



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار - عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA

Faculté des sciences.
Département de Biologie.
Laboratoire D'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux
THESE

Présentée en vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat LMD.
Filière : Ecologie et environnement.
Spécialité : Biodiversité et environnement.

Intitulé

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

Présentée par : M Hadiby Rached.

Devant un jury composé de :

Directrice de thèse		
Adjami Yasmine	<i>Maitre de conférences A</i>	Université d'Annaba
Co-Directeur de thèse		
Boukheroufa Mehdi	<i>Maitre de conférences A</i>	Université d'Annaba
Président		
Ouakid Mohamed Laid	<i>Professeur</i>	Université d'Annaba
Examineurs		
Tiar Ghoulem	<i>Professeur</i>	Centre de recherche en environnement Annaba
Hadjeb Ayoub	<i>Professeur</i>	Université de Biskra

Année universitaire 2024 / 2025

Remerciements

En tournant les pages de ce manuscrit, fruit d'un long parcours parsemé de défis et de découvertes, je ressens une immense gratitude envers toutes les personnes qui ont jalonné ce chemin avec leur soutien, leur bienveillance et leur inspiration. Ce chapitre de ma vie académique n'aurait pu voir le jour sans elles, et c'est avec un profond respect et une sincère reconnaissance que je leur dédie ces lignes.

*Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à **Pr Ouakid Mohamed Laïd**, Président du jury, dont l'honneur de présider cette évaluation revêt une signification particulière pour moi. Votre confiance dans ce travail et votre disposition à guider les délibérations sont des privilèges que j'estime énormément.*

*Je remercie chaleureusement les examinateurs, **le Professeur Hadjeb Ayoub**, et **le Professeur Tiar Ghoulém**, pour leur engagement à évaluer cette recherche avec rigueur et expertise. Votre regard éclairé et vos observations précieuses enrichiront sans aucun doute ce travail.*

*Ma reconnaissance infinie va à mes superviseurs et mentors, **le Professeur Adjami Yasmine**, **le Dr Boukheroufa Mehdi**, et **le Professeur Boukheroufa-Sakraoui Fériel**. Vous avez été mes phares dans ce vaste océan académique, éclairant mon chemin avec vos conseils avisés, votre patience inépuisable et votre engagement inégalé. Cette thèse est un hommage à votre passion pour l'enseignement et à l'humanité que vous avez su insuffler dans cette aventure. Je vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous avez apporté, à la fois à ma carrière et à ma vie personnelle.*

*Je souhaite également exprimer ma reconnaissance au **Docteur Montreuil Olivier**, pour son accueil chaleureux au sein du **Muséum***

Nationale d'Histoire Naturelle de Paris, ainsi qu'aux chercheurs du MNHN qui m'ont énormément aidé et inspiré : Deuve Thierry, Boucher Stéphane, Tavakilian Gérard, sans oublier Rivier Christophe et Mantilléri Antoine. Votre soutien et votre collaboration ont enrichi ce travail de manière significative.

Un immense merci au Docteur Vitali Francesco, chercheur au Muséum d'Histoire Naturelle du Luxembourg, pour sa collaboration précieuse, sa disponibilité inestimable et le partage généreux de ses connaissances.

Je tiens également à remercier mes amis et collègues de la communauté d'entomologie, en particulier Melle Bouyed Jamila, Dr Enrico Ruzzier, Sergi Tricoli, Keith Denis, Jirka Hava, Piero Leo, Geiser Michael, et Hoskovec Michal, pour leur aide et leurs échanges fructueux.

Mes collègues de l'équipe DAFEC ont été des compagnons précieux dans cette aventure, apportant avec eux une solidarité et une amitié qui ont rendu chaque étape plus agréable.

À mes proches, mes précieux alliés, chacun avec votre présence unique et irremplaçable. Merci du fond du cœur pour votre soutien indéfectible, vos encouragements, et tous ces instants de répit et de bonheur que vous avez illuminés. Vous comptez tellement pour moi.

À mon école mère, les Scouts Musulmans Algériens, qui m'ont inculqué des valeurs inestimables et ont forgé la personne que je suis aujourd'hui, je tiens à exprimer ma reconnaissance profonde. À mes frères rencontrés dans cette noble institution, je vous adresse toute mon affection et mon respect.

Enfin, à ma famille bien-aimée, qui a été le pilier de tout ce que j'ai accompli. Votre amour inconditionnel, votre foi inébranlable en moi, et

vosre soutien indéfectible sont la véritable fondation de ce succès. Cette thèse est autant la vôtre que la mienne, et je vous en suis éternellement reconnaissant.

RACHÉD

Résumé

Cette thèse explore la diversité et la dynamique des coléoptères saproxyliques, éléments essentiels à la décomposition du bois, au recyclage des nutriments et au maintien de la biodiversité forestière. Leur présence, indicateur de la santé des écosystèmes, est mise en péril par la fragmentation des habitats et les changements climatiques. L'étude a été menée sur deux ans (2022-2023) dans le massif forestier de l'Edough, dans les localités de Berouaga, Aïn Barber, et Aïn Boukal, différentes par leurs degrés de naturalité. Nous avons appliqué une stratégie d'échantillonnage systématique le long de transects, en utilisant 3 dispositifs de piégeage (chasse à vue, pièges d'interception aérienne et pots Barber). Au total, 2 387 coléoptères ont été collectés, dont 537 saproxyliques, répartis en 35 espèces, 15 familles et 26 genres. Parmi les résultats notables figure la redécouverte de *Pseudomermicion ramalium*, non signalée depuis 124 ans.

L'analyse des données bio écologiques montre des variations spatio-temporelles : D'une part, une biodiversité élevée et stable dans les forêts naturelles de chêne-liège, tandis que les forêts post-incendiées, présentent une biodiversité réduite. D'autres part, les dynamiques saisonnières dans les milieux naturels révèlent un pic d'abondance et de diversité au printemps et en été, une meilleure équitabilité en automne, et une faible diversité en hiver, dominée par les coprophages. Ces fluctuations sont essentiellement tributaires de certains paramètres environnementaux tels que les caractéristiques et les conditions écologiques du bois mort.

Ces données confortent le rôle fonctionnel conférés aux coléoptères saproxyliques dans les processus de régénération forestière, et soulignent l'importance d'une gestion intégrée afin de préserver l'équilibre écologique et renforcer la résilience de leurs communautés face aux changements environnementaux.

Mot clés : Coléoptères saproxyliques, milieux naturels et post incendiés, caractérisation taxonomique, dynamiques spatio-temporelles, Massif forestier de l'Edough.

Abstract

This thesis explores the diversity and dynamics of saproxylic beetles, essential elements in wood decomposition, nutrient recycling, and the maintenance of forest biodiversity. Their presence, an indicator of ecosystem health, is endangered by habitat fragmentation and climate change. The study was conducted over two years (2022–2023) in the Edough forest massif, specifically in the localities of Berouaga, Aïn Barber, and Aïn Boukal, differing in their degrees of naturalness. A systematic sampling strategy was applied along transects, using three trapping methods (visual hunting, aerial interception traps, and Barber traps). 2,387 beetles were collected, including 537 saproxylic beetles, distributed across 35 species, 15 families, and 26 genera. Notably, the rediscovery of *Pseudomermicion ramalium*, unreported for 124 years, was a significant finding.

The bioecological data analysis reveals spatiotemporal variations: on the one hand, high and stable biodiversity was observed in natural cork oak forests, while post-fire forests exhibited reduced biodiversity. On the other hand, seasonal dynamics in natural habitats showed a peak in abundance and diversity during spring and summer, better evenness in autumn, and low diversity in winter, dominated by coprophagous species. These fluctuations are primarily influenced by specific environmental parameters, such as the characteristics and ecological conditions of deadwood.

These findings support the functional role of saproxylic beetles in forest regeneration processes and highlight the importance of integrated management to preserve ecological balance and enhance the resilience of their communities to environmental changes.

Keywords: Saproxylic beetles, natural and post-fire habitats, taxonomic characterization, spatiotemporal dynamics, Edough forest massif.

المخلص

تتناول هذه الأطروحة تنوع وديناميكية الخنافس المحبة للخشب الميت ، وهي عناصر أساسية في عملية تحلل الخشب، إعادة تدوير المغذيات، والحفاظ على التنوع البيولوجي للغابات. تُعد وجودها مؤشرًا على صحة النظم البيئية، لكنّها مهددة بتجزئة المواطن الطبيعية والتغيرات المناخية. أُجريت الدراسة على مدار عامين (2022-2023) في كتلة إيدوغ الجبلية، وتحديدًا في مناطق برواق، عين بربر، وعين بوقال، التي تختلف في بدرجاتها الطبيعية. تم تطبيق استراتيجية منهجية لأخذ العينات على طول ممرات باستخدام ثلاثة أساليب لاصطياد الحشرات (الصيد بالعين المجردة ، مصادد الاعتراض الهوائية، و المصادد الأرضية). في المجموع، تم جمع 2387 خنفساء، منها 537 خنفساء محبة للخشب الميت، موزعة على 35 نوعًا، 15 عائلة، و26 جنسًا. من بين النتائج البارزة إعادة اكتشاف *Pseudomermicion ramalium* ، التي لم تُسجل منذ 124 عامًا.

أظهرت تحليلات البيانات البيئية الحيوية وجود تباينات زمانية ومكانية: فمن جهة، لوحظ تنوع بيولوجي مرتفع ومستقر في غابات البلوط الفليني الطبيعية، في حين كانت الغابات التي تعرضت للحرائق أقل تنوعًا بيولوجيًا. ومن جهة أخرى، كشفت الديناميكيات الموسمية في المواطن الطبيعية عن ذروة في الوفرة والتنوع خلال الربيع والصيف، توازن أفضل في الخريف، وتنوع منخفض في الشتاء، حيث تسود الأنواع متغذية الروث. تعتمد هذه التقلبات أساسًا على بعض العوامل البيئية مثل خصائص وحالة الخشب الميت.

تدعم هذه النتائج الدور الوظيفي الممنوح للخنافس المحبة للخشب الميت في عمليات تجديد الغابات، وتؤكد أهمية الإدارة المتكاملة للحفاظ على التوازن البيئي وتعزيز مرونة مجتمعاتها في مواجهة التغيرات البيئية.

الكلمات المفتاحية: الخنافس المحبة للخشب الميت ، المواطن الطبيعية والمواطن المتضررة بالحرائق، التصنيف البيئي، الديناميكيات الزمانية والمكانية، كتلة إيدوغ الجبلية.

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	<i>La position systématique des coléoptères saproxyliques</i>	20
2	<i>Liste complète des espèces de Coléoptères Saproxyliques recensées.</i>	59
3	<i>Abondances et fréquences relatives, par familles, des coléoptères saproxyliques.</i>	66
4	<i>Abondances et fréquences relatives, spécifiques, des coléoptères saproxyliques.</i>	67
5	<i>Fréquences d'occurrence par espèces et par familles des coléoptères saproxyliques.</i>	70
6	<i>Peuplement de Coléoptères dans les deux sites d'étude (milieu naturel et milieu post-incendié).</i>	88
7	<i>Recensement des travaux sur les coléoptères saproxyliques dans différentes régions et types de forêts, principalement en Afrique du Nord.</i>	110

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	<i>Les différentes formes des dendro-microhabitats</i>	3
2	<i>Cortège saproxylique en fonction de l'état du bois</i>	4
3	<i>Carte de localisation de la zone d'étude</i>	8
4	<i>Carte géologique de la wilaya d'Annaba</i>	10
5	<i>Carte lithologique de la wilaya d'Annaba</i>	11
6	<i>Cadre physique de la wilaya d'Annaba</i>	13
7	<i>Donnés Météorologiques de la température de la Ville de Annaba (2022-2023)</i>	14
8	<i>Donnés Météorologiques de la précipitations de la Ville de Annaba (2022- 2023)</i>	15
9	<i>Essences forestières du massif forestier de l'Edough (Source : Google Photo).</i>	17
10	<i>Quelques espèces du sous-bois du massif forestier de l'Edough (Source : Google photo).</i>	18
11	<i>La faune terrestre du massif forestier de l'Edough (Source : Google Photo).</i>	19
12	<i>Morphologie externe d'un coléoptère saproxylique Lucanidae « Dorcus musimon »</i>	21
13	<i>Morphologie externe de la tête d'un coléoptère</i>	22
14	<i>Types divers d'antennes</i>	23

15	<i>Morphologie des élytres et des ailes</i>	24
16	<i>Habitats d'un coléoptère saproxylique</i>	27
17	<i>Les différentes niches écologiques pour les coléoptères saproxyliques</i>	28
18	<i>Cycle de vie des coléoptères saproxyliques</i>	30
19	<i>Différentes morphologies larvaires des différents coleopteres saproxyliques</i>	31
20	<i>Nymphe de longicorne</i>	32
21	<i>Coleoptères saproxyliques adulte</i>	33
22	<i>Les traces des coléoptères saproxyliques dans leur milieu de prédilection</i>	34
23	<i>Une vue générale sur la diversité des coléoptères saproxyliques</i>	35
24	<i>Quelques Cérambycides</i>	37
25	<i>Quelques Buprestides</i>	38
26	<i>Quelques Lucanides</i>	39
27	<i>Quelques Scarabaeidae</i>	40
28	<i>Situation géographique des trois sites d'étude</i>	44
29	<i>Photo des trois sites d'étude</i>	45
30	<i>Prospection d'un tronc d'arbre mort</i>	46
31	<i>Prospection par la méthode chasse à vue</i>	47
32	<i>Piège à fosse (Pot Barber)</i>	48
33	<i>Modèle PolyTrap</i>	49
34	<i>Piège d'interception</i>	49
35	<i>Récolte et étiquetage des pièges à fosse et interception</i>	50
36	<i>Tri et dénombrement</i>	50
37	<i>Deux Cerambycidae épinglé</i>	52
38	<i>Une boîte de collection avec des dynastes épinglés</i>	52
39	<i>Identification des spécimens collectées par les clés de détermination</i>	53

40	<i>Les taxons de coléoptères saproxyliques identifiés.</i>	62
41	<i>Pseudomyrmecion ramalium Bedel, 1885 du massif forestier de l'Edough (MNHN).</i>	64
42	<i>Pseudomyrmecion ramalium Bedel, 1885, mâle, du massif forestier de l'Edough.</i>	65
43	<i>Abondances des coléoptères saproxyliques par familles (A gauche) et leur fréquences relatives (à droite).</i>	67
44	<i>Abondances spécifiques du peuplement de coléoptères saproxyliques.</i>	68
45	<i>Fréquences relatives des différentes espèces saproxyliques.</i>	68
46	<i>Richesse spécifique des familles de coléoptères saproxyliques.</i>	69
47	<i>Fréquences d'occurrences des coléoptères saproxyliques par familles.</i>	70
48	<i>Fréquences d'occurrences des espèces saproxyliques.</i>	71
49	<i>Abondances saisonnières des coléoptères saproxyliques (à gauche) et, en pourcentages, leur fréquences relatives (à droite).</i>	71
50	<i>Richesses spécifiques saisonnières et leurs proportions.</i>	72
51	<i>Richesses saisonnières par familles et leurs proportions.</i>	72
52	<i>Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et indice d'équitabilité de Piélou (J) en fonction des saisons.</i>	73
53	<i>Structure Saisonnière des Saproxyliques : Analyse en Composantes Principales (ACP).</i>	74
54	<i>Abondances des peuplements de coléoptères saproxyliques par milieux forestiers et leur fréquences relatives.</i>	75
55	<i>Richesses spécifiques par milieu forestier et leurs proportions.</i>	76
56	<i>Richesses par familles avec leurs proportions dans chaque milieu forestier.</i>	76
57	<i>Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et indice d'équitabilité de Piélou (J) en fonction des essences forestières.</i>	77
58	<i>Essences Forestières et Saproxyliques : Résultats de l'ACP.</i>	78
59	<i>Répartition des groupes fonctionnels des coléoptères de la forêt de Seraïdi à Berouaga en fonction des abondances.</i>	79
60	<i>Nombre de familles des groupes fonctionnels de la forêt de Seraïdi à Berouaga.</i>	80
61	<i>Richesse spécifique des groupes fonctionnels de coléoptères dans la forêt de Seraïdi à Berouaga.</i>	81

62	<i>Répartition des groupes fonctionnels en fonction des abondances et des proportions dans les 3 essences forestières.</i>	82
63	<i>Comparaison des proportions des essences forestières des groupes fonctionnels.</i>	83
64	<i>Richesse spécifique des groupes fonctionnels des coléoptères selon les types d'essences forestières (Chêne-liège, Chêne-zen, Forêt mixte).</i>	84
65	<i>Répartition des groupes fonctionnels des coléoptères en fonction des abondances selon les saisons.</i>	85
66	<i>Comparaison des proportions saisonnières des groupes fonctionnels (Effectifs convertis en pourcentages).</i>	86
67	<i>Richesse spécifique des groupes fonctionnels des coléoptères en fonction des saisons.</i>	87
68	<i>Abondance globale des coléoptères dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	89
69	<i>Richesse globale spécifique et en familles des coléoptères dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	89
70	<i>Abondances et proportions des familles de coléoptères dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	90
71	<i>Abondances spécifiques des coléoptères dans les milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	91
72	<i>Proportions des différentes espèces de coléoptères dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	92
73	<i>Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et indice d'équitabilité de Piélou (J) en fonction des types de milieux.</i>	93
74	<i>Abondance des Groupes Fonctionnels dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	94
75	<i>Richesse Spécifique dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	95
76	<i>Richesse en Familles dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.</i>	96
77	<i>Variation de l'abondance et de la diversité des coléoptères saproxyliques selon le type de forêt.</i>	98
78	<i>Analyse des composantes principales des caractéristiques du bois mort.</i>	99
79	<i>Distribution des espèces saproxyliques en fonction des types de bois mort.</i>	100
80	<i>Projection des variables liées au bois mort sur les deux premières composantes principales (ACP).</i>	101

81	<i>Influence des dimensions des arbres sur la répartition des coléoptères saproxyliques.</i>	102
82	<i>Influence de l'intensité lumineuse sur la diversité des coléoptères saproxyliques dans le bois mort.</i>	103
83	<i>Relation entre les types de cavités des arbres et la diversité des coléoptères saproxyliques.</i>	104

Table des matières

I. Introduction	1
II. Matériel et Méthodes	8
1. Situation géographique	8
2. Caractéristiques physiques	9
2.1. Géologie	9
2.2. Pédologie	10
2.3. Hydrologie	12
2.4. Climat	13
2.5. Le Couvert végétal	16
2.6. La faune	18
2.7. Présentation du modèle biologique : les Coléoptères saproxyliques	20
2.7.1. Systématique	20
2.7.2. La morphologie externe des coléoptères	21
a. La tête	21
b. Le thorax	23
c. L'abdomen	23
d. Les élytres et ailes	24
e. Les pattes	25
2.7.3. Données bioécologiques	25
a. Les types de Coléoptères saproxyliques	25
b. Habitats des Coléoptères saproxyliques	26
c. Niche écologique	28
2.7.4. Cycle de développement des coléoptères saproxyliques	29
a. Stade œufs	30
b. Stade larvaire	30
c. Stade nymphale	32
d. Stades adultes	32
2.7.5. Régime alimentaire	33
2.7.6. La diversité des Coléoptères saproxyliques	34
2.7.7. Description des principales familles de Coléoptères saproxyliques	36
a. Les Cerambycidae	36
b. Les Buprestidae	37
c. Les Lucanidae	38
d. Les Scarabaeidae	39
2.7.8. Traits de vie des Coléoptères saproxyliques	40

2.7.9. Rôle fonctionnel	41
2.7.10. Les menaces sur les coléoptères saproxyliques	41
3. Présentation de la méthodologie	42
3.1. Présentation des sites d'études	42
3.2. Stratégies d'échantillonnage et dispositifs de piégeage :	46
3.2.1. Piégeage actif : Chasse à vue	46
3.2.2. Piégeage passif	47
a. Les pièges Barber (Pièges à fosse)	47
b. Piège d'interception : Modèle PolyTrap	48
3.3. Récolte et conservation	50
3.4. Tri, dénombrement, étalage et identification	50
3.4.1 Tri, dénombrement	50
3.4.2. Étalage et Identification	51
a. Étalage	51
b. Identification	52
4. Analyse des données	53
4.1. Indice écologique	53
a. Richesse spécifique (S)	53
b. Abondance	54
c. Abondance relative (ou Fréquence relative)	54
d. Indice de diversité de Shanon-Weaver (H')	54
e. Indice d'équirépartition des populations (équitabilité)	55
f. Fréquence d'occurrence	55
4.2. Analyses statistiques	56
 <i>III. Résultats</i>	 57
1. Caractérisation taxonomique des coléoptères saproxyliques:	57
2. Analyse de la structure du peuplement de coléoptères saproxyliques	66
2.1. Abondances et Fréquences relatives par familles et par espèces	66
2.2. Richesse spécifique par famille	68
2.3. Fréquences d'occurrences	69
2.4. Analyse saisonnière du peuplement de coléoptères saproxyliques	71
2.4.1. Indice de Shannon-Weaver (H') et Indice d'équitabilité de Piélou (J) par saison	72
2.4.2. Analyse en composante principale (ACP) (Saisons Vs Familles)	74
2.5. Étude de la composition du peuplement de coléoptères saproxyliques selon les essences forestières	75
2.5.1. Indice de Shannon-Weaver (H') et Indice d'équitabilité de Piélou (J) par essences forestières	76

2.5.2. Analyse en composante principale (ACP) (Essences forestières Vs Famille)	78
3. Rôle fonctionnel et position des coléoptères saproxyliques au sein de l'écosystème forestier	79
3.1. Abondances	79
3.2. Richesse spécifique et par famille	80
3.3. Analyse de la structure des groupes fonctionnels selon les essences forestières	81
3.4. Analyse de la structure des groupes fonctionnels selon les saisons	84
4. Comparaison du peuplement de coléoptères entre milieu naturel (MN) et post-incendié (MPI) : analyse globale et réponses adaptatives des coléoptères saproxyliques	87
4.1. Analyse des indices écologiques	88
4.2. Part comparée des saproxyliques dans le peuplement de Coléoptères	93
4.2.1. Analyse des abondances	93
4.2.2. Analyse des richesses	94
5. Effets des caractéristiques environnementales sur la biodiversité des coléoptères saproxyliques	97
5.1. Essences forestières	97
5.2. Caractéristiques du bois mort	99
5.3. Mensurations des arbres	101
5.4. Exposition à la lumière	102
5.5. Caractéristiques des cavités	103
 IV. Discussion	 107
❖ Le Massif de l'Edough : Refuge des Saproxyliques et Hotspot de Biodiversité grâce au Bois Mort	107
❖ Analyse des Groupes Fonctionnels dans le Peuplement de Coléoptères : Focus sur la Part des Saproxyliques	108
❖ Richesse et Diversité des Coléoptères Saproxyliques dans le Massif Montagneux de l'Edough	109
❖ Saproxyliques : Une Diversité Évolutive au Gré des Saisons et des Essences Forestières	111
❖ Saproxyliques et Milieux Post-Incendiés : Catalyseurs de la Régénération Forestière et Architectes de la Résilience	114
 V. Conclusion et perspectives	 116
 VI. Références bibliographiques	 118

Introduction

INTRODUCTION

« La forêt, plus elle sera complexe - en termes de mélanges, de structures, de microcontextes et d'interfaces - plus elle sera résistante, multifonctionnelle, conviviale, harmonieuse et productive dans la durée. »

Pascal Junod, 2011

Considérées comme des écosystèmes d'exception, les forêts sont de grands conservatoires de biodiversité qui abritent bien plus d'espèces animales et végétales que dans les milieux ouverts (**Dajoz, 2007**), et dans lesquelles chaque élément vivant joue un rôle bien précis pour maintenir les équilibres écologiques (**Larrieu & Gonin, 2008 ; Pretzsch et al., 2022**). Cruciale tant sur le plan écologique que sur le plan sociétal, la forêt méditerranéenne a été particulièrement étudiée, compte tenu du fait qu'elle soit considérée parmi les forêts les plus importantes au monde, couvrant environ 65 millions d'hectares arborés et 19 millions d'hectares de formations sub-forestières (**Martín-Ortega et al., 2018 ; Ramírez-Valiente et al., 2021 ; Rada et al., 2022**).

Les forêts méditerranéennes abritent une biodiversité exceptionnelle, avec de nombreuses espèces endémiques (plantes, animaux, et organismes) qu'il est essentiel de comprendre et de protéger. Elles jouent un rôle fondamental dans la régulation du climat, en séquestrant du carbone et en influençant les cycles hydrologiques. Ces forêts fournissent également des ressources essentielles aux populations autochtones, telles que le bois, les plantes médicinales et alimentaires, ainsi que des services écosystémiques (régulation de l'eau, protection contre l'érosion, etc.). Cependant, ces forêts ont subi d'importantes dégradations qui les ont rendus très vulnérables aux changements climatiques, notamment aux sécheresses et aux incendies, et sont soumises à des pressions anthropiques de plus en plus croissantes, à cause de l'urbanisation, de l'agriculture, du tourisme et de la surexploitation des ressources naturelles. Ces dernières années, les forêts méditerranéennes ont été ravagées par des incendies fréquents et de plus en plus intenses, d'où l'urgence absolue de mettre en place des programmes d'étude, de monitoring et de protection de ces écosystèmes fragilisés, afin de mieux comprendre les facteurs de vulnérabilité, d'élaborer des politiques de gestion, et d'anticiper voire répondre aux défis environnementaux et socio-économiques actuels. En revanche, il faut noter que si les feux de forêts sont maîtrisés, ils peuvent représenter un facteur important dans le maintien de la diversité de certaines espèces animales au niveau du paysage forestier (**Quézel, 1999; Martín-Ortega et al., 2018 ; Lecina-Diaz et al., 2019 ; Zhou et al., 2022**).

Outre la grande diversité sylvicole, le bois mort est également considéré comme une partie intégrante de la forêt méditerranéenne (au même titre que toutes les autres forêts d'ailleurs), mais qui se retrouve au cœur des préoccupations en matière de gestion forestière, en raison des conditions climatiques et des feux fréquents. Une quantité excessive de bois mort peut augmenter le risque d'incendie, alors qu'une absence totale peut nuire à la biodiversité. Il est donc essentiel de trouver un équilibre pour maintenir la résilience de cet écosystème. En stockant du carbone et en participant aux cycles des nutriments (**Shannon et al., 2021 ; Shi et al., 2024**), le bois mort constitue une base vitale pour d'innombrables espèces animales utilisatrices comme les oiseaux (**Doerfler et al., 2018**), les mammifères (**Szymański et al., 2021**), les amphibiens (**Pabijan et al., 2023**) et les invertébrés (**Ekman et al., 2024**). De plus, il joue un rôle essentiel dans le rajeunissement des forêts méditerranéennes en emmagasinant le carbone et l'eau, influant ainsi positivement sur le bilan nutritif et le régime hydrique en forêt (**Lo Monaco et al., 2020**). D'ailleurs, le bois mort compte parmi les indicateurs de biodiversité pour évaluer la durabilité de la gestion forestière (**Löfroth et al., 2023**). Cet indicateur a d'ailleurs connu différentes définitions évolutives, passant du simple « volume de bois mort » à celui de « volume de bois mort sur pied et de bois mort au sol dans les forêts et autres terres boisées classées par type de forêts » (**Bujoczek et al., 2020**). Plus récemment, une définition a établi une approche plus qualitative de l'indicateur bois mort en introduisant des facteurs comme le diamètre ou le stade de décomposition (**Vítková et al., 2018 ; Paletto et al., 2023**), voire une approche focalisée sur les micro-habitats (**Martin et al., 2021**) (**Fig.01**).

