

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité Ecologie



Réf :.....

Mémoire
En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Thème

**Evaluation de la diversité des coléoptères de
la forêt d'Akfadou**

Présenté par :

A.Ghani LALOUCHE

Smail SAIDI

Soutenu le : **02 Juillet 2019**

Devant le jury composé de :

Mme RAHMANI A.

MAA

Présidente

Mr AISSAT L.

MCA

Encadreur

Mme KEBBI M.

MCB

Examinatrice

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

*Avant et après tout, Nous remercions Le Bon **DIEU** le tout puissant de nous avoir donné courage, la patience et la santé pour réaliser ce modeste travail.*

*On tient à remercier Monsieur **Dr AISSAT L.** de nous avoir encadrés*

De vifs remerciements pour nos enseignants en écologie, qui nous ont formés durant ce cycle de Master.

*Un remerciement pour le Chef de département des SBE le **Dr BOUGAHAM** pour ses conseils avisés*

*Un remerciement très particulier à **Mme RAHMANI A.** qui nous a fait honneur par sa présence en qualité de présidente jury*

*Un grand remerciement à **Mme Dr KEBBI M.** Qui a accepté d'examiner ce travail.*

Nos sincères remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenu de près ou de loin

DEDICACES

*En guise de reconnaissance envers Dieu le tout puissant,
Je dédie ce modeste travail*

À LA MEMOIRE DE MA CHERE GRAND-MERE

Que je n'oublierai jamais

À MES CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être. Que Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À MES CHERS FRERES ET SOEURS

Qui représentent tout pour moi

AUX MEMBRES DE MA FAMILLE

A toute ma famille merci pour tout ce que vous avez fait pour moi

À MES AMIS DE TOUJOURS

Une belle vie est avec de bons amis

À toute la promotion d'écologie, en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Et pour toutes les nouvelles promotions d'écologie qui vont venir.

UNE SPECIALE DEDICACE

À Monsieur Dr Lyes AISSAT qui m'a fait l'honneur de m'encadrer et de lui exprimer ma gratitude et mon amitié.

Ghani

DEDICACES

*En guise de reconnaissance envers mon Dieu le tout puissant,
Je dédie ce modeste travail*

À MES CHERS PARENTS

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel
et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour
mon instruction et mon bien être. Que Puisse Dieu, le Très Haut, vous
accorde santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne
vous déçoive.*

À MES CHERS FRERES ET SOEUR

Les prunelles de mes yeux et que j'aime profondément.

À MES CHERS ET ADORABLES PETITES NIECES PETITS NEVEUX

À MES CHERS COUSINS COUSINES

À MES AMIS DE TOUJOURS

*Ainsi que toute la promotion d'écologie, en souvenir de notre
sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous
avons passés ensemble.*

UNE SPECIALE DEDICACE

*A mon promoteur Dr Lyes AISSAT qui m'a fait l'honneur de
m'encadrer durant tout le long de la réalisation de ce travail.*

Smail

Liste des figures

Liste des tableaux

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE | 2 |
| I.1 BIOLOGIE DES COLÉOPTÈRES | 2 |
| I.1.1 Cycle de développement des coléoptères | 2 |
| I.1.2 Morphologie des Coléoptères | 4 |
| I.2 BIODIVERSITÉ | 6 |
| I.2.1 Diversité des coléoptères | 7 |
| I.2.2 Sous ordres des coléoptères | 7 |
| I.2.3 Facteurs de diversification et évolution | 8 |
| I.2.4 Diversité d'habitats | 10 |
| II. AIRE D'ÉTUDE | 11 |
| II.1 PRÉSENTATION DE LA FORÊT D'AKFADOU | 11 |
| II.1.1 Les peuplements forestiers de la forêt d'Akfadou | 12 |
| II.1.2 Distribution biologique | 13 |
| II.1.3 Distribution phytogéographique | 14 |
| II.2 CONDITIONS ÉCOLOGIQUES DE LA FORÊT DE L'AKFADOU | 15 |
| II.2.1 Orographie | 15 |
| II.2.2 Géologie | 15 |
| II.2.3 Pédologie | 15 |
| II.2.4 Exposition | 15 |
| II.2.5 L'hydrographie | 16 |
| II.3 DESCRIPTION DU CLIMAT DE LA FORÊT DE L'AKFADOU | 16 |
| II.3.1 Le bioclimat de l'Akfadou | 16 |
| III. MATÉRIEL ET MÉTHODES | 17 |
| III.1 CHOIX DES STATIONS | 17 |
| III.1.1 Localisation et description des habitats | 18 |
| III.2 MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE | 19 |
| III.2.1 Echantillonnage au niveau de la zénaie | 19 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| III.2.2 | Echantillonnage au niveau de l'iliçaie..... | 19 |
| III.2.3 | Echantillonnage au niveau de la clairière..... | 20 |
| III.2.4 | Techniques d'échantillonnages | 20 |
| III.3 | MÉTHODE DE CONSERVATION..... | 23 |
| III.3.1 | Matériel utilisé..... | 23 |
| III.3.2 | Méthodes de conservation utilisées | 24 |
| III.4 | IDENTIFICATION AU LABORATOIRE | 25 |
| III.4.1 | Matériel utilisé..... | 25 |
| III.4.2 | Identification des Coléoptères | 25 |
| III.4.3 | Indices écologiques utilisées pour l'exploitation des résultats | 25 |
| IV. | RÉSULTATS | 28 |
| IV.1 | ETUDE DE LA FAUNE | 28 |
| IV.1.1 | Etude taxonomique..... | 28 |
| IV.2 | ANALYSE DE LA COMPOSITION FAUNISTIQUE..... | 32 |
| IV.2.1 | Répartition des Coléoptères par sous ordre | 32 |
| IV.2.2 | Répartition des Coléoptères par famille | 32 |
| IV.2.3 | Répartition des Coléoptères par genre..... | 34 |
| IV.2.4 | Répartition des Coléoptères par espèce | 35 |
| IV.2.5 | Richesse taxonomique des trois habitats | 35 |
| IV.3 | ETUDE INDICIELLE DE LA DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE | 36 |
| IV.3.1 | Etude indicielle de la diversité spécifique des stations d'étude | 36 |
| V. | DISCUSSION..... | 40 |
| V.1 | DISCUSSION GÉNÉRALE | 40 |
| V.2 | INDICES DE DIVERSITÉ APPLIQUÉS | 42 |
| V.2.1 | Richesse spécifique (S) des trois habitats..... | 42 |
| V.2.2 | L'indice de diversité de Shannon-Weaver H..... | 42 |
| V.2.3 | Diversité maximale Hmax | 43 |
| V.2.4 | Indice d'équitabilité E | 43 |
| V.2.5 | L'Estimateur Chao-1 | 43 |
| | CONCLUSION | 44 |

Liste bibliographique

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Cycle de vie d'un Coléoptère | 3 |
| Figure 2 : Morphologie d'un coléoptère. <i>Geotrupes spiniger</i> Marsham, 1802, (Charrier, 2001). | 4 |
| Figure 3 : Carte de localisation de la forêt de l'Akfadou Est | 11 |
| Figure 4 : Distribution biologique (Laribi, 2000). Distribution (en %) des taxons de la forêt d'Akfadou selon leurs types biologiques | 14 |
| Figure 5 : Carte de localisation des sites de prélèvement. | 17 |
| Figure 6 : Pots Barber | 21 |
| Figure 7 : Photo filet fauchoir..... | 22 |
| Figure 8 : Parapluie Japonais | 22 |
| Figure 9 : Photo pièges Aériens..... | 23 |
| Figure 10 : Boîte de pétri | 24 |
| Figure 11 : Représentation graphique des principaux sous ordre des Coléoptères. | 32 |
| Figure 12 : Représentation graphique des Coléoptères par familles. | 33 |
| Figure 13 : Représentation graphique de l'Abondance relative des Coléoptères par familles. | 34 |
| Figure 14 : Représentation graphique de l'abondance relative par genre..... | 34 |
| Figure 15: Répartition des Coléoptères par espèce..... | 35 |
| Figure 16 : La richesse spécifique (S) des trois habitats | 36 |
| Figure 17 : L'indice de diversité de Shannon-Weaver H des trois habitats | 37 |
| Figure 19 : Diversité maximale Hmax des trois habitats..... | 38 |
| Figure 18 : L'indice d'équitabilité des trois habitats..... | 38 |
| Figure 20 : Estimateur Chao-1 des trois habitats..... | 39 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|-----------|
| <i>Tableau I : Liste du peuplement de Coléoptères récoltés.</i> | <i>28</i> |
| <i>Tableau II : Richesse des taxons au niveau des trois habitats étudiés.....</i> | <i>35</i> |

INTRODUCTION

Les Coléoptères, constituent le groupe d'insectes le plus diversifié et le plus riche en espèces de la planète. Avec plus de 380 000 espèces existantes décrites (Ślipiński *et al.*, 2011), représentent environ 25% de toutes les espèces animales et plantes décrites, ce qui en fait le principal contributeur à la biodiversité connue dans le monde (McHugh et Lieberr, 2009) et de nombreuses espèces restent à décrire (Grove *et al.*, 2000). Les Coléoptères présentent une extraordinaire diversité morphologique et écologique et jouent un rôle important dans presque tous les écosystèmes terrestres et d'eau douce (Crowson, 1981).

Une part importante de la biodiversité que renferment les forêts se trouve dans les assemblages d'espèces végétales où en dépend directement l'entomofaune. La préservation de ce patrimoine passe donc par une meilleure compréhension des facteurs susceptibles d'en modifier sa composition et ses caractéristiques écologiques (Boulanger *et al.*, 2011).

Les études sur les Coléoptères inféodés aux essences forestières ont été abordés dans différents biotopes de l'Algérie (Belhadid *et al.*, 2013). Les recherches sur la coléoptérologie forestière en Algérie, ont été portées surtout sur le chêne liège (*Quercus suber*), nous citons à titre d'exemple : Telailia *et al.* (2018) qui a travaillé sur les forêts de chêne liège dans la région d'El Kala ; Daas *et al.* (2016) se sont intéresser aux subéraies du Parc National d'El-Kala ; et Saighi (2013) sur les subéraies de Souk Ahras ; pour les subéraies de la forêt de montagne de Hafir au Nord-Ouest Algérien une étude est réalisée par Bouchaour-Djabeur (2013). Pour le chêne vert (*Quercus ilex*) on cite les travaux de Benaia (2010) dans la forêt de Tafa. Pour les cédraies on cite le travail de Abdelhamid *et al.* (2017) et celui de Abbassen (2015) au niveau de la forêt de Tigounatine. Et en fin l'étude de Nichane *et al.* (2013) pour les résineux.

Mise à part la première liste des Coléoptères récoltés en Algérie qui remonte à 1896, faite par Maurice (1897) notamment ceux de la Kabylie au niveau de la forêt d'Akfadou du côté du Yakouren ; Les études sur les Coléoptères au niveau de la forêt d'Akfadou sont inexistantes dont l'essence dominante est le chêne zéen. Donc pour combler à ce manque, notre travail s'inscrit dans ce contexte afin d'évaluer la diversité des coléoptères au niveau de la forêt d'Akfadou.

I. ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Biologie des coléoptères

Les Coléoptères se caractérisent par leurs ailes antérieures endurcies, appelées élytres, formant une solide carapace qui protège les ailes postérieures membraneuses utilisées pour voler (Coléoptères signifiant "étui" et "ailes"). Ainsi, au repos, les ailes postérieures sont pliées sous les élytres et ne sont pas visibles. Les élytres peuvent être courts mais se rejoignent au centre du corps chez toutes les espèces.

Du point de vue biologique ils présentent une grande diversité. Ils sont représentés dans presque toutes les régions biogéographiques et les habitats non marins (Nigel et Tork, 2008). Ils possèdent une large gamme de sources alimentaires: xylophage, phytophage, nécrophage, prédateur et parasites des autres insectes.

La plupart des Coléoptères adultes peuvent voler. Cependant, lorsqu'elles ne sont pas utilisées, les ailes de vol délicates sont généralement dissimulées sous des élytres protecteurs ressemblant à des coquilles, ce qui permet aux coléoptères d'utiliser diverses ressources et de se livrer à une vaste gamme d'activités qui seraient sinon limitées aux insectes ailés ou sans ailes (McHugh et Liebherr, 2009).

I.1.1 Cycle de développement des coléoptères

Les Coléoptères sont des insectes à métamorphoses complètes (holométaboles) qui ont des larves bien différentes des adultes, souvent vermiformes. La nymphose a lieu dans une coque ou une logette (Leraut, 2007). Les cycles de vie peuvent varier de manière extraordinaire, en fonction des ressources alimentaires utilisées par les larves pour son développement (Nigel et Tork, 2008).

Au cours de son cycle de développement (figure 1), le Coléoptère subit toute une série de transformations. Il se divise en quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte (ou imago).

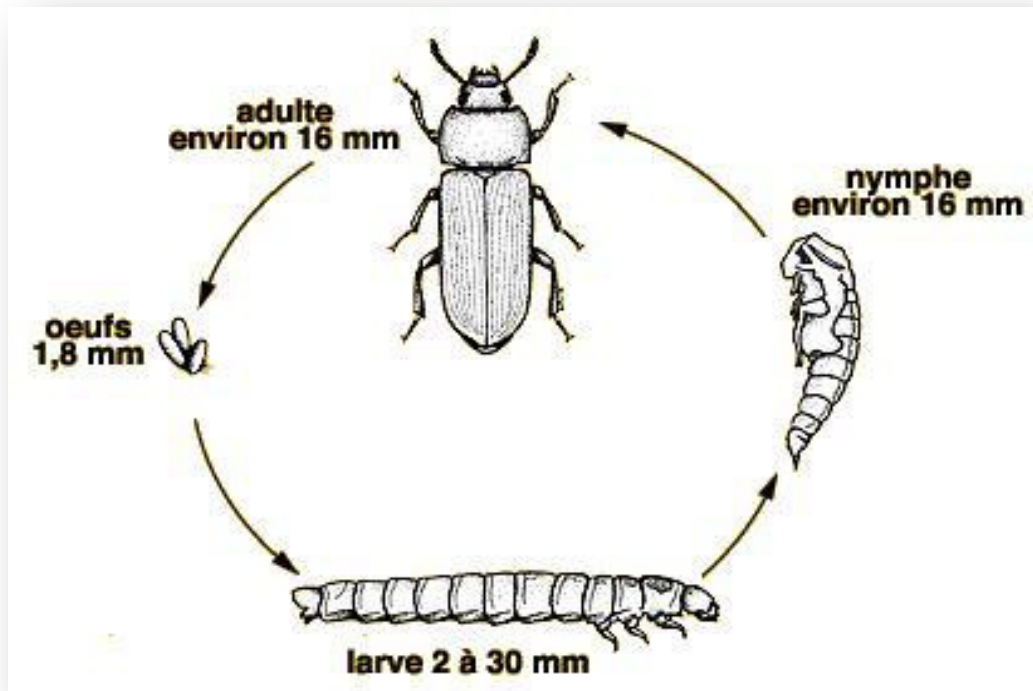


Figure 1 : Cycle de vie d'un Coléoptère

Stade œuf : Les œufs sont généralement pondus dans le milieu où la larve trouve sa nourriture. Sont de forme variée, souvent allongés ou ovalaires, parfois cylindriques ou fusiformes, lisses ou rugueux, généralement blancs ou jaunâtres. Leur taille est très variable, étant fonction du nombre que chaque femelle peut pondre. Ce nombre est de un ou deux chez certains coprophages, de 500 environ chez les bruches et de plusieurs milliers chez les méloïdés

Stade larvaire : Pour la grande partie des espèces, le développement larvaire s'étale sur quelques mois. Les larves des coléoptères sont constituées de 13 segments, un au niveau de la tête, trois au niveau du thorax (qui portent trois paires de pattes) et neuf au niveau de l'abdomen, ne possèdent jamais d'ailes ni d'élytres et ne peuvent se reproduire, leurs organes génitaux étant à peine ébauchés. et comme chez les adultes la tête, le thorax et l'abdomen sont distincts. Leur tête, extrêmement développée, présente des mandibules broyeuses similaires à celles des adultes.

