort d'échantillonnage saisonnier (automne, hiver, printemps) et des prélèvements dans deux horizons du sol (la litière et l'horizon) Après avoir étudié différents indices écologiques (H' , E , Abondance ...), nous ont montré l'existence de différents groupes fauniques représentés en majeure partie par des Insectes, des Annélides, Arachnides et Crustacés. D'une manière générale, il existe une différence dans la

composition du peuplement entre la litière et l'horizon du sol. La comparaison entre les trois sites étudiés montre qu'il y a une différence entre les peuplements.

Afin de mieux cerner l'étude sur la faune du sol, il serait judicieux de faire d'autres études dans le temps et aussi des investigations en dehors du Parc National d'El Kala.

Références Bibliographiques

A

- **Abbaci H. (1999)** Ecologie du Lac Tonga : Cartographie de la végétation, palynothèque et utilisation spatio-temporelle de l'espace lacustre par l'avifaune aquatique. Thèse de magister. Univ. Badji Mokhtar, Annaba. 5, 18, 19, 24p
- **Antunes S.C., Pereira R., Sousa J.P., Santos M.C., Gonçalves F., (2008).** Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology* 44,45-56p.
- **Abbassi, M., & Agdal, R. (2001).** Valeurs et fonctions écologiques des Zones humides du Moyen Atlas (Maroc). *Humérales Méditerranées*, 1, 139-146.

B

- **Bachelier G. (1978).** La faune des sols Son écologie et son action. ORSTOM 391p.
- **Bachelier G. (1979).** La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM Paris, 391 p.
- **Barbier, E. B., Acreman, M., & Knowler, D. (1997).** Economic valuation of wetlands : à guide for policy makers and planners. Gland : Ramsar Convention Bureau. 148 p.
- **Barrios E. (2007)** Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecol Econ* 64: 269-285.
- **Beauchamp J., 2003.** Article ; Propriétés des sols. Université de Picardie Julie. 24p.
- **Belair G. (1990)** Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustre et marécageux (El-Kala Est Algérien). Thèse de doctorat. Univ Montpellier II. 193p
- **Bentouili. (2007).** Inventaire et Qualité des Eaux des Sources du Parc National d'El Kala (N.Est algérien). 41p, 48p, 53p.
- **Benyacoub et al. (1998).** Plan directeur de gestion du Parc National d'El Kala et du complexe de zones humides (wilaya d'El Tarf), projet banque mondiale 200p + 28 cartes.
- **Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Boulahbal R., Chalabi B., Haou F., Rouag R. et Ziane N., 1998 –** Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe des zones humides (Wilaya d'El Tarf), Projet Banque Mondiale 200p +28 cartes

- **Boumezbeur, A. (2002).** Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationale. Direction de la protection de la flore et de la faune (DGF), 89 p.
- **Boumezbeur A. (2004).** Atlas des zones humides algériennes. (DGF), 102p.

C

- **Chalabi B. (1990).** Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour la protection de la faune : Cas du lac Tonga (magister INA, Alger).

D

- **Dabin Bernard, Ségalen Pierre. (1970).** Le sol, sa définition, ses constituants. In : **Ségalen Pierre, Dabin Bernard, Maignien Roger, Combeau André, Bachelier Georges, Schmid Maurice, Bosser Jean, Guinard M., Verdier P.** Pédologie et développement. Paris : ORSTOM ; BDPA, p. 29-42. (Techniques Rurales en Afrique ; 10).
- **Davet, Pierre. (1996).** Vie microbienne du sol et production végétale
- **D.G.F., (2002).** Atlas de 26 zones humides algériennes d'importance internationale. 3e Ed. Direction Générale des Forêts, Alger, pp 51-53.

E

- **El Alami Idrissi, N., (2006).** Faune de la litière de la subéraie. Article actualisé. Dept. Zool., IAV Hassan II, Rabat.
- **El Alami Idrissi, N. (2013).** La faune du sol : reconnaissance et biologie des principaux groupes. 60p, 61p.

F

- **Frazier, L., Clifton Jr., C. (1996).** Construal. Cambridge, MA : The MIT Press.

G

- **Ghenabzia Heddi, Ben Amara Halima, Beladjal Souad, Sareg Bochra,** Identification et Biodiversité de L'entomofaune de la Pomme de Terre (*Solanum tuberosum* L.) dans la Région d'El Oued, 33p.
- **Gobat J.M., Aragno M., Matthew Y.W., (1998).** Le sol vivant. Coll. Gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 519p.
- **Gobat J.M., Aragono M., Matthew Y.W., 2003.** Base de pédologie ; biologie des Sols : le sol vivant. Ed. Lausanne. 522p.

H

- **Haida H., Moussa Kaddour A. (2015).** Inventaire de la pédo-faune des sols salés : Cas de l'exploitation de l'université d'Ouargla. 69p, 80p, 82p.
- **Houhamdi M ; et Samraoui B. (2002)** Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). Alauda 70: 301-310.
- **Heywood, V.H.(ed).1995.**The Global Biodiversity Assessment United Nations Environment Programme.Cambridge University Press, Cambridge.p.xi1140

K

- **Kadid Y (1989).** Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. Ingéniorat d'état en agronomie (INA El Harrach).
- **Kadid Y. (1989)** Contribution à l'étude de la végétation aquatique du Lac Tonga. Parc National d'El-kala. Thèse ingénieur agronome. INA. Alger 106p.