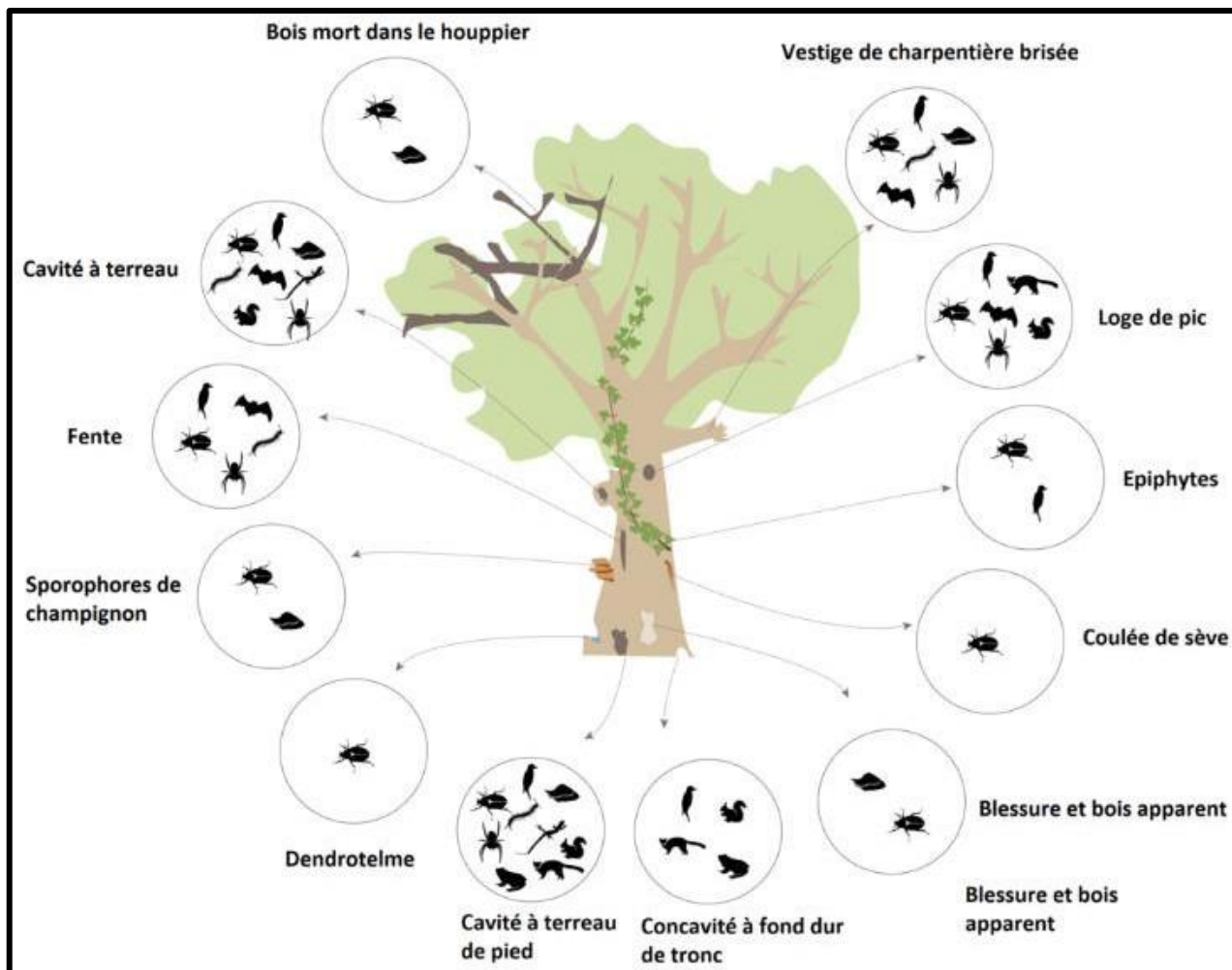


Figure 01: Les différentes formes des dendro-microhabitats (Larrieu et al., 2017).

L'extrême diversité des micro habitats associés au bois mort est l'un des facteurs responsables de la grande diversification d'espèces dites saproxyliques (Grove, 2002 ; Larrieu et al., 2017; Bouget et al., 2023). Par définition, un organisme saproxylique désigne « une espèce qui dépend, au moins durant une partie de son cycle de vie, du bois mort ou mourant, d'arbres moribonds ou morts - debout ou à terre - ou de champignons du bois, ou de la présence d'autres organismes saproxyliques » Speight (1989). Brustel (2002) a indiqué que les saproxyliques représentaient aussi bien des vertébrés, que des microorganismes, et des invertébrés dont certains insectes comme les coléoptères. La genèse des habitats des organismes saproxyliques est appelée saproxylation c'est-à-dire le processus de la dégradation du bois. Ce processus concerne toutes les essences (résineuses ou feuillues), touche toutes les parties de l'arbre (branches, troncs, racines) et toutes les niches écologiques associées (Calmont, 2016) (Fig.02).

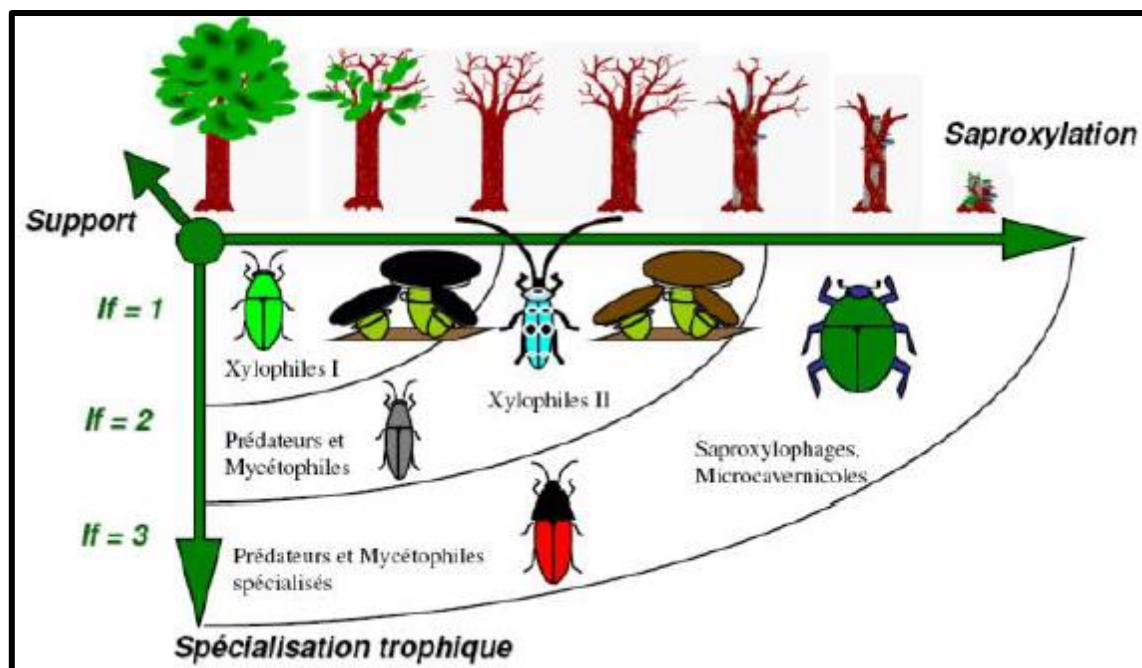


Figure 02 : Cortège saproxylique en fonction de l'état du bois (In Calmont, 2016).

La saproxylation joue un rôle crucial dans la dynamique des écosystèmes forestiers, d'abord à travers des nutriments, puisqu'en décomposant le bois, les organismes saproxyliques libèrent des éléments nutritifs tels que le carbone, l'azote et les minéraux essentiels. Ce qui enrichit le sol et favorise la croissance des plantes et des arbres. La saproxylation participe activement à la régénération des forêts, car la décomposition du bois permet de libérer de l'espace et de créer de nouvelles niches écologiques. Cette action favorise donc la germination de nouvelles espèces végétales et soutient la biodiversité forestière. Autre impact déterminant, le maintien de la biodiversité, dans le sens où les espèces saproxyliques sont essentielles à l'équilibre des écosystèmes. Elles fournissent de la nourriture et un habitat à de nombreuses autres espèces, y compris des prédateurs et des pollinisateurs. La présence de ces espèces augmente considérablement la biodiversité des forêts. Enfin, la saproxylation permet le stockage du carbone dans le sol sous forme de matière organique stable, ce qui contribue à sa séquestration, et participe ainsi au maintien de la santé des forêts, à travers l'élimination des arbres morts et malades, et la réduction de la prolifération de maladies et de parasites. Autant d'actions qui permettent de maintenir des forêts plus résilientes et équilibrées. Tous ces rôles fondamentaux assumés par les organismes saproxyliques doivent toutefois alerter des dangers de leur disparition, en raison de la gestion forestière intensive ou de la fragmentation des habitats qui peuvent perturber ces processus, ce qui impacterait négativement la santé et la durabilité des forêts (Calmont, 2019 ; Bütler *et al.*, 2020).

Parmi les espèces saproxylques, les coléoptères sont particulièrement intéressants à étudier puisqu'ils dépendent, au moins pendant une partie de leur cycle de vie, du bois mort (Speight, 1989). Les coléoptères saproxylques constituent à eux seuls près de 20 % de cette diversité et, avec près de 2500 espèces en Europe, ils se positionnent comme le second groupe saproxylque le plus diversifié après les champignons lignicoles (Bouget *et al.*, 2019 ; Dodelin & Calmont, 2021). En terme de richesse spécifique, l'ordre des coléoptères est de loin le mieux représenté parmi les organismes saproxylques (Hagge *et al.*, 2021). Au total, 320 espèces de coléoptères saproxylques obligatoires sont endémiques ou presque endémiques de la région méditerranéenne. Toutefois, García *et al.* (2019) et Vogel *et al.* (2020) affirment que l'information sur l'état des populations et la distribution reste méconnues tandis que 20 à 30 % de toutes les espèces européennes de coléoptères saproxylques sont inscrites sur la liste rouge. Les coléoptères saproxylques occupent différentes fonctions indispensables dans les processus de dégradation et de recyclage de la nécromasse ligneuse (Bouget *et al.*, 2012 ; Zumr *et al.*, 2024). Ils sont une partie intégrante des processus écologiques dans l'écosystème forestier âgé, par leur participation à la décomposition du bois et au recyclage des nutriments (Grove, 2002 ; Filipiak, 2018). Au cœur des réseaux trophiques, les coléoptères saproxylques représentent également une part non-négligeable du régime alimentaire de plusieurs espèces de vertébrés (Nappi *et al.*, 2010 ; Boukheroufa *et al.*, 2020). Ils sont surtout impliqués dans la décomposition du bois mort, la transformation et le recyclage naturel du bois, et par conséquent, dans la restitution au sol des éléments nutritifs capitalisés dans les tissus ligneux et corticaux, et donc dans le cycle énergétique et nutritif du milieu (Brustel *et al.*, 2004 ; Seibold *et al.*, 2017). De par leurs exigences écologiques, ils apportent des informations clés sur le milieu dans lequel ils sont inféodés.

A titre d'exemple, les représentants de la petite famille des Lucanidae requièrent différentes combinaisons de quantités de bois mort et de températures (Lachat *et al.*, 2012). Elles indiquent de ce fait parfaitement les caractéristiques de l'habitat dans les hêtraies. D'autres espèces de coléoptères de grande taille sont de bons indicateurs de la « naturalité » car elles ne trouvent refuge que dans les forêts non exploitées, proches de l'état naturel, abritant du bois mort de dimension supérieure (Gossner *et al.*, 2013). Tous ces éléments font que les coléoptères saproxylques sont incontestablement d'excellents bio-indicateurs de l'état de santé et de changements dans les écosystèmes forestiers (Toivanen & Kotiaho, 2007), tout en jouant un rôle-clé dans la régénération forestière (Calmont, 2019).

Les coléoptères saproxylques ont fait l'objet de nombreux travaux à travers le monde, du fait de leur statut d'outil indispensable à la compréhension des mécanismes de résilience des écosystèmes forestiers. On retrouve d'ailleurs une littérature assez abondante sur la diversité des espèces de coléoptères saproxylques dans différents types de forêts, aussi bien les forêts tempérées (**Kitchens *et al.*, 2022**), les forêts tropicales (**Weiss *et al.*, 2019**), les forêts boréales (**Ekman *et al.*, 2024**), que les forêts méditerranéennes (**Quinto *et al.*, 2023**). Toutes ces recherches ont mis en exergue tous les facteurs qui influent la diversité et la distribution géographique de ces espèces (disponibilité de bois mort, type de forêt, pratiques de gestion forestière...). D'autres travaux se sont focalisés sur l'analyse du rôle fonctionnel des coléoptères saproxylques dans le cycle des nutriments, dans la décomposition du bois et d'une façon globale dans la régénération forestière (**Karpiński *et al.*, 2021**). Actuellement, les travaux de recherche s'orientent fortement sur la conservation et la protection de ces espèces, à travers le signalement des espèces menacées et l'établissement de tous les facteurs de risque, tels que la gestion intensive des forêts, la fragmentation des forêts et le changement climatique (**Edelmann *et al.*, 2022**). Ces études visent à propulser le développement de stratégies de conservation, comme la gestion du bois mort, la création de microhabitats ou la protection des arbres anciens (**Ulyshen & Šobotník, 2018 ; Zumr *et al.*, 2024**).

En Algérie peu de travaux se sont focalisés sur les coléoptères saproxylques et leur rôle fonctionnel dans les écosystèmes forestiers, on citera les travaux de **Daas *et al* (2016)** dans les subéraies du Parc National d'El-Kala et de Souk Ahras, ceux de **Meziane (2017)** sur la composition et la structure du peuplement de Coléoptères saproxylques dans Parc National de Theniet El Had, et plus récemment ceux de **Hadiby *et al* (2022)** dans deux subéraies du massif forestier de l'Edough. Cette dernière région du Nord-Est algérien a suscité ces dernières années un intérêt particulier qui lui a valu d'ailleurs son classement en aire protégée par arrêté préfectoral en septembre 2023. Et pour cause, considéré comme un point-chaud régional de biodiversité nommé « Kabylie - Numidie-Kroumirie » (**Véla & Benhouhou, 2007**), le massif montagneux de l'Edough abrite de nombreuses zones particulièrement importantes pour les plantes (**Catullo *et al.*, 2011**), avec une richesse en taxons endémiques et sub-endémiques à aire fragmentée, très rares en Algérie, et souvent très localisées (**Hamel *et al.*, 2022**). Dès lors, on comprend mieux tout l'engouement accordé à ce site d'exception, tant les travaux sur la biodiversité et le maintien des communautés végétales et animales associées sont indispensables. Récemment, ce site a été confronté, au même titre que toutes les forêts

méditerranéennes, à de nombreux incendies dont la récurrence pourrait porter atteinte à l'intégrité de ce haut lieu de biodiversité.

C'est à partir de tous ces éléments que s'est construite notre problématique de recherche qui vise à caractériser la diversité et la dynamique des coléoptères saproxyliques dans les subéraies naturelles et post incendiées afin d'en évaluer le rôle fonctionnel clé. L'étude qui en découle vise les objectifs suivants :

- Dresser la typologie globale des Coléoptères saproxyliques
- Analyser la dynamique globale des Coléoptères saproxyliques dans les milieux naturels
- Analyser la dynamique globale des Coléoptères saproxyliques dans les milieux post – incendiés.

Matériel et méthodes

II. MATERIEL ET METHODES

Notre problématique s'est construite autour de l'analyse de la diversité et de la dynamique des Coléoptères saproxyliques, composants biologiques indispensables à la bonne santé des forêts. Nous nous sommes interrogé sur l'état des lieux en matière de recherches sur le sujet à travers toute l'Algérie, mais nous avons expérimenté à petite échelle, leur typologie et leur dynamique dans différentes localités du massif forestier de l'Edough selon le degré de naturalité.

1. Situation géographique

Le massif forestier de l'Edough se situe dans le nord de la wilaya de Annaba, à l'extrême Nord-Est de l'Algérie. Couvrant une superficie totale de 47.350 hectares, il est délimité au Sud-Ouest par le complexe humide Guerbès Senhadja, au Sud par le bassin du lac Fetzara, à l'Ouest par le cours inférieur de l'Oued El Kébir et par la plaine de Kharraza à l'Est. Au Nord, la péninsule est bordée par la mer Méditerranée et le point culminant du massif se situe à 1008 mètres à Kef Sabaa (Oularbi & Zeghiche, 2009 ; Toubal *et al.*, 2014), (Fig. 03).

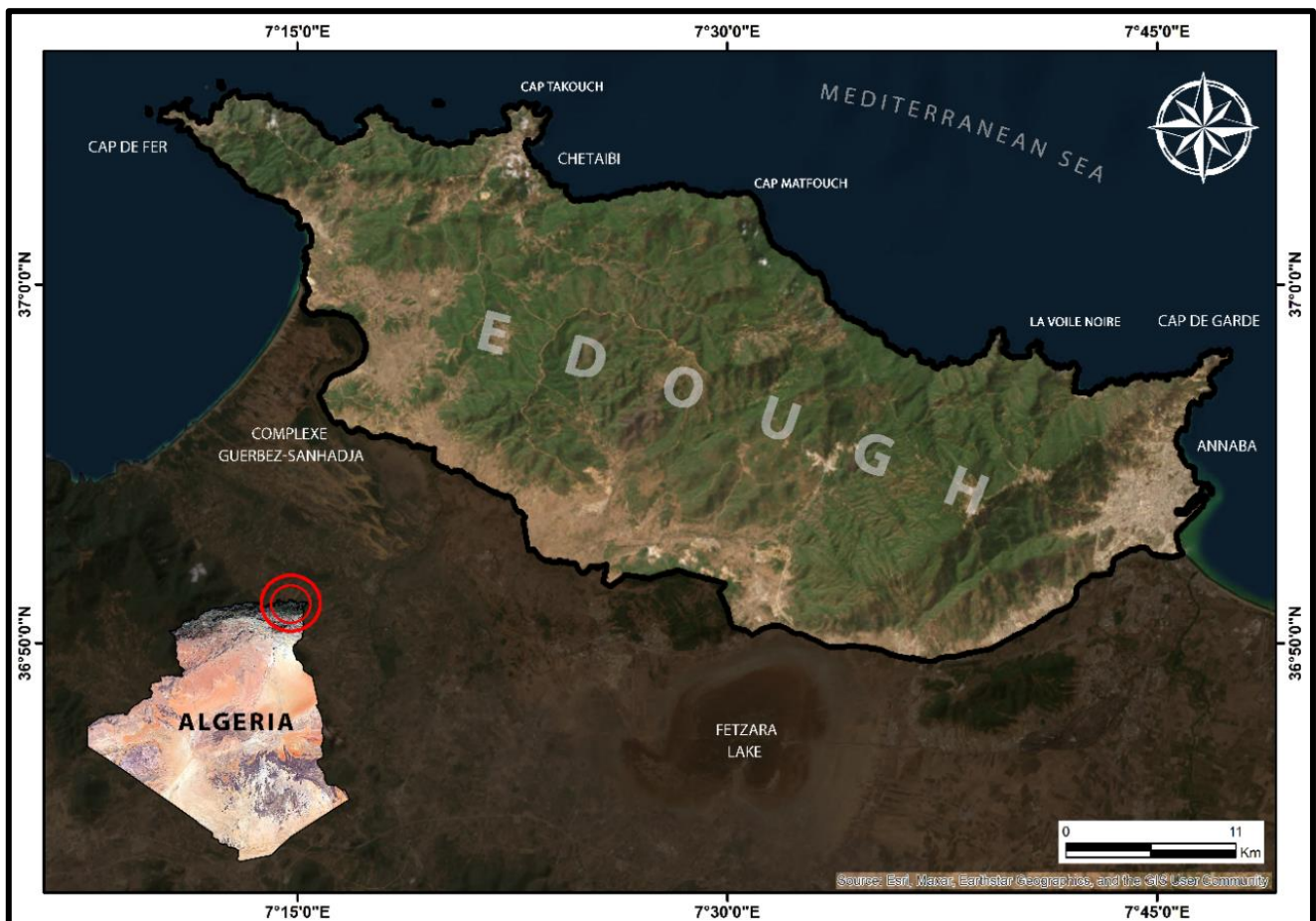


Figure 03 : Carte de localisation de la zone d'étude (Présent travail).

Hot spot reconnu de biodiversité, cette zone a fait l'objet de nombreux travaux autant sur sa flore que sur sa faune (Véla *et al.*, 2007 ; Hamel *et al.*, 2013 ; Véla, 2017 ; Boulemtafes *et al.*, 2018 ; Bellili, 2022, Belbel *et al.*, 2022, Laref *et al.*, 2022 ; Hadiby *et al.*, 2022 ; Benotmane *et al.*, 2024), justifiant ainsi le fait qu'elle soit érigée en réserve protégée, couvrant à la fois les zones terrestres et marines, y compris la zone humide du lac Fetzara. Ce statut a été officiellement établi par le décret N° 2261, le 7 septembre 2023, avec la signature de l'arrêté par Monsieur Le Wali d'Annaba.

2. Caractéristiques physiques

.1. Géologie

La péninsule de l'Edough a été qualifiée par Hilly (1962) de "relief modérément élevé, véritable îlot montagneux entouré par la mer", caractérisée par des pentes abruptes sur ses versants. Elle se compose d'un dôme cristallin recouvert, selon des processus tectoniques, par des formations sédimentaires mésozoïques d'origine tellienne. La géologie de cette région inclut trois types de formations : cristallines, éruptives et métamorphiques, ainsi que des terrains sédimentaires quaternaires qui remplissent la plaine (Toubal, 1986). Le noyau du dôme est principalement constitué de gneiss, associé de manière complexe à des roches ultrabasiqes (Bossière, 1978 ; Caby *et al.*, 2001 ; Hadj Zobir *et al.*, 2007), surmonté par des micaschistes contenant du grenat, du disthène et du staurotide, ainsi que des marbres. Ceux-ci sont ensuite surmontés par une alternance de micaschistes à grenat, staurotide et andalousite, accompagnés de bancs de quartzite et de lentilles de gneiss leucogranitique (Fig. 04).

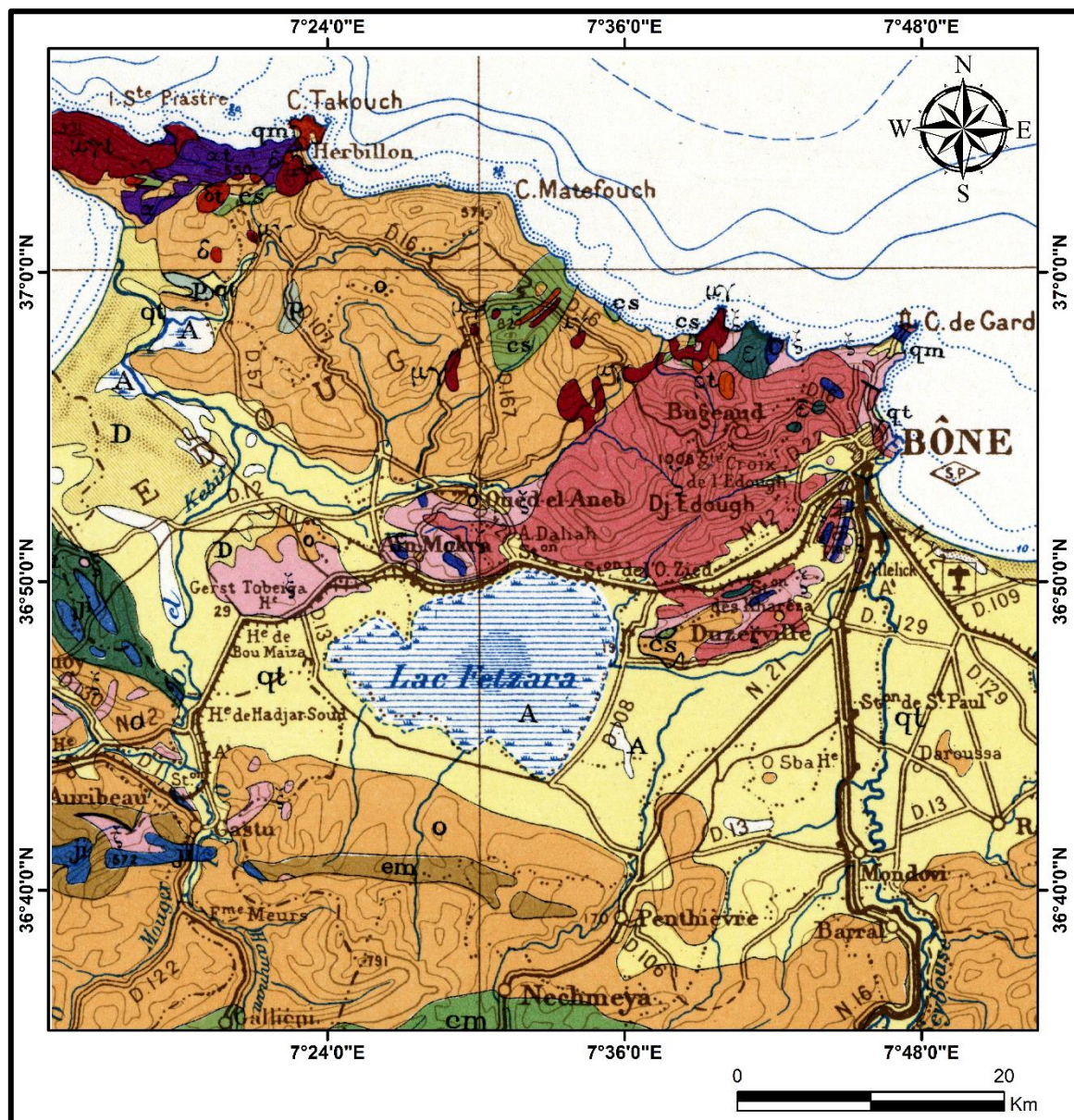


Figure 04 : Carte géologique de la wilaya d'Annaba (Service de la carte géologique de l'Algérie 2eme édition, 1952).

.2. Pédologie

Le massif cristallophyllien de l'Edough comprend des formations éruptives, métamorphiques et sédimentaires (Toubal, 1986). Les sols acides, dérivés de la roche mère siliceuse, favorisent l'établissement de divers groupements végétaux acidophiles. Leur formation résulte de plusieurs facteurs naturels et humains, tels que la pédogenèse et l'occupation des sols. L'interaction avec l'eau (réseaux hydriques et précipitations) et l'air (aération et altération) joue un rôle clé dans le développement de ces végétaux, qui s'adaptent aux caractéristiques physicochimiques des sols. Dans la partie Sud-Est de l'Edough, certains groupements forestiers

La diversité des espèces Saprophytiques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

prospèrent sur des sols bruns ou lessivés, souvent podzoliques (Toubal, 1986 ; Toubal *et al.*, 2014). Selon Oularbi & Zeghiche (2009), la sensibilité à l'érosion y est significative, car la pédogenèse s'y exerce rarement. Toutefois, la morphogenèse y est très active, résultant de la combinaison de pentes abruptes et de fortes pluies. Bien que les sols aient une structure peu favorable, leur bonne couverture végétale contribue à la morphogenèse (Fig. 05).