Stade nymphale : La larve se transforme ensuite en nymphe, subissant d'importantes modifications tout au long desquelles elle reste immobile sans se nourrir, progressivement

elle se pigmente et laisse transparaître la forme de l'insecte. Les nymphes sont de couleur blanche ou jaunâtre et portent souvent de longues épines qui servent probablement à isoler du sol leurs téguments mous et fragiles.

Stade adulte : Les adultes émergent au début de l'été et ne vivent en général que quelques semaines au cours desquelles ils n'ont qu'un seul objectif, se reproduire. Dans la plupart des cas, même l'adulte meurt dès qu'il s'est reproduit (Boukli 2012). Certains adultes ne se nourrissent pas et survivent grâce aux réserves accumulées dans leur corps par la larve. D'autres adultes consomment des substances à fort pouvoir énergétique (nectar des fleurs, fruits pourris, sève suintant des blessures d'arbres) pour subvenir à leurs besoins durant la course à la reproduction (Slipinski, 2007).

I.1.2 Morphologie des Coléoptères

Même si les coléoptères varient énormément par leur forme et leur coloration, ce sont, en effet, d'un point de vue morphologique, des insectes qui forment un groupe relativement homogène. En effet, le corps des Coléoptères comme celui de la plupart des insectes, est constitué de trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen. La présence d'une première paire d'ailes transformées en élytres chez l'adulte, constitue la principale originalité de l'ordre (Bennas, 2002).



Figure 2 : Morphologie d'un coléoptère. *Geotrupes spiniger* Marsham, 1802, (Charrier, 2001).

La tête : La tête est de forme très diverse, allongée, transverse, globuleuse ou déprimée avec un cou distinct ou non. Elle est toujours plus ou moins engagée dans le prothorax où elle est encastrée parfois presque entièrement. Sur le dessus, on distingue les pièces buccales avec mandibules et palpes maxillaires et labiaux. Le labre ou lèvre supérieure et le clypéus ou épistome sont séparés du front par une suture visible. Sur le côté, les joues sont situées en avant des yeux et les tempes en arrière (Du Chatenet, 2005).

Le thorax : Trois segments constituent le thorax : le pro, le méso et le métathorax, vu de dessus, seul le prothorax (appelé aussi pronotum) est parfaitement visible, tandis que le mésothorax n'apparaît que sous la forme d'un petit triangle, l'écusson. Le segment thoracique comprend un ensemble de pièces : une supérieure (le tergite), une inférieure (le sternite), et deux latérales (les pleurites). Ces derniers peuvent être décomposés par une pièce antérieure ou épisternite et une pièce postérieure ou épimère.

L'abdomen L'abdomen est constitué de 9 segments, dont un ou deux peuvent être atrophiés à la base et un rétracté à l'intérieur de l'extrémité postérieure de l'abdomen. Chaque segment se compose d'un arceau dorsal, le tergite, et d'un arceau ventral, le sternite. Le nombre de sternites de la face ventrale de l'abdomen est toujours inférieur à celui des tergites.

Chez le mâle comme chez la femelle, le neuvième et dernier segment de l'abdomen est invaginé et constitue l'armure génitale (Du Chatenet, 2005).

Les élytres : Les élytres sont les deux ailes antérieures qui forment deux pièces sclérifiées symétriques, contiguës le long de leur bord postérieur sur la ligne longitudinale médiane du corps. Elles recouvrent plus ou moins complètement l'abdomen, mis à part le dernier tergite abdominal ou pygidium. Elles jouent des rôles protecteurs multiples : protection contre la déshydratation (ce qui permet à certains Coléoptères de vivre en milieu aride), protection contre les blessures (Chez certains charançons, elles sont soudées pour ne former qu'un seul bouclier protecteur). Elles ne jouent pas de rôle actif en vol et sont tenues perpendiculairement au corps. Elles peuvent avoir des rôles plus spécifiques chez les Coléoptères aquatiques à savoir la rétention d'air dans un but respiratoire (Du Chatenet, 2005)

Les ailes : Les ailes membraneuses ou postérieures sont les seules utilisées pour voler. Les ailes de la plupart des coléoptères sont articulées et peuvent se replier transversalement, l'extrémité apicale se rabattant sur la partie basale, afin de pouvoir se loger sous les élytres.

Chez certaines espèces les ailes postérieures ne servent parfois plus car les élytres sont soudés (Du Chatenet, 2005).

Les pattes : Comme tous les insectes, les coléoptères ont 6 pattes disposées par paires et constituées par les hanches, les trochanters, les fémurs, les tibias et les tarse. Leurs formes et leurs dispositions, ainsi que la forme de leurs cavités sont variables, notamment en fonction du milieu de vie et du mode de déplacement. Elles servent en particulier à définir les quatre grands sous-ordres de coléoptères et sont adaptées à leur fonction (Du Chatenet, 2002).

I.2 Biodiversité

La biodiversité est un concept récent. En 1984, Edward O. Wilson publie « *Biological diversity* » qui met en avant pour la première fois l'idée de diversité biologique. Mais ce concept nouveau n'a vraiment pris son essor qu'avec la signature de la *Convention sur la diversité biologique* lors du *Sommet de la Terre* de Rio en 1992. Dans son Article 2, cette convention définit la biodiversité comme étant la « *variabilité des organismes vivants de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces, et entre les espèces et ainsi que celle des écosystèmes* ».

C'est la diversité de la vie à tous ses niveaux d'organisation, du gène aux espèces et aux écosystèmes. Ces niveaux sont en dynamique et interactions permanentes et sont le cadre de l'évolution du vivant.

- **Diversité génétique :** Chaque être vivant a des caractéristiques génétiques uniques. La diversité génétique recouvre la diversité des gènes de tous les organismes vivants.
- **Diversité spécifique :** La classification des êtres vivants s'appuie largement sur le concept d'espèce. Il existe plusieurs définitions de ce concept, mais la plus classique rassemble des individus potentiellement capables de se reproduire entre eux et de donner une descendance viable et elle-même féconde. On a identifié actuellement un peu moins de deux millions d'espèces. On estime qu'il en reste peut-être 5 à 10 fois autant à découvrir.

- **Diversité écosystémique** : Des ensembles de populations d'espèces différentes, formant des communautés, interagissent entre elle et avec leur milieu ambiant (air, terre, eau, ...) et constituent ainsi des écosystèmes. Une forêt, une mare, l'homme et sa flore intestinale sont par exemple des écosystèmes.

I.2.1 Diversité des coléoptères

La faune de coléoptères n'est pas aussi bien connue dans toutes les régions du monde (Yeates *et al.*, 2003). De nombreuses espèces décrites ne sont connues que d'une localité, voire d'un seul spécimen (Stork 1999a, Grove et Stork 2000). Ils sont si divers et la plupart des espèces si mal connus, que même énumérer le nombre réel d'espèces décrites reste difficile, et encore moins d'estimer le nombre d'espèces non décrites. Selon les estimations, entre 70% et 95% de toutes les espèces de coléoptères restent non décrites (Grove et Stork, 2000).

La diversité des coléoptères est très remarquable, de par la taille des adultes qui varient de 0,4 mm (*Nanosella ptiliides* d'Amérique du Nord) à 200 mm de long (*Titanus giganteus* cerambycid d'Amérique du Sud). Les cycles de vie peuvent également varier de manière extraordinaire, en fonction des ressources alimentaires utilisées par les larves pour le développement. S'ajoute à cela une grande variation de la capacité de reproduction est également chez les coléoptères (McHugh et Liebherr, 2009).

I.2.2 Sous ordres des coléoptères

Les coléoptères font partie des premiers groupes de diversification de l'Holometabola. L'ordre des coléoptères est divisible en quatre lignées principales, qui sont reconnues comme étant les sous ordres Archostemata, Adephaga, Myxophaga et Polyphaga, regroupant 17 super-familles et 500 familles et sous-familles (Bouchard *et al.*, 2011).

Polyphaga : Les Polyphaga est le sous-ordre le plus grand et le plus diversifié des coléoptères; le nom est dérivé de deux mots grecs: poly, ce qui signifie «beaucoup», et phaga, qui signifie «manger». Polyphaga comprend 144 familles dans 16 superfamilles, et affiche une énorme variété de spéiciaon et d'adaptation, avec plus de 300 000 espèces décrites, soit environ 90% des espèces de coléoptères découverts jusqu'à présent

Adéphaga : Les adéphagiens sont tous, ou presque tous, comme leur nom l'indique, des carnassiers. Ils sont pentamères, leurs antennes (sauf rares exceptions) sont longues et fines, leurs pattes longues, leurs mandibules robustes (Maurice, 1980).

Comprennent plus de 40 000 espèces (Ball et Bousquet 2000, Beutel et Ribera 2005). Ce sous-ordre est divisé en deux clades, le Geadephaga terrestre (contenant une famille nombreuse, les Carabidae) et le Hydradephaga (les Dytiscidae) à prédominance aquatique (Maddison *et al.*, 2009 ; McKenna *et al.*, 2015a)

Myxophaga : sont de petits coléoptères (la plupart inférieurs à 2,5 mm) qui se nourrissent d'algues ou d'algues bleu-vert dans les habitats d'eau douce et riverains (Jäch *et al.*, 2005). Les quatre familles de myxophagan comprennent environ 100 espèces dans le monde.

Archostemata : Il groupe les Coléoptères les plus anciennement connus. Comprend environ 40 espèces de coléoptères de taille petite à moyenne appartenant à cinq familles (Ommatidae, Crowsoniellidae, Micromalthidae, Cupedidae et Jurodidae). Selon Hörschemeyer (2005) la plupart des larves se développent dans du bois infesté de champignons, et les pièces buccales des adultes suggèrent que la plupart des espèces se nourrissent de pollen végétal ou de sève.

I.2.3 Facteurs de diversification et évolution

Les facteurs responsables de l'extraordinaire richesse en espèces de coléoptères font encore l'objet de nombreuses discussions. Aucune explication unique ne peut expliquer le succès de l'ordre. Les travaux scientifiques modernes ont essayé de trouver des explications à cette prépondérante diversité et un certain nombre de réponses sont cohérentes avec le modèle de diversité (McHugh et Liebherr, 2009).

I.2.3.1 Une longue histoire évolutive

Zhang *et al.*, (2018) suggèrent que l'origine des coléoptères remonte au Permien le plus ancien et la divergence entre les séries de coléoptères s'est principalement produite pendant le Trias, la plupart des superfamilles étant apparues pendant le Jurassique et une grande partie des familles apparaissant dans le Crétacé.

La longue histoire évolutive des coléoptères a fournie suffisamment de temps pour se diversifier en plus de leur taux de survie en lignée élevée et leur diversification dans un large éventail de niches. En effet, Ayant existé pendant toute la période de dissolution de la

Pangée, qui a débuté dans le Jurassique, des biotes différentes de coléoptère ont évolué sur les divers fragments continentaux de ce supercontinent (Bouchard, 2017).

I.2.3.2 Du point de vue morphologique

L'un des facteurs de la diversification des coléoptères est le développement des ailes antérieures en élytres sclérotisés (Lawrence et Britton, 1994). On pense que les élytres protègent les coléoptères contre les stress environnementaux et la prédation (Hammond 1979). Bien que les coléoptères ne soient généralement pas considérés comme des voleurs rapides ou agiles, des représentants de diverses familles de coléoptères ont systématiquement colonisé les systèmes des îles les plus éloignés du monde. Dans de nombreuses familles, l'apparence extérieure et la fonction de marche du coléoptère a été maintenue, tandis que les ailes du vol métathoracique ont été réduites à des sangles non fonctionnelles ou à des volets rudimentaires (McHugh et Liebherr, 2009).

Cet état brachyptère élimine la possibilité de dispersion par les ailes des individus et est associé à une spéciation accrue et à un endémisme, le plus souvent dans des habitats montagnards, désertiques ou insulaires écologiquement stables et géographiquement isolés (McHugh et Liebherr, 2009).

I.2.3.3 Du point de vue du Cycle de vie

L'importance de la métamorphose complète dont les phases de développement des larves et des Coléoptères adultes ont été découplés morphologiquement via le stade nymphe intermédiaire. Les larves peuvent présenter des spécialisations morphologiques non observées au stade adulte et peuvent vivre dans des microhabitats particuliers non principalement occupés par les adultes donc division des niches écologiques. Ceci est considéré comme une innovation de l'extraordinaire diversité des coléoptères (Zhang *et al.*, 2018).

I.2.3.4 Co-évolution coléoptère-angiospermes

La diversification précoce des coléoptères dans le Jurassique a placé de nombreuses lignées dans une position privilégiée pour exploiter les opportunités écologiques associées à la diversification au Crétacé des plantes à fleurs. Parmi les plus grandes familles de Polyphaga (Buprestidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae, Cerambycidae et Curculionidae, par exemple), comprennent des lignées intimement associées aux angiospermes. Ces associations de plantes hôtes reposent sur l'utilisation de diverses parties, d'une espèce ou

d'un ensemble d'espèces, des plantes à fleurs en tant qu'aliment larvaire ou adulte (Bouchard, 2017).

I.2.4 Diversité d'habitats

Les Coléoptères peuplent presque toute la surface de la terre, de la zone de balancement des marées aux neiges éternelles, y compris les eaux douces et saumâtres mais excepte les mers ou les dytiques s'aventurent parfois mais ne s'y maintiennent pas, ne pouvant se reproduire (Du chatenet, 2005).

Une part importante de la biodiversité ordinaire que renferment les forêts se trouve dans les assemblages d'espèces végétales où en dépend directement l'entomofaune (Boulangier *et al.*, 2011). En effet, la faune sylvestre est sans doute la plus riche en espèces car elle est composée de tous les phytophages qui s'attaquent aux arbres, les larves des *xylophages* exploitant leur bois celles des *phyllophages*, leurs feuilles, et de tous les prédateurs qui leur sont attachés.

Une faune un peu différente se rencontre sous les écorces, dans cavités des vieux arbres, sur les palies et les exsudations de sève, sous les mousses des troncs et sur les polypores. En sous bois, beaucoup d'espèces vivent dans des champignons, décomposés ou non, sous les mousses des talus et les amas de feuilles mortes. Le bois mort présente une grande diversité de micro-habitats qui provient de la combinaison d'une grande variété d'espèces d'arbres, de forme des fragments et de degrés de décomposition (Lee *et al.*, 1997).

II. AIRE D'ÉTUDE

II.1 Présentation de la forêt d'Akfadou

Le massif forestier d'Akfadou se situe entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen, à 160 km environ à l'Est d'Alger et distant de 20 km de la Mer. La forêt d'Akfadou s'étend sur une superficie d'environ 11 000 ha, soit 18 % de la chênaie caducifoliée d'Algérie (Messaudene, 1989).