L

- **Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P. et J.-P., R. (2006).** "Soil invertebrates and ecosystem services, European Journal of Soil Biology. 27p, 93p, 132p.
- **Lavelle P., Spain A.V. (2001).** Soil ecology. Kluwer Académie Publishers, Dordrecht-Boston-Londres, 654 p.

M

- **Machado., Benedito H., 2009.** Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology, Volume 36, Issue 12, pages 1186–1187.
- **Mathieu.Clément, Lozet, Jean. (1940).** Dictionnaire encyclopédique de science du sol : avec index anglais-français
- **Malki S., (1996).** Contribution à l'étude de la biodégradation de la tourbe du lac noir dans des conditions dénitrifiantes.
- **Morgan N.C. (1982)** An ecological survey of standing waters in North-West Africa: II Site descriptions for Tunisia and Algeria. Biol. Cons. 24: 83-113.

N

- **Nadama.N, 2006.** Influence de trois modes de gestion des sols sur le profil de la macrofaune du sol en parcelles cotonnières paysannes au nord Cameroun, émépromotion F.A.S.A.66p. U.F.R Sciences de la vie et de l'environnement. 266p

P

- **Pérés G., (2003).** Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité lombricienne et macro-bio porosité dans le contexte dans le contexte polyculture breton. Influence sur le fonctionnement hydrique du sol. Thèse de Doctorat à l'université de Rennes 1.
- **Pelosi C., (2008).** Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *Lumbricus terrestris* au champ, contribution à l'étude de l'impact de systèmes de cultures sur les communautés lombriciennes. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech).141p

R

- **Ramsar, (2013).** Le Manuel de la Convention de Ramsar : Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 6ème édition, 120 p

S

- **Samar M.F. (1999)** Ecologie du Lac Oubeira : Cartographie de la végétation, palynothèque et utilisation spatio-temporelle du lac par l'avifaune aquatique. Thèse de magister. Univ.Badji Mokhtar, Annaba. 168p.
- **Samraoui B. et de Belair G. (1998)** Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse (Numéro spécial) 4. 90p.
- **Soltner D., 1987.** Les bases de la production végétale. TOME 1 : Le sol, 15ème Edition.465p

T

- **Thomas J.P., (1968).** Ecologie et dynamisme de la végétation de la dune littorale dans la région de Djidjelli. Bul. Soc. Hist. Nat. Afr, pp 38-98.

V

- **Vila. J. M. (1980).** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisien. Thèse de doctorat en sciences. Université de Pierre et Marie Curie. Paris. VI
- **Véla.E, Benhouhou.S, (2007)** C. R. Biologies 330. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord) Assessment of a new hotspot for plant biodiversity in the Mediterranean basin (North Africa).p, 589-605.

✓ Sites consultées

- **Anonyme (2011) :** <https://www.aquaportail.com>
- **Anonyme (1996) :** <https://www.alloprof.qc.ca.com>

ANNEXE



La Famille de Tipulidae



La Famille de Lumbricidae



La Famille de Scarabaeoidea



La Famille de Geomitridae



La Famille de Hygromiidae



La Famille de Formicidae

Productions Scientifiques

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ CHADLI BENDJEDID- EL-TARF
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le Comité Scientifique de la Journée d'Etude sur les Zones Humides
(JEZH, 24 – webinaire) qui s'est déroulé le **21 Février 2024**

Certifie que : **Mme.HANACHI Rihab**

Co-auteurs : HADADI Zahra, RIZI Hadia, CHETTIBI Ahlam et SAIDI Hacina.

A présenté une **communication affichée** dont l'intitulé: **DIVERSITE DE LA FAUNE DU
SOL DES ZONES HUMIDES DU PARC NATIONAL D'EL KALA (PNEK).**

Le Doyen de la faculté



la Présidente
Université Chades De la Nature et De la
Faculté Des Sciences De la Nature et De la
Vie
Présidente
Dr : RIZI HADIA



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ CHADLI BENDJEDID- EL-TARF
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le Comité Scientifique de la Journée d'Etude sur les Zones Humides
(JEZH, 24 – webinaire) qui s'est déroulé le 21 Février 2024

Certifie que : **Mme.HADADI Zahra**

Co-auteurs : HANACHI Rihab, RIZI Hadia, CHETTIBI Ahlam et SAIDI Hacina.

A présenté une communication affichée dont l'intitulé: **ABONDANCE DE LA PEDAUFAUNE AU SEIN DES DIFFERENTS PLANS D'EAU DE L'EST ALGERIEN.**



Le Doyen de la Faculté
Université LaPrésidentie Tarf
Faculté Des Sciences De la Nature et De la Vie
Présidente **JEZH**
Dr : RIZI HADIA