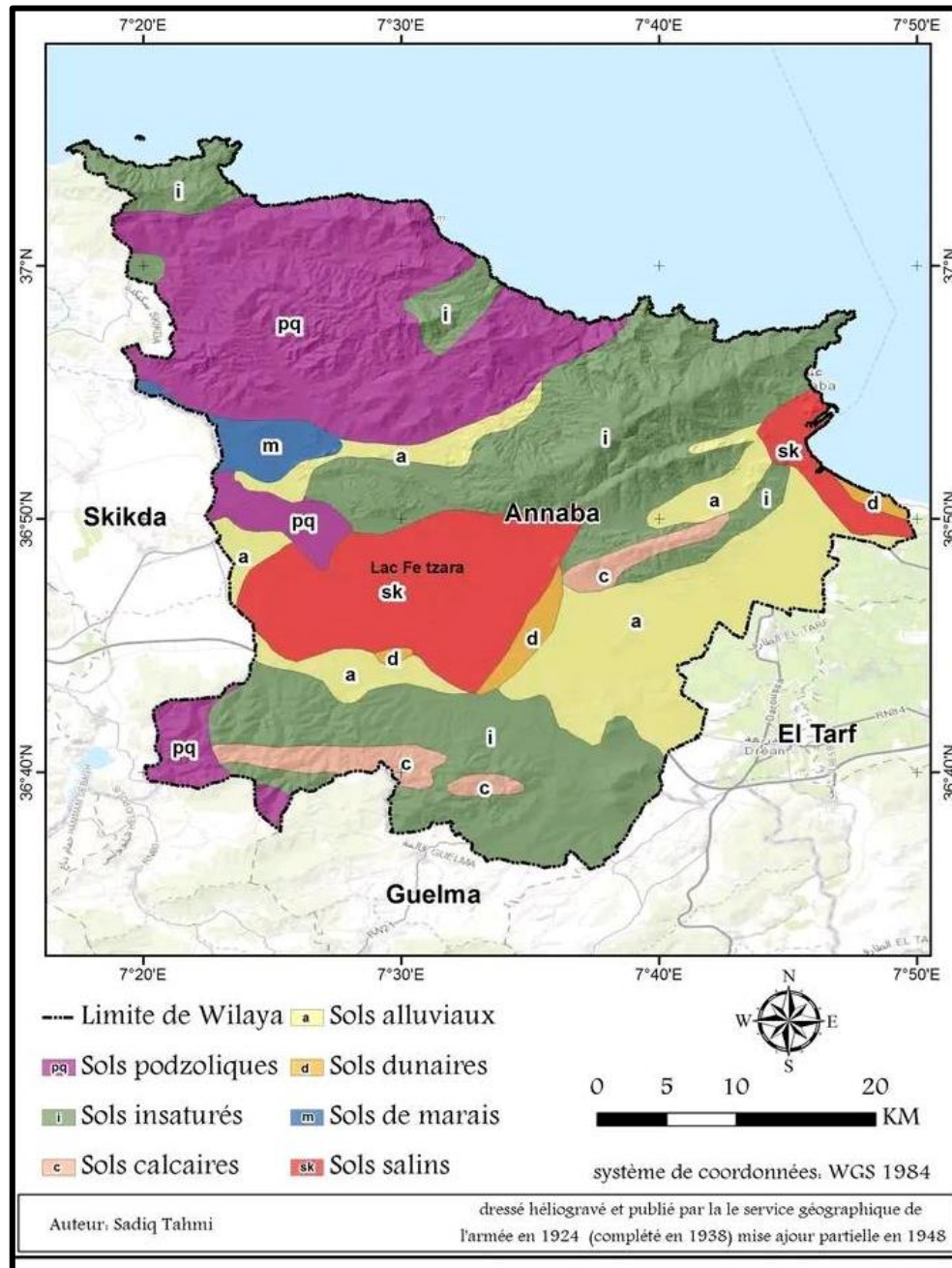
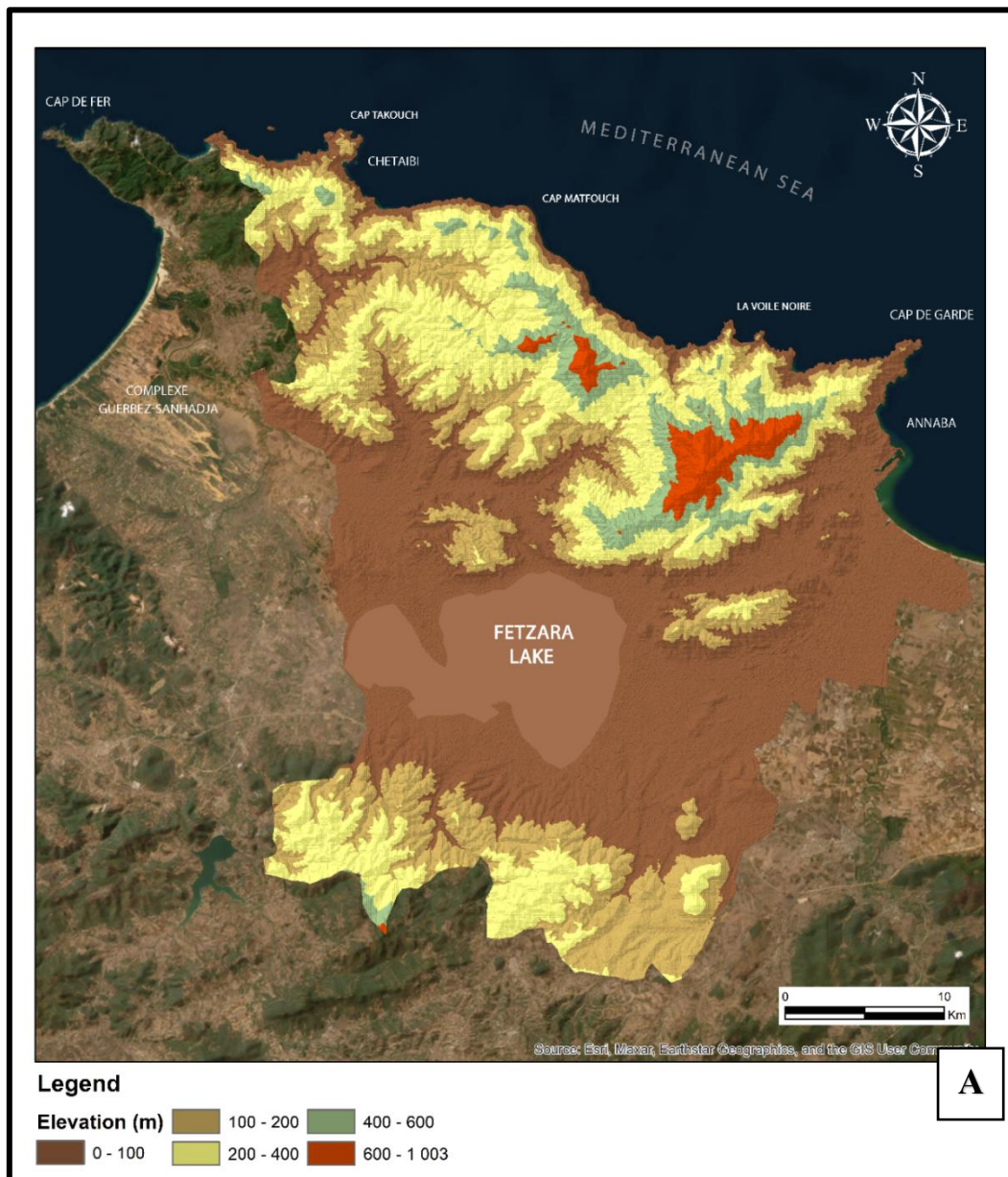


Figure 05 : Carte lithologique de la wilaya d'Annaba (Créer par Tahmi, S 2022).

.3. Hydrologie

La péninsule de l'Edough se divise en quatre bassins versants, délimités par les principales lignes de crête. Le réseau hydrographique y est particulièrement dense et présente un drainage de type dendritique. En raison des fortes pentes et de la nature des roches, le ruissellement diffus est limité, favorisant un écoulement rapide. Les précipitations y sont importantes, dépassant souvent un mètre (**Hadj Zobir, 2012**), ce qui impacte le niveau de sensibilité à l'érosion de la région (**Oularbi & Zeghiche, 2009**). Pendant la saison sèche, de nombreux oueds perdent leur eau, ce qui réduit leur débit. Cependant, cette eau s'infiltre à travers des fissures et des cavités, donnant ainsi naissance à de nombreuses sources dans la région (**Aouadi, 1989**) (**Fig. 06**).



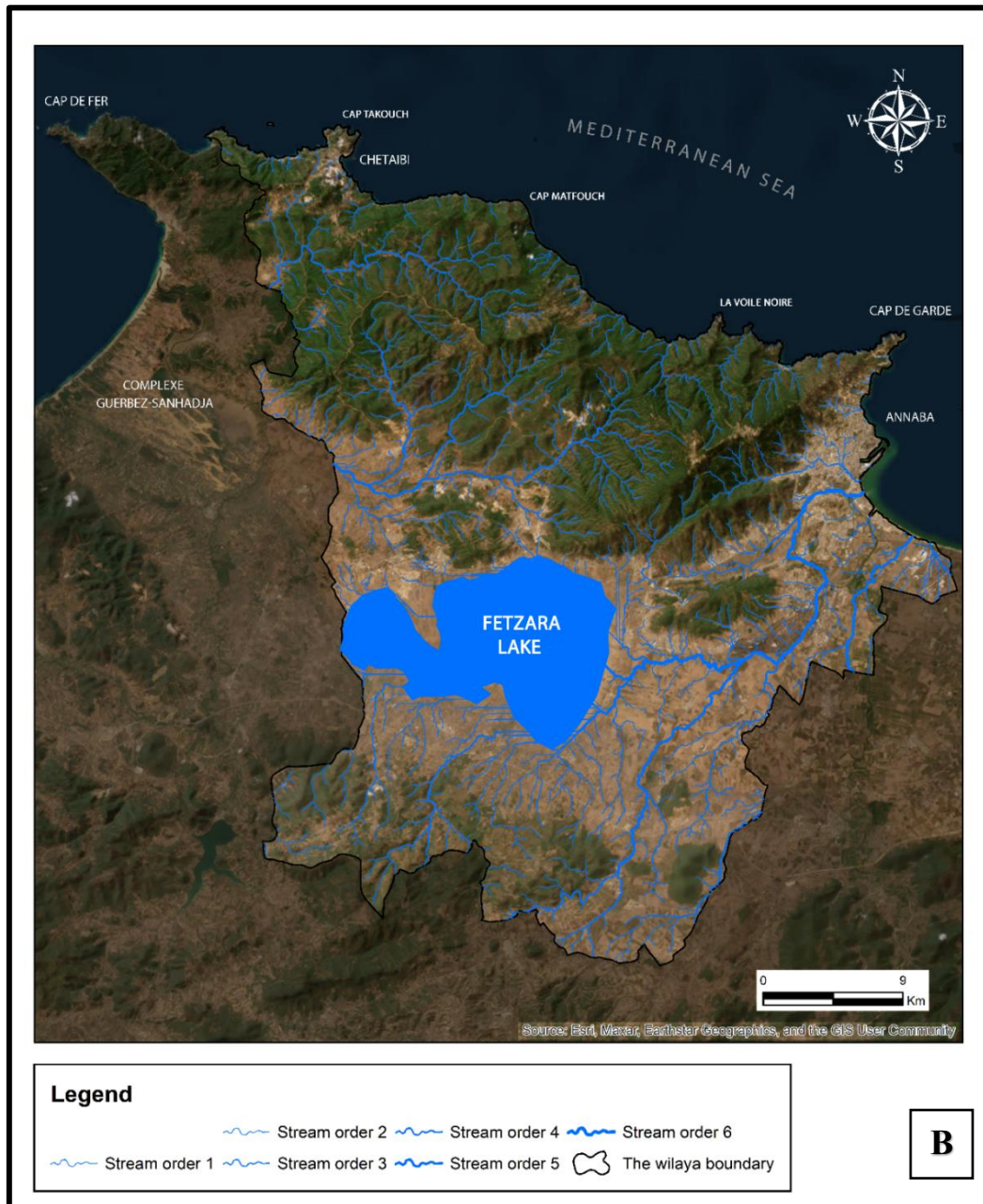


Figure 06 : Cadre physique de la wilaya d'Annaba ; (a) Carte Altimétrique ; (b) Carte réseau hydrographique (Présent travail).

.4. Climat

Le climat méditerranéen règne sur la région, caractérisé par deux saisons distinctes, l'une fraîche, humide et pluvieuse et l'autre chaude et sèche (DGF, 2003). Il est fréquent que des brumes ou des nuages couvrent l'Edough depuis 600 mètres alors que sur le littoral le ciel est dégagé vers 10 h (Bardinet, 1981).

Les précipitations variaient selon un gradient altitudinal, à partir du niveau de la mer jusqu'à 1008 m le point culminant de la région. Les précipitations sont très abondantes dépassent souvent le 1 mètre annuellement (in Boulemtafess et al., 2015).

La diversité des espèces Saprophytiques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

Les variations de température suivent plusieurs critères, en fonction de la saison, la latitude, l'altitude et les conditions atmosphériques, dans la péninsule de l'Edough les moyennes mensuelles de températures les plus élevées sont observées pendant la période allant de Juin à Août, et les plus basses sont observées pendant la période allant de Novembre à Mars, (Louhi H, 2014) (Fig. 07 ; 08).

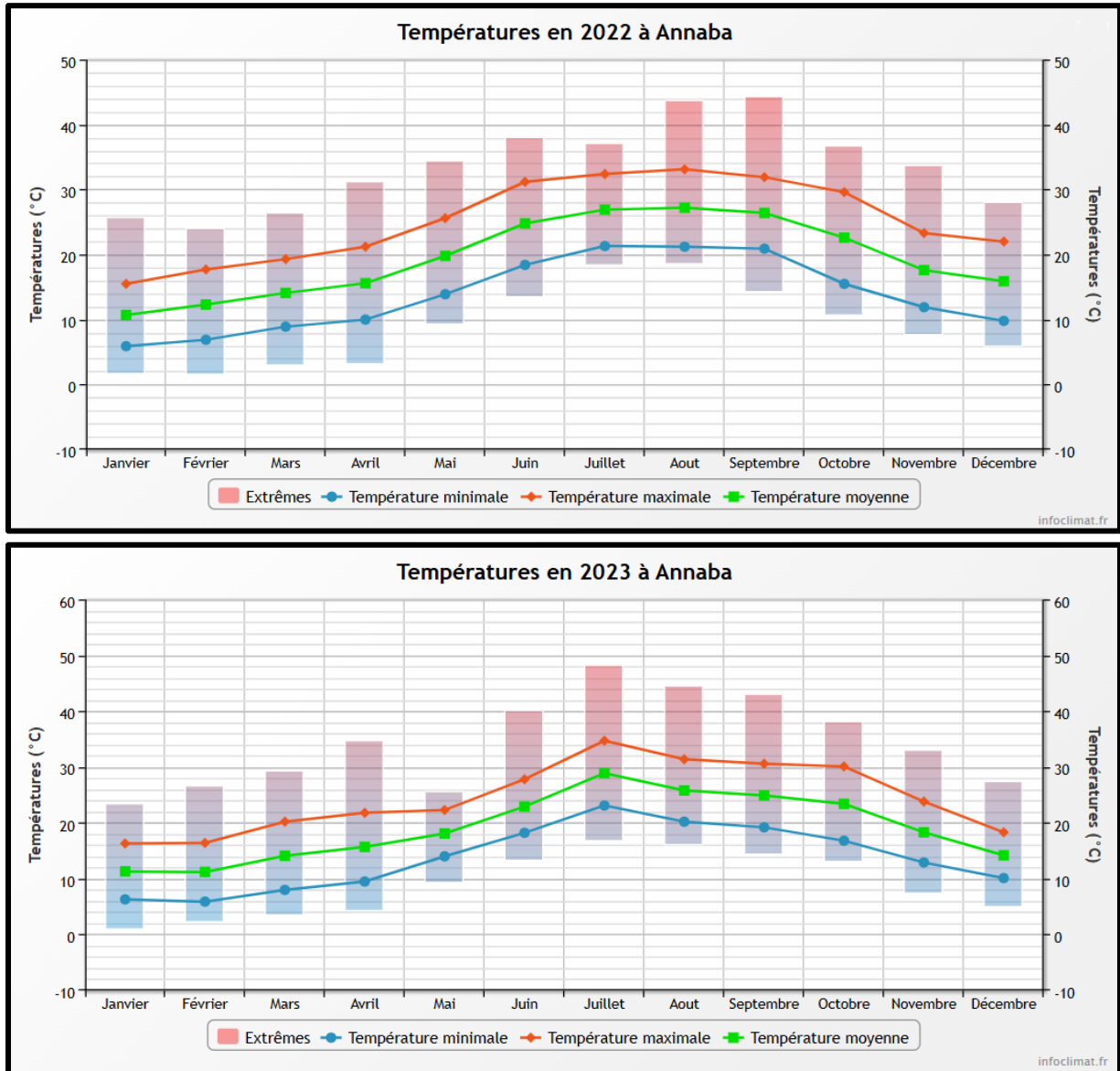


Figure 07 : Données Météorologiques de la température de la Ville de Annaba (2022-2023) (Source : Infoclimat, 2024).

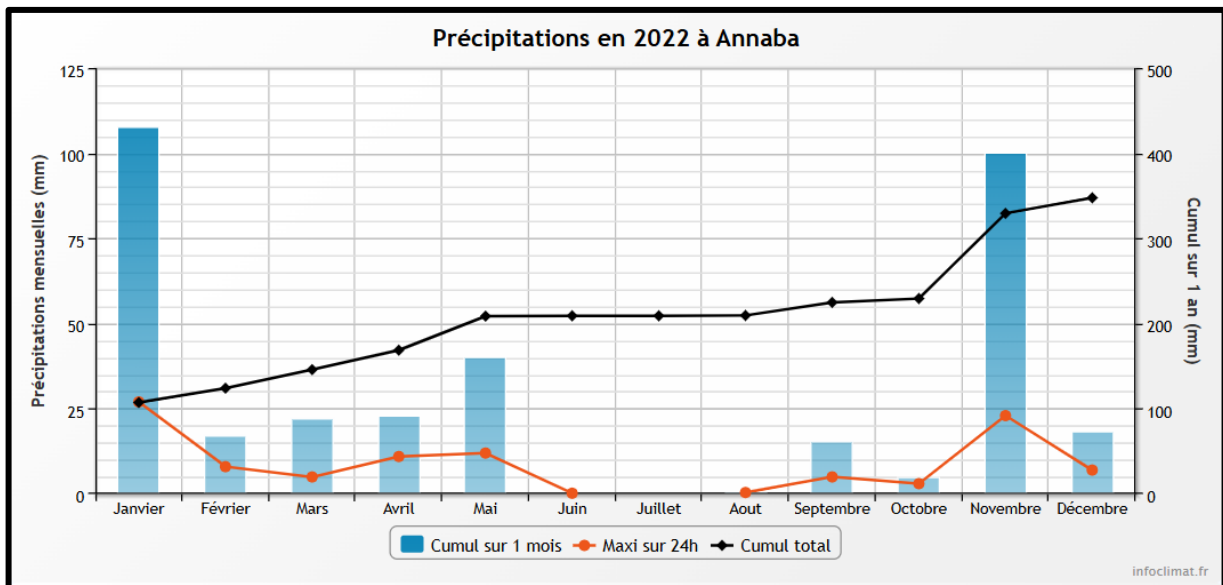
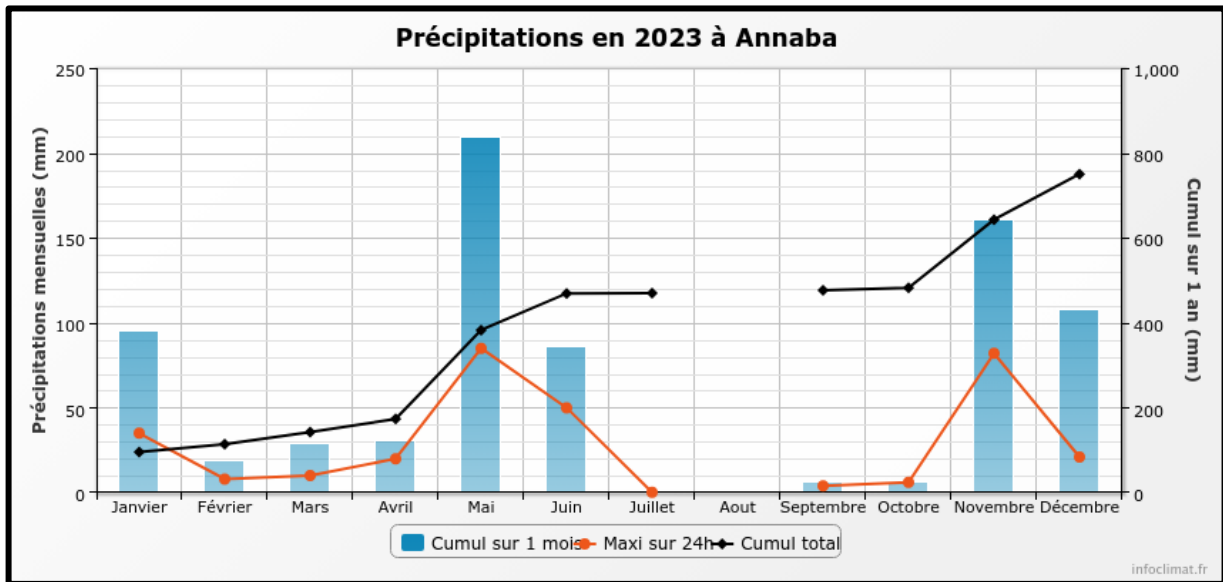


Figure 08 : Donnés Météorologiques de la précipitations de la Ville de Annaba (2022- 2023)
(Source : Infoclimat, 2024).

Le vent agit de façon continue au niveau du littoral de l'Edough, il a un effet direct sur la végétation, le sol et les roches en infligeant des dommages physiques, ou indirect en modifiant les autres facteurs climatiques comme, la distribution des pluies, diminue les températures et augmente l'évaporation. Les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest qui importent les précipitations les plus importantes, ils sont caractérisés par des vitesses très élevées, et les vents du Sud-Est nommés Sirocco sont chauds, leur maximum de fréquence s'observe au mois d'août (Seltzer *et al.*, 1946).

.5. Couvert végétal

Le massif de l'Edough, dont les altitudes varient de 0 à 1008 m, est principalement recouvert de terres forestières, incluant forêts, maquis et reboisements, qui représentent 45 802 hectares, soit 94,4 % de la superficie totale de la région. L'occupation du sol est largement dominée par les forêts, avec un taux de boisement de 80 %. Cependant, le couvert forestier est dégradé et clairsemé en raison de la pression du surpâturage. Les terres cultivées sont limitées, ne représentant que 5,3 % de la superficie de la péninsule. Les maquis constituent 65 % de la superficie des terres forestières, dont les deux tiers se présentent sous forme de maquis arboré, indiquant un déclin des forêts. Les forêts et les reboisements occupent une superficie de 16 054 hectares, soit 35 % des formations forestières de la zone (DGF, 2003), composées des essences végétales suivantes.:

Le chêne liège (*Quercus suber*), le chêne zen (*Quercus canariensis*), L'olivier (*Olea europaea*), Pin maritime (*Pinus pinaster*), châtaignier (*Castanea sativa*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*). La répartition de la végétation se fait suivant les conditions écologiques locales : altitude, topographie, substrat et bioclimat. La flore régionale de l'Edough se caractérise essentiellement par les légumineuses arbustives (*Cytisus*, *Calycotome*, *Genista*, ...), les rosacées (*Cerasus*, *Rubus*, *Crataegus*), les éricacées et les cistacées.

Les groupements végétaux se rangent dans 3 étages altitudinaux de végétation qui succèdent de bas en haut comme suit (Fig. 09 ; 10) :

- L'étage thermoméditerranéen : Nettement thermophile, qui se caractérise par l'oléolentisque à caroubier (0 à 500 m) avec pour espèces principales : *Pistacia lentiscus* , *Olea europea* , *Nerium oleander* , *Ceratonia siliava* , *Chamaerops humilis* , *Porasium majus* .
- L'étage mésoméditerranéen : Qui regroupe les chênaies persistantes à chêne-liège et les groupements climatique à pin maritime (500 à 800). Les espèces qui s'y distinguent sont : *Quercus suber*, *Pinus pinaster*, *Quercus faginea* , *Pteris aquilina* , *Cerasus avium* , *Cytisus crifolorus* , *Ericaarborea* , *Lavandula stoechos* , *Arbutus unedo* , *Phillyrea media* , *Daphne gnidium* , *Myrtus communis*.
- L'étage supraméditerranéen : domaine de la chênaie caducifoliée à chêne-zeen audessus de 800 m environ, on y trouve également : (*Castanea sativa*) , (*Ilex aquifolium*) , (*Alnus glutinosa*) , (*Viburnum tinus*) , (*Ceataegus monogyba*) , (*Cyclamen africanum*) (Toubal, 1989)



Figure 09 : Essences forestières du massif forestier de l'Edough (Source : Google Photo).



Figure 10 : Quelques espèces du sous-bois du massif forestier de l'Edough (Source : Pinterest).

.6. La faune

Le massif montagneux de l'Edough abrite une richesse faunistique révélée par de nombreux travaux : on notera jadis la présence de l'ours de l'Atlas (*Ursus crowtheri*), signalé dans l'Edough par les Espagnols qui avaient occupé la citadelle d'Annaba en 1535 (Wilson & Reeder, 2005). Le lion de l'Atlas ou lion de Barbarie (*Panthera leo leo*) a également été signalé, d'ailleurs le dernier spécimen a été tué au massif de l'Edough en 1890 (DGRF, 2006). Outre ces espèces du passé, le massif de l'Edough est le seul endroit au monde où l'on trouve le triton gris de Poiret (*Pleurodeles poireti*), menacé d'ailleurs d'extinction (in Toubal et al., 2014), ainsi que l'unique genre de collembole sans dents et la Salamandre d'Algérie (*Salamandra algira*). La faune commune actuelle que l'on retrouve à l'Edough est constituée du : loup dore d'Afrique (*Canis anthus*) (Boukheroufa et al., 2020 ; Belbel et al., 2022), la genette commune (*Genetta genetta*)

(Boukheroufa *et al.*, 2020 ; Belbel *et al.*, 2022), le renard roux (*Vulpes vulpes*), le chat sauvage (*Felis silvestris*), le sanglier (*Sus scrofa*), la mangouste (*Herpestes ichneumon*), le hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Sakraoui *et al.*, 2014 ; Senaoui *et al.*, 2020 ; Senaoui, 2021), le porc-épic (*Hystrix cristata*). Le massif de l'Edough abrite également une richesse avifaunistique très appréciable : on peut citer le merle noir, le pic épeiche, les mésanges (bleue, charbonnière et noire), le geai des chênes et le pigeon ramier (DGRF, 2006). Concernant les insectes, de nombreux travaux ont décrit toute la richesse entomologique et son rôle fonctionnel dans le maintien des équilibres écologiques de la zone : on citera les travaux sur les Lépidoptères Rhopalocères (Laref *et al.*, 2022 ; Laref, 2023), les coléoptères (Daas *et al.*, 2016 ; Boulahbal *et al.*, 2022 ; Hadiby *et al.*, 2022) Les araignées (Benhacene *et al.*, 2024) Les Hyménoptères (Bellili, 2024) (Fig. 11).



Figure 11 : La faune terrestre du massif forestier de l'Edough (Source : Pinterest).

.7. Présentation du modèle biologique : les Coléoptères saproxyliques

Dans cette partie, nous nous focaliserons sur la présentation d'un coléoptère saproxylique type, sa systématique, son rôle fonctionnel et les facteurs conditionnant sa vulnérabilité. Par définition, il s'agit de caractériser des espèces qui font partie des organismes Saproxylique (de sapos pourri et xylo bois), c'est-à-dire dépendantes du processus de décomposition fongique du bois, ou des produits de cette décomposition (**Brustel et al., 2004**).

.7.1. Systématique :

Brustel et al. (2004) a parfaitement résumé les principales caractéristiques morphologiques des Coléoptères saproxylique, en les décrivant comme des représentants de l'embranchement des Arthropodes et de la classe des Insectes (**Tab. 1**).