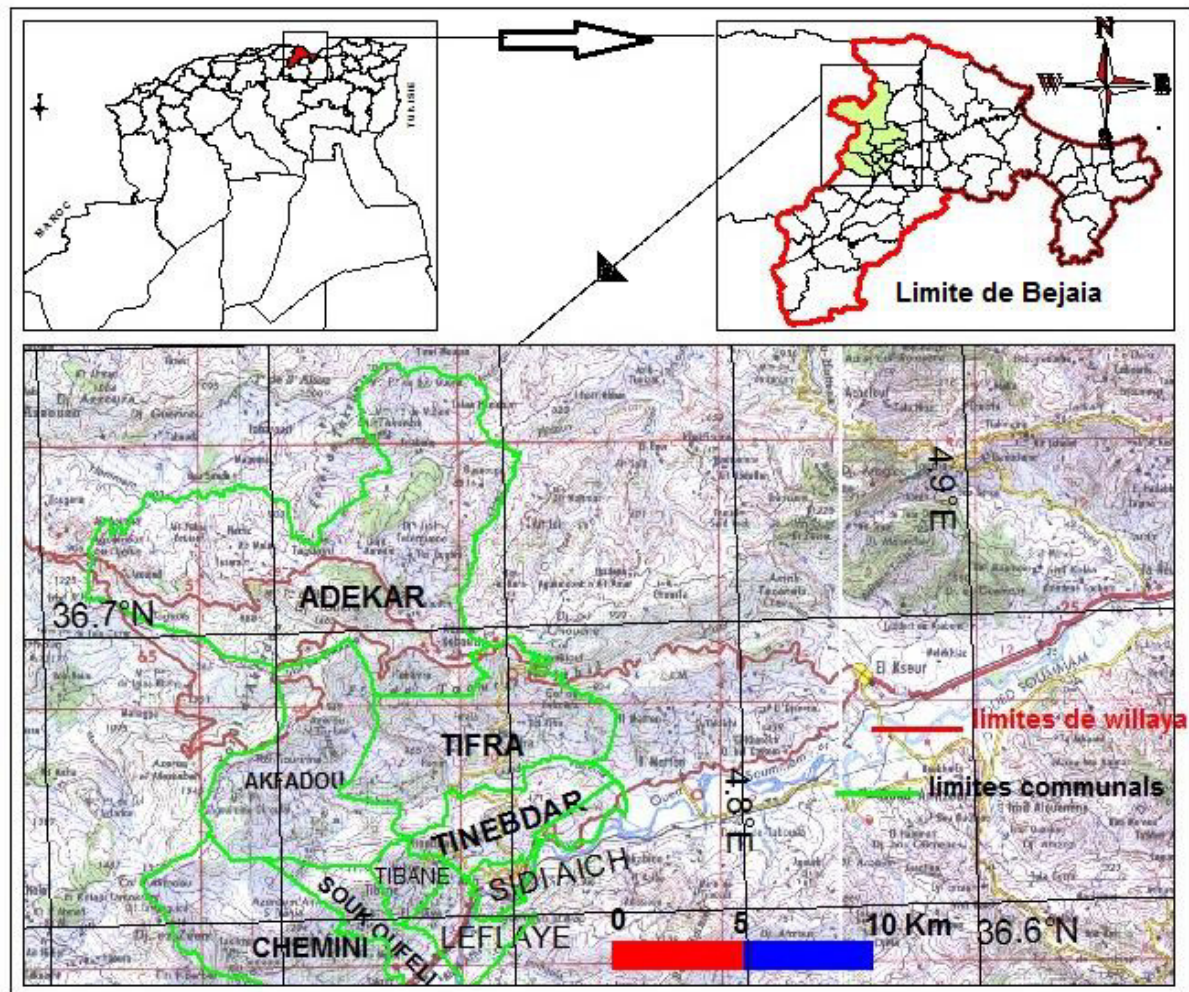


Figure 3 : Carte de localisation de la forêt de l'Akfadou Est

Elle est sous régime domanial, et subdivisée administrativement en deux zones :

- L'Akfadou-Est illustré dans la figure 3 : couvrant environ 5 400ha dépend des Daïras d'Adekak, Sidi Aich et Chemini, appartenant à la Wilaya de Béjaïa.
- L'Akfadou-Ouest : qui couvre environ 4 600ha et rattachée administrativement aux Daïra d'Azazga et de Bouzeguene situées dans le territoire de la Wilaya de Tizi-Ouzou.

La forêt de l'Akfadou se distingue des autres forêts algériennes par la forte densité de ses peuplements, soit 1 500 arbres par hectare à l'âge de 120 ans, ses groupements

végétaux, sa diversité floristique, son climat, son relief et sa situation géographique. De gros chênes zéens et afarès, âgés de plus de 500 ans, sont présents dans de nombreux sites. Ces individus témoignent de l'origine ancestrale de la chênaie de l'Akfadou (Messaoudene, 1989).

II.1.1 Les peuplements forestiers de la forêt d'Akfadou

Dans le massif de l'Akfadou, les formations sylvatiques sont essentiellement constituées de trois espèces de chênes. A savoir les peuplements de chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.), de chêne afarès (*Quercus afares* Pomel) et de chêne liège (*Quercus suber* L.). Ces peuplements présentent une mosaïque d'âges divers et la répartition des différentes chênaies pures ou mixtes est fonction des facteurs topographiques (altitude, exposition), édaphiques et aussi anthropiques.

Le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.)

Le chêne zéen est l'essence dominante apparaît surtout à partir de 800 m d'altitude et occupe les fonds de vallons, les versants ombrageux des ubacs, plus humides, où elle forme de belles futaies. Sur les crêtes de 1500m jusqu'à 1646m, où les peuplements purs occupent environ 45% de la superficie boisée (Messaoudene, 1989).

Le chêne afarès (*Quercus afares* Pomel)

Le chêne afarès abonde sur quelques lignes de crête, les versants sud et sud-ouest et les terrains caractérisés par des sols plus ou moins argileux. Il est moins alticole que le chêne zéen, le plus souvent, il est situé au-dessous de 1 250 m d'altitude. Les peuplements purs occupent environ 15 % de la surface boisée.

Le chêne liège

Le chêne liège à l'état pur, il occupe 15 % de la zone périphérique de l'Akfadou aux altitudes inférieures à 1 100 m (Messaoudene, 1989).

Les peuplements mixtes (chêne zéen et de chêne afarès)(chêne zéen et de chêne liège)

Les peuplements mixtes de chêne zéen et de chêne afarès se retrouvent partout dans les zones de transition. Il en est de même pour les peuplements mixtes de chêne zéen et de chêne liège, limités à une altitude de 1 100 m. Ces peuplements mixtes couvrent environ 25 % de la zone boisée (Messaoudène, 1989).

La strate arbustive

La strate arbustive a une composition spécifique peu diversifiée et assure toujours un degré de recouvrement assez important, de l'ordre de 60%. Il faut y noter la présence et la haute fréquence de *Cytisus triflorus*, *Erica arborea*, *Calycotome spinosa*, *Genista tricuspidata*, des ronces *Rubus ulmifolius*, *R. incanescens* (= *R. numidicus*) et sporadiquement des Rosacées *Crataegus monogyna* et *Rosa sempervirens* (Messaoudene, 1989).

La strate herbacée

La strate herbacée est généralement bien développée, avec l'abondance des espèces vernales (thérophytes) et se présente en mosaïque dans les taches de lumière de la formation, avec les nombreux semis des deux chênes (Meddour, 1993).

La flore de l'Akfadou

L'Akfadou présente une richesse floristique très importante : 16,5% de la flore de l'Algérie du Nord s'y retrouve et elle vient juste derrière le Djurdjura : 39%, dépasse les Babors : 15,58% et le Gouraya 04,91 % (Bellili, 2003). Selon le même auteur, il existe au niveau de l'Akfadou 81 familles végétales, dont les plus riches en espèces sont :

- Les graminées
- Les papillonacés
- Les capparidacées
- Les arachiacées

II.1.2 Distribution biologique

La distribution biologique de la forêt d'Akfadou révèle une prédominance des hémicryptophytes et des thérophytes qui représentent respectivement 37 % et 28 % de la flore de la forêt étudiée (figure 4). Les premiers caractérisent les zones fraîches et les seconds sont favorisés par le faible recouvrement de la strate arborescente (moins de 50 %) du chêne zéen et du chêne afarès, voire leur destruction totale par endroits. Dans certains sites, la dominance des thérophytes révèle l'aridité et le surpâturage du milieu. Par rapport aux peuplements à faible recouvrement. De manière générale, la codominance des thérophytes et des hémicryptophytes dans la distribution biologique brute pourrait

s'expliquer par l'importance de l'action anthropique. Au total, 435 espèces ont été inventoriées dans la forêt d'Akfadou. Les espèces rares représentent environ 9 % du cortège floristique de la forêt, soit 40 espèces (Laribi, 2000).

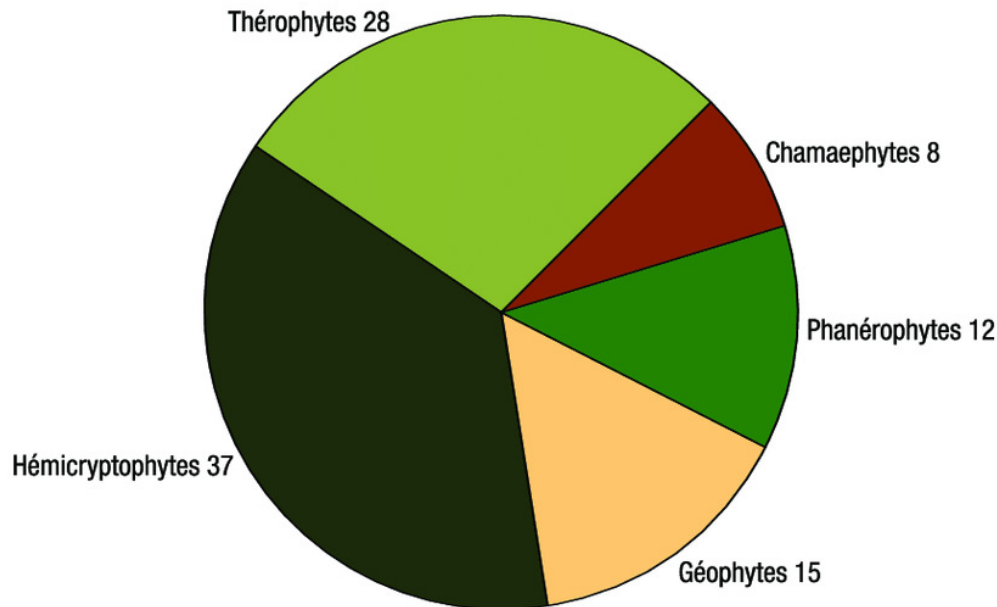


Figure 4 : Distribution biologique (Laribi, 2000). Distribution (en %) des taxons de la forêt d'Akfadou selon leurs types biologiques

II.1.3 Distribution phytogéographique

D'après la classification phytogéographique des éléments floristiques de l'Algérie (Quezel, 1964), la distribution phytogéographique de la flore de la forêt de l'Akfadou est constituée à 41 % par des espèces méditerranéennes, tandis que, totalisant près de 36 %, les éléments eurasiatiques et euro-méditerranéens sont loin d'être négligeables. Une trentaine d'espèces de la flore de l'Akfadou (9 %) sont des espèces endémiques d'Afrique du Nord et 3 % sont des endémiques d'Algérie. Les espèces ibéro-mauritanienne, italo-nord-africaines, cosmopolites et paléo-tropicale représentent 11 % de la flore de l'Akfadou (Laribi, 2000).

II.2 Conditions écologiques de la forêt de l'Akfadou

II.2.1 Orographie

L'orographie de la forêt d'Akfadou est assez compliquée, s'articule autour d'une succession de lignes de crête globalement orientées nord-est et sud-ouest. Généralement, le relief est assez accidenté (pentes de 15 % à 45 %), notamment dans sa partie sud-orientale, l'altitude de l'Akfadou variant de 800m à 1646m (Messaoudene, 1989).

II.2.2 Géologie

Le massif d'Akfadou est caractérisé par le faciès numidien de l'oligocène qui est un faciès argileux et gréseux. Les argiles à la base de la série sont vertes et rouges avec parfois des petites bandes de quartzites ou de marnes schisteuses noirs, les grès sont jaunes ferrugineux souvent grossiers, ce faciès est souvent masqué d'éblouis (Durand, 1951).

II.2.3 Pédologie

Du point de vue édaphique selon Durand (1951)., les forêts de chênes de l'Akfadou se localisent sur des grès numidiens donnant naissance, à des sols bruns lessivés, généralement, frais et profonds, de texture à dominante sableuse. Par endroit, il existe des sols à hydromorphie temporaire en contact avec des argiles sous numidiennes, le sol est humifère et l'humus est de type mull forestier caractérisé par un rapport C/N satisfaisant donnant une bonne minéralisation, le pH est inférieur à 7.

Composée essentiellement de quatre grands types de sols qui sont :

- Les sols peu évolués.
- Les sols minéraux bruts.
- Les sols brunifiés
- Les sols à sesquioxyde de fer.

II.2.4 Exposition

L'exposition est de dominance nord, ce qui explique l'épanouissement et la prospérité du chêne zéen sous l'influence du climat marin lui assurant l'humidité nécessaire (BNEF, 1988).

II.2.5 L'hydrographie

Le réseau hydrographique est représenté par de nombreux ruisseaux à régime torrentiel, qui alimentent pendant les période pluvieuses les principaux affluents d'Acif El Hammam au Nord, du Sebaou à l'Ouest, et de l'Oued Soummam à l'Est (Laribi, 1999).

II.3 Description du climat de la forêt de l'Akfadou

Les précipitations et les températures sont les composantes majeures qui constituent la charnière du climat car elles influent directement sur le sol et la végétation (Djebaili, 1984).

Le climat d'Algérie est un climat méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude, et une saison froide et pluvieuse (Ferka, 2006).

II.3.1 Le bioclimat de l'Akfadou

Le massif de l'Akfadou, s'étendant sur un territoire qui accuse des dénivellations entre ses points extrêmes, est tout naturellement caractérisé par une variabilité microclimatique. Il se caractérise par les bioclimats subhumide et humide à variante fraîche et tempérée. En effet, celui-ci reçoit une précipitation importante variant de 1200mm à 2000 mm/année ce qui le place parmi les zones les plus arrosées de l'Afrique du Nord, la saison pluvieuse est importante (8 mois) et la période sèche estivale s'étend sur deux mois et demi, le régime saisonnier des précipitations est de type : Hiver – Automne – Printemps – Eté (HAPE) (Messaoudene, 1989).

Pour la localisation des stations d'étude sur le climagramme d'Emberger, c'est possible grâce au calcul du quotient pluviométrique (Q2) et de la valeur de la température minimale du mois le plus froid. Et d'après Messaoudene (1989), le calcul de quotient pluviométrique positionne le point d'altitude moyenne de l'Akfadou (1400m) dans l'étage bioclimatique humide à variante fraîche.

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

III.1 Choix des stations

L'étude de la diversité des Coléoptères au niveau de la forêt d'Akfadou, a eu lieu au niveau, de l'Antenne « Ukfadu » qui culmine 1623m d'altitude comme illustré dans la figure 5, Administrativement appartenant à la commune de Chemini, à environ 75 km au Sud de la wilaya de Bejaia. Les coordonnées géographiques vont de : $36^{\circ} 36' 41.20''$ N au $36^{\circ} 38' 02.50''$ N ; $4^{\circ} 33' 40.88''$ E au $4^{\circ} 35' 01.22''$ E. L'étude s'est déroulée dans une zone dont l'altitude varie de 1200m à 1623m.

Notre étude a été réalisée au niveau de trois stations différentes et le choix a été fait en fonction d'habitats: la zénaie, l'iliçaie et la clairière. Dans notre étude on utilisera donc le terme d'habitat au lieu de celui de station.

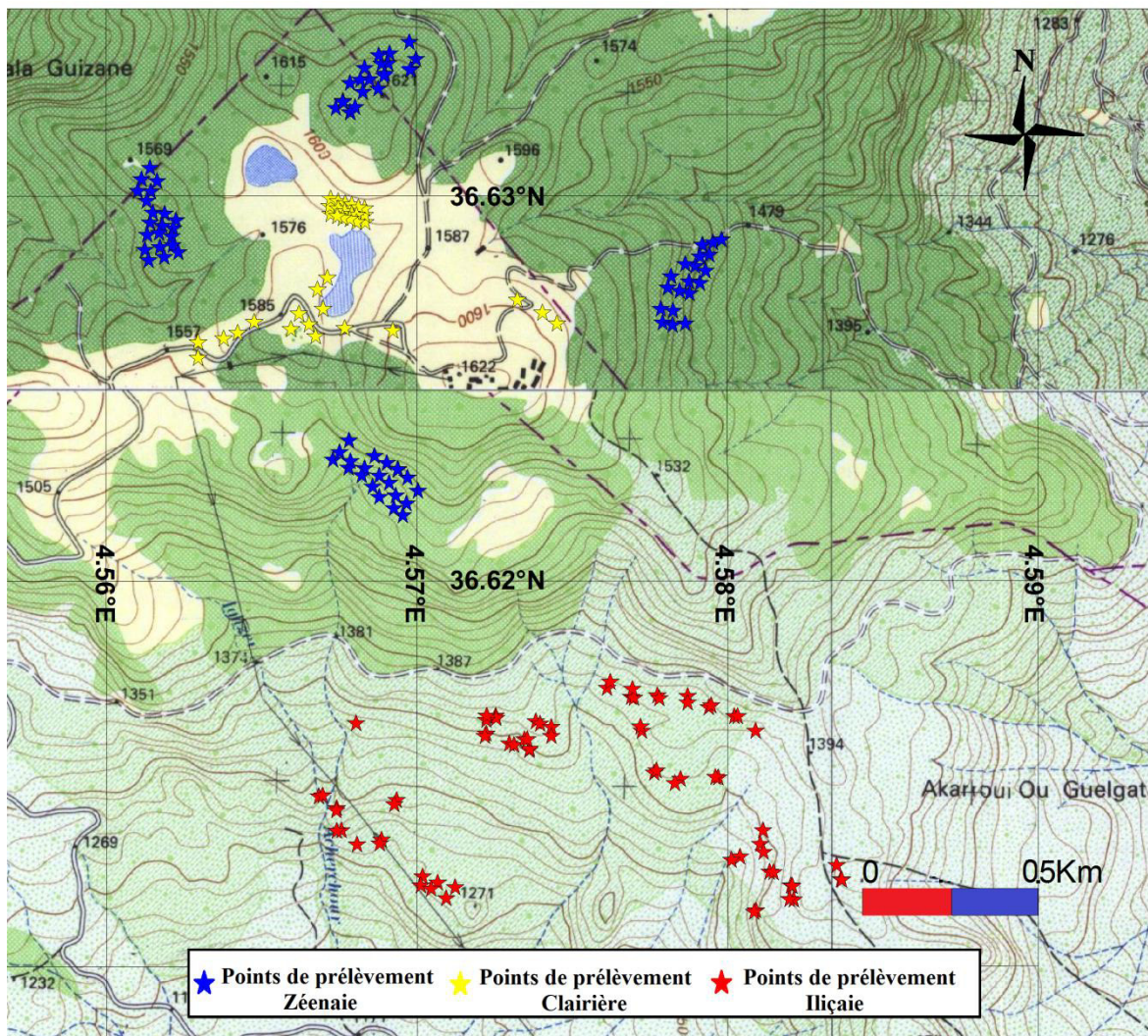


Figure 5 : Carte de localisation des sites de prélèvement.

III.1.1 Localisation et description des habitats

Habitat zénaie (36° 38' 00.78" N ; 4° 34' 11.07" E ; altitude 1593 m)

Se présente sous l'aspect d'une strate arborée dense de chêne zéen (*Quercus canariensis*). Dans cet habitat nous avons opté pour quatre sites (1,2,3,4) d'échantillonnages suivant l'orientation des versants : Nord, Sud, Est et Ouest. Les sites 1 et 4 se trouvent dans la localité de la commune de Chemini, (Wilaya de Bejaia) les sites 2 et 3 dans la localité de la commune de Bouzguène (Wilaya de Tizi Ouzou).

Habitat clairière (36° 37' 46.63" Nord ; 4° 34' 01.95" E ; altitude 1573 m)

Se présente sous l'aspect d'une strate herbacée composée d'une pelouse, avec la présence de thym (*Thymus sp*) qui parfume le site, de quelque peuplement d'Asphodèle (*Asphodelus microcarpus*) et clairsemé par quelques spécimens d'aubépine (*Crataegus monogyna*)...etc. La superficie de cette clairière est de plus de 50 ha, sur laquelle on note la présence d'une mare. Ce site est très convoité par les touristes à longueur d'année, en été pour la fraîcheur du site et en hiver pour la neige, ce qui rend difficile l'échantillonnage.

Habitat iliçaie (36° 36' 42" nord ; 4° 34' 15.29" Est; altitude 1285 m)

Se présente sous l'aspect d'une strate arborée plus au moins dense de chêne vert (*Quercus ilex*), par quelque endroits (vers le bas de l'habitat), il est en mode mixte avec quelque chênes liège (*Quercus suber*). Entre les fragments boisés, un cortège floristique de strate arborescente qui s'installe sous forme de broussaille, parmi les espèces on trouve : Les ronces (*Rubus L*), le Genêt à balais (*Cytisus scoparius*), le Diss (*Ampelodesmos mauritanicus*), l'Asphodèles (*Asphodelus microcarpus*),...etc. L'iliçaie est très fragmentée à cause des activités anthropiques, ouverture de piste, passage de feu, coupure de bois et de surpâturage. Vu que les fragments ne sont pas homogènes, tout l'habitat est considéré comme étant un seul site d'échantillonnage.

III.2 Méthodes d'échantillonnage

Pour réaliser cette étude, un travail de terrain a été effectué. Les méthodes d'échantillonnages ont été adoptés suivant la la physionomie et l'accessibilité de chaque habitat.

III.2.1 Echantillonnage au niveau de la zénaie

Notre choix a porté sur l'échantillonnage systématique à réseau de maille (forme rectangle : de 320m de longueur X 120m de largeur). Le rectangle est placé dans un secteur homogène en termes d'arbres. Le positionnement de points à l'intérieur du rectangle s'est fait à raison de 7 points de prélèvements (espacés de 40m environ) sur la longueur, et 3 points (espacés de 40 m environ) en largeur. En tout, 21 pièges ont été placés pour chaque site. Soit au total 84 pièges barber pour l'ensemble des quartes sites.

Les dépôts de pièges ont été effectués le 30 et 31 Mars 2019 au 20 Mai 2019. Un prélèvement a été effectué tous les quinze jours environ. Cette méthode est complétée par la chasse à vue, méthode qualitative. Les individus prélevés sont mis dans des flacons portants mentions de date de prélèvement, numéro du site et de l'habitat.

III.2.2 Echantillonnage au niveau de l'iliçaie

Dans cet habitat, un échantillonnage systématique en transect a été réalisé, sur une longueur de 4 Km environ, en suivant les sentiers, et cela pour des raisons pratiques.

La plantation des pièges s'est faite uniquement dans les parties boisées (partie couvertes de chêne). En respectant plus au moins la distance entre chaque point de piégeage (80 m environ) à raison de 2 pièges (sur un rayon de 10m environ) par point d'emplacement.

Le dépôt de pièges s'est effectué, sur plus d'une semaine pour des raisons des difficultés trouvées au niveau du site à savoir : terrain accidenté, parfois forte pente, d'une accessibilité exclusivement piétonne et de l'entendu du site échantillonné. S'ajoute à cela,

les pièges détruits qu'il faudra refaire à chaque fois, ce qui crée une perte de temps et d'effort. La période d'échantillonnage est effectuée de la mi-mars au 18 mai.

III.2.3 Echantillonnage au niveau de la clairière

Dans ce site, on a effectué un échantillonnage en deux temps. La première période d'échantillonnage s'est étalée du 15 Juillet au 30 Aout 2018. Un échantillonnage aléatoire a été effectué. En implantant des pièges Barber.

Les pièges se sont stabilisés fin juillet, donc devenus fonctionnels, puisque avant les pièges sont souvent détruits par les curieux. Cela, ce n'est qu'une fois les pièges ont été banalisés (c'est-à-dire la mise en place des gobelets comme pièges à ras terre sans les couvrir avec une pierre, ce qui les fait passés inaperçus).

La seconde période d'échantillonnage s'est étalée, de fin avril à mi-mai. Ici on a opté pour échantillonnage systématique à réseau de maille sur une parcelle de terre en forme rectangle de 01 ha. Un site plus au moins protégé par une clôture, pour éventuellement palier aux problèmes rencontrés durant la première période d'échantillonnage. En implantant 18 pièges Barber au total, espacés de 20m à raison de 6 pièges en longueur par 3 pièges en largeur.

III.2.4 Techniques d'échantillonnages

Durant nos sorties effectuées sur le terrain, nous avons utilisé de différentes techniques pour la récolte des Coléoptères. En somme, Cinq techniques ont été appliquées, adoptées en tenant compte de la physionomie du milieu.

La chasse à vue

Cette méthode consiste à capturer les Coléoptères directement à la main. La recherche de l'insecte peut se faire à la vue, le long de transects sur des éléments linéaires du paysage. (Benkhelil, 1992).

Pièges Barber

Les pièges à fosse illustrés dans la figure 6, consistent à capturer des Coléoptères qui y choient. Nous avons enterré dans le sol des gobelets en plastique et à ras de terre. Les gobelets font 10 cm de hauteur et 8 cm de diamètre (pots barber). Chaque piège est rempli au 1/3 d'une solution d'eau salée. L'utilisation du sel est pour but d'éviter l'évaporation rapide de l'eau et pour conserver les insectes capturés (Benkhelil, 1992).



Figure 6 : Pots Barber

Fauchage (Filet fauchoir)

Le filet fauchoir est un matériel qui sert à capturer les Coléoptères, tenant sur la végétation (Benkhelil, 1992). Il comprend un manche d'un mètre de long comme le montre la figure 7, portant sur l'une de ses extrémités, un cercle en fil de fer fort, de 0,30 m de diamètre. Sur le cercle coulisse une poche en toile verte (Lamotte *et al.*, 1969). Le fauchage consiste à animer le filet par des mouvements de va et vient proches de l'horizontale, tout en maintenant le plan de l'ouverture perpendiculaire au sol. Les mouvements doivent être très rapides et violents afin que les insectes surpris par le choc, tombent dans la poche (Benkhelil, 1992).



Figure 7 : Photo filet fauchoir

Battage (Parapluie japonais)

Il s'agit d'un carré de toile de couleur claire comme illustré dans la figure 8, tendu par deux morceaux de bois entrecroisés. La nappe est maintenue d'une main sous le feuillage des arbres et arbustes pendant qu'on secoue brutalement les branches de végétaux. Les insectes, brindille et feuilles, qui tombent sur la nappe sont récupérés et placés dans des sachets en plastique.



Figure 8 : Parapluie Japonais

Pièges Aériens

Ce type de piège est constitué d'une bouteille en plastique dans laquelle on pratique une ouverture latérale (environ 6 x 6 cm) pour la pénétration des insectes qui sont attirés par l'odeur de l'alcool. Ce piège est appâté avec une solution d'eau sucrée dans la quelle

on a additionné la levure de bière (*Saccharomyces cerevisiae*), puis suspendu dans un arbre comme le montre la figure 9.



Figure 9 : Photo pièges Aériens.

III.3 Méthode de conservation

III.3.1 Matériel utilisé

Les Coléoptères prélevés et récolés sur le terrain sont placés dans des flacons. Pour les récoltes au filet fauchoir et au parapluie japonais, le contenu est mis directement dans des sachets en plastique (Aissat, 2010).

Les flacons

Sont des boites en plastique qui servent de contenant pour placer les récoltes et les prélèvements en étant sur le terrain.

Les sachets en plastique

Les sachets nous permettent de conserver les différentes parties d'une plante qui souvent peut contenir des arthropodes (feuille, tige, brindilles). Utilisé pour conserver les échantillons récoltés à une courte durée, en vue de les amener au laboratoire pour les identifier (Aissat, 2010).

Les boîtes de pétri

Des boîtes de pétri ont été utilisés pour conserver les Coléoptères comme le montre la figure 10, la face supérieure des boîtes doivent contenir les mentions de la date et le lieu de récolte. Après l'identification des espèces, les boîtes vont servir de référence, pour la connaissance directe sur terrain (Aissat, 2010).



Figure 10 : Boite de pétri

III.3.2 Méthodes de conservation utilisées

III.3.2.1 Congélation

Les échantillons prélevés sont mis au congélateur le jour même afin de les préserver en très bon état, et cela jusqu'à leur acheminement au laboratoire pour le séchage. En plus, de tuer (par congélation) les Coléoptères capturés à vue, qui sont encore vivants.

III.3.2.2 Séchage

Une fois au laboratoire, les Coléoptères sont séchés dans une étuve à 60°C pendant 24 heures. Ce qui permettra de les préserver aussi longtemps.

III.4 Identification au laboratoire

III.4.1 Matériel utilisé

Les pinces: utilisées pour manipuler les Coléoptères, pour arranger les pattes et les antennes et pour prendre l'insecte ;

Loupe binoculaire: elle sert à l'observation des caractères systématique, à des fins d'identification ;

Les épingles: utilisées pour fixer les Coléoptères ;

Appareil photo : utilisé pour prendre des photos des espèces sur le terrain, une fois Au laboratoire on procède à leur identification

III.4.2 Identification des Coléoptères

Après étalage et séchage des espèces, l'identification se fait après examen de certains critères sous loupe binoculaire. Pour les déterminations, nous avons utilisé différentes clés de détermination et des guides. On peut citer les guides des Coléoptères d'Europe Du Chatenet (1986), le guide des Coléoptères d'Europe de (Gaetan, 1990).

III.4.3 Indices écologiques utilisées pour l'exploitation des résultats

Les peuplements peuvent se définir par des descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces qu'ils comportent. Il sera possible de décrire la biocénose à l'aide de paramètres telle la richesse spécifique, l'abondance, la dominance et la diversité (Ramade, 1994). Un certain nombre d'indices écologiques cités préalablement seront exploités dans nos résultats.

III.4.3.1 Indices écologiques de composition

L'indice écologique de composition dans notre étude est représenté par la richesse totale.

III.4.3.1.1 Richesse spécifique totale (S)

La richesse totale (S) est le nombre des espèces composant un peuplement. C'est un paramètre fondamental pour la caractérisation d'une communauté d'espèces (Blondel, 1979).