Tableau 1 : La position systématique des coléopteres saproxyliques.

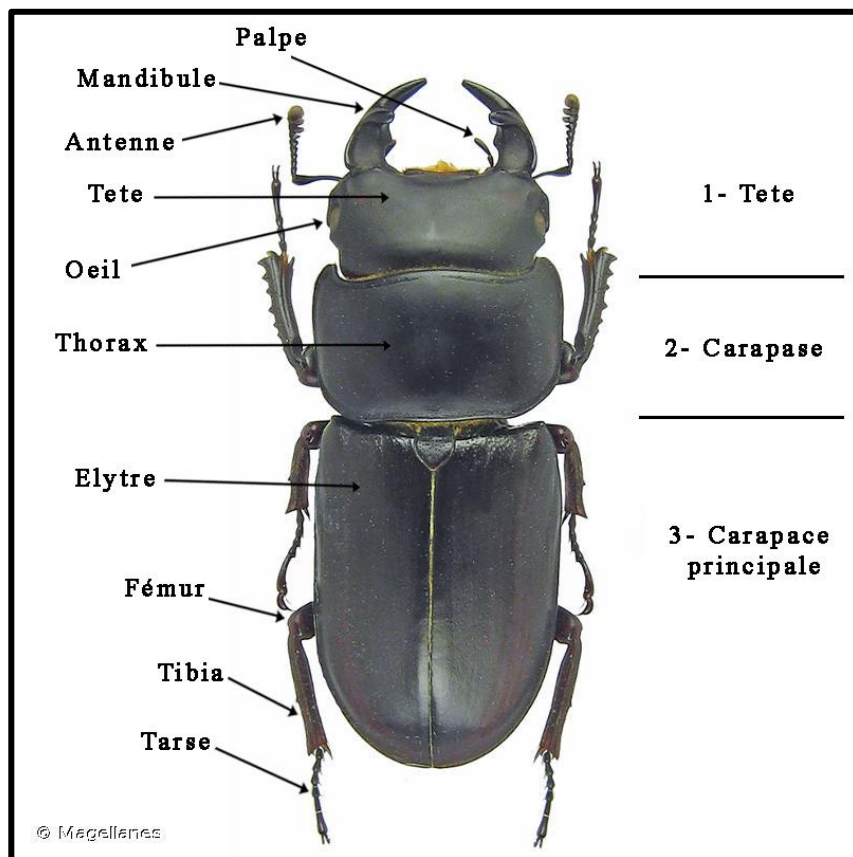
<i>Règne</i>	<i>Animalia</i>
<i>Embranchement</i>	<i>Arthropoda</i>
<i>Sous embranchement</i>	<i>Hexapoda</i>
<i>Classe</i>	<i>Insecta</i>
<i>Sous-classes</i>	<i>Pterygota</i>
<i>Infra-classe</i>	<i>Neoptera</i>
<i>Super ordre</i>	<i>Holometabola</i>
<i>Ordre</i>	<i>Coleoptera</i>

Trois caractéristiques essentielles ont été retenues pour définir l'approche systématique (**Paulian, 1988 ; Delvare & Aberlenc, 1989 ; Elzinga, 1978**) :

- Pterygotes : ce sont des espèces douées de mobilité grâce à deux ailes antérieures sclérifiées appelées élytres et deux ailes postérieures Membraneuses. En dehors du cas général où ces ailes fonctionnelles confèrent une mobilité aux imagos.
- Appareil buccal de type broyeur, autant chez les larves que chez les adultes.
- Développement de type holométabole

.7.2. La morphologie externe des coléoptères

Le corps des coléoptères est divisé en 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) (Fig.12).



*Figure 12 : Morphologie externe d'un coléoptère saproxylique Lucanidae « Dorcus musimon »
(Photo de Magallanas modifié par Hadiby, 2024).*

f. La tête

La tête est de forme très diverse, allongée, transverse, globuleuse ou déprimée avec un cou distinct. 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).

Les palpes maxillaires sont généralement constitués de quatre articles, le premier étant très court, le deuxième très allongé, les derniers de longueur et de formes très variables.

Le développement des pièces buccales est lié au régime alimentaire. Les mandibules et les maxilles sont grandes, fortement dentées ou ciliées chez les espèces prédatrices, notamment chez les Cicindelidae et les Scaritinae. Elles sont réduites chez les floricoles et les coprophages. Les pièces buccales des charançons, qui perforent les tissus végétaux, sont petites et insérées à l'extrémité d'un rostre parfois très long (Fig.13).

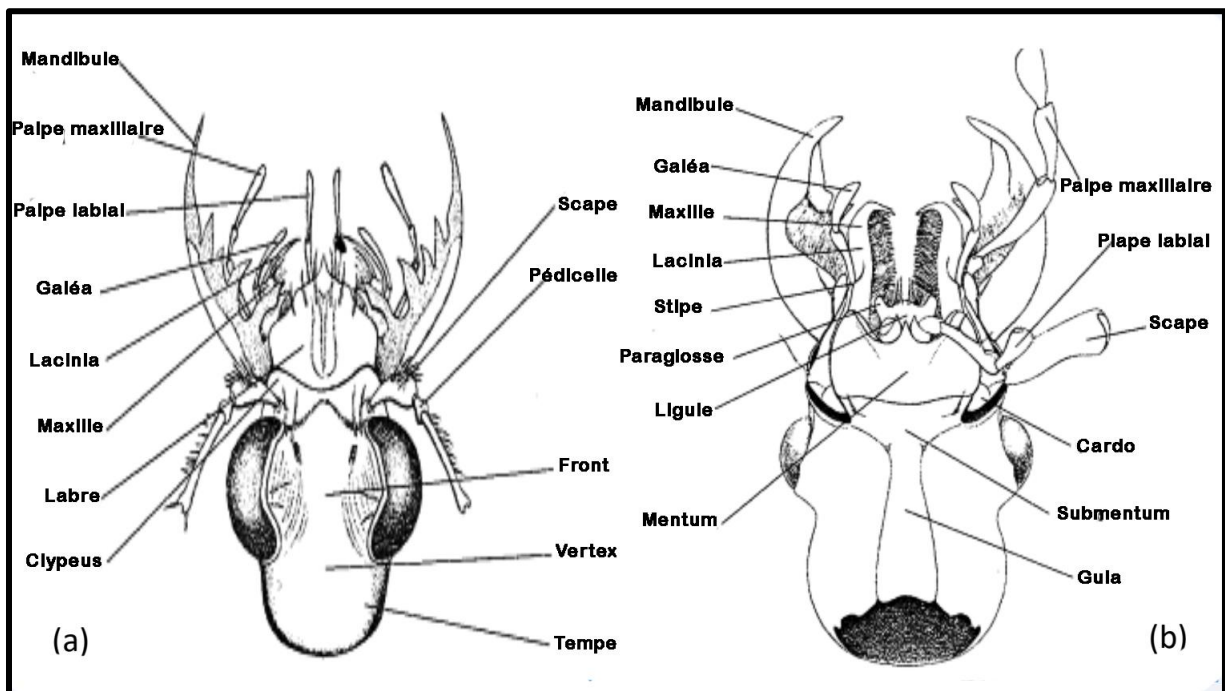


Figure 13 : Morphologie externe de la tête d'un coléoptère (a) Tête de Cicindella Silvatica, vue dessus (b) Tête de Cicindella monilis, vue de dessous (Du chatenet, 2005 modifié par Hadiby, 2024).

Les antennes, insérées sur le côté du front entre les yeux, sont formées par un nombre d'articles variable, mais ne dépassant que rarement 11. Leur longueur est variable, plus souvent plus longue chez les mâles que chez les femelles et peuvent se présenter sous différentes formes (Roth, 1980) (Fig.14).

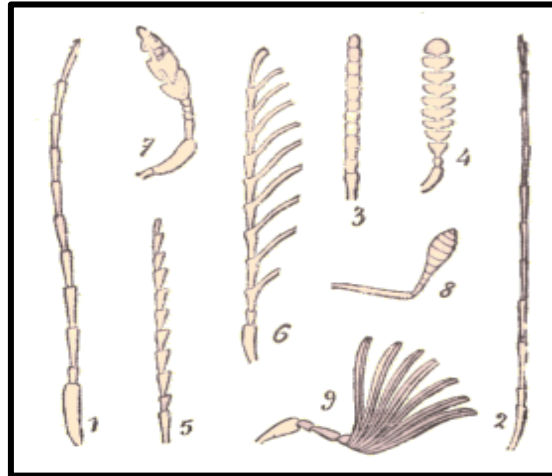


Figure 14 : Types divers d'antennes. -1, *A. filiforme* (*Carabus auratus*); 2, *A. sétacée* (*Dyticus marginalis*); 3, *A. moniliforme* (*Tenebrio molitor*); 4, *A. perfoliée* (*Diaperis boleti*); 5, *A. serriforme* ou en scie (*Buprestis mariana*); 6, *A. pectinée* (*Corymbites pectinicornis*); 7, *A. claviforme* ou en massue (*Hydrophitus piceus*) ; 8, *A. genuculée* (*Otiorrhynchus ligustici*); 9, *A. à massue lamellée* (*Melolontha vulgaris* mâle).

g. Le thorax

D'après Roth, 1980 :

Le thorax, constituant la partie locomotrice du corps, est formé de trois segments successifs nommés, d'avant en arrière, prothorax, mésothorax et métathorax, et portant chacun une paire de pattes.

La face dorsale du prothorax, le pronotum est séparée de la partie inférieure par les bords latéraux qui sont généralement plus ou moins fortement carénés.

Le mésothorax porte la paire de pattes intermédiaires et les élytres. Comme le prothorax, le dessus du mésothorax est constitué d'une seule pièce le scutellum, une petite pièce triangulaire insérée entre la base des élytres.

Le métathorax porte les pattes postérieures et les ailes membraneuses.

h. L'abdomen

L'abdomen est formé d'un nombre variable de segments (onze primitivement et au maximum), entre autres, les organes reproducteurs. 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. Chez le mâle comme chez la femelle, le neuvième et dernier segment de l'abdomen est invaginé et constitue l'armure génitale (Roman, 1967 ; Bitsch 1974 ; Deuve 1988, 1993).

i. Les élytres et ailes

Perrier, 1977 note que les élytres présentent généralement neuf striées, soit continués, soit remplacées par des points enfoncés. Les stries sont velues ou ponctués selon les espèces. 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**) (**Fig.15**).

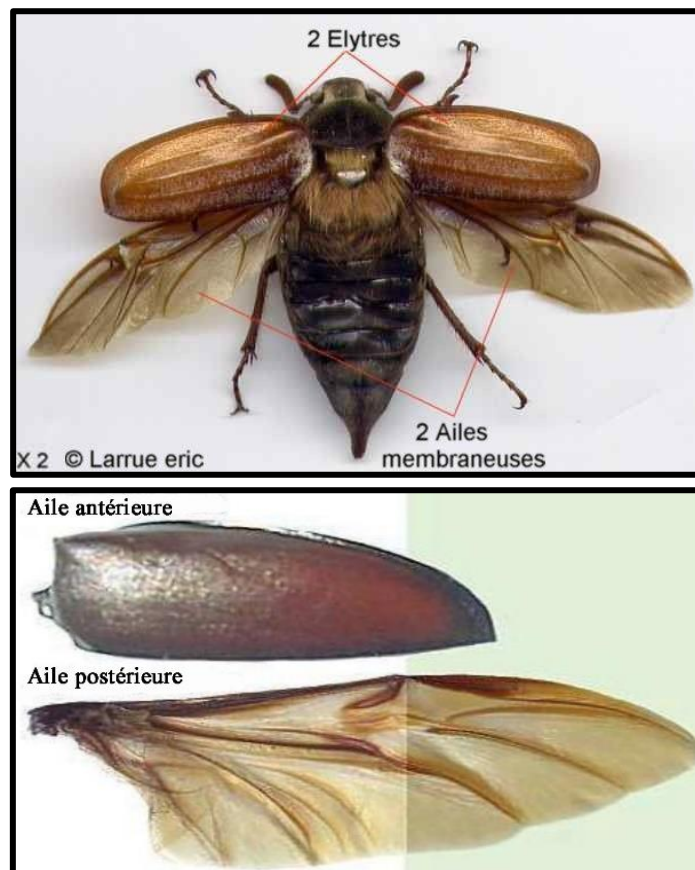


Figure 15 : Morphologie des élytres et des ailes (Larrue e, 2005).

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.

j. Les pattes

Les pattes des coléoptères sont faites d'un certain nombre de segments articulés. De la base vers l'apex, on reconnaît une hanche ou coxa qui s'articule avec le thorax, un petit trochanter, un long tibia, un long fémur et une série d'articles constituant le tarse, le dernier article étant pourvu de griffes ou autres structures adhérentes.

.7.3. Données bioécologiques

d. Les types de Coléoptères saproxyliques

Calmont (2011) Selon l'état de dégradation du bois, on distingue plusieurs types de coléoptères saproxyliques qui lui sont associés. Les espèces strictement dépendantes du matériau bois ne sont pas nécessairement xylophages et le terme anglo-saxon « wood borer » est plus juste que « xylophage » trop souvent employé à tort. Il est même établi que les réels xylophages peuvent ne représenter qu'une infime partie des saproxyliques observés sur les bois morts (**Irmeler et al., 1996**). Il convient de distinguer les Coléoptères saproxyliques dont :

Les larves sont en relations directes avec le bois, parmi lesquels :

- **Les xylophages primaires ou pionniers** : Ce sont des Coléoptères capables d'attaquer des essences végétales vivantes. Ce sont des ravageurs primaires qui peuvent éventuellement attaquer des arbres en pleine vitalité.
Les xylophiles primaires ont la caractéristique d'être les premiers à attaquer des arbres (vivant plus ou moins stressés, déhiscent, moribonds ou morts brutalement et depuis peu : coupe ou chablis par exemple).
- **Les xylophages secondaires** : pour les espèces se développant sur le bois vivant dépérissant ou le bois mort frais. Ce sont des ravageurs secondaires qui peuvent attaquer les arbres dépérissant ou morts. C'est essentiellement parmi les ravageurs secondaires que l'on rencontre des coléoptères saproxyliques.
- **Les saproxylophages** : les saproxylophages sont des coléoptères qui sont incapables de digérer directement la cellulose. On les retrouve davantage dans du bois plus dégradé et plus déstructuré. Ces Coléoptères ont donc besoin d'humidité et d'un matériau souple pour évoluer, se retrouvant ainsi au milieu de leurs crottes et de sciures ou débris générés par d'autres xylophages.

Les larves sont en relations indirectes avec le bois :

- **Les mycétophages des carpophores** : les champignons du bois, dits lignicoles sont très variés et hébergent également des coléoptères saproxylques qui leur sont plus ou moins inféodés.
- **Les zoophages prédateurs** : Ce sont des Coléoptères prédateurs d'espèces saproxylques, on les retrouve donc parmi ces dernières dans le bois. Ils sont généralement plus spécialisés par rapport au stade de décomposition du bois qu'au type de proie ; cela s'explique sans doute par leurs faibles capacités de forage et de déplacement à l'intérieur des différents matériaux qu'exploitent leurs proies.
- **Les polyphages** : Ce sont des Coléoptères qui à l'état larvaire sont aussi bien capable de se nourrir de matière végétale que d'être prédateur occasionnel de diverses larves, nymphes ou même d'imago d'insectes.

e. Habitats des Coléoptères saproxylques :

Après son développement, passant par plusieurs stades larvaires avant métamorphose, l'imago d'un coléoptère saproxylque émerge de son habitat larvaire et doit perpétuer son espèce. Les réserves accumulées pendant le développement larvaire ou l'alimentation des adultes répondent aux besoins énergétiques des tâches les plus élémentaires qu'ils ont à accomplir : s'apparier et assurer une descendance. Pour les femelles, il faut trouver, au moment de la ponte, des conditions spécifiques et adaptées au développement complet de leurs larves peu mobiles.

Les coléoptères saproxylques connaissent donc deux écophases majeures dans l'occupation des milieux : lors de l'émergence imaginale qui traduit la dispersion depuis l'habitat larvaire et lors de l'éclosion de la descendance larvaire qui suit la ponte, marquant ainsi le relais de la population adulte précédente et la colonisation d'un éventuel nouvel habitat.

L'habitat d'une espèce ne peut pas être seulement « un domaine de tolérance vis-à-vis des principaux facteurs de milieu » (**Hutchinson in Frontier & Pichod-Viale, 1998**), car cette notion stipule que les espèces subissent leur milieu et non choisissent, au moins lors de la ponte, les conditions utiles à leur développement. Dans ces conditions, nous parlerons pour caractériser l'écologie d'une espèce : de milieux fréquentés par les adultes, d'habitat pour les seules phases larvaires (**Fig. 16**), et de régime alimentaire des adultes ou des larves, ce qui les situe en différentes positions dans les réseaux trophiques (**Brustel, 2002**).

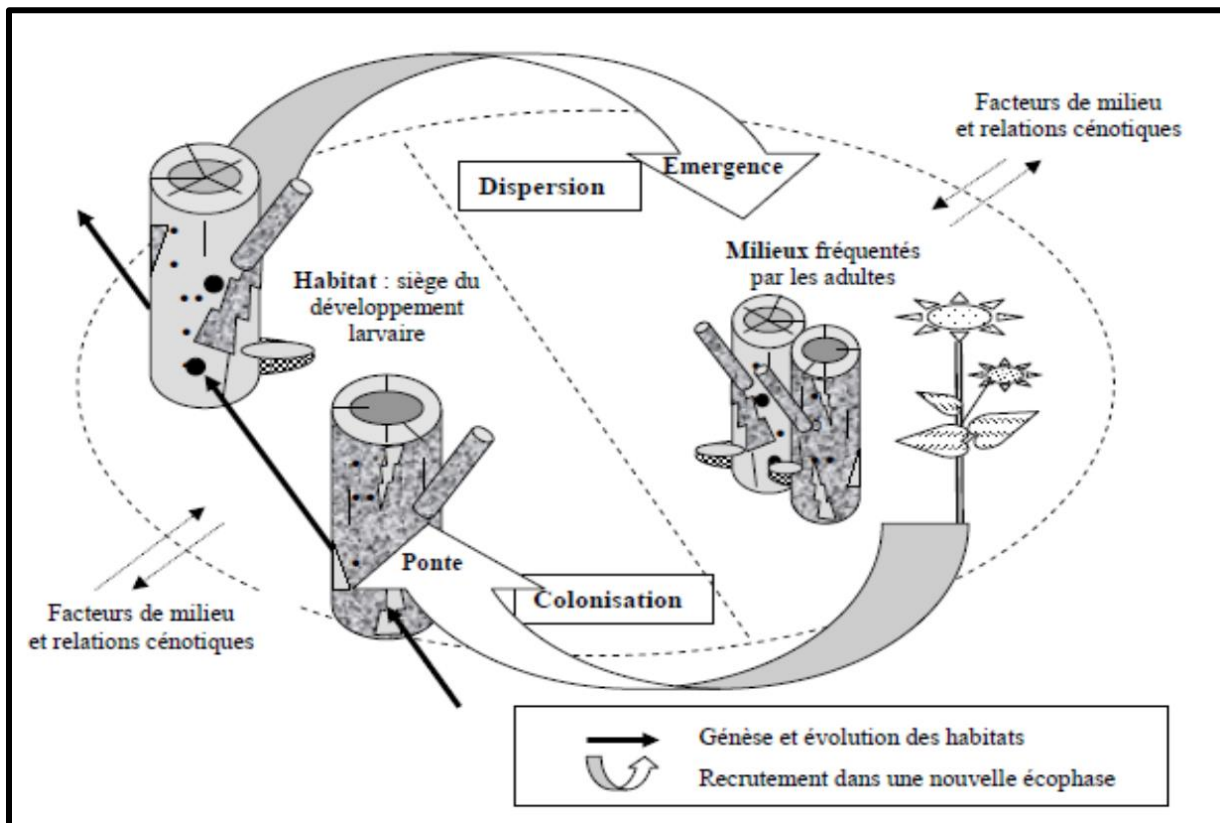


Figure 16 : Habitats d'un coléoptère saproxylique (Brustel, 2002).

L'habitat d'une espèce correspond à une conjonction de facteurs particuliers de milieu, en général choisie par l'adulte (femelle) d'une espèce pour y déposer sa ponte, qui permet le succès du développement larvaire jusqu'à l'émergence de la génération suivante. Il y a en effet une constance des différentes espèces à coloniser tel ou tel habitat. Pour le développement larvaire, une forêt ne constitue pas un habitat et un arbre mort ne l'est pas davantage. **Speight (1989)** introduit à ce sujet la notion de « mégapole arboricole » pour les grands arbres présentant de multiples types de déficiences et de nécroses où se situent différents habitats d'organismes saproxyliques. Tous les arbres sont des lieux pouvant présenter des habitats très divers et évolutifs, par exemple (une cavité particulière, une carie de bois abritant telle proie, une interface écorce-bois avec une espèce donnée de champignon). Cette notion d'habitat peut donc correspondre à quelques dm³ de bois ou de terreau d'arbre pour un coléoptère alors qu'elle se chiffre en dizaines d'hectares, avec une multitude de composantes, pour un grand mammifère.

C'est pour cette raison que l'on parle de « micro-habitat », de micro-caverne pour les cavités d'arbres (et de coléoptères micro-cavernicoles comme les Cétoines dont les larves se développent dans ce contexte (**Luce, 1995**), ou de micro biocénoses (terme révélateur de l'échelle d'approche et de la définition de l'habitat des coléoptères saproxyliques). Cette approche invite surtout à parler des micro conditions qui permettent certaines associations de faunes saproxyliques dont on devine l'extrême richesse à l'intérieur d'une seule forêt. Cette

notion implique l'évolution qualitative des cortèges faunistiques localisés dans le temps et dans l'espace, sur une surface ou un volume réduit, d'un bois mort particulier (essence, taille, position sur l'arbre, situation de l'arbre dans son contexte local).

f. Niche écologique

Les coléoptères saproxyliques occupent une niche écologique spécialisée et étroitement liée à la décomposition du bois mort. Ils jouent un rôle crucial dans les écosystèmes forestiers, quel que soit le type de forêts, en contribuant à la dégradation du bois, ce qui favorise le recyclage des nutriments. Ces insectes se nourrissent de bois en décomposition, de champignons et parfois d'autres matières organiques, et ils sont essentiels pour la création d'habitats pour d'autres espèces, en augmentant la biodiversité. Leur présence est souvent un indicateur de la santé des forêts, car ils dépendent de la disponibilité de bois mort et de vieilles arbres (**Fig. 17**).

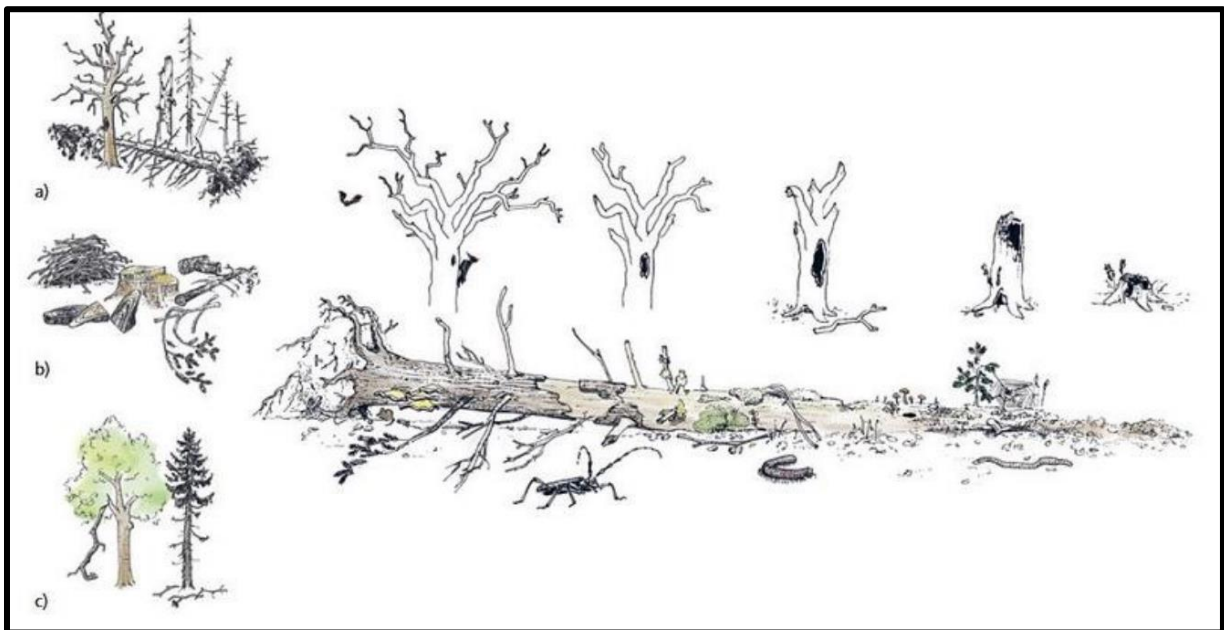


Figure 17 : Les différents niches écologiques pour les coléoptères saproxyliques : (a), l'exploitation forestière (b), dépérissement de parties d'arbres (c) création du bois mort. Illustration : Yvonne Rogenmose.

Les coléoptères ont des différentes méthodes de reproduction tout dépend les familles. Pendant la période de reproduction des insectes, la communication se réalise à cause de la sécrétion de phéromone, c'est pour ça donc le male peut trouver la femelle facilement. Chez le plus grand nombre des coléoptères l'accouplement à lieu le mâle étant monté sur le dos de la femelle. Le plus souvent la partie antérieure du thorax du mâle est légèrement en arrière de la partie antérieure du thorax de la femelle, ou a sa hauteur (**Gadeau de kerville, 1900**).

.7.4. Cycle de développement des coléoptères saproxyliques

Les organismes Saproxylique (de sapos pourri et xylo bois) sont des espèces impliquées ou dépendantes du processus de décomposition fongique du bois, ou des produits de cette décomposition. Elles sont associées à des arbres tant vivants que morts.