III.4.3.2 Indices écologiques de structure

III.4.3.2.1 Indice de diversité de Shannon Weaver (H)

Selon Ramade (1984), Cet indice est une mesure qui permet d'évaluer la diversité réelle d'un peuplement dans un biotope, il varie en fonction du nombre d'espèces, calculé par la formule suivante:

$$H = - \sum P_i \log_2 P_i$$

P_i : Probabilité de rencontrer l'espèce i.

H : Indice de diversité(en bits).

III.4.3.2.2 Diversité maximale (H max)

Dans laquelle chaque espèce serait représentée par le même nombre d'individus (Ponel, 1983). Elle se calcule par la formule suivante:

$$H_{\max} = \log_2 S$$

III.4.3.2.3 Indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité ou d'équipartition (E) est le rapport entre la diversité calculé (H) et la diversité théorique maximale (H max) qui est représentée par le log₂ de la richesse totale (S) (Blondel, 1975).

$$E = H / H_{\max}$$

H: est l'indice de Shannon

Cet indice varie de 0 à 1: Lorsqu'il tend vers 0 (E < 0,5). Cela signifie que la Quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Barbault, 1981).

III.4.3.2.4 L'Estimateur Chao-1

L'estimateur Chao-1 (Chao, 1984) estime le nombre d'espèces non observées à partir de celles observées 1 ou 2 fois. Il s'agit d'un estimateur minimum, valide à condition que les singletons et doubletons représentent une part importante de l'information. La formule est :

$$S_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

Où

S_{obs} est le nombre d'espèces dans l'échantillon,

F_1 est le nombre de singletons (c'est-à-dire le nombre d'espèces avec une seule occurrence dans l'échantillon) ;

F_2 est le nombre de doubletons (le nombre d'espèces avec exactement deux occurrences dans l'échantillon).

L'estimateur est basé sur l'idée que si une communauté est échantillonnée et que des espèces rares (singletons) sont encore découvertes, il y a probablement encore d'autres espèces rares non trouvées; dès que toutes les espèces ont été récupérées au moins deux fois (doubletons), il n'y a probablement plus d'espèces à trouver (Chao, 1984).

IV. RÉSULTATS

IV.1 Etude de la faune

IV.1.1 Etude taxonomique

La détermination de la faune des Coléoptères récoltés dans les trois habitats de la forêt d'Akfadou nous a permis d'établir une liste de l'ensemble des taxons récoltés. Certains individus sont identifiés jusqu'au rang de l'espèce, d'autres sont limités au rang du genre. Les taxons récoltés sont illustrés dans le tableau I.

Tableau I : Liste du peuplement de Coléoptères récoltés.

| Sous Ordre | Famille | Genre | Espèce | Iliçaie | Clairière | Zénaie |
|-------------------|---|---------------|---------------------------------|---------|-----------|--------|
| Adephaga | Carabidae | Abax | <i>Abax sp1</i> | - | - | + |
| | | | <i>Abax sp2</i> | - | - | + |
| | | Agonum | <i>Agonum sp</i> | - | - | + |
| | | Calathus | <i>Calathus fuscipes</i> | + | + | - |
| | | | <i>Calathus sp1</i> | + | - | - |
| | | | <i>Calathus sp2</i> | + | - | - |
| | | Eucarabus | <i>Eucarabus sp</i> | - | - | + |
| | | Carabus | <i>Carabus morbillosus</i> | + | - | - |
| | | Leistus | <i>Leistus rufomarginatus</i> | + | - | - |
| | | | <i>Leistus sp</i> | + | - | + |
| | | Lebia | <i>Lebia fulvicollis</i> | + | - | - |
| | | Nebria | <i>Nebria sp1</i> | + | - | + |
| | | | <i>Nebria sp2</i> | - | + | - |
| | | | <i>Nebria sp3</i> | + | + | - |
| | | | <i>Nebria andalusia</i> | - | + | + |
| | | Cicindela | <i>Cicindela compestris</i> | - | + | - |
| | | Cymindis | <i>Cymindis sp</i> | + | - | + |
| | | Brachinus | <i>Brachinus sp</i> | - | + | - |
| | | Chlaenius | <i>Chlaenius chrisociphalus</i> | - | + | - |
| | | | <i>Chlaenius velutinus</i> | - | + | - |
| | | | <i>Chlaenius sp</i> | + | + | - |
| | | Anisodactylus | <i>Anisodactylus sp</i> | + | - | - |
| Trichochlataenius | <i>Trichochlataenius chrysocephalus</i> | - | - | + | | |
| | <i>Macrothorax sp</i> | - | - | + | | |

| | | | | | | |
|-----------|---------------|--------------|----------------------------------|------------------------|---|---|
| | | | <i>Macrothorax morbillus</i> | - | - | + |
| | | Percus | <i>Percus lineatus</i> | + | - | - |
| | | Microlistes | <i>Microlistes sp</i> | - | - | + |
| | | Amara | <i>Amara sp</i> | + | + | + |
| | | Poecilus | <i>Poecilus sp</i> | - | + | + |
| | | Lionychus | <i>Lionychus quadilum</i> | - | + | - |
| | | Patrobus | <i>Patrobus sp</i> | - | + | - |
| Polyphaga | Geotrupidae | Geotrupidae | <i>Geotrupidae sp</i> | - | + | + |
| | | Tripocopriss | <i>Tripocopriss vernalis</i> | - | - | + |
| | Sacarabidae | Aphodius | <i>Aphodius rufipes</i> | + | - | - |
| | | Ophadius | <i>Ophadius orraticus</i> | - | + | - |
| | | Pentadon | <i>Pentadon sp</i> | - | + | - |
| | | Rhizotrogus | <i>Rhizotrogus cicaticosus</i> | - | + | + |
| | | Scarabaeus | <i>Scarabaeus sacer</i> | + | + | + |
| | | | <i>Scarabaeus semipanctatus</i> | - | + | - |
| | | Onthophagus | <i>Onthophagus marginatus</i> | - | + | - |
| | | | <i>Onthophagus sp 1</i> | + | - | + |
| | | | <i>Onthophagus sp 2</i> | + | + | + |
| | | Chironitis | <i>Chironitis irroratus</i> | - | - | + |
| | | Cetonidae | Tropinota | <i>Tropinota hirta</i> | - | + |
| | Cetonia | | <i>Cetonia sp</i> | + | - | - |
| | Curculionidae | Brachycerus | <i>Brachycerus algeris</i> | - | - | + |
| | | | <i>Brachycerus sp1</i> | - | + | + |
| | | | <i>Brachycerus sp 2</i> | - | + | + |
| | | | <i>Brachycerus sp3</i> | - | + | - |
| | | Barynotus | <i>Barynotus sp</i> | - | - | + |
| | | Curculio | <i>Curculio glandium</i> | - | - | + |
| | | | <i>Curculio sp1</i> | + | - | - |
| | | | <i>Curculio sp2</i> | + | - | - |
| | | Phyllobius | <i>Phyllobius sp1</i> | + | + | + |
| | | | <i>Phyllobius sp2</i> | + | - | - |
| | | | <i>Phyllobius sp3</i> | + | - | - |
| | | Scyphophorus | <i>Scyphophorus accupnctatus</i> | - | + | - |

| | | | | | | |
|-------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------|---|---|---|
| | | Sitona | <i>Sitona</i> sp | - | + | + |
| | | | <i>Sitona californius</i> | - | + | - |
| | | Otiorhunchus | <i>Otiorhunchus</i> sp | - | - | + |
| | | Tanymecus | <i>Tanymecus</i> sp | + | - | - |
| | | Lixus | <i>Lixus</i> sp | - | + | - |
| | | Graps | <i>Graps</i> <i>triguttatus</i> | - | + | - |
| | | Lariunus | <i>Lariunus carlina</i> | - | + | - |
| | | Ammocleonus | <i>Ammocleonus</i> sp | - | + | - |
| | Staphylinidae | Xantholinus | <i>Xantholinus</i> sp 1 | + | + | + |
| | | | <i>Xantholinus</i> sp 2 | + | + | - |
| | | Staphylinus | <i>Staphylinus</i> sp 1 | + | - | + |
| | | | <i>Staphylinus</i> sp2 | + | - | - |
| | | Pseudocypus | <i>Pseudocypus</i> sp | - | - | + |
| | | Othius | <i>Othius punctulatus</i> | - | - | + |
| | | Ocypus | <i>Ocypus olens</i> | + | - | + |
| | | | <i>Ocypus</i> sp | + | + | + |
| | | Philanthus | <i>Philanthus laminatus</i> | + | + | + |
| | | Athobium | <i>Athobium</i> sp | + | - | - |
| | Atheta | <i>Atheta</i> sp | + | - | - | |
| | Meloidae | Mylabris | <i>Mylabris</i> sp 1 | - | + | - |
| | | | <i>Mylabris</i> sp2 | - | + | - |
| | | | <i>Mylabris</i> sp3 | - | + | - |
| | | | <i>Mylabris</i> sp4 | - | + | - |
| | | | <i>Mylabris nevadansis</i> | - | + | - |
| | Mordellidae | Mordella | <i>Mordella</i> sp | - | + | + |
| | | | <i>Mordella acculeata</i> | - | + | + |
| | | Variimorda | <i>Variimorda villosa</i> | - | + | - |
| | | Medimorda | <i>Medmorda bipunctata</i> | - | + | - |
| | Tenebrionidae | Stenosis | <i>Stenosis</i> sp | - | - | + |
| | | Asida | <i>Asida sericea</i> | - | - | + |
| Pachychila | | <i>Pachychila</i> sp | - | + | - | |
| Heliotaurus | | <i>Heliotaurus ruficolis</i> | + | - | - | |
| | | <i>Heliotaurus</i> sp | + | - | - | |
| Blapsinus | | <i>Blapsinus</i> sp | - | + | - | |

| | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|---|---|
| | Chrysomelidae | Clytra | <i>Clytra espanoli</i> | - | + | - |
| | | Bruchidae | <i>Bruchidae sp</i> | + | - | - |
| | | Plagiodera | <i>Plagiodera sp</i> | + | + | - |
| | | Chrysolina | <i>Chrysolina sp</i> | + | - | - |
| | Elateridae | Selatosomus | <i>Selatosomus aeneus</i> | - | + | + |
| | | Agriotes | <i>Agriotes sp1</i> | - | + | - |
| | | | <i>Agriotes sp2</i> | - | + | - |
| | | Porthmidius | <i>Porthmidius sp1</i> | - | + | - |
| | | | <i>Porthmidius sp2</i> | - | + | - |
| | Coccinellidae | Coccinella | <i>Coccinella algerica</i> | - | + | + |
| | | | <i>Coccinella undecipunctata</i> | - | + | + |
| | Cleridae | Trichodes | <i>Trichodes apiarius</i> | - | + | - |
| | | | <i>Trichodes alverius</i> | - | + | - |
| | | | <i>Trichodes leucopsideus</i> | - | + | - |
| | | | <i>Trichodes sp1</i> | - | + | - |
| | | | <i>Trichodes sp2</i> | - | + | - |
| | Melyridae | Melyris | <i>Melyris sp</i> | + | + | + |
| | | Malachius | <i>Malachius bipustulatus</i> | + | - | - |
| | Dermastidae | Dermistes | <i>Dermistes sp</i> | - | + | - |
| | | | <i>Dermistes undelatus</i> | - | + | + |
| | | Anthrenus | <i>Anthrenus sp</i> | - | + | - |
| | Histeridae | Hister | <i>Hister quadrimaculatus</i> | - | + | + |
| | | | <i>Hister fumestus</i> | + | + | - |
| <i>Hister inaequalis</i> | | | - | - | + | |
| <i>Hister sp</i> | | | + | + | - | |
| Scaphididae | Scaphium | <i>Scaphium immaculatum</i> | + | - | - | |
| | | <i>Scaphium sp</i> | + | - | + | |
| Troginidae | Trox | <i>Trox perlatus</i> | + | - | + | |
| Glaphinidae | Eulasia | <i>Eulasia bombylius</i> | + | - | - | |
| Oedemeridae | Oedemera | <i>Oedemera sp</i> | + | - | - | |
| Dasytidae | Dasytes | <i>Dasytes sp</i> | + | - | - | |
| Silphidae | Silpha | <i>Silpha sp</i> | - | - | + | |
| Anobiidae | Stegobium | <i>Stegobium sp</i> | - | - | + | |

IV.2 Analyse de la composition faunistique

IV.2.1 Répartition des Coléoptères par sous ordre

La récolte Coléoptères dans les trois habitats de la forêt d'Akfadou, nous a conduit à la détermination de 2672 individus, représentés par 124 espèces réparties entre 23 familles et 82 genres, comme indiqué dans le tableau I. Appartenant à deux sous ordres inégalement représentés comme le montre la figure 11. A savoir 25% pour les Adepghaga et 75% pour les Polyphaga.

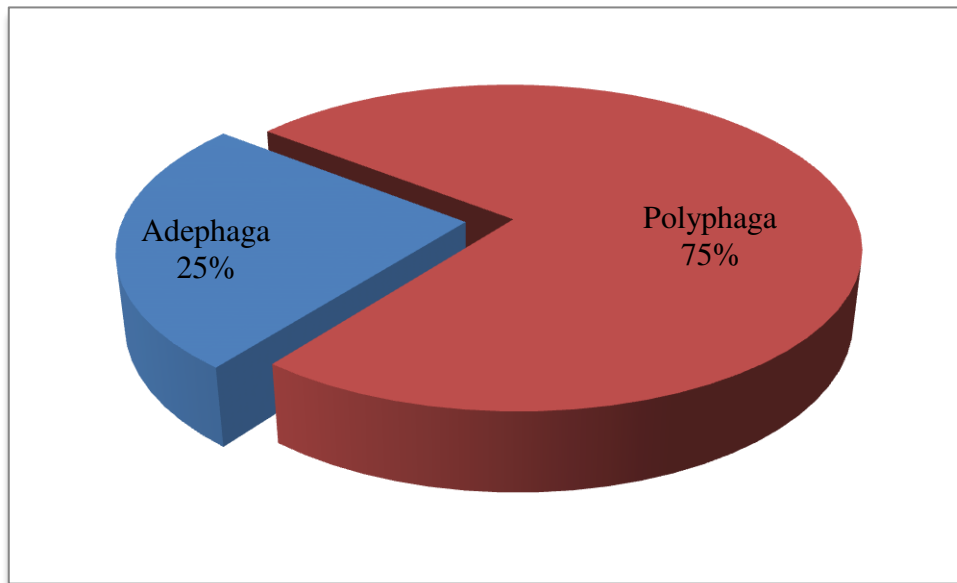


Figure 11 : Représentation graphique des principaux sous ordre des Coléoptères.

Les Adepghaga sont représentés par une seule famille, celle des Carabidae comportant 21 genres et 31 taxons. Le genre *Nebria* est représenté par 4 taxons, suivi de *Chlaenius* et *Calathus* représentés par 3 taxons, le reste est représenté par 2 ou 1 taxon.

Les Polyphaga sont nettement plus diversifiés avec 22 familles, comportant 61 genres et 93 taxons. La famille des Curculionidae est la plus diversifiée avec 12 genres et 20 taxons, suivie par les Staphylinidae représentée par 8 genres et 11 taxons, en troisième position vient la famille des Scarabidae avec 7 genres et 10 taxons.