Par convention deux autres regroupements d'organismes sont inclus dans cette définition :

- Les espèces associées aux écoulements de sève et à leurs produits de décomposition,
- Les organismes autres que les champignons qui se nourrissent directement du bois. » **(Alexander, 2008).**

Les coléoptères saproxyliques ont un cycle de vie complexe qui dépend du bois mort ou mourant, des arbres moribonds ou morts, des champignons du bois, ou de la présence d'autres organismes saproxyliques. Voici les principales étapes de leur cycle de vie :

- Les œufs sont pondus dans le bois mort ou mourant, généralement dans les fissures ou sous l'écorce **(Meziane, 2017).**
- Les larves se développent dans le bois en décomposition pendant plusieurs années selon les espèces (3 à 6 ans pour le Lucane cerf-volant par exemple) **(Dajoz, 2007).**
- Elles se nourrissent de bois, de champignons ou d'autres organismes saproxyliques **(Meziane, 2017 ; Calmont, 2016).**
- Les larves subissent plusieurs mues avant de se nymphoser dans une loge creusée dans le bois **(Meziane, 2017).**
- Les adultes émergent du bois et s'accouplent. Certains adultes sont pollinisateurs et participent à la reproduction des végétaux **(Calmont, 2016).**
- Les adultes pondent à leur tour leurs œufs dans le bois mort ou mourant, bouclant ainsi le cycle **(Meziane, 2017).**

Ce cycle complexe montre l'étroite dépendance des coléoptères saproxyliques envers le bois mort et les arbres sénescents, qui leur fournissent nourriture et habitat à différents stades de leur développement **(Fig.18).**

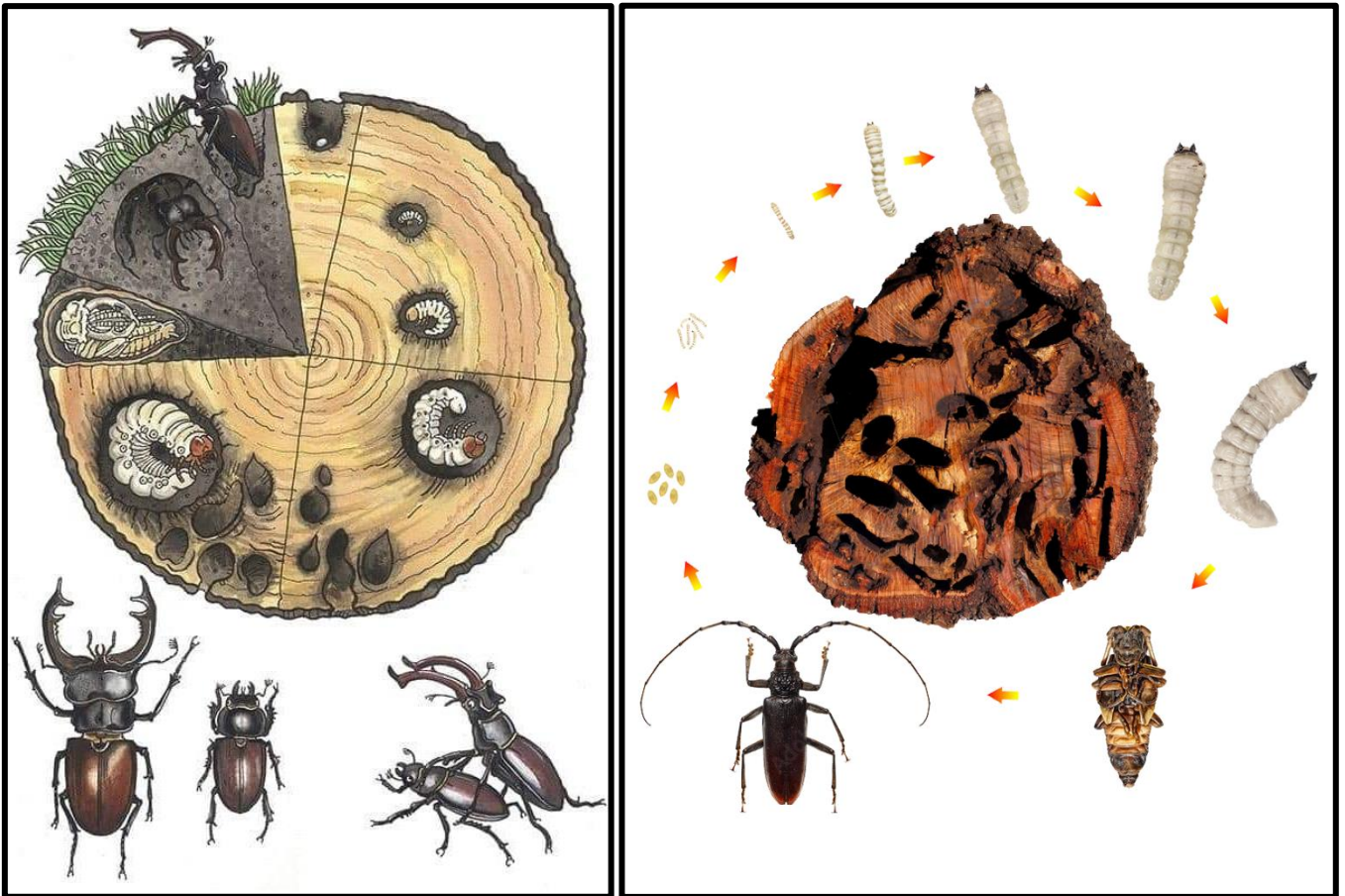


Figure 18 : Cycle de vie des coléoptères saproxyliques (à gauche : Famille des Lucanidae (Mlle Si et M. Lin, 2022) ; à droite : Famille des cerambycidae (Illustré par Alexey Protasov, modifié par Hadiby, 2024).

e. Stade œufs :

La plupart des Coléoptères pondent des œufs et seules quelques espèces sont ovovivipares, c'est-à-dire que les œufs éclosent dans le tractus génital de la femelle, cette dernière déposant donc une larve (Wyss & Cherix, 2006).

f. Stade larvaire :

Les larves de Coléoptère 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. Leur tête, extrêmement développée, présente des mandibules broyeuses similaires à celles des adultes. Pour la grande partie des espèces, le développement larvaire s'étale sur quelques mois (Meziane, 2017) (Fig.19).

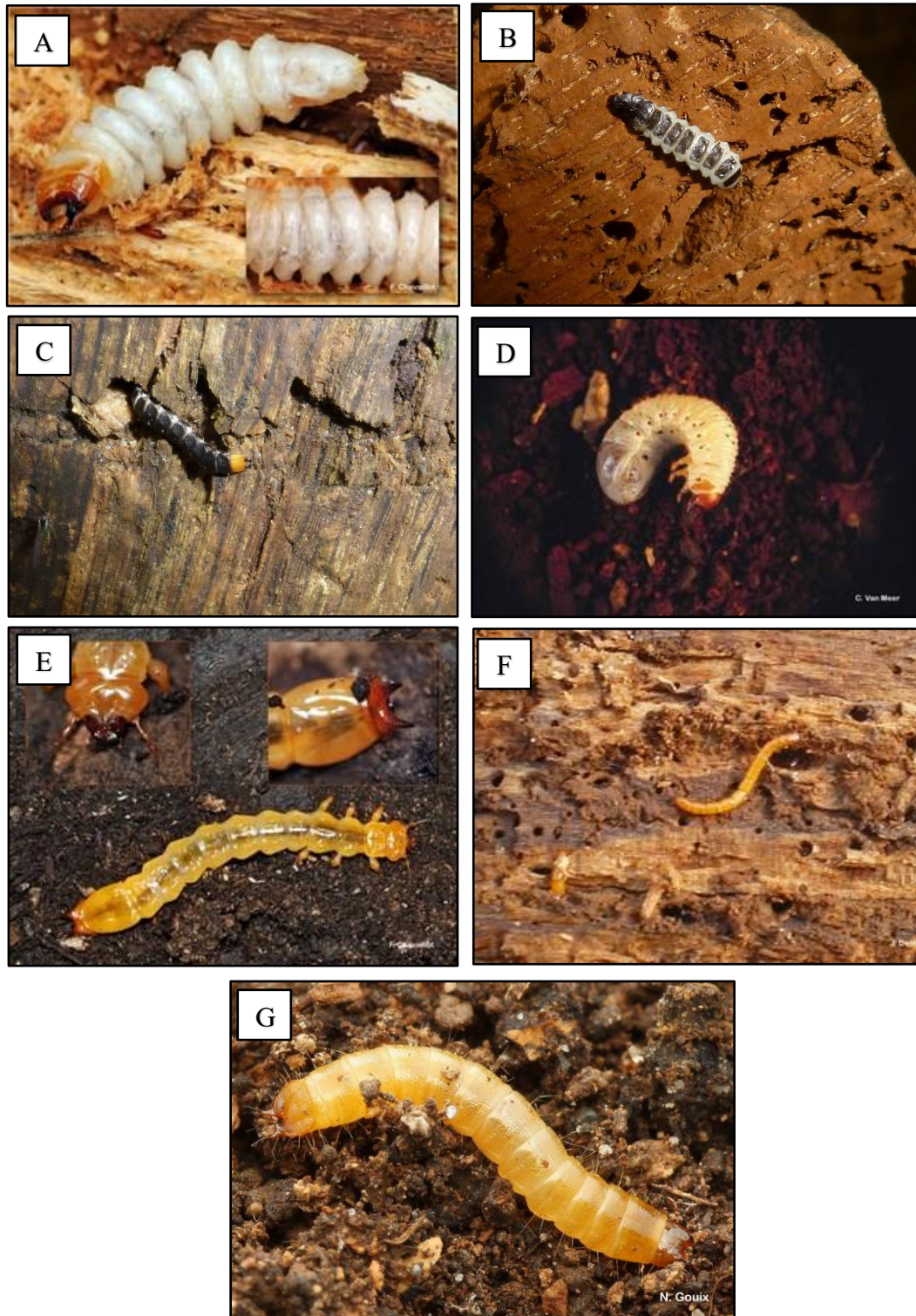


Figure 19 : Différentes morphologies larvaires des différents coleopteres saproxyliques (A : Larve de cerambycidae (Rhagium) - Photo F. Chevillot. B : larve de Lycidae. C : larve de Lygistopterus sanguineus - Photo B. Meriguet. D : Larve de Scarabaeidae (Osmoderma) - Photo C. van Meer. E : Larve de Pyrochroidae (Pyrochroa) - photo F. chevillot. F : Larve d'Elateridae (Isidus) - Photo J. Delnatte. G : Larve d'elateridae (Limoniscus) - Photo N. Gouix) (Saprox MNHN).

g. Stade nymphale :

Les larves se transforment ensuite en nymphe, subissent 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 (**Meziane, 2017**) (**Fig.20**).

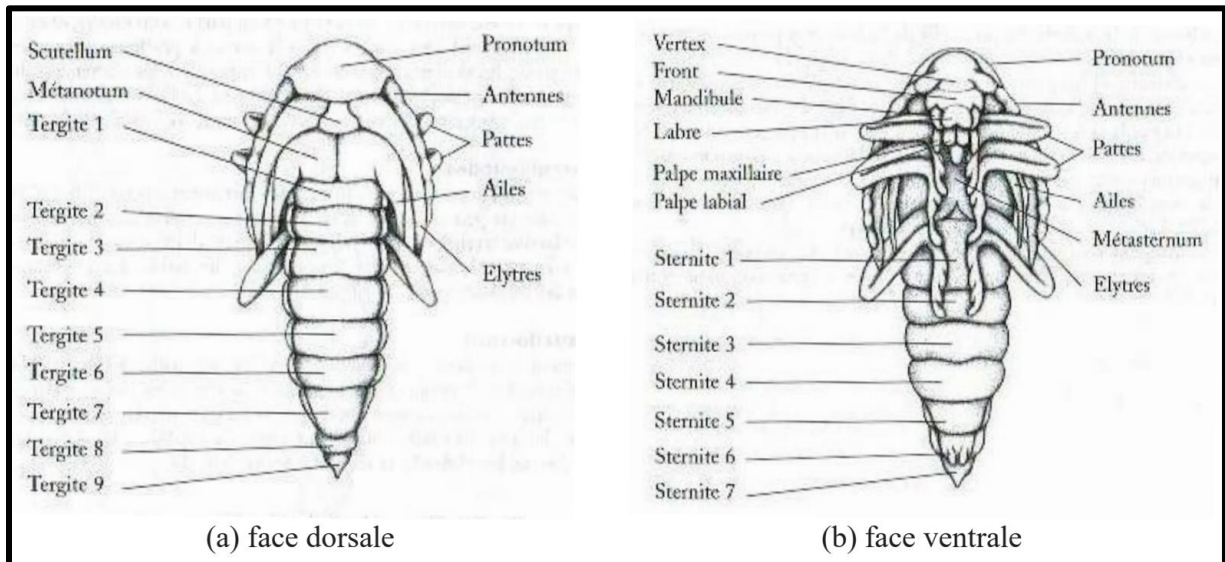
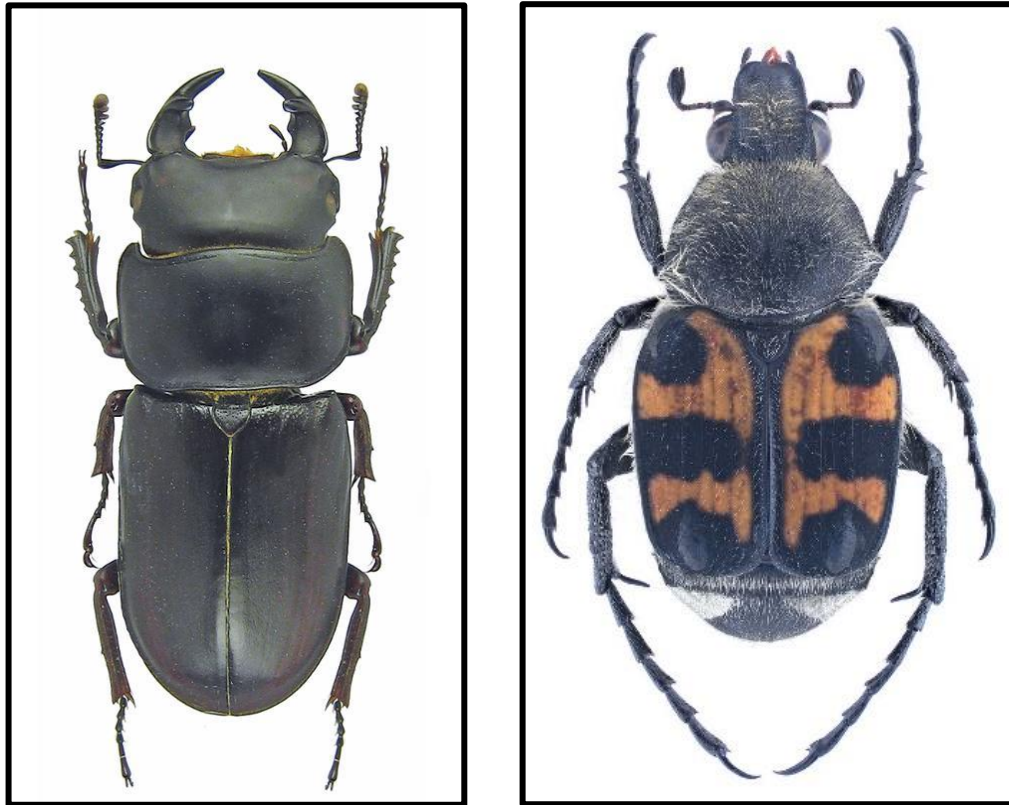


Figure 20 : Nymphe de longicorne (Du Chatenet, 2005).

h. Stades adultes :

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 (**Hacene et al., 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, 2013**) (**Fig.21**).



*Figure 21 : Coleoptères saproxylques adulte (à gauche : *Dorcus musimon* (© : Magellanes, MNHN), à droite : *Trichius gallicus zonatus* (© : U. Schmidt, 2023)).*

.7.5. Régime alimentaire :

Les coléoptères saproxylques dont :

- Les larves sont en relations directes avec le bois, parmi lesquels : les xylophiles primaires ou pionniers colonisent des arbres dépérissant ou morts et exploitent les couches cambiales ou le milieu sous-cortical et s'alimentent : d'oses simples directement assimilables, de quelques polysaccharides facilement dégradés par leur activité osidasique, de la cellulose ou de symbiotes capables de dégrader les complexes des lignocelluloses (champignons et sous- produits) ; les xylophiles secondaires qui sont xylophages (équipés de leurs propres enzymes pour dégrader la cellulose et les hémicelluloses) ou saproxylphages (qui bénéficient d'une dégradation préalable du bois en caries par d'autres organismes).
- Les larves sont en relations indirectes avec le bois : les mycétophages des carpophores de champignons lignicoles ; les zoophages prédateurs de xylophiles, de mycétophages ou d'autres prédateurs saproxylques ; et des espèces polyphages qui cohabitent étroitement avec les espèces xylophages, mycétophages et saproxylphages (**Dajoz, 2007**) (**Fig.22**).



Figure 22 : Les traces des coléoptères saproxylques dans leur milieu de prédilection (Hadiby, 2024).

.7.6. La diversité des Coléoptères saproxylques :

On estime que deux tiers des familles de Coléoptères renferment, en totalité ou en partie, des espèces saproxylques. Les Coléoptères saproxylques sont apparus très tôt, en même temps que les arbres : les Buprestides au Trias, les Cérambycides au Jurassique, les Anobiides, Lucanides, Passalides et Scolytides au Crétacé, les Ciides, Clérides, Platypodides à l'Oligocène. Les recherches sur la biologie et la systématique ainsi que sur la conservation des insectes saproxylques se sont multipliées depuis quelques années (**Dajoz, 2007**).

Les Coléoptères saproxylques représentant entre 10% et 20% de l'ensemble des coléoptères selon les régions. En France et en Allemagne, ce pourcentage est estimé à 20%, ce qui signifie que 1 900 espèces de Coléoptères appartiennent à cette catégorie en France. En Suède, plus de 20% des espèces de Coléoptères dépendant du bois mort. En Norvège, 405 espèces de Coléoptères sont associées au bouleau, 389 au pin sylvestre et 354 à l'épicéa (**Ehnström, 2001**). Plus de 300 espèces d'insectes vivent dans le sapin de Douglas dans l'état de Washington (**Deyrup, 1976**). On a récolté 104 espèces de Coléoptères dans des troncs morts d'Eucalyptus d'une seule forêt de Tasmanie (**Yee et al., 2001**).

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

Il existe près de 10 000 espèces de Coléoptères en France, 12 000 en Italie, soit près du tiers des espèces d'insectes connues dans ces régions. Probablement près de la moitié de ces espèces sont associées aux arbres, aux contextes forestiers, ou susceptibles simplement d'y être rencontrés (zones humides). Les Coléoptères représentent le groupe le plus diversifié de la faune entomologique, et cette diversité n'est pas seulement liée à leur aspect. Ces aspects sont aussi des éléments explicatifs de l'intérêt porté aux Coléoptères par beaucoup de naturalistes. Les recherches dans ce domaine conditionnent pourtant les progrès nécessaires dans la protection de cette faune (Du Chatenet & Dorst, 2000) (Fig.23).

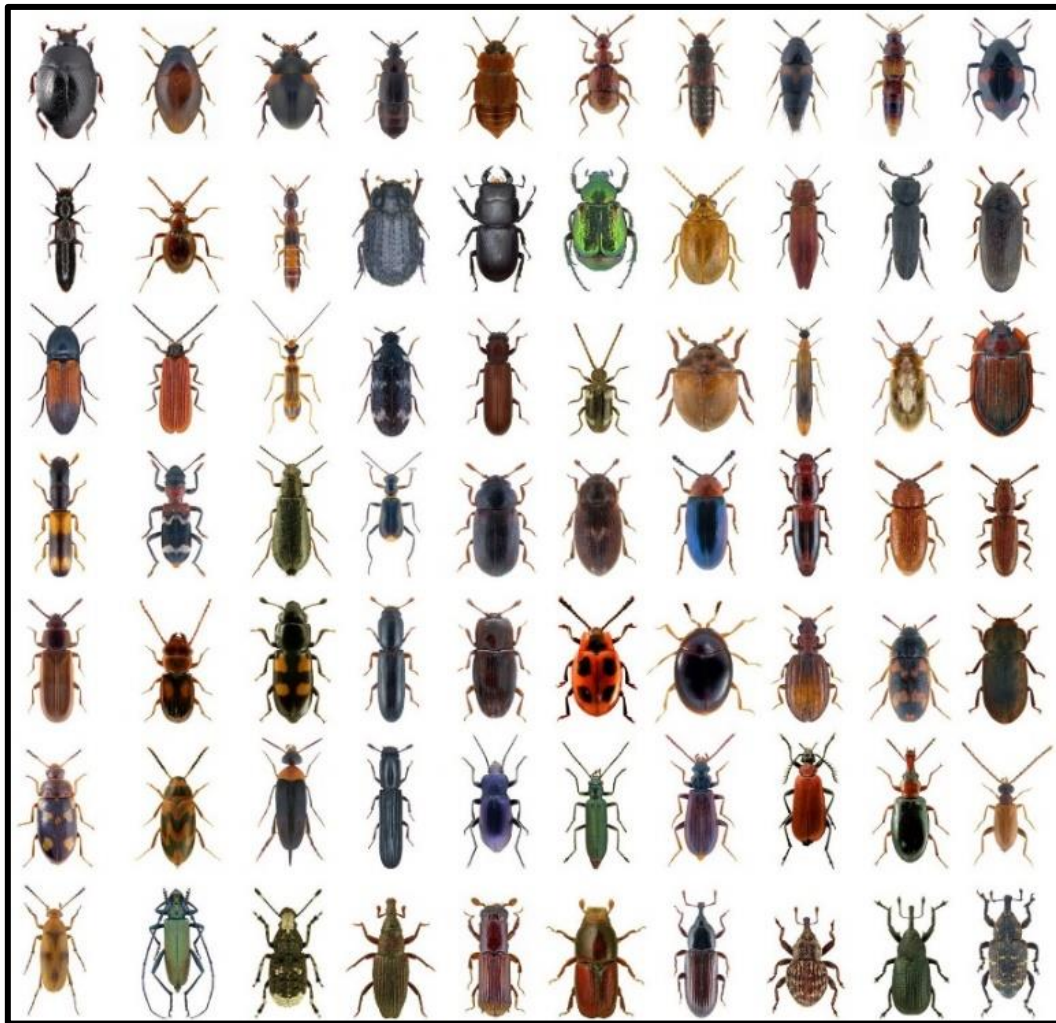


Figure 23 : Une vue générale sur la diversité des coléoptères saproxyliques (Piper, 2020).

.7.7. Description des principales familles de Coléoptères saproxyliques

Les principales familles de Coléoptères saproxyliques sont les suivantes :

e. Les Cerambycidae

La famille des Crambycides comprend environ 35 000 espèces réparties dans neuf sous famille, avec 240 espèces en France, 600 en Europe et 1 000 en Amérique du Nord (**Dajoz, 2007**). Appelés aussi longicornes (capricornes) en raison de l'allongement fréquent des antennes, qui sont cinq fois plus longues que le corps, leurs larves sont saproxylophages et creusent des galeries dans le bois des chênes. Ils s'attaquent surtout aux arbres affaiblis, mais préfèrent également la sève sur des arbres blessés. En général les adultes sont floricoles (**Barbalat, 1997**).

La larve de l'espèce *Cerambyx cerdo Mirbecki*, apode à mandibules noirâtres et puissantes a été rencontrée dans le bois mort (**Benia, 2010**).

Les Cérambycides ont souvent le corps allongé et presque cylindrique. Le dimorphisme sexuel est marqué surtout au niveau des antennes qui sont plus allongées chez les mâles que chez les femelles. La durée de vie des Cérambycides adultes est généralement brève. Beaucoup apparaissent en été, d'autres subissent leur mue imaginale à l'entrée de l'hiver et restent dans leur loge nymphale jusqu'au printemps (**Dajoz, 2007**). Les larves des Longicornes se développent en général dans le bois mort, plus rarement dans le bois vivant, ouvrant la voie à d'autres organismes (autres insectes, champignons, bactéries) qui transformeront progressivement ce bois en humus. D'autres espèces se développent dans les tiges ligneuses de certaines plantes. La nymphose a lieu habituellement dans l'essence où s'est déroulée la vie larvaire. Autant cette vie larvaire peut être longue (1 an, voire 2 ans ou plus pour les plus grosses espèces), autant la vie adulte dans le milieu extérieur est brève (1 à 2 semaines), assurant la reproduction et la dissémination des espèces (**Gretia, 2009**). Les adultes s'observent au printemps ou en été sur les tas de bûches, les troncs, les fleurs ou les arbustes. Beaucoup d'espèces sont discrètes, ce qui rend difficile la mise en évidence de leur présence. Certaines espèces emblématiques font l'objet d'une protection officielle comme *Cerambyx cerdo* (strictement protégé en France et en Europe) ou encore *Rosalia alpina* (**Gretia, 2009**) (**Fig.24**).

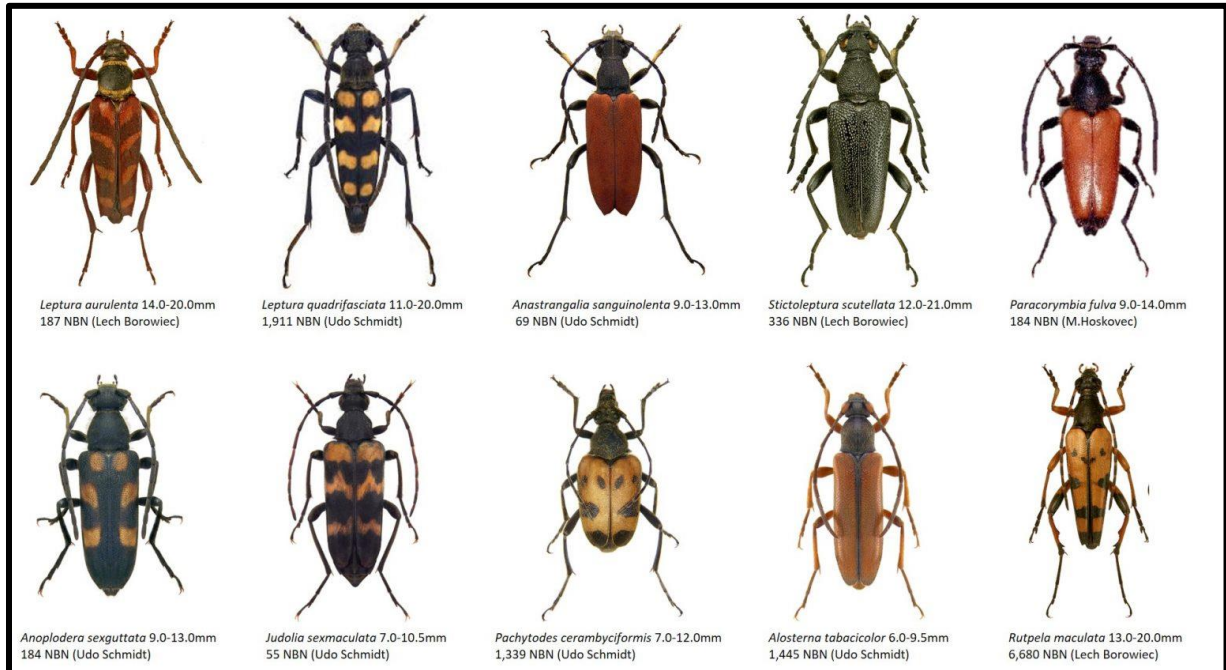


Figure 24 : Quelques Cérambycides (Piper, 2020).

f. Les Buprestidae

Cette famille comprend environ 15 000 espèces surtout répandues dans les régions tropicales. Elles sont facilement reconnaissables à leurs couleurs souvent brillantes et métalliques (**Dajoz, 1980**). La faune paléarctique renferme 1 500 espèces et il en existe 200 en Europe (**Dajoz, 2007**). Les espèces de cette famille se développent dans le bois ou dans les tiges de plantes herbacées et parfois même dans les feuilles où elles creusent des galeries. Beaucoup d'espèces ont des larves saproxylophages ou phytophages (**Benia, 2010**). Les larves des espèces *Anthaxia sp* et *Anthaxia hungarica* vivent aux dépens du bois vivant ou mort, alors que les espèces d'*Agilus viridis* que nous avons trouvées dans le bois du chêne vert sont polyphages et répandues dans les forêts de chênes et de hêtres et cette espèce est connue d'Europe et signalée en Algérie (**Caillol, 1913 ; In Villemant & Fraval, 1991**). A l'état adulte, les Buprestides sont des insectes diurnes et héliophiles, les uns se posant sur les fleurs avec une prédilection pour les fleurs jaunes, comme beaucoup de petites espèces appartenant aux genres *Anthaxia* et *Agilus*, les autres comme les *Chrysobothris* recherchant les troncs des vieux arbres dans lesquels ils pondent (**Dajoz, 2007**). L'écologie de beaucoup de Buprestides d'Europe a été résumée et illustrée par **Bily (1999, 2002)**. Ces Coléoptères peuvent être des ravageurs primaires qui s'attaquent aux arbres vivants et sains, ou plus souvent des ravageurs secondaires qui évoluent dans les arbres morts. La nymphose a lieu à l'extrémité d'une longue galerie et les

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

adultes sortent à travers l'écorce. Dans les régions fortement attaquées, la mortalité des chênes peut être importante. (Fig.25).