IV.2.2 Répartition des Coléoptères par famille

La répartition des Coléoptères par famille est représentée dans la figure 12. Les Carabidae est la famille la plus riche avec 31 taxons, soit un taux de 25%, suivie des

Curculionidae avec 20 taxons soit 16%, la famille des Staphylinidae vient en troisième position avec 11 taxons pour une proportion de 9 %. Les Scarabeidae représentés par 10 taxons soit 8 %, les Tenebrionidae avec 5% pour un nombre de 6 taxons.

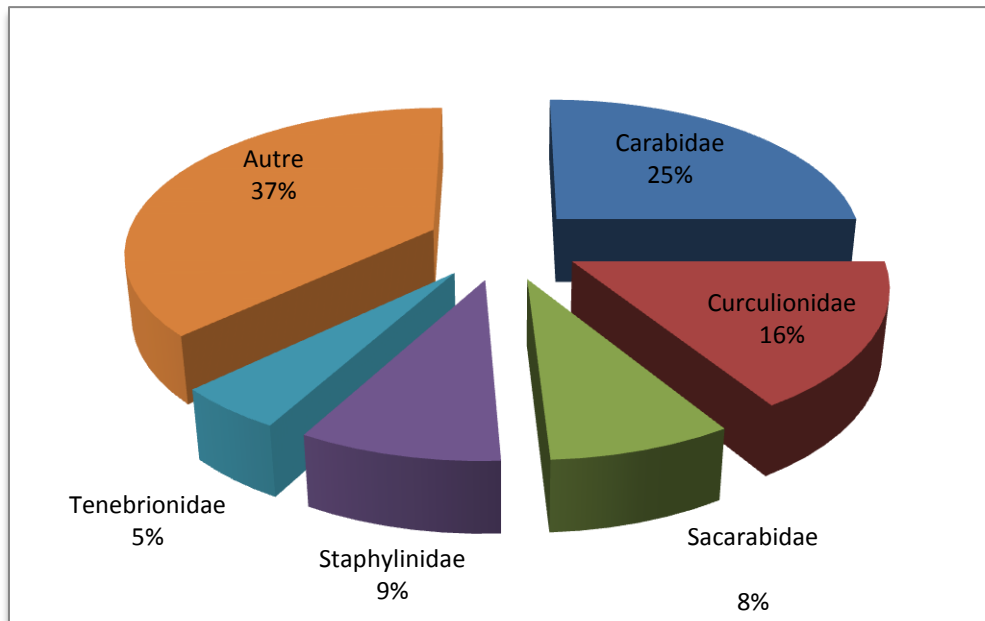


Figure 12 : Représentation graphique des Coléoptères par familles.

Les familles des Cleridae, les Elateridae et des Meloidae avec un taux de 4%, les Mordellidae, les Chrysomelidae, Mordellidae et les Histeridae avec un taux de 3,2 %. Avec 4 taxons chacune. Les Dermastidae avec 2,4 % soit 3 taxons. Les Geotrupidae, Cetonidae, Coccinellidae, Melyridae, et les Scaphididae représentés que par 2 taxons soit 1,16 %. Enfin vient les familles des Troginidae, Glaphinidae Oedemeridae, Dastidae , Anobiidae et Silphidae avec seulement 1 taxon soit 0,8 % du total des taxons.

IV.2.2.1 Abondance relative

Les Carabidae représentent plus de la moitié des Coléoptères récoltés avec 56%, comme le montre la figure 13, suivie par les Meloidae avec 10%. La famille des Scarabidae vient en troisième position avec 6%. Les Staphylinidae et les Scaphididae avec 5% chacune. Le reste représente 18%.

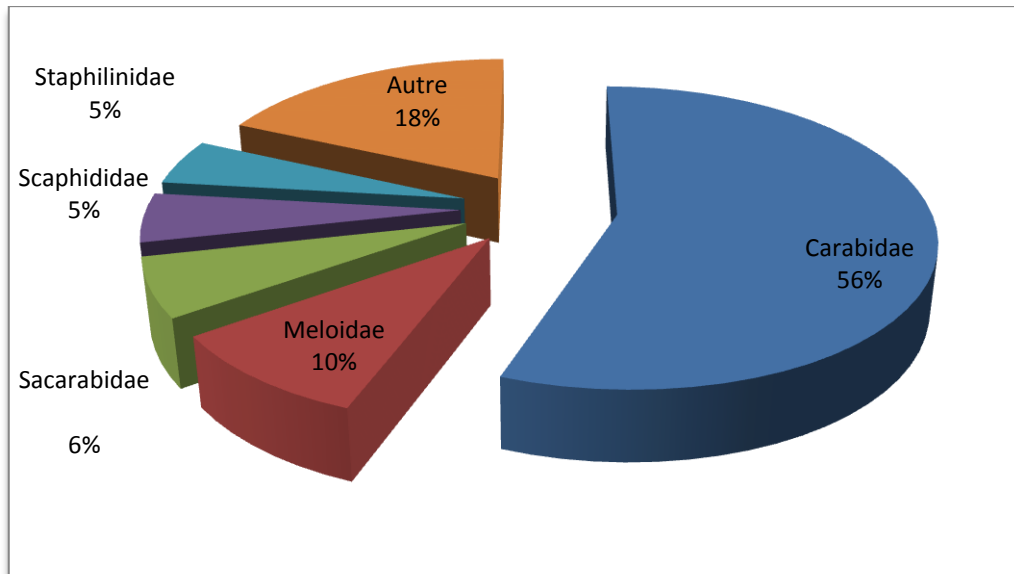


Figure 13 : Représentation graphique de l'Abondance relative des Coléoptères par familles.

IV.2.3 Répartition des Coléoptères par genre

La composition faunistique analysée à partir de l'importance des genres (Figure 14.) révèle des proportions différentes. La plus grande dominance revient au genre *Poecilus* qui comportent le nombre d'individus le plus élevé (630 individus) soit un taux de 24% mais présenté par une seule espèce ; suivie par le genre *Abax* avec 17%, en troisième position le genre *Mylabris* 10%. Le *Scaphium* avec une proportion de 5% ; les *Scarabeus* et les *Nebria* représentent un taux de 3%. Les autres genres sont inférieurs à 3%.

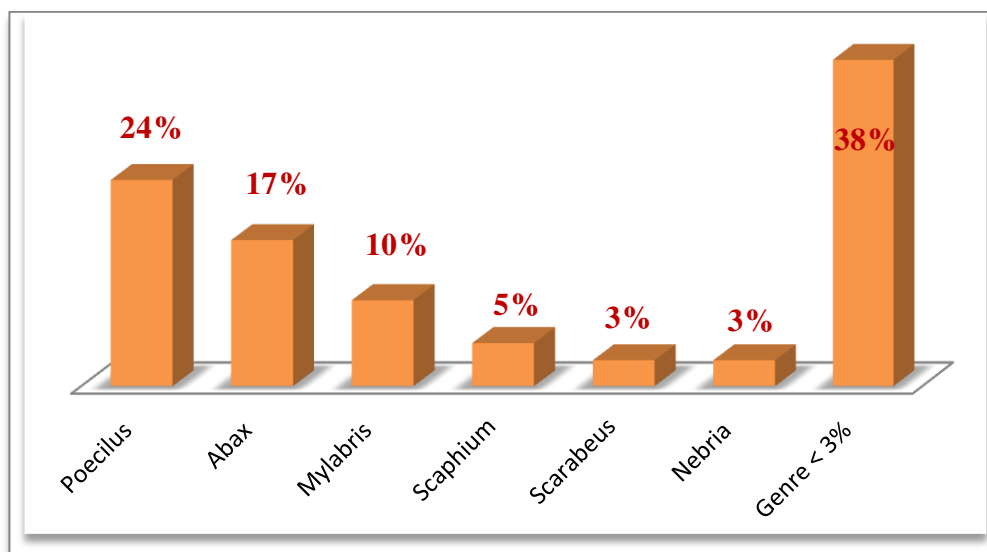


Figure 14 : Représentation graphique de l'abondance relative par genre.

IV.2.4 Répartition des Coléoptères par espèce

Les Coléoptères sont représentés par 2672 individus, regroupés en 82 genres, repartis en 124 espèces. Le peuplement se caractérise par une abondance relative assez importante du taxon *Poecilus sp* avec un taux de 24%, suivi de *Abax sp1* avec 16%, en troisième position de *Mylabris nevadensis* avec 8%, le *Scaphium immaculatum* représente 4% et enfin *Scarabaeus sacer* avec 3%. Le reste des espèces sont à moins de 3%.

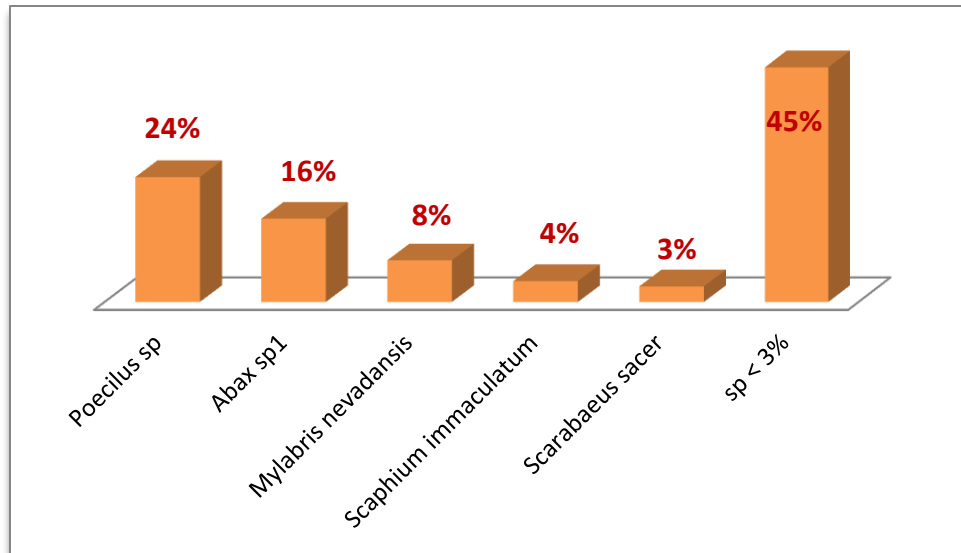


Figure 15: Répartition des Coléoptères par espèce

IV.2.5 Richesse taxonomique des trois habitats

Le nombre de taxons échantillonnés par type d'habitat sont mentionnés dans le tableau II ci-dessous.

Tableau II : Richesse des taxons au niveau des trois habitats étudiés

| Habitat | Zénaie | Iliçiaie | Clairière |
|--------------------|--------|----------|-----------|
| Nombre de famille | 16 | 14 | 16 |
| Nombre de genre | 41 | 35 | 44 |
| Nombre d'espèces | 51 | 49 | 69 |
| Nombre d'individus | 957 | 457 | 1258 |

IV.3 Etude indicielle de la diversité spécifique

IV.3.1 Etude indicielle de la diversité spécifique des stations d'étude

Le calcul des indices de diversité a été effectué à l'aide du logiciel Past3 . Ces indices nous permettent de mieux décrire les variations de la diversité du peuplement des Coléoptères. La description du peuplement des Coléoptères s'appuie sur l'étude de la richesse et de la diversité taxonomique retrouvée dans le total des trois habitats d'études. Il s'agit des différents indices écologiques suivants :

Richesse spécifique, indice de Shannon Weaver, la diversité maximale et l'indice d'équitabilité.

IV.3.1.1 Richesse spécifique (S) des trois habitats

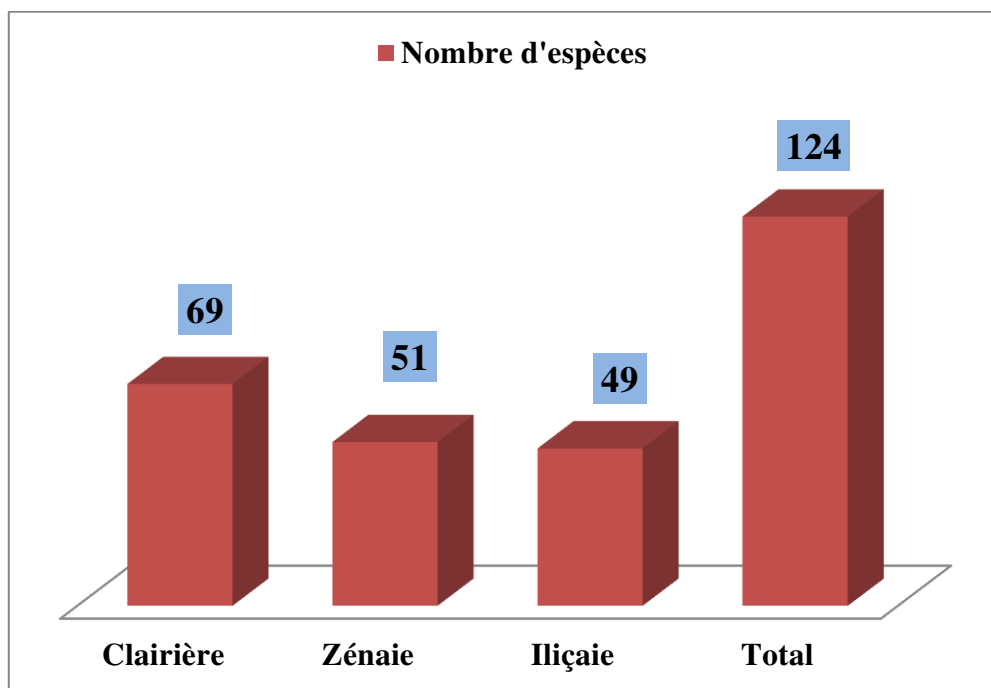


Figure 16 : La richesse spécifique (S) des trois habitats

La richesse spécifique (S) des trois habitats (figure 16) à savoir : la clairière, le zénaie et l'ilycaie est représentée respectivement de 69, 51 et de 49 taxons. Le total des trois habitats est représenté par 124 taxons de la collection (N) des échantillons collectés qui est de l'ordre de 2672 individus.

IV.3.1.2 L'indice de diversité de Shannon- Weaver H

L'indice de diversité de Shannon-Weaver H calculé comme le montre la figure 17 est de 2.28 bits pour la clairière, de 2,43 bits pour la zénaie et de 2.92 bits pour l'iliçaie. Pour les trois habitats l'indice de Shannon est de 3,27 bits.