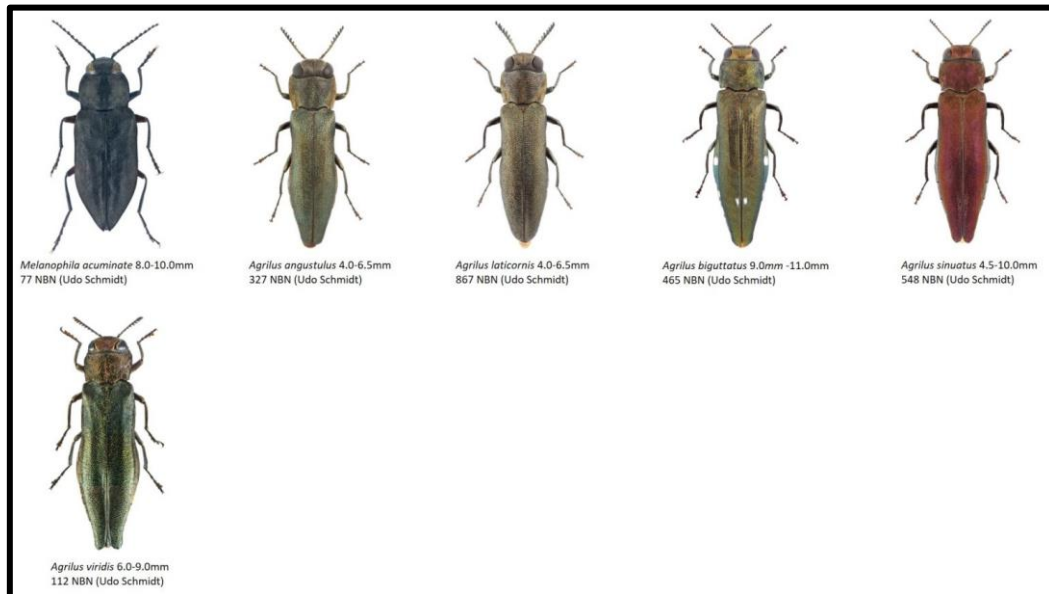


Figure 25 : Quelques Buprestides (Piper, 2020).

g. Les Lucanidae

Cette famille qui comprend plus de 1500 espèces, est surtout bien représentée dans les régions tropicales. En Europe, elle ne comprend que quelques espèces de grande taille dont les larves ont l'aspect de « vers blancs » et qui diffèrent des larves des Scarabéides qui comme celles du hanneton, vivant dans le bois : le corps est relativement plus court, la pubescence plus rare, les antennes et les pattes plus courtes, les mandibules plus trapues par suite de la réduction de la partie distale (Dajoz, 2007).

Trois espèces de Lucanides sont assez communes dans le bois mort. La biologie de *Lucanus cervus* a fait l'objet de nombreuses recherches. Chez le cerf-volant *Lucanus cervus*, les males atteignent 85 mm et possèdent des mandibules très développées, tandis que les femelles ne dépassent pas 60 mm et ont des mandibules de taille normale. Les adultes volent le soir au début de l'été (Dajoz, 1980).

Les larves sont polyphages et vivent dans au moins 43 espèces d'arbres feuillus. Les femelles recherchent les souches d'arbres morts ou dépérissants ; elles s'enfoncent dans le sol jusqu'à 30 cm de profondeur pour pondre dans le bois en décomposition. Le développement larvaire dure 4 à 6 ans. La nymphose a lieu dans l'arbre ou dans le sol, dans une coque faite de débris ligneux ou de terre (Dajoz, 2007).

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

Une autre espèce de Lucanide, *Dorcus parallelipedus* atteint au plus 35 mm et son dimorphisme sexuel est presque inexistant. Son développement larvaire dure 4 ans. Les adultes apparaissent à la fin de l'été et vivent souvent plus d'un an. La ponte a lieu au mois de mai. Cette espèce circule la nuit sur les vieux arbres où se développent ses larves (Dajoz, 2007).

Les Lucanides dépendent pour leur développement de bois mort à un stade de décomposition avancée. Pour cette raison, ils sont affectés par l'aménagement des forêts. Beaucoup d'espèces ne peuvent se maintenir que dans des forêts où le bois mort a persisté sans interruption (Dajoz, 2007) (Fig.26).

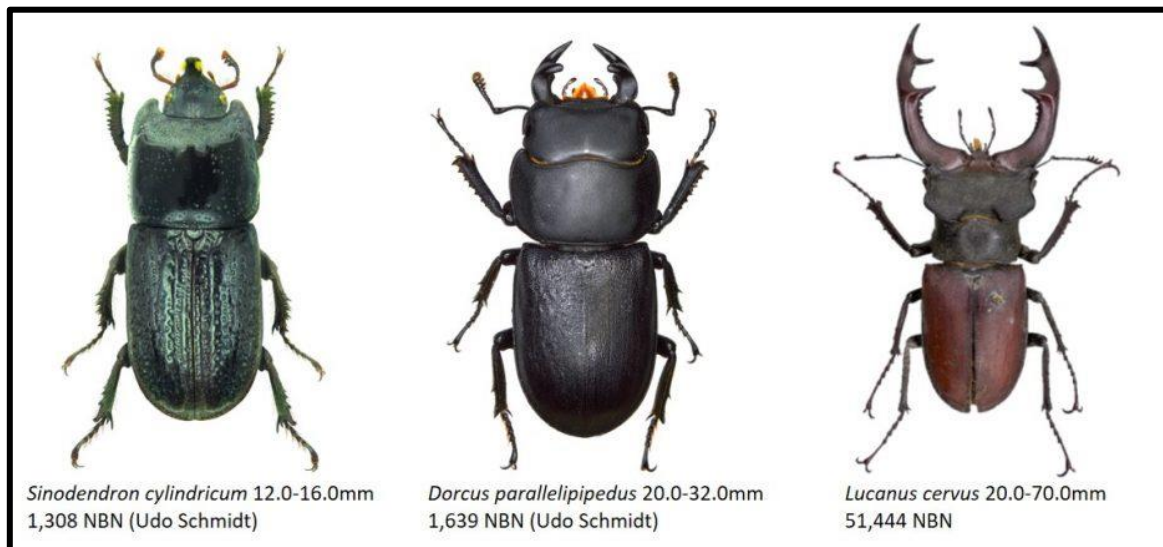


Figure 26 : Quelques Lucanides (Piper, 2020).

h. Les Scarabaeidae

Ce vaste ensemble correspond à une superfamille constituée de plusieurs familles dont beaucoup de représentants vivent dans le bois mort, souvent en état de décomposition avancée.

- Cetoniinae :

Cette sous-famille vaste et très diversifiée comprend de nombreuses espèces aux couleurs spectaculaires et métalliques et est populaire auprès des collectionneurs du monde entier (UK Beetles).

Plusieurs espèces de la sous-famille des Cetoniinae vivent à l'état larvaire dans le bois très décomposé et dans le terreau des cavités d'arbres. Les espèces les plus caractéristiques sont *Osmoderma eremita*, *Potosia cuprea*, *Gnorimus nobilis*, *Gnorimus octopunctatus* (Dajoz, 2007).

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

L'espèce la plus remarquable de la faune de France et d'Europe méridionale est la grande Cétoine bleue *Eupotosia mirifica* qui est une relique présente seulement dans quelques stations et vraisemblablement *Valgus hemipterus* dont la femelle se reconnaît à son abdomen prolongé en tarière et qui vit à l'état dans le bois pourri. Les espèces américaines de ce genre sont souvent associées à des termites dans le bois mort. Les adultes sont floricoles (**Dajoz, 2007**).

Les larves des Cetoniinae sont saproxylophages, alors que les adultes sont en général floricoles. Les larves consomment également les matières végétales pourrissantes, les excréments et le bois. Les adultes consomment surtout la sève, le pollen et les fruits (**Tauzin, 2005**) (**Fig.27**).

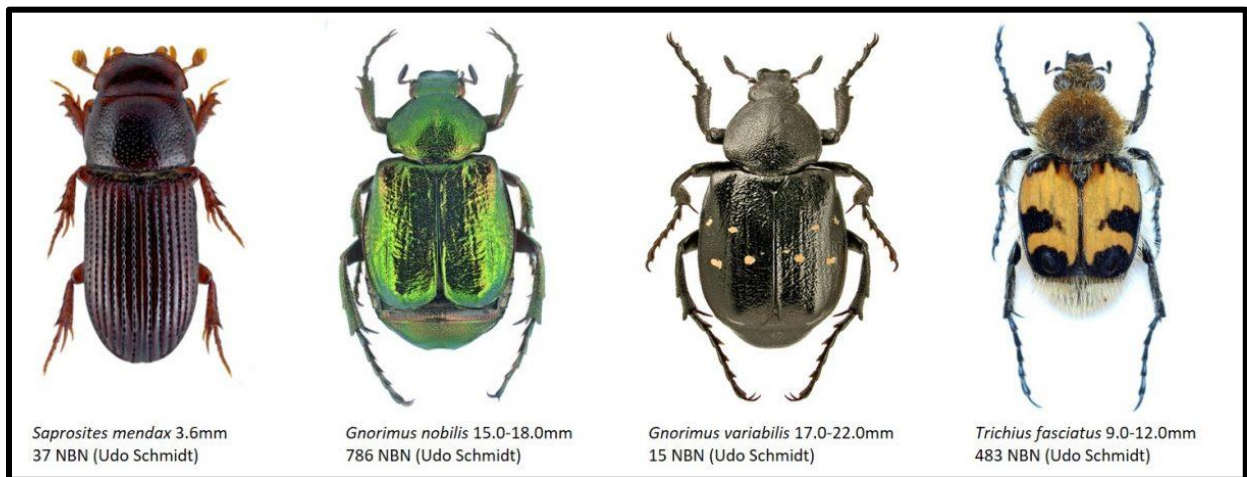


Figure 27 : Quelques Scarabaeidae (Piper, 2020).

.7.8. Traits de vie des Coléoptères saproxyliques

Au sujet des relations trophiques avec le matériau bois, les Coléoptères saproxyliques peuvent être rangés dans trois catégories principales en fonction des traits de vie des adultes et de leurs larves. Il est utile de distinguer :

- Les organismes saproxyliques stricts qui dépendent directement et durant les phases clés de leur développement du complexe saproxylique ;
- Les organismes occasionnellement saproxyliques, ou saproxyliques facultatifs, qui sont des espèces où seuls les adultes sont liés au complexe saproxylique ;
- Les espèces indirectement liées à la ressource trophique du complexe mais qui y trouvent d'autres déterminants de leur survie (**Meziane, 2017**).

Les saproxyliques stricts correspondent schématiquement aux deux catégories suivantes :

- Des espèces dont les larves sont saproxyliques et dont les adultes sont absents de ce processus de recyclage des matériaux ligneux. Dans ce cas, les imagos ont des régimes

La diversité des espèces Saproxylques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

alimentaires variés, assez souvent floricoles, mais peuvent aussi ne pas s'alimenter. Ce premier cas de figure est largement représenté.

- Des espèces dont larves et adultes occupent le complexe saproxylque (prédateurs ou mycétophages le plus souvent) (**Meziane, 2017**).

.7.9. Rôle fonctionnel

Ces insectes ont un rôle important dans la décomposition, la transformation et le recyclage naturel du bois. Par leur action dans la dégradation du bois mort, ils contribuent à la restitution au sol des éléments nutritifs capitalisés dans les tissus ligneux et corticaux. Ils permettent aussi l'accélération du processus de décomposition du bois mort et donc le cycle énergétique et nutritif du milieu (**Brustel et al., 2004**).

De par leurs exigences écologiques, les coléoptères saproxylques sont le strict reflet de l'état de santé écologique d'une forêt. Grâce à un simple constat de présence / absence et en fonction du nombre d'espèces rencontrées, on peut donc caractériser la qualité et la naturalité des massifs forestiers. (**Calmont, 2016**). Ils constituent ainsi de bons indicateurs de l'état de conservation des forêts. Les travaux de **Brustel et al. (2004)**, ont permis de dresser une liste de coléoptères saproxylques bioindicateurs de la qualité des forêts en France, en s'appuyant sur la valeur patrimoniale et l'exigence biologique des différentes espèces. 300 espèces, parmi 30 familles (ou sous-familles) ont ainsi été retenues, permettant de représenter la diversité des milieux boisés du territoire français (métropole).

.7.10. Les menaces sur les coléoptères saproxylques

Les coléoptères saproxylques, qui dépendent du bois mort pour leur habitat et leur alimentation, sont confrontés à plusieurs menaces majeures qui compromettent leur survie et leur diversité. La perte et la fragmentation de l'habitat constituent l'une des menaces les plus importantes, la déforestation et la gestion forestière intensive réduisant la disponibilité des habitats nécessaires à ces espèces. La suppression des arbres morts et décomposés, cruciale pour le cycle de vie des coléoptères saproxylques, est une cause principale de leur déclin (**Siitonen, 2001 In Dajoz, 2007 ; Carpaneto et al., 2015**). Par ailleurs, les changements climatiques modifient les conditions écologiques des forêts, perturbant les cycles de décomposition et la disponibilité du bois mort. Cela peut nuire aux coléoptères saproxylques en réduisant la durée de disponibilité de leurs ressources alimentaires et en augmentant la fréquence des événements extrêmes, tels que les incendies et les sécheresses (**Hjältén et al., 2018**). Les pratiques forestières non durables, telles que la coupe à blanc et l'exploitation

La diversité des espèces Saproxylques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

forestière intensive, nuisent également aux populations de ces insectes en éliminant leur habitat et leur nourriture. L'élimination systématique du bois mort pour des raisons économiques ou esthétiques aggrave encore cette menace (**Hanski, 2000**). En outre, l'introduction d'espèces invasives et la pollution sont des facteurs perturbateurs supplémentaires. Les espèces invasives, notamment certaines plantes et champignons, altèrent les habitats forestiers et perturbent les interactions écologiques des coléoptères saproxylques, tandis que la pollution de l'air, de l'eau et du sol dégrade la qualité de ces habitats (**Parikh et al., 2020**). Les incendies de forêt, exacerbés par le changement climatique et la gestion forestière inappropriée, détruisent de grandes quantités de bois mort, perturbant ainsi les communautés de coléoptères saproxylques qui en dépendent (**Lingua et al., 2023**). Enfin, la collecte et l'utilisation du bois mort pour des fins commerciales, comme la production de biomasse ou le chauffage, prive ces coléoptères des ressources essentielles à leur cycle de vie, exacerbant ainsi les pressions sur leurs populations (**Johansson et al., 2017**).

3. Présentation de la méthodologie

L'étude a été réalisée au niveau du massif montagneux de l'Edough durant deux années successives :

- La diversité globale du peuplement de coléoptères saproxylques a été étudié tout au long des deux années de terrain
- la dynamique comparée des coléoptères saproxylques entre un milieu naturel et un milieu post incendié a été étudié durant la période printanière 2022 (de février à mai 2022)
- la dynamique des coléoptères saproxylque dans les milieux naturels a été étudié durant leur cycle d'activité (soit d'avril jusqu'à la fin décembre 2023)

3.1. Présentation des sites d'étude

Après une large prospection sur terrain, nous avons choisis trois types de sites en fonction de leur degré de naturalité (**Fig.28**) (**Fig.29**):

- La forêt naturelle de Berouaga, Située au Nord du village de Séraïdi à 650 m d'altitude (36°55'26.9"N 7°42'14.7"E), Cette localité est caractérisée d'un couloir composé de plusieurs types essences forestiers : Forêt de chênes-lièges (*Quercus suber*), et son cortège floristique riche associé. Un foret mixte de pin maritime (*Pinus pinaster*) et de chênes-lièges et Chêne zeen (*Quercus canariensis*) (**Fig.28**) (**Fig.29**).

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

- La forêt post-incendiée de Ain Barbar se situe près de la route (36°55'03.8''N - 7°36'43.0''E). Totalemment incendiée en août 2021, cette localité était une subéraie située à 579 m d'altitude, caractérisée par la dominance du chêne-liège *Quercus suber* suivi de son cortège floristique et par la présence de quelques spécimens de chêne zeen *Quercus canariensis* et de pin maritime *Pinus pinaster*.
- La forêt naturelle d'Ain Boukal est située sur le versant Nord du massif de l'Édough, entre 363 m et 510 m d'altitude. Le cadre global est le massif forestier de la piste du huitième km, dit du col du Chacal. La piste part de la route W16 reliant Annaba au village de Seraïdi et chemine à une altitude d'environ 500 m, peu variée, durant 5,5 km. Elle rejoint le chemin qui relie l'ancien village de Sainte Croix de l'Édough à la plage d'Oued Bagrat (**In Mechtoub, 2020**). Cette localité est caractérisée par quatre habitats forestiers dans un « couloir » d'échantillonnage de 200 m de large environ et de 5 km de long en tenant compte du développement de la piste : Une subéraie : *Quercus suber*, et son riche cortège floristique associé ; une zénaie mixte dont l'essence principale est le *Quercus canariensis* mêlé au Chêne-liège et au pin ; avec un sous-bois parfois dense, une zénaie pure avec *Q. canariensis*, et une pinède maritime avec une strate arborée occupée par le *Pinus pinaster* avec un sous-bois pauvre.

La diversité des espèces Saprophytiques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

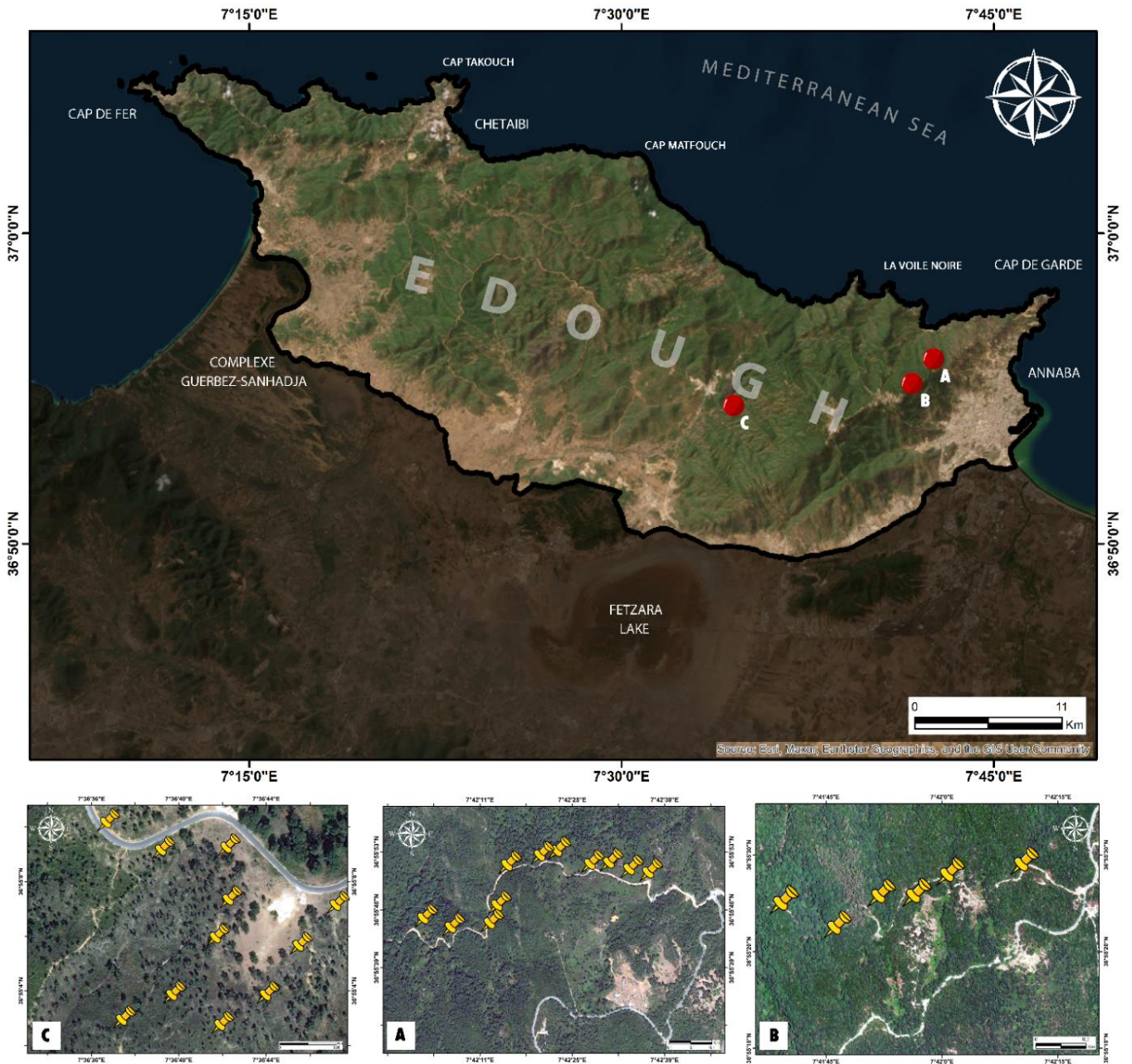


Figure 28 : Situation géographique des trois sites d'étude A : Ain Boukal, B : Berouaga, C : Ain Barbar (Présent travail).

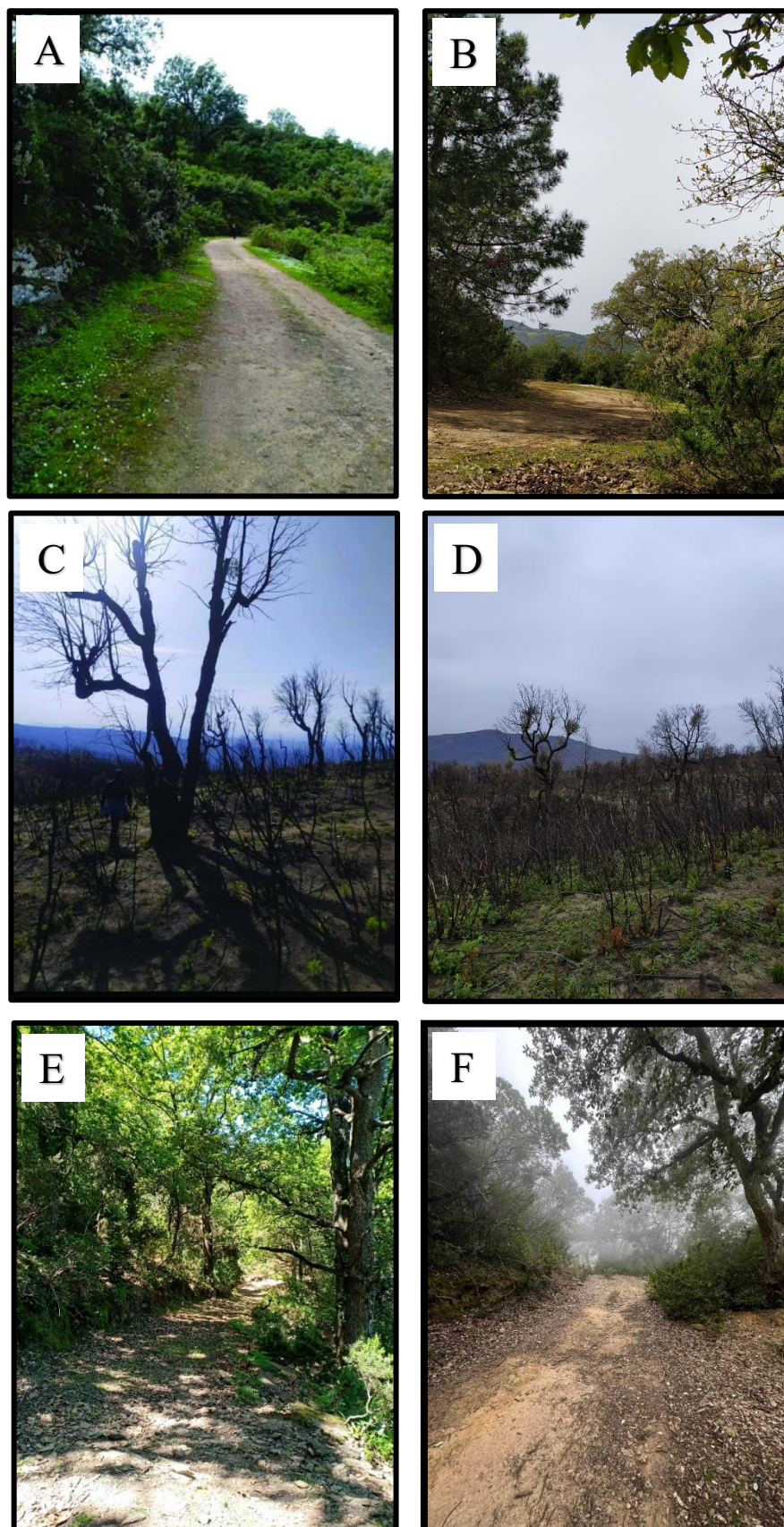


Figure 29 : Photos des trois sites d'étude (A ; B : Ain Boukal, C, D : Site post-incendié d'Ain Barbar, E ; F : Berouaga) (© : Hadiby, 2022 ; 2023).

3.2. Stratégies d'échantillonnage et dispositifs de piégeage

Durant cette étude, nous avons adopté une stratégie d'échantillonnage systématique le long d'un transect de 500 mètres, à raison de 6 pièges à intervalle de 100 mètres. Par ailleurs, nous avons testé trois dispositifs de capture des coléoptères afin de récolter un maximum d'espèces : la chasse à vue (Piégeage actif), les pots Barber et les polytraps (Piégeage passif). D'après **Brustel (2001)**, **Noblecourt (2012)** et **Yattara & Francis (2013)**, le choix des méthodes d'échantillonnage est basé sur les critères suivants :

- * L'efficacité,
- * La sélectivité (ciblé),
- * Le coût (abordable),
- * La facilité de mise en oeuvre.

. Une fiche de terrain a été rempli pour tous les sites prospectés

3.2.1. Piégeage actif : Chasse à vue

C'est une méthode simple à mettre en oeuvre, elle consiste à la capture directe des coléoptères à l'intérieur des terrières, sur les espèces végétales et sous les pierres. Tous ces insectes sont échantillonnés à vue, le long de transects sur des éléments linéaires du paysage, elle repose sur la prospection des micro-habitats potentiels (**Nageleisen & Bouget, 2009**) (Fig.30 ; 31).



Figure 30 : Prospection d'un tronc d'arbre mort (©Hadiby, 2024).

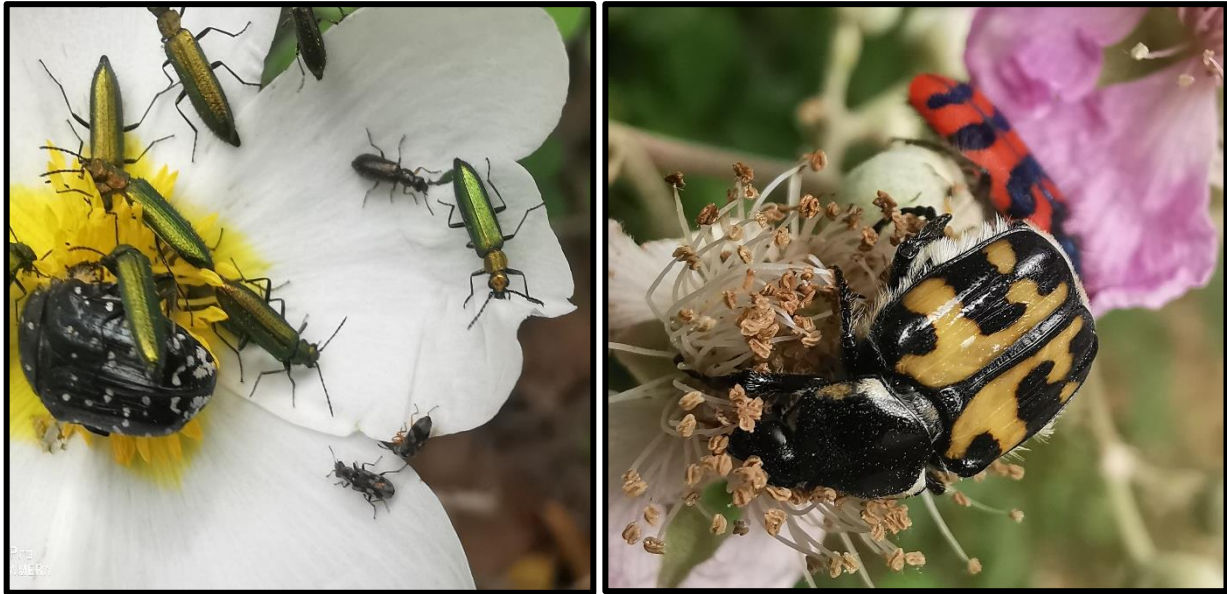


Figure 31 : Prospection par la méthode chasse à vue (© : Hadiby, 2024).

3.2.2. Piégeage passif

Le piégeage passif est une méthode très efficace et limitée dans le temps (Nageleisen & Bouget, 2009). En tenant compte des critères de choix, cités ci-dessus, on a recouru au piège à fosse et au piège d'interception multidirectionnelle. Nous avons installé 6 pièges d'interception et 6 pièges à fosse, à 100 m d'intervalle les uns des autres. En s'alignant sur les travaux de Brustel (2001), Dodelin (2006) et Noblecourt (2012), nous avons effectué une sortie chaque 30 jours.

a. Les pièges Barber (Pièges à fosse)

Cette méthode est très utilisée et permet d'obtenir des recensements standardisés et comparables (Belhadid *et al.*, 2013 ; Andersen, 1995). La technique a été créée par Hertz et peu de temps après développée par Barber en 1931. Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé des récipients métalliques de forme cylindrique de 10.4 cm de profondeur et de 10.4 cm de diamètre, que nous avons enterrés dans le sol en laissant affleurer le bord supérieur du pot avec le niveau du sol pour que les insectes marcheurs aillent choir facilement. Ces pots sont percés pour éviter de déborder leur contenu en cas de forte pluie. Une plaque (pierre, tuile ou écorce), disposée à un centimètre au-dessus du bord supérieur du piège, protège de l'eau de pluie et de prédateurs. Ces pièges ont été rendus attractifs par l'addition de 4 cl de l'eau vinaigrée et de sel (conservateur), nous avons installé 6 pots séparés les uns aux autres d'une distance de 100 mètres. Le contenu des pièges est récupéré dans des boîtes en plastique étiquetées (Fig.32).



Figure 32 : Piège à fosse (Pot Barber) (© : Hadiby, 2024).

b. Piège d'interception : Modèle PolyTrap

Le piège à interception aérienne multidirectionnelle modèle POLYTRAP™ est très efficace et sélectif envers les coléoptères et plus précisément les saproxyls. C'est la méthode commune pour les différents travaux des entomologistes en termes de saproxyls tels que **Brustel (2001), Dodelin (2006), Noblecourt (2012) et Micó et al (2020)**. Elle permet de véritables études comparatives d'après **Noblecourt (2012)**. Ce piège est constitué de deux plaques en PVC transparentes et placées en perpendiculaire (**Fig.33 ; 34**). Le toit rond et l'entonnoir sont constitués de plastique souple et transparent. Un fil de fer relie, en bas, l'entonnoir avec le gobelet à large ouverture. Ce piège est placé sur un tronc d'arbre à une hauteur de 1.5 m à proximité de bois mort et arbre à cavité pour capturer les Coléoptères volants qui y vivent (**Brustel (2001), Bonneau (2008) et Gossner et al (2013) Nageleisen & Bouget, (2009)**).

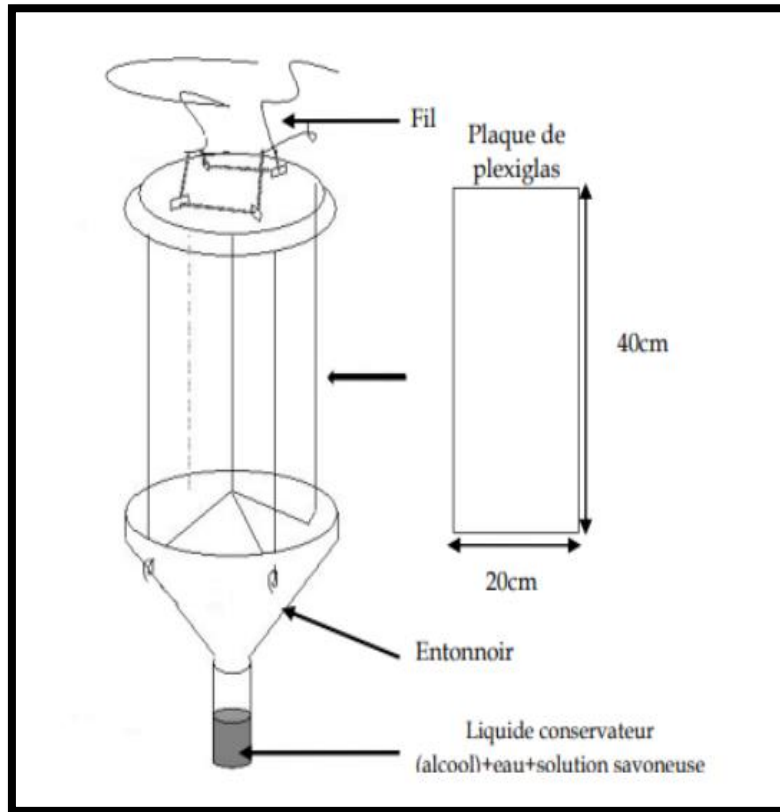


Figure 33 : Modèle PolyTrap (Birkmoe & Sverdrup-Thygeson, 2015).



Figure 34 : Piège d'interception (© : Hadiby, 2024).

Sur chaque site d'échantillonnage, plusieurs caractéristiques écologiques des microhabitats du bois mort situés à proximité des pièges ont été relevées selon un protocole standardisé (Larrieu *et al.*, 2017 ; Büttler *et al.*, 2020). Celles-ci comprenaient le nombre de chablis (trunks morts au sol, ≥ 10 m de diamètre, ≥ 1 m de longueur), les troncs nécrosés (encore sur pied ou récemment tombés avec des signes précoces de décomposition), les troncs pourrissants (en décomposition avancée), les branches mortes tombées (diamètre < 10 cm, longueur > 50 cm), les branches mortes encore attachées aux arbres, ainsi que les arbres renversés par le vent (chablis naturels, quelle que soit leur phase de décomposition) (Vogel *et al.*, 2020 ; Graf *et al.*, 2022).

D'autres variables telles que la position du bois mort (au sol ou en élévation), ses dimensions, son exposition à la lumière (Dodelin, 2006 ; Vogel *et al.*, 2020), ainsi que la présence, la forme et la taille des cavités ont également été évaluées (Micó, 2018 ; Larrieu *et al.*, 2022).

Ces paramètres ont été utilisés pour explorer les relations entre la disponibilité du bois mort, les caractéristiques des microhabitats, et la structure des assemblages de coléoptères saproxyliques (Brustel, 2002 ; De Zan *et al.*, 2014 ; Öder *et al.*, 2021).

3.3. Récolte et conservation

Les spécimens collectés par les pièges d'interception et barber sont conservés dans l'éthanol 75%, tandis que ceux collectés lors de la chasse à vue sont mis dans des flacons contenant de la sciure et de l'acétate d'éthyle pour conserver la souplesse des articulations. L'acétate d'éthyle ne tue pas instantanément les insectes ; le temps varie selon la taille de l'insecte (Franck, 2008) (Fig.35).



Figure 35 : Récolte et étiquetage des pièges à fosse et interception (© : Hadiby, 2023).

3.4. Tri, dénombrement, étalage et identification

3.4.1 Tri et dénombrement

Pour le tri sous loupe binoculaire, on a utilisé un bac blanc, des pinces d'entomologie, des tubes Eppendorfs, de l'éthanol 75% et des étiquettes (date, site, numéro de piège, code de l'espèce) (Fig.36).



Figure 36 : Tri et dénombrement (© : Hadiby, 2024).

3.4.2. Étalage et identification

a. Étalage

Gilles (2014) a recommandé dans son article sur le site de passion-entomologie de bien étaler les insectes, et plus particulièrement les coléoptères sur des paillettes, afin de mieux les identifier ([URL1](#)). La technique d'étalage se fait sur 3 étapes à savoir :

- Étape 1 : Choix du matériel nécessaire (pinces, diamètres et longueurs des aiguilles, taille des paillettes, colle, boîtes de rangement) qui dépend de la taille de l'insecte à étaler.

- Étape 2 : Etalage consiste à redonner à l'insecte son aspect naturel tout en gardant visible les parties du corps utilisées pour l'identification (ailes, antennes et pattes). Ainsi, il suffit de positionner les antennes et les pattes antérieures vers l'avant, et les pattes postérieures vers l'arrière. Si les antennes sont longues comme chez les *Cerambycidae*, elles pourront être dirigées vers l'arrière. Il existe deux cas pour le montage des coléoptères selon **Franck (2008)**:

Si l'espèce est de grande taille (sup à 10 mm), on enfonce l'épingle de grosseur appropriée dans le haut gauche de l'élytre droit qui servira à le maintenir et à le manipuler par la suite. Il faut bien vérifier que l'épingle soit perpendiculaire à l'axe du corps pour que la pointe ressorte entre les pattes intermédiaires et postérieures (**Fig.37 ; 38**).

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

Si l'espèce est de taille inférieure à 10 mm voire même une taille micro, elle est collée sur une paillette, dont la taille dépend de la taille de l'insecte

Sur la planche, et dans les deux cas, l'insecte doit être placé suffisamment haut pour laisser l'espace pour les étiquettes.

- Étape 3 : Une fois que les insectes sont épinglés, il faut les laisser sécher, naturellement dans un endroit sec et bien protégé.



Figure 37 : Deux Cerambycidae épinglé (© : Hadiby, 2024).



Figure 38 : Une boîte de collection avec des dynastes épinglés (© : Hadiby, 2024).

b. Identification

L'identification taxonomique s'est appuyée sur l'utilisation de clés de détermination, des différentes familles rencontrées, qu'il s'agisse des Carabidae (Jeannel, 1942 ; Du Chatenet, 2005), des Scarabaeidae (Paulian, 1941 ; Paulian & Baraud, 1982 ; Baraud, 1992), des Buprestidae (Théry, 1942 ; Du Chatenet & Dorst, 2000), et des Cerambycidae (Villiers, 1946 ; Touroult *et al.*, 2019). Nous avons également utilisé les clés de Du Chatenet & Dorst (2000) pour l'identification des Chrysomelidae, des Coccinellidae, des Tenebrionidae, des Oedemeridae, des Geotrupidae et des Histeridae.

L'identification a été confirmée par les spécialistes du muséum national d'Histoire Naturelle de Paris, et plus précisément au Département d'entomologie (Fig.39).



Figure 39 : Identification des spécimens collectés par les clés de détermination (Hadiby, 2024).

4. Analyse des données

4.1. Indices écologiques

Les différents indices de diversité actuellement utilisés en écologie des peuplements permettent d'étudier leur structure en faisant référence à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la biodiversité des peuplements (Grall & Hily, 2003).

a. Richesse spécifique (S) :

Est le nombre d'espèces contractées au moins une seule fois au terme de N relevés effectués. L'adéquation de ce paramètre à la richesse réelle est bien entendu d'autant meilleure que le nombre de relevés est plus grand (**Blondel, 1979 ; Magurran, 2003**).

La richesse spécifique est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'état d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité ainsi que dans l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la biodiversité (**Nicholas et al. 1998**).

b. Abondance :

L'abondance (*ni*) est le nombre d'individus d'une population donnée par unité de surface ou de volume (**Ramade, 2003**).

c. Abondance relative (ou Fréquence relative) :

L'abondance relative (*Pi*) ou la fréquence relative d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce (Abondance) par rapport au nombre total d'individus du peuplement. La valeur de l'abondance relative est donnée en pourcentage par la formule suivante :

$$Pi = ni/N \times 100$$

d. Indice de diversité de Shanon-Weaver (H') :

L'indice de diversité permet d'exprimer la structure d'un peuplement et la façon dont les individus sont répartis entre diverses espèces (**Daget, 1979**). Si la valeur de l'indice de diversité est faible, le milieu est soit pauvre en espèces, ou bien il n'est pas favorable. Par contre si l'indice de diversité est élevé, le milieu est significativement riche en espèces et favorable à l'espèce. Cet indice permet de calculer une probabilité de densité associée à l'abondance relative des espèces (**Fath & Cabezas, 2004**).

$$H' = -\sum Pi \log_2 Pi$$

- P_i : fréquences relatives.

L'indice accorde une certaine importance aux espèces rares et ne convient pas aux petits échantillons (**Kherbouche, 2006**). Cet indice est l'un des plus connus et des plus utilisés par les spécialistes.

e. Indice d'équirépartition des populations (équitabilité) :

L'indice d'équitabilité ou d'équirépartition (E) est le rapport entre la diversité calculée (H') et la diversité théorique (H'_{max}) qui est représenté par \log_2 de la richesse totale (S) (**Blondel, 1979 ; Magurran, 2003**).

$$E = H' / H'_{max} \quad \text{où: } H'_{max} = \log_2 S.$$

- H' : Indice de diversité de SHANNON.
- S : Richesse spécifique.

D'après **Rebzani, 1992** cet indice nous renseigne sur l'état d'équilibre du peuplement selon lequel cinq classes ont été établies :

- $E > 0,80$: peuplement en équilibre.
- $0,80 > E > 0,65$: peuplement en léger déséquilibre.
- $0,65 > E > 0,50$: peuplement en déséquilibre.
- $0,50 > E > 0$: peuplement en déséquilibre fort.
- $E = 0$: peuplement inexistant.

f. Fréquence d'occurrence :

Appelé aussi indice de constance, est le pourcentage du rapport du nombre de relevés contenant l'espèce i (R_i) au total des relevés réalisés (R) (**Dajoz, 1971**).

$$C_i = \frac{R_i}{R} \times 100$$

Bigot & Bodot, 1972 distingue quatre catégories d'espèces selon leur constance :

- Les espèces constantes sont présentes dans 50 % ou plus des relevés effectués.
- Les espèces accessoires sont présentes dans 25 à 49 % des prélèvements.
- Les espèces accidentelles sont celles dont la fréquence d'occurrence varie entre 12,5 et 24 %.

Les espèces très accidentelles qualifiées de sporadiques, ont une fréquence inférieure à 12,5

4.2. Analyse statistique des données

Les matrices et les graphiques (histogrammes et diagrammes en secteurs) ont été élaborés à l'aide de Microsoft Office Excel. Différentes analyses en composantes principales (ACP) ont été réalisées à l'aide du logiciel Past (version 3.25) afin de fournir une vue d'ensemble des préférences spatio-temporelles des coléoptères saproxyliques (en fonction des saisons et des essences forestières), ainsi qu'une analyse plus détaillée de leurs préférences concernant les caractéristiques et les conditions du bois mort.

Résultats

III. Résultats

1. Caractérisation taxonomique des coléoptères saproxylques

Dans le cadre de notre étude menée entre 2022 et 2023 au sein du massif forestier de l'Edough, nous avons exploré trois sites spécifiques : Aïn Barabar, Berouaga et Aïn Boukal. Cette investigation a permis de recenser un total de 2 387 coléoptères, représentant une grande diversité biologique répartie sur 89 espèces, 28 familles et 79 genres.

L'analyse s'est particulièrement focalisée sur les coléoptères saproxylques, un groupe fonctionnel essentiel à l'écosystème forestier, car ils jouent un rôle crucial dans la décomposition du bois mort et le recyclage des nutriments. Au total, nous avons capturé 537 spécimens de coléoptères saproxylques dans les différents habitats étudiés. Ces spécimens appartiennent à 35 espèces distinctes (39,33% des espèces du peuplement), issues de 15 familles et réparties en 26 genres (**Fig.40**).

Les résultats de cette étude témoignent de la richesse écologique et de la biodiversité des coléoptères présents dans le massif forestier de l'Edough. Ils soulignent également l'importance des coléoptères saproxylques dans le maintien de l'équilibre écologique des forêts. (**Tab. 02**) :

Tableau 02 : Liste complète des espèces de Coléoptères Saproxylques recensées.

<i>Famille</i>	<i>Sous-Famille</i>	<i>Espèces</i>
<i>Scarabaeidae</i>	<i>Cetoniinae</i>	<i>Protaetia opaca</i> (Fabricius, 1787)
		<i>Protaetia morio</i> (Fabricius, 1781)
		<i>Trichius gallicus zonatus</i> (Germar, 1831)
<i>Buprestidae</i>	<i>Buprestinae</i>	<i>Anthaxia scutellaris</i> (Gene, 1839)
		<i>Anthaxia rugicollis</i> (Lucas, 1846)
		<i>Anthaxia hungarica</i> (Scopoli, 1772)
		<i>Anthaxia nitidula</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Anthaxia millefolii</i> (Fabricius, 1801)
		<i>Anthaxia mendizabali</i> (Cobos, 1965)
<i>Ptinidae</i>	<i>Polycestinae</i>	<i>Acmaeodera degener</i> (Scopoli, 1763)
	<i>Ernobiinae</i>	<i>Ochina numidica</i> (Olivier, 1790)
	<i>Ptininae</i>	<i>Ptinus aubei</i> (Boieldieu, 1854)
	<i>Dorcatomimae</i>	SP1
	<i>Indétérminé</i>	SP2
	<i>Ernobiinae</i>	<i>Ochina ptinoides</i> (Marsham, 1802)
<i>Cerambycidae</i>	<i>Lepturinae</i>	<i>Stictoleptura scutellata</i> (Fabricius, 1781)
		<i>Stictoleptura fontenayi</i> (Mulsant, 1839)
	<i>Cerambycinae</i>	<i>Phoracantha recurva</i> (Newman, 1840)
		<i>Pseudomyrmecion ramalium</i> (Bedel, 1885)
		<i>Deilus fugax</i> (Olivier, 1790)
<i>Oedemeridae</i>	<i>Oedemerinae</i>	<i>Purpuricenus desfontainii</i> (Fabricius, 1793)
		<i>Oedemera algerica</i> (Pic, 1899)
		<i>Oedemera nobilis</i> (Scopoli, 1763)
		<i>Ischnomera tenietensis</i> (Abeille de Perrin, 1896)
<i>Zopheridae</i>	<i>Colydiinae</i>	<i>Endophloeus markovichianus</i> (Piller & Mitterpacher, 1783)
	<i>Colydiinae</i>	<i>Collydium elongatum</i> (Fabricius, 1787)
<i>Prionoceridae</i>	<i>Stenotrachelinae</i>	<i>Lobonyx aeneus</i> (Fabricius, 1787)
<i>Latridiidae</i>	<i>Latridiinae</i>	<i>Enicmus brevicornis</i> (Mannerheim, 1844)
<i>Elateridae</i>	<i>Elaterinae</i>	<i>Ampedus rufipennis</i> (Stephens, 1830)

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.

<i>Scraptiidae</i>	<i>Anaspidinae</i>	<i>Anaspis sp (Geoffroy, 1762)</i>
<i>Trogidae</i>	<i>Troginae</i>	<i>Trox fabricii (Reiche, 1853)</i>
<i>Lucanidae</i>	<i>Lucaninae</i>	<i>Dorcus musimon (Gené, 1836)</i>
<i>Carabidae</i>	<i>Labiinae</i>	<i>Dromius simplicior (Antoine, 1963)</i>
<i>Curculionidae</i>	<i>Scolytinae</i>	<i>Xyleborus monographus (Fabricius, 1792)</i>
<i>Melyridae</i>	<i>Dasytinae</i>	<i>Dasytes flavescens (Gené, 1839)</i>

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.



Protoaetia opaca

12-20 mm



Protoaetia morio

13-20 mm



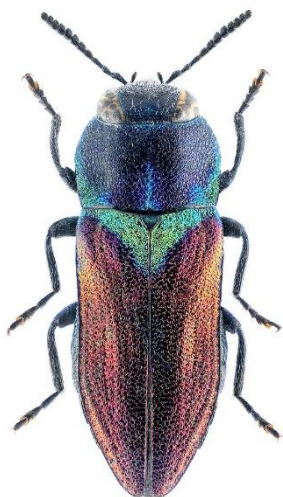
Trichius gallicus zonatus

9-15 mm



Anthaxia nitidula

5-7 mm



Anthaxia scutellaris

5-7 mm



Anthaxia rugicollis

6-10 mm



Anthaxia hungarica

7-15 mm



Acmaeodera degener

7-9 mm



Anthaxia millefolii

5-7 mm



Anthaxia mendizabali

3-5 mm



Phoracantha recurva

15-29 mm



Stictoleptura fontenayi

10 -20 mm

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.



Purpuricenus desfontainii

10 -20 mm



Deilus fugax

6 -12 mm



Stictoleptura scutellata

12-20 mm



Pseudomyrmecion ramalium

3-5,5 mm



Ptinus aubei

2,5 -3 mm



Ochina ptinoides

2,5 -3,5 mm



Oedemera nobilis

8 -10 mm



Lobonyx aeneus

6 -9 mm



Endophloeus markovichianus

4-7 mm



Collydium elongatum

3.49-5.32 mm



Ampedus rufipennis

10-13 mm



Dorcus musimon

17-33 mm

La diversité des espèces Saproxyliques liées au bois mort dans les chênaies du Nord Est Algérien.



Xyleborus monographus

3-3,2 mm



Trox fabricii

6-11 mm



Enicmus brevicornis

2-3 mm



Dromius simplicior

6,5-9 mm



Ischnomera tenietensis

6-10 mm



Oedemera algerica

7 -10 mm



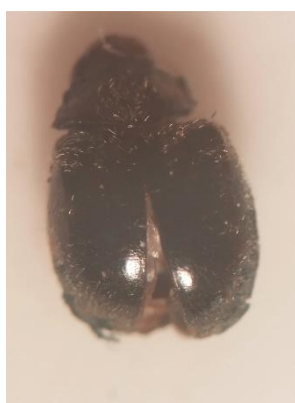
Anaspis sp

2 -4 mm



Dasytes flavescens

3 -4 mm



Dorcatomimae /SP1

2,5 mm



SP2

2 mm



Ochina numidica

2,5 -3,5 mm

Figure 40 : Les taxons de coléoptères saproxyliques identifiés.

Sources : © Muséum d'histoire naturelle de Paris et © Rached Hadiby

- **La redécouverte de *Pseudomyrmecion ramalium***

Parmi les résultats les plus significatifs de cette étude figure la redécouverte de *Pseudomyrmecion ramalium*, une espèce rare, endémique du nord de l'Algérie, et étroitement liée aux habitats saproxylques. Cette espèce, n'avait pas été signalée depuis 124 ans dans les régions étudiées.

L'un des points forts de notre travail réside dans la mise en lumière de cette espèce, en soulignant son rôle écologique au sein des communautés saproxylques. Nos observations apportent de nouvelles données sur sa répartition, sa biologie, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de son écologie et de sa conservation.

Pseudomyrmecion ramalium Bedel, 1885 est une espèce présente dans les forêts de l'Edough et de Yakouren. Cette espèce est étroitement associée au *Quercus canariensis* (Bedel, 1885 ; Villiers, 1946 ; Verdugo *et al.*, 2016). Les larves de *P. ramalium* se nourrissent sous l'écorce ou dans l'aubier de rameaux mourants ou récemment coupés, et leur cycle de vie se complète en un an. La nymphose a lieu dans le bois au printemps. Les adultes émergent de fin mai à début juin et sont le plus souvent observés entre mai et juillet (Villiers, 1946). Ils peuvent être collectés en battant les branches mortes de leur arbre hôte, où les larves se sont développées.

Ces coléoptères semblent privilégier les arbres isolés ou situés en lisière de forêt. Actifs durant la journée, ils se déplacent rapidement le long des troncs et des branches. Ils sont fréquemment trouvés en association avec des fourmis, particulièrement celles du genre *Crematogaster*, avec lesquelles ils partagent des traits comportementaux, une structure corporelle et une coloration similaires, ce qui entraîne une ressemblance frappante avec ces fourmis (Bedel, 1885 ; 1901 ; Villiers, 1946 ; Verdugo *et al.*, 2016) (Fig.41 ;42).

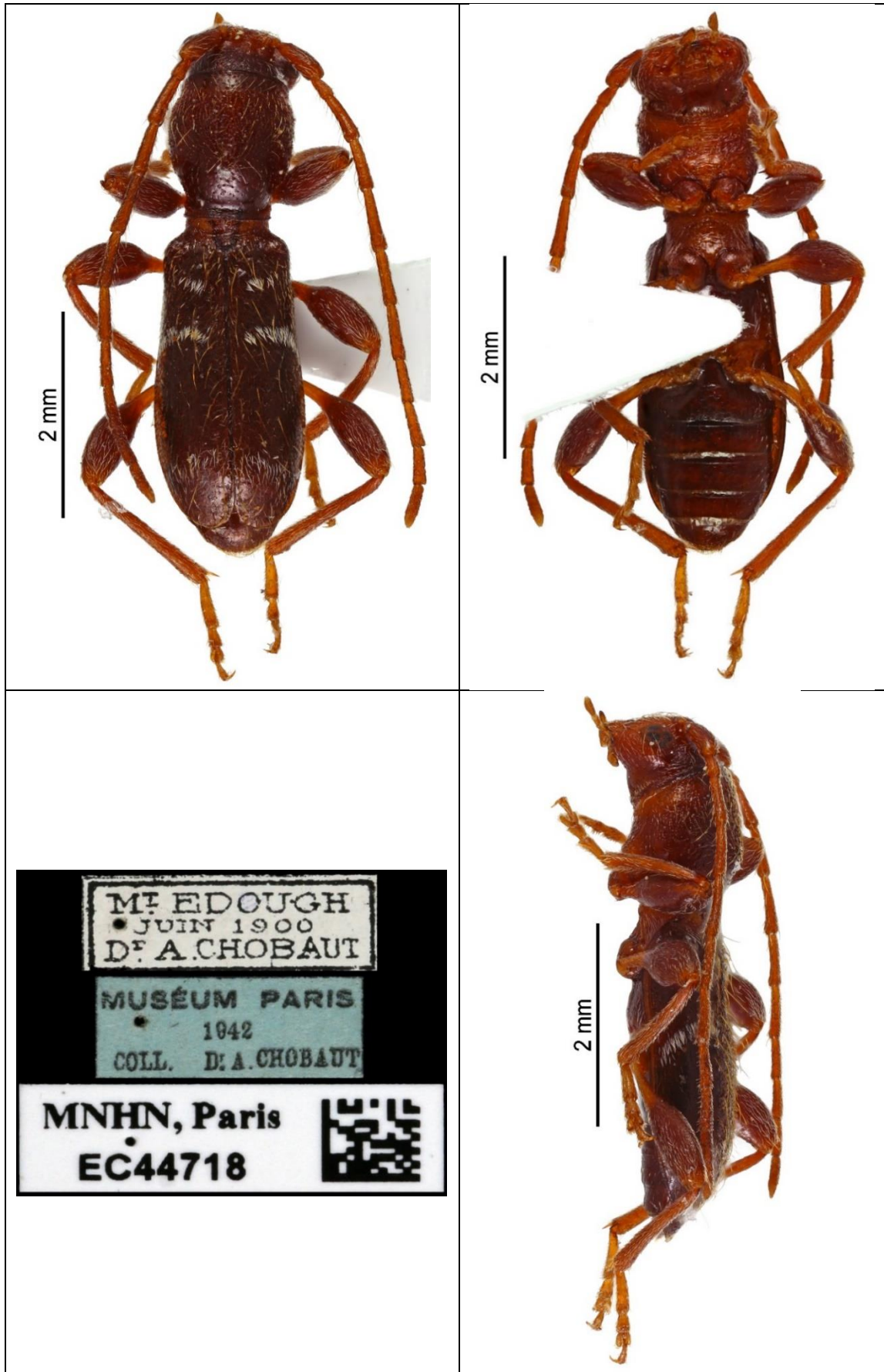


Figure 41. Pseudomyrmecion ramalium Bedel, 1885 du massif forestier de l'Edough (MNHN). A, Vue ventrale. B, Vue dorsale C, vue latérales et légendes (Photo C. Rivier, MNHN). Echelle 2 mm.