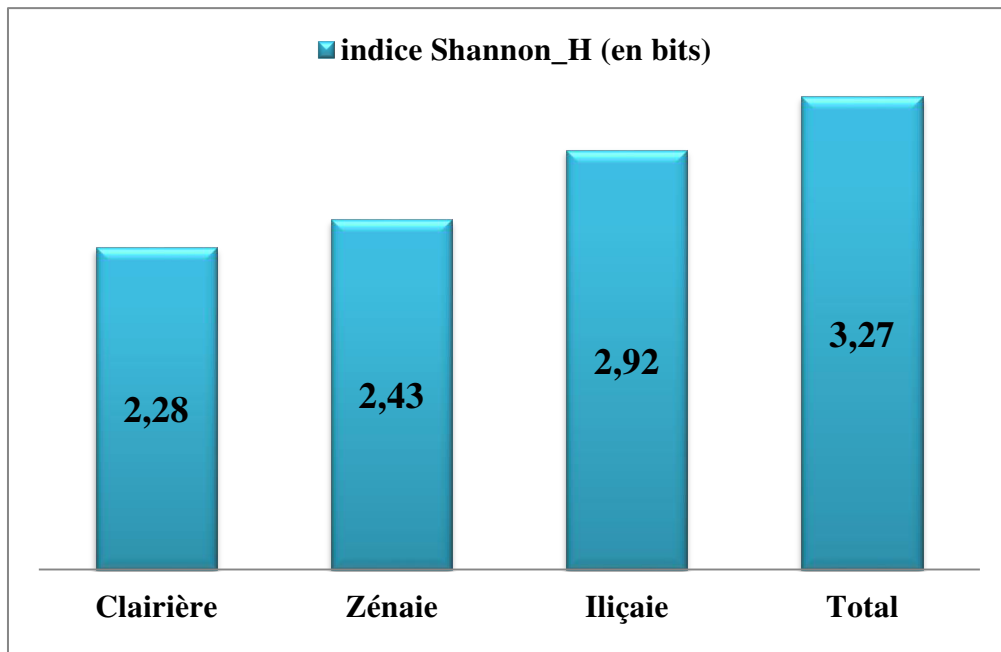


Figure 17 : L'indice de diversité de Shannon-Weaver H des trois habitats

IV.3.1.3 Diversité maximale Hmax

A partir des calculs du logarithme à base de 2 de la richesse spécifique. Le Hmax représenté dans la figure 18 a enregistré une valeur maximale de 4,23 bits de la clairière, de 3,93 bits et de 3,89 bits respectivement pour la zénaie et l'iliçaie. Ainsi pour le total des habitats Hmax est de 4,82 bits.

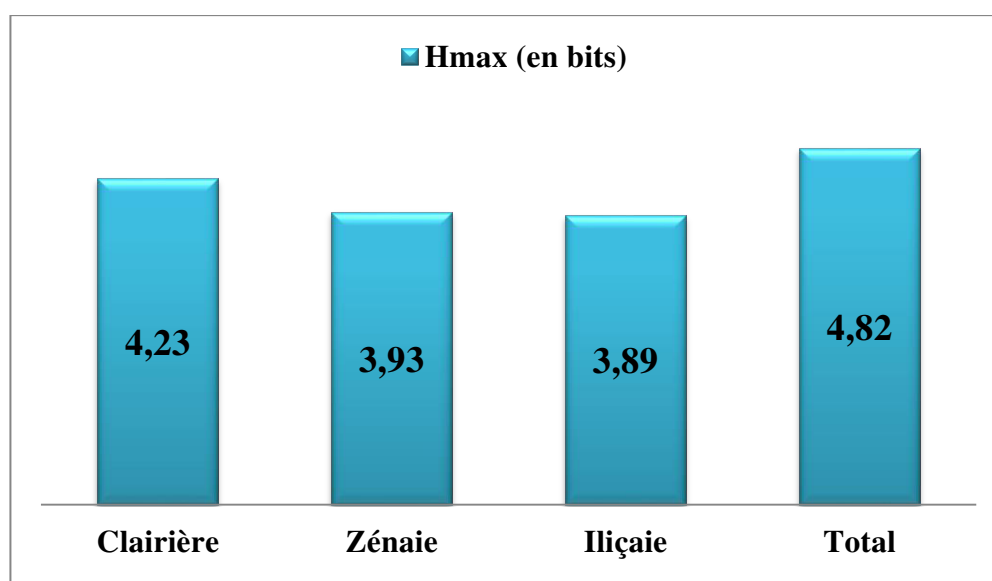


Figure 18 : Diversité maximale Hmax des trois habitats.

IV.3.1.4 L'indice d'équitabilité E

L'indice d'équitabilité est d'une valeur de 0.53 pour la clairière ; les indices pour la zénaie et l'iliçaie sont respectivement de 0,61 et 0,75. Pour le total des trois habitats l'indice E est de 0,68.

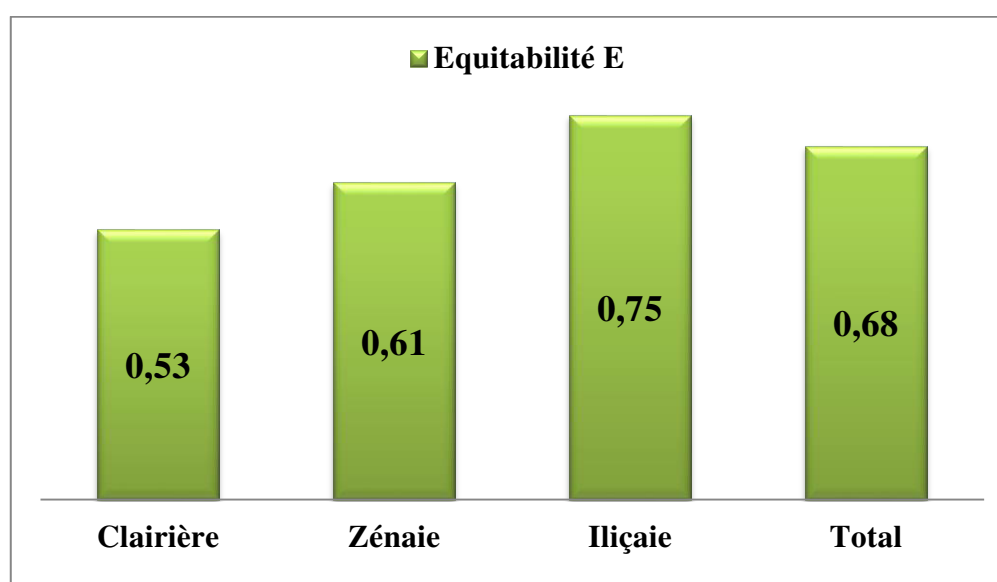


Figure 19 : L'indice d'équitabilité des trois habitats

IV.3.1.5 L'Estimateur Chao-1

L'estimateur de chao-1 pour la zénaie est de 61,11, pour l'iliçaie est de 57,25 et pour clairière 76. Quant à chao-1 pour le total des trois habitats est de 143,3.

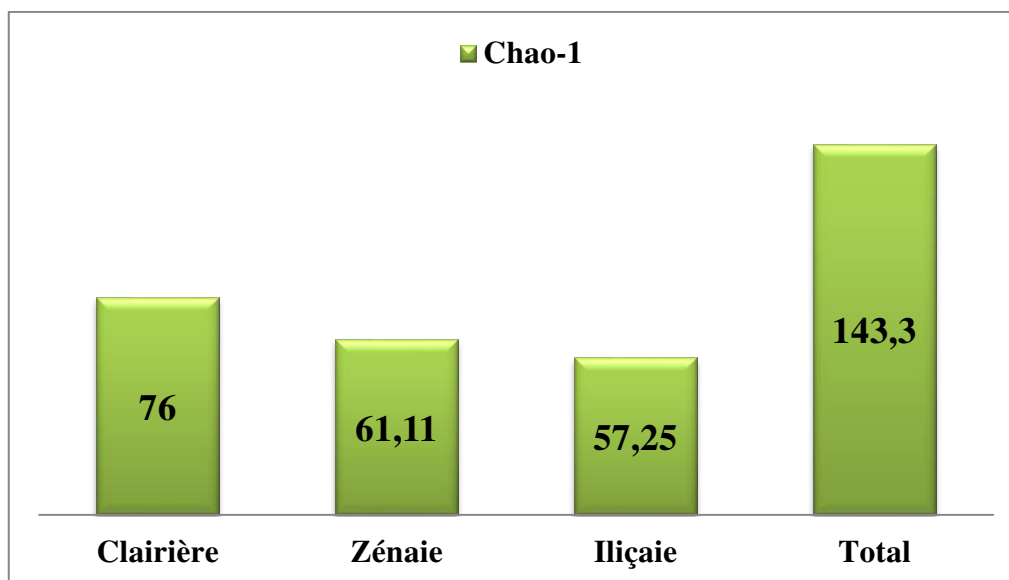


Figure 20 : Estimateur Chao-1 des trois habitats

V. DISCUSSION

V.1 Discussion générale

Les Coléoptères récoltés dans les trois habitats de la forêt d'Akfadou regroupent un total de 124 espèces réparties sur 23 familles. Appartenant à deux sous ordres inégalement représentés. En effet, les Adepaga sont représentés par une seule famille, celle des Carabidae, comportant 21 genres et 31 taxons ; et les Polyphaga sont nettement plus diversifiés avec 22 familles, comportant 61 genres et 93 taxons.

Ces résultats sont très similaires des travaux de Meziane (2017) sur l'étude des Coléoptères saproxyliques des Monts d'Ouarsenis (Nord-Ouest Algérien) : cas du Parc National de Theniet El Had. Par exemple, les Adepaga sont représentés par une seule famille, celle des Carabidae comportant 23 taxons ; et les Polyphaga représentaient par 22 familles et 37 taxons.

La faune des Coléoptères rencontrés au niveau de la forêt de l'Akfadou présente une importante diversification de taxons. Ces résultats obtenus sont très proches des inventaires réalisés par Daas *et al.* (2016) sur les Coléoptères des subéraies du Nord-Est Algérien, qui compte près de 100 espèces de Coléoptères appartenant à 25 familles. Par contre au niveau du Parc National d'El-Kala, Ghanem (2014) a inventorié 68 espèces appartenant à 19 familles, dont la majorité des familles est représentée par les Scarabaeidae (23,18%), suivis des Carabidae et des Tenebrionidae avec un taux de 13,04%, les Chrysomelidae et Curculionidae respectivement avec 11,59% et 11,24%. Par ailleurs au niveau des subéraies de Souk Ahras 41 espèces ont été récoltées réparties sur 15 familles (Saighi, 2013).

Selon toujours les mêmes auteurs, la famille des Carabidae est la plus riche avec un taux de 24,39%, suivie des Curculionidae (21,95%), des Scarabaeidae (9,75%). Les Tenebrionidae et les Staphylinidae représentent un taux de 7,31% chacune et les Chrysomelidae un pourcentage de 4,87%. Le reste est réparti sur les huit (8) familles restantes : Silvanidae, Coccinellidae, Corticaridae, Cerambycidae, Cleridae, Nitidulidae, Malachiidae et Histeridae.

L'échantillonnage effectué par Telailia *et al.* (2018) au niveau des forêts de chêne liège dans la région d'El Kala a permis de recenser 27 espèces de Coléoptères répartis sur 13 familles dont les plus importantes en nombre d'espèces seraient les Scarabaeidae et les Carabidae.

D'après les travaux de Abdelhamid *et al.*, (2017), sur les Coléoptères associés aux cédraies de l'atlas au niveau du parc national de theniet el had. La coléoptérofaune récoltée regroupe une liste de 43 espèces réparties sur 17 familles, dominée par la famille des Curculionidae (81,36%) composée de sept (7) espèces suivie par les Buprestidae (14,79%), avec trois (3) espèces. Les autres familles de Coléoptères rencontrés sont faiblement représentés à savoir les Cerambycidae (2%), les Scolytidae (1,54%) et la famille des Lissominae avec 0,31%.

L'étude des Coléoptères associés aux chênes verts dans la forêt de Tafa (Nord-Est Algérien), réalisé par Benaia (2010), a mis en évidence la présence de 71 espèces; et la famille la plus remarquable est celle des Curculionidés avec 8 espèces.

Dans l'ouest Algérien une étude de l'entomofaune de quelques espèces résineuses de la région des Traras occidentaux (Tlemcen – Algérie) faite par Nichane *et al.*, (2013) ont récoltés 30 espèces de Coléoptères, repartis sur 9 familles.

Le peuplement des Coléoptères inventoriés dans la Forêt de Tigounatine de la wilaya de Bouira compte 103 espèces, et 33 familles (Abbassen, 2015). Les Carabidae dominant avec 14 espèces (13,59%), suivi de la famille des Staphylinidae avec 11 espèces (10,68%). Puis vient les Chrysomelidae et les Scarabaeidae avec 8 espèces par famille. Les Tenebrionidae et les Curculionidae se limitent à 5 espèces par famille, soit une proportion de 4,81% pour chaque famille.

Les familles des Cantharidae et Coccinilidae sont représentées chacune par 4 espèces, soit 3,88%. Les Scolytidae, les Apionidae, les Dermestidae, les Histeridae et les Melyridae occupent la sixième position avec 3 espèces par famille, soit 2,88% chacune. Les familles des Cerambycidae, les Cryptophagidae, les Aphodiidae, les Meloidae, les Catopidae, les Leiodidae, les Cleridae, les Lucanidae, les Geotrupidae, les Trogidae, les Silphidae, les Anthicidae, les Prionoceridae, les Cetoniidae, les Anobiidae et les Mordellidae sont représentées chacune pas une espèce, soit un taux de 0,06% par famille (Abbassen, 2015).

Dans notre travail, la famille des carabidae est la plus dominante et la plus abondante. Nous avons dénombré 31 espèces différentes réparties sur 21 genres. Le genre *Poecilus* reste le plus abondant avec une seule espèce de 630 individus soit un taux de 42,31%, suivi par *Abax* représenté par 2 espèces dont *Abax sp1* avec 418 individus soit un taux de 28,07%.

En effet, la famille des Carabidae appartient à l'une des familles d'insectes les plus riches en espèces, c'est la 3ème grande famille des Coléoptères après les Curculionidae et les Staphylinidae (Balachowsky, 1962). Les Carabidae sont des insectes agiles, occupant la majorité des habitats forestiers (Bouget, 2001) sont parfois présentés comme indicateurs de la qualité des forêts (Speight, 1989).

V.2 Indices de diversité appliqués

V.2.1 Richesse spécifique (S) des trois habitats

La richesse spécifique (S) des trois habitats à savoir : la clairière, zénaie et l'iliçaie est représentée respectivement par 69, 51 et 49 espèces. Au total 2672 individus de Coléoptères sont échantillonnés, répartis sur 124 espèces.

L'échantillonnage au niveau de la clairière s'est effectué en deux périodes, la première s'étale sur tout le mois d'aout et la deuxième sur deux semaines du mois de mai. Ce qui a permis de rencontrer une diversité taxonomique un peu plus élevée dans cet habitat par rapport aux deux autres. La clairière est un milieu ouvert, sujette aux espèces de passage, la végétation qu'on y trouve appartient exclusivement à la strate herbacée. À priori les espèces qu'on peut y rencontrer, dans cet habitat, seront de types floricoles et pollinisateurs.

Par ailleurs, plusieurs facteurs peuvent être contraignants pour la répartition et la profusion des Coléoptères au niveau de la forêt d'Akfadou. Nous pouvons citer par ordre d'importance : La période d'échantillonnage, les conditions climatiques et les pressions anthropiques.

La diversité des Coléoptères qui y peut se présenter serait beaucoup importante si l'échantillonnage s'est effectué sur une durée plus longue.

V.2.2 L'indice de diversité de Shannon-Weaver H

L'indice de diversité de Shannon-Weaver H calculé pour les trois habitats est de 2.28 bits pour la clairière, de 2,43 bits pour la zénaie et de 2.92 bits pour l'iliçaie.

Ces valeurs importantes de la diversité traduisent la richesse et la complexité des peuplements étudiés dans les trois habitats. De même l'indice H pour le total des habitats est de 3,27 bits.

Par ces résultats on constate que les trois habitats sont diversifiés. D'après Dajoz (1971), l'indice de Shannon-Weaver est grand lorsque les conditions du milieu sont favorables.

V.2.3 Diversité maximale Hmax

A partir des calculs du logarithme à base de 2 de la richesse spécifique. Le Hmax a enregistré une valeur maximale de 4,23 bits de la clairière, de 3,93 bits et de 3,89 bits respectivement pour la zénaie et l'iliçaie. Quant à l'indice Hmax pour le total des habitats est de 4,82 bits. Ces valeurs se justifient par une diversité élevée.

V.2.4 Indice d'équitabilité E

L'équitabilité E se définit comme le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. Elle mesure le degré d'équilibre et de complexité d'un peuplement par l'écart entre H et Hmax. Quand E est proche de 1, elle traduit une distribution proche de l'équilibre. A l'inverse, lorsque E avoisine 0, elle illustre une abondance hiérarchisée qui est le reflet d'un environnement simple.

L'indice d'équitabilité est d'une valeur de 0,53 pour la clairière cela indique que cet habitat est moyennement équilibré ; Par contre l'indice d'équitabilité pour la zénaie et l'iliçaie est respectivement de 0,61 et 0,75. Cela pourra se traduire par une bonne régularité des peuplements dans ces deux habitats, du moment que les valeurs de l'indice d'équitabilité tendent et se rapprochent de 1. L'indice d'équitabilité pour le total des trois habitats est de 0,68.

V.2.5 L'Estimateur Chao-1

La formule de Chao-1 donne une idée de la richesse spécifique maximale au sein de chacun habitat. La formule de Chao-1 estime la richesse spécifique maximale à 76 espèces pour la clairière, à 61,11 espèces pour la zénaie et à 57,25 espèces pour l'iliçaie. Pour le total des trois habitats, l'estimation de la richesse spécifique maximale est de 135,9 espèces.

Cependant, l'effort d'échantillonnage effectué pour chaque habitat : clairières, zénaie et l'iliçaie correspond respectivement à 90,78 %, 83,45 %, 85,58%, de la richesse spécifique totale observée pour chaque habitat considéré. Quant au total des habitats l'effort d'échantillonnage est de 86,53%.

CONCLUSION

La faune entomologique est un élément essentiel dans la dynamique et le fonctionnement des écosystèmes forestiers. L'évaluation de la diversité des Coléoptères au niveau de la forêt d'Akfadou dont a fait l'objet notre travail, nous a permis d'enrichir les connaissances, de point de vue de diversité, sur le groupe d'insectes que présentent les Coléoptères.

L'étude est menée dans trois habitats de la forêt d'Akfadou, présentant des caractéristiques différentes du milieu, ils diffèrent par la composition du couvert végétal, l'exposition, l'altitude.

Ce travail a permis de dresser en premier lieu une liste de 124 espèces inventoriées réparties sur 23 familles, appartenant à deux sous-ordres, celui des Adephaga représenté par la famille des carabidae avec 21 genres et 31 espèces ; Et celui des Polyphaga représenté par 22 familles, 61 genres et 93 espèces.

Vu l'immensité de la forêt d'Akfadou, l'hétérogénéité des essences qui lui sont associées et son important couvert végétal, d'autres travaux de prospection complémentaires sont nécessaires, qui doivent être fait sur de longues périodes, dans plusieurs biotopes et habitats que renferme la forêt d'Akfadou, afin d'identifier de nouvelles espèces, ainsi pour établir une liste exhaustive des Coléoptères qu'abrite cette forêt.

Liste bibliographique

- Abbassen,R . 2015. Diversité du peuplement entomologique de *Juniperus communis* ssp. *hemisphaerica* & *Juniperus oxycedrus* ssp. *rufescens* de la forêt de Tigounatine (Tikjda, Djurdjura sud), Mémoire de Magister en écologie animale, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou (Algérie), 137p
- Aissat, L., & Moulai, R. E. 2010. Evaluation et caractérisation de la faune des milieux insulaires de la région de Jijel.
- Balachowsky, A.S. 1962. Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome I : les Coléoptères, 564p.
- Barbault, R. 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Masson.
- Belhadid.Z, Gahdeb.C, Ghalem.M, Haddar.L et Boughrara.H .2013. Distribution des caraboidea dans différents peuplements forestiers du parc national de Chréa, Algérie. Lebanese Science Journal, Vol. 14, No. 2
- Bellili.K .2003. Etude socioéconomique de la région d'Akfadou [texte imprimé] : Dans le cadre de classement du foret d'Akfadou est en aire protégée thèse Université A.Mira de Bejaia
- Benia, F. 2010. Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives (Doctoral dissertation).
- Benkhelil, M-L. 1992. Les techniques de récolte et de piégeage utilisées en entomologie terrestre. Ed. Office de publication. Université d'Alger. 68p.
- BENNAS, N. 2002. Coléoptères Aquatiques Polyphaga du Rif (Nord du Maroc) : faunistique, Ecologie Biogéographie. Thèse en Sciences Biologiques, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences de Tetouan : 383 p. BENZECRI
- Blondel, J. 1979. Biogéographie et écologie: synthèse sur la structure, la dynamique et l'évolution des peuplements de vertébrés terrestres. Masson.
- Blondel, J. 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP). La terre et la vie.
- Bouchaour-djabeur, S . 2013. Les insectes ravageurs du Chêne liège au nord-ouest algérien. Geo-Eco-Trop., 2013, 36 : 175-184.
- Bouchard.P, Andrew B. T. Smith, Hume Douglas1, Matthew L. Gimmel, Adam J. Brunke1 and Kojun Kanda. 2017. Biodiversity of Coleoptera.
- Boukli.H, S. 2012. Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes-Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen). Diplôme de Doctorat en Ecologie animale, Université de Tlemcen, 159 P.
- Chao.A.1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of Statistics 11: 265-270.

- Charrier.S .2001. Inventaire préliminaire des Coléoptères Lucanides et Scarabéides de Vendée. Le Naturaliste Vendéen 1: 3-6
- Crowson, R. A. 1981. The Biology of the Coleoptera (Academic Press).
- Daas.H , Adjamia.Y, Ghanema.R, Viñolasb.A, Ouakida.M.L et Tahraouia.A. 2016. Inventaire des Coléoptères des subéraies du Nord-Est Algérien. Turkish Journal of Forestry. 17(Special Issue): 11-17
- Dajoz, R. 1971. Précis d'écologie.
- Djebaili, S. 1984. Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. OPU, Alger, 159.
- Du Chatenet.G. 2002. Coléoptères phytophages d'Europe, Tome 2. Chrysomelidae, N.A.P. éditions, Vitry-sur-Seine, 359p.
- DU Chatenet. G. 2005. Coléoptères d'Europe, Carabes, Carabiques et Dytiques. Tome 1. Adephaga. N.A.P. éditions.1-359p
- Du Merle.P.1983. Phénologies comparées du chêne pubescent, du chêne vert et de Tortrix viridana L. (Lép., Tortricidae). Mise en évidence chez l'insecte de deux populations sympatriques adaptées chacune à l'un des chênes. Actaocol., Oecol. applic., 4 (1), 5574.
- Du Merle.P. ; Mazert. 1990. Dynamique intracyclique d'une population méditerranéenne de tordeuse verte du chêne, Tortrix viridana (Lepidoptera :Tortricidae). Ecol. medit., 16, 73-91.
- Durand, J. 1951. Sur quelques sols de la forêt d'Akfadou et des environs de Yakouren. Annales Agr., 2.
- Feeny p.1976. Plant apparency and chemical defense. Res. Adv. Phytochem., 10, 1-40.
- Ferka zazou, nesrine. 2006. impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. cas de la commune de tessala, wilaya de sidi bel abbes, algerie (doctoral dissertation).
- Finnamore A.T.1996. The advantages of using arthropods in ecosystem management. A brief from the Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods).
- Ghanem, R. 2014. Facteurs biotiques impliqués dans l'état sanitaire des subéraies du Nord Est Algérien. Effet des insectes ravageurs sur les feuilles et les glands, Mémoire de Doctorat en écologie animale, Université BADJI MOKHTAR. Annaba (Algérie), 197p.
- Grove, S. J. & Stork.N.E.2000. An inordinate fondness for beetles. Invertebr. Taxon. 14, 733–739
- Hörnschemeyer, T. 2005. Archostemata Kolbe, 1908.
- Jäch.M. Beutel, J. A. Delgado and J. A. Diaz. 2005. Hydraenidae Mulsant, 1844. Pp. 224–251. In R. G. Beutel and R. A. B. Leschen (eds). Handbook of Zoology. A Natural History of the Phyla of the Animal Kingdom. Volume IV. Arthropoda: Insecta. Part 38. Coleoptera,
- Lamotte, M., & Bourlière, F. (Eds.). (1969). Problèmes d'Écologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Masson et Cie.
- Laribi. M & Meddour, R. 1999. La ripisylve à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. de l'Akfadou (Grande-Kabyle, Algérie). Documents Phytosociologiques ns, 19, 385-400.

- Laribi, M. 2000. Contribution à l'étude phytosociologique des formations caducifoliées à *Quercus canariensis* Willd. et *Quercus afares* Pomel du massif d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie). Mem. Doc.(ined.). Univ. Tizi Ouzou.
- Leraut P. 2007. Ébauche d'une liste des pyrales de France [Lepidoptera, Pyraloidea]. Revue française d'entomologie, 29(4): 149-166. –
- Maddison, D. R., W. Moore, M. D. Baker, T. M. Ellis, K. A. Ober, J. J. Cannone and R. R. Gutell. 2009. Monophyly of terrestrial adepagan beetles as indicated by three nuclear genes (Coleoptera: Carabidae and Trachypachidae). Zoologica Scripta 38: 43–62.
- Maurice Pic. 1897. Bulletin de la Société entomologique de France. vol 2 N°(19). pp. 310-312
- McHugh, J. V., & Liebherr, J. K. 2009. Coleoptera:(Beetles, Weevils, Fireflies). In Encyclopedia of Insects. pp. 183-201. Academic Press.
- McKenna, D. D., A. L. Wild, K. Kanda, C. L. Bellamy, R. G. Beutel, M. S. Caterino, C. W. Farnum, D. C. Hawks, M. A. Ivie, M. L. Jameson, R. A. B. Leschen, A. E. Marvaldi, J. V. McHugh, A. F. Newton, J. A. Robertson, M. K. Thayer, M. F. Whiting, J. F. Lawrence, S. A. Ślipiński, D. R. Maddison and B. D. Farrell. 2015a. The beetle tree of life reveals that Coleoptera survived end- Permian mass extinction to diversify during the Cretaceous terrestrial revolution. Systematic Entomology 40: 835–880.
- Meddour. 1993. Analyse phytosociologique de la chênaie caducifoliée mixte de Tala Kitane (Akfadou, Algérie). COLOGIA MEDITERRANEA XIX (3/4) : 43-51
- Messaoudene M., 1989. Étude dendroécologique et productivité de *Q. canariensis* Willd. et de *Q. afares* Pomel dans les massifs de l'Akfadou et de Beni-Ghobri en Algérie. Thèse de doctorat en sciences, université Aix-Marseille III, 124 p.
- Nichane.M., Bouchikhi.T.Z et Khelil.M.A. 2013. Contribution à l'étude de l'entomofaune de quelques espèces résineuses de la région des traras occidentaux, Département d'écologie et environnement, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie. Lebanese Science Journal, Vol. 14, No. 2.
- Nigel E. et S. tork. 2008. Biodiversité. Coleoptera Cooperative Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management at James Cook University, Australia
- Pujade-Villar, J., Boukreris, F., Saimi, F., Bouhafs, F., Bouhraoua, T.R., 2010. Cynipidés gallicoles (Hymenoptera, Cynipidae) trouvées sur *Quercus suber* et *Q. faginea* dans le massif forestier de HafirZarieffet (Tlemcen, Algérie) et mise à jour de la connaissance des Cynipini Algériens. Bol. Asoc. Esp. Ent., 34:183-198.
- Quezel, P. 1964. L'endémisme dans la flore de l'Algérie. CR Soc. Biogeogr, 361, 137-149.
- Ramade S. 1984. Eléments d'écologie : écologie fondamentale. Mc Graw Hill, Paris, 397 p
- Ramade.F, 1994 Elément d'écologie (Ecologie Fondamentale). 2eme édition. Lavoisier.220 pages.
- Roth.M.1980. initiation la morphologie, la systématique et la biologie des insectes.

- Saharaoui.L , Hemptinne.J.L & Magro.A . 2014. Biogéographie des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) d'Algérie. Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology Vol :67, 147-164 .
- Slipinski, A. 2007. Australian Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae) Their biology and classification. Australian Biological Resources Study. Sociétés de sciences naturelles. Louis jean imp. 226p.
- Ślipiński, S. A., Leschen, R. A. B. & Lawrence, J. F. 2011. in Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness Vol. 3148 (ed Zhang, Z.-Q.) 203–208.
- Speight, M.C.D.1989. Les invertébrés saproxyliques et leur protection. Collection Sauvegarde de la nature, Conseil de l'Europe, Strasbourg, 42 : 1-77.
- Stork, N. E. 1999a. The magnitude of biodiversity and its decline. Pp. 3–32. In J. Cracraft and M. Novacek (eds). The Living Planet in Crisis: Biodiversity, Science and Policy. American Museum of Natural History, NY.
- Telailia, S., Boutabia, L., Mena, M., & Maazi, M. 2014. Entomological biodiversity of wet suberas in the El Kala region (extreme Northeast Algeria).
- Villemant.C et Fraval.A.1993. La faune entomologique du chêne-liège en forêt de la Mamora (Maroc). *ecologia iediterranea* xix (3/4) : 89-96 .
- Wiggins, G.B. Marshall, S.A., Downesj, A. 1991. The importance of research collections of terrestrial arthropods. A brief. *Bull. Entomol. Soc. Can.*, 23:16.
- Wiggins, G.B. 1983. Entomology and society. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 29:27-29.
- Zhang.S.Q, Che1.L.H, Li1.Y, Liang1.D, Pang1.H, Ślipiński.A & Zhang1.P.2018. Evolutionary history of Coleoptera revealed by extensive sampling of genes and species. *Nature communications*.vol 9:205

Resumé :

La faune entomologique est un élément essentiel dans la dynamique et le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Notre étude a été menée au niveau de la forêt d'Akfadou. Afin d'évaluer la diversité des coléoptères au niveau celle-ci, de nombreuses techniques ont été utilisées : pièges Barber, pièges aériens, le fauchage, Parapluie Japonais. L'étude a été effectuée dans trois habitats différents de la forêt de l'Akfadou (Iliçaie, Zénaie et Clairière). Elle nous a permis d'établir une liste de 124 espèces de Coléoptères appartenant à 23 différentes familles, dont 51 espèces récoltées au niveau de la Zénaie, 49 pour l'iliçaie et 69 au niveau de la clairière. Cette étude préliminaire doit être complétée par d'autres études afin de compléter la liste des coléoptères qu'abrite la forêt d'Akfadou.

Mots clés: Coléoptère, Forêt d'Akfadou, Biodiversité, Faune entomologique, Carabidae.

Abstract:

Entomological fauna is an essential element in the dynamics and functioning of forest ecosystems. Our study was conducted in the Akfadou forest. In order to assess the diversity of beetles at this forest, many techniques were used: Barber traps, aerial traps, mowing, Japanese umbrella. The study was carried out in three different habitats of the Akfadou forest (Green oak, Zeen oak and Clearing). It allowed us to list 124 species of Coleoptera belonging to 23 different families, including 51 species collected at the Zeen oak, 49 for Green oak and 69 at the clearing. This preliminary study needs to be supplemented by other studies to complete the list of beetles found in the Akfadou forest.

Keywords: Beetles, Akfadou forest, Biodiversity, Entomological fauna, Carabidae.