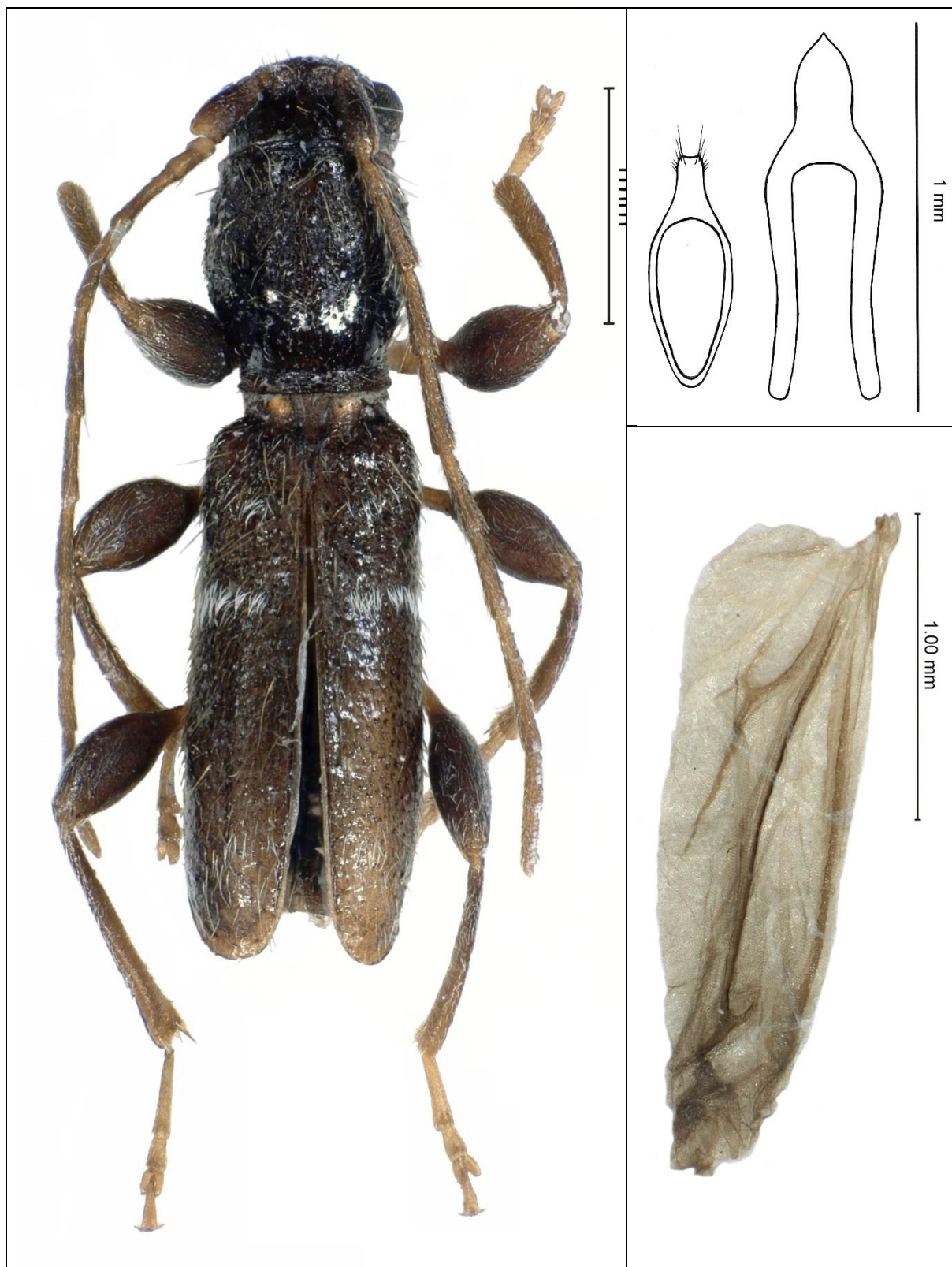


Figure 42. Pseudomyrmecion ramalium Bedel, 1885, mâle, du massif forestier de l'Edough. A, vue dorsale. B, Tégument et lobe médian. C, Ailes cachées. Echelle 1 mm (Photo et dessin F. Vitali).

2. Analyse de la structure du peuplement de coléoptères saproxylques

Le calcul des paramètres de structure du peuplement de coléoptères saproxylques a permis d'analyser sa composition et sa dynamique, à la fois par espèces et par familles, ainsi que ses variations spatio-temporelles en fonction des différentes essences forestières et des saisons. Les paramètres considérés incluent : l'abondance, la richesse spécifique, la fréquence relative (Pi), la fréquence d'occurrence (Fo), l'indice de diversité de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité de Piélou (J).

2.1. Abondances et Fréquences relatives par familles et par espèces

Le calcul des abondances et des fréquences relatives révèle une nette dominance de la famille des Prionoceridae, qui compte 269 individus, représentant 62 % du total. Elle est suivie, de loin, par les Buprestidae, avec 66 individus et une fréquence relative de 15 %. Les autres familles présentent des proportions ne dépassant pas 5 %. (**Tab.03 et Fig.43**)

Tableau 03 : Abondances et fréquences relatives, par familles, des coléoptères saproxylques.

Familles	Abondances	Pi (%)
Prionoceridae	269	61,98
Buprestidae	66	15,21
Melyridae	19	4,38
Curculionidae	16	3,69
Scarabaeidae	14	3,23
Oedemeridae	11	2,53
Zopheridae	9	2,07
Ptinidae	8	1,84
Lucanidae	6	1,38
Cerambycidae	5	1,15
Latridiidae	4	0,92
Trogidae	3	0,69
Scaptidae	2	0,46
Carabidae	1	0,23
Elaterridae	1	0,23

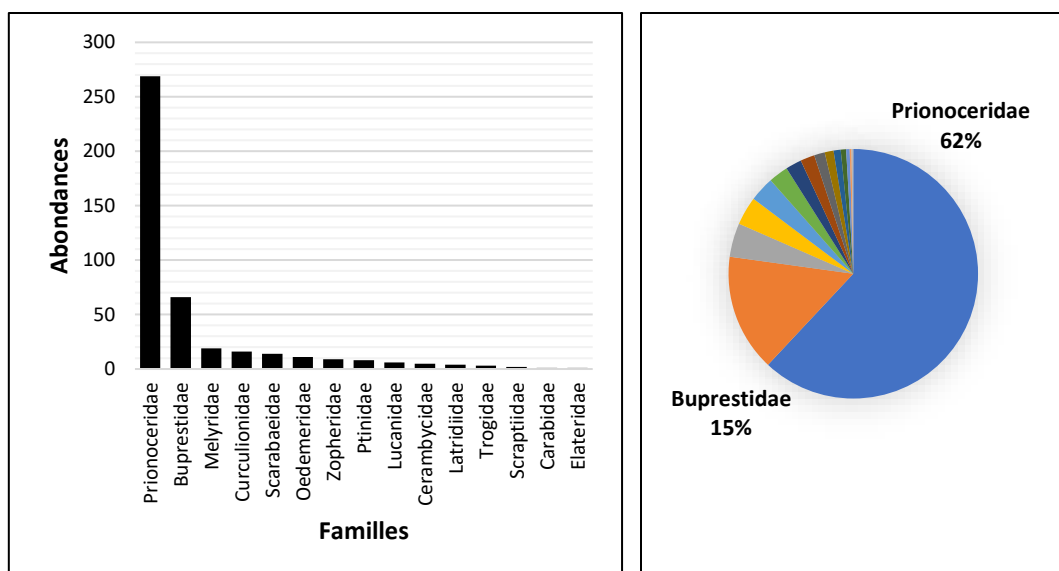


Figure 43 : Abondances des coléoptères saproxyliques par familles (A gauche) et leur fréquences relatives (à droite).

Le calcul des abondances et des fréquences relatives pour chaque espèce révèle une dominance écrasante de *Lobonyx aeneus*, unique représentante de la famille des Prionoceridae, avec un total de 269 individus, soit 62 % de l'ensemble du peuplement. En comparaison, toutes les autres espèces affichent des proportions inférieures à 8 %. (Tab.04, Fig. 44 et Fig. 45)

Tableau 04 : Abondances et fréquences relatives, spécifiques, des coléoptères saproxyliques.

Espèces	Abondances	Pi (%)
<i>Protaetia opaca</i>	3	0,69
<i>Protaetia morio</i>	5	1,15
<i>Trichius gallicus zonatus</i>	6	1,38
<i>Dromius simplicior</i>	1	0,23
<i>Anthaxia scutellaris</i>	33	7,60
<i>Acmaeodera</i>	4	0,92
<i>Anthaxia hungarica</i>	2	0,46
<i>Anthaxia nitidula</i>	7	1,61
<i>Anthaxia millefolii</i>	1	0,23
<i>Anthaxia mendizabali</i>	2	0,46
<i>Anthaxia rugicollis</i>	17	3,92
<i>Xyleborus monographus</i>	16	3,69
<i>Ochina numidica</i>	1	0,23
<i>Ptinus aubei</i>	4	0,92
<i>SP1</i>	1	0,23
<i>SP2</i>	1	0,23
<i>Ochina pinioides</i>	1	0,23
<i>Stictoleptura scutellata</i>	1	0,23
<i>Phoracantha recurva</i>	1	0,23
<i>Pseudomyrmecion</i>	1	0,23
<i>Deilus fugax</i>	2	0,46
<i>Oedemera algerica</i>	5	1,15
<i>Oedemera nobilis</i>	4	0,92
<i>Ischnomera tenietensis</i>	2	0,46
<i>Dasytes flavescens</i>	19	4,38
<i>Endophloeus</i>	6	1,38
<i>Collydium cf elongatum</i>	3	0,69
<i>Lobonyx aeneus</i>	269	61,98
<i>Enicmus cf brevicornis</i>	4	0,92
<i>Ampedus rufipennis</i>	1	0,23
<i>Anaspis sp</i>	2	0,46
<i>Trox fabricii</i>	3	0,69
<i>Dorcus musimon</i>	6	1,38

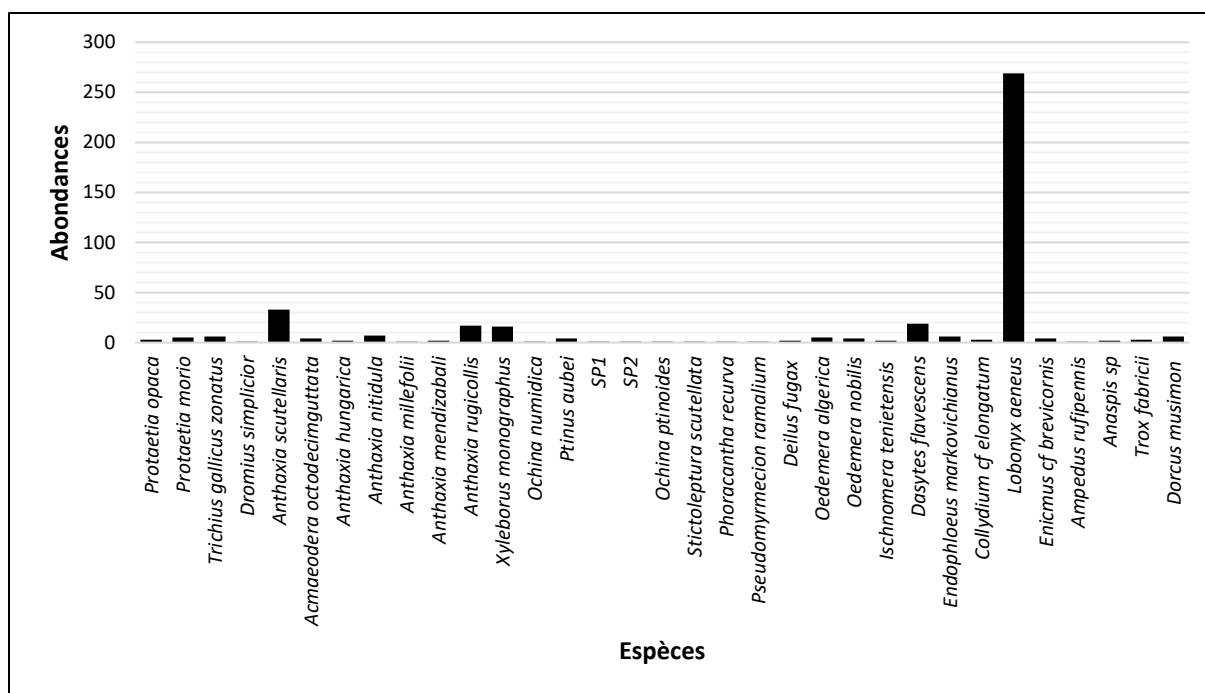


Figure 44 : Abondances spécifiques du peuplement de coléoptères saproxyliques.

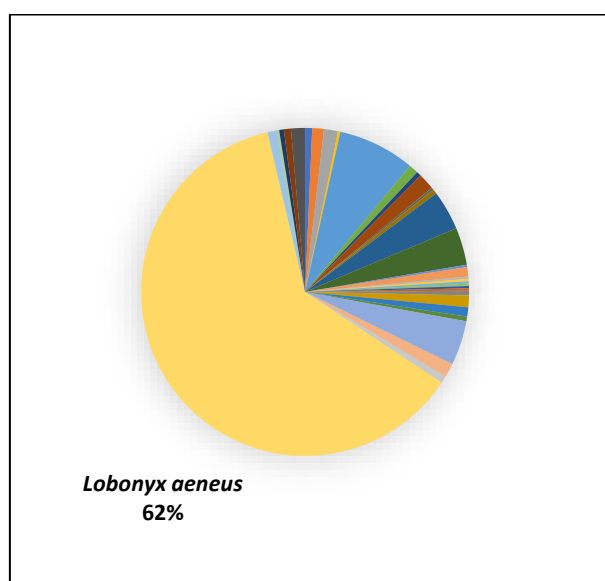


Figure 45 : Fréquences relatives des différentes espèces saproxyliques.

2.2. Richesse spécifique par famille

L'analyse de la richesse spécifique révèle que la famille des Buprestidae, avec 7 espèces, domine le peuplement de coléoptères saproxyliques. Elle est suivie des Ptinidae, qui comptent 5 espèces, et des Cerambycidae avec 4 espèces. À elles seules, ces trois familles regroupent

près de 50 % des espèces recensées, tandis que les autres familles n'en comptent pas plus de 3 espèces chacune (Fig. 46).

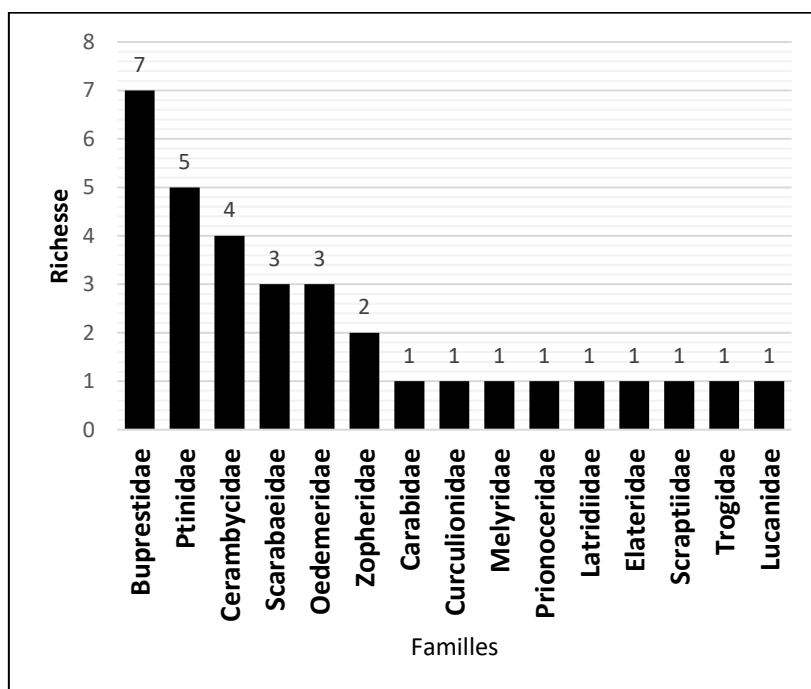


Figure 46 : Richesse spécifique des familles de coléoptères saproxyliques.

2.3. Fréquences d'occurrences

L'analyse des fréquences d'occurrence des différentes espèces et de leurs familles révèle que les Scarabaeidae sont les coléoptères les plus fréquents, avec une fréquence d'occurrence globale de 37,04 %. Les espèces *Xyleborus monographus* (Curculionidae), *Protaetia morio* (Scarabaeidae), et *Lobonyx aeneus* (Prionoceridae) se distinguent comme les plus fréquentes dans le peuplement saproxylique, affichant des fréquences d'occurrence respectives de 22,22 %, 18,52 % et 14,81 %. (Tab. 05, Fig.47 et Fig.48)

Tableau 05 : Fréquences d'occurrence par espèces et par familles des coléoptères saproxylques.

Espèces	Fo	Familles	Fo
<i>Protaetia opaca</i>	11,11	Scarabaeidae	37,04
<i>Protaetia morio</i>	18,52		
<i>Trichius gallicus zonatus</i>	11,11	Carabidae	7,7
<i>Dromius simplicior</i>	3,70		
<i>Anthaxia scutellaris</i>	11,11	Buprestidae	11,11
<i>Acmaeodera octodecimguttata</i>	7,41		
<i>Anthaxia hungarica</i>	3,70		
<i>Anthaxia nitidula</i>	3,70		
<i>Anthaxia millefolii</i>	3,70		
<i>Anthaxia mendizabali</i>	3,70		
<i>Anthaxia rugicollis</i>	11,11	Curculionidae	22,22
<i>Xyleborus monographus</i>	22,22		
<i>Ochina numidica</i>	3,70	Ptinidae	18,52
<i>Ptinus aubei</i>	11,11		
SP1	3,70		
SP2	3,70		
<i>Ochina ptinoides</i>	3,70		
<i>Stictoleptura scutellata</i>	3,70	Cerambycidae	11,11
<i>Phoracantha recurva</i>	3,70		
<i>Pseudomyrmecion ramalium</i>	3,70		
<i>Deilus fugax</i>	3,70	Oedemeridae	11,11
<i>Oedemera algerica</i>	7,41		
<i>Oedemera nobilis</i>	7,41		
<i>Ischnomera tenietensis</i>	3,70	Melyridae	11,11
<i>Dasytes flavescens</i>	11,11		
<i>Endophloeus markovichianus</i>	3,70	Zopheridae	11,11
<i>Collydium cf elongatum</i>	7,41	Prionoceridae	14,81
<i>Lobonyx aeneus</i>	14,81		
<i>Enicmus cf brevicornis</i>	11,11	Latrididae	11,11
<i>Ampeplus rufipennis</i>	3,70	Elateridae	3,7
<i>Anaspis sp</i>	3,70	Scraptidae	3,7
<i>Trox fabricii</i>	3,70	Trogidae	3,7
<i>Dorcus musimon</i>	11,11	Lucanidae	11,11

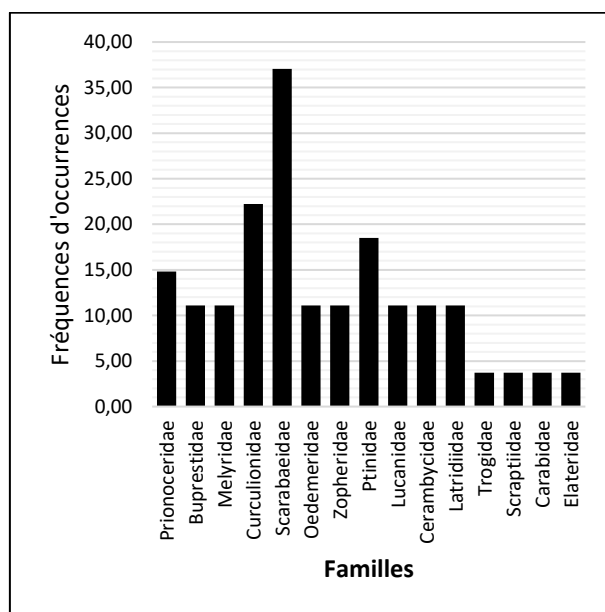


Figure 47 : Fréquences d'occurrences des coléoptères saproxylques par familles.

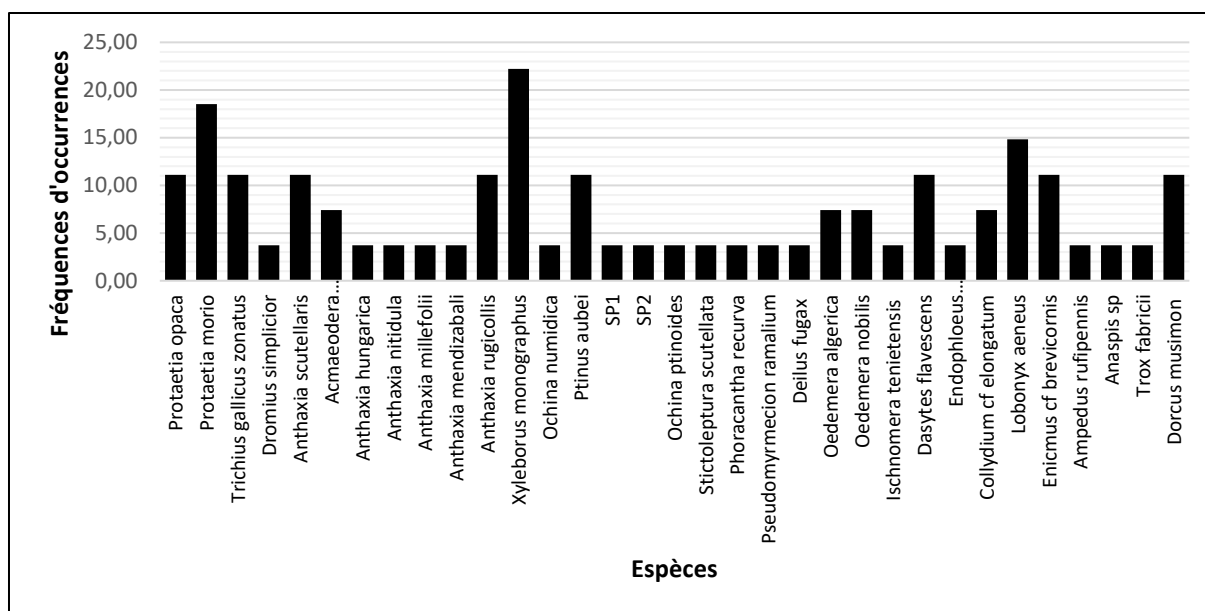


Figure 48 : Fréquences d'occurrences des espèces saproxyliques.

2.4. Analyse saisonnière du peuplement de coléoptères saproxyliques

L'analyse de la dynamique saisonnière des saproxyliques révèle que le printemps et l'été sont les saisons où le peuplement atteint ses valeurs les plus élevées en termes d'abondance totale (40 % et 52 %, respectivement), de richesse spécifique (39 % et 38 %, respectivement) et de richesse en familles (36 % et 35 %, respectivement). L'automne, bien qu'affichant des proportions plus modestes, reste une saison intéressante à étudier, avec 23 % des familles et 17 % des espèces identifiées au sein du peuplement (Fig.49 ; 50 ; 51).

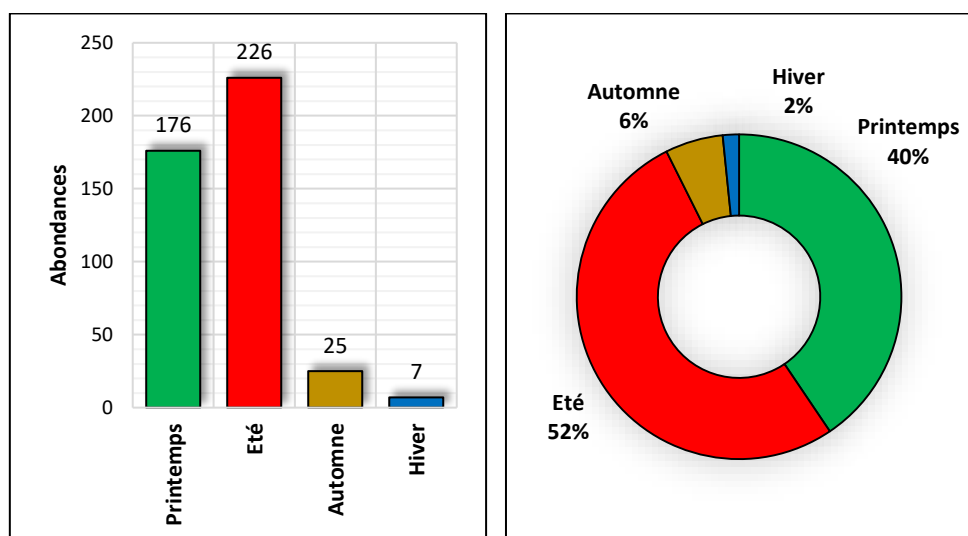


Figure 49 : Abondances saisonnières des coléoptères saproxyliques (à gauche) et, en pourcentages, leur fréquences relatives (à droite).

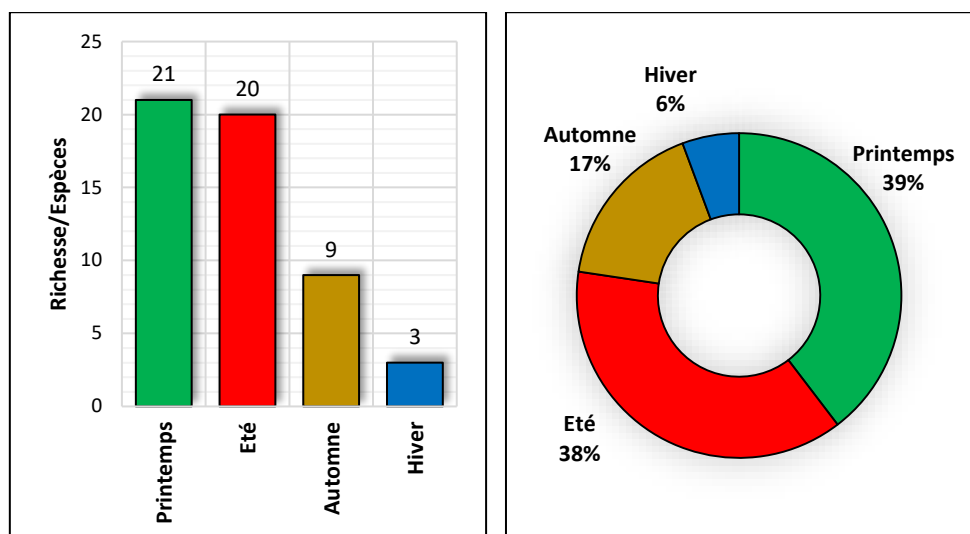


Figure 50 : Richesses spécifiques saisonnières et leurs proportions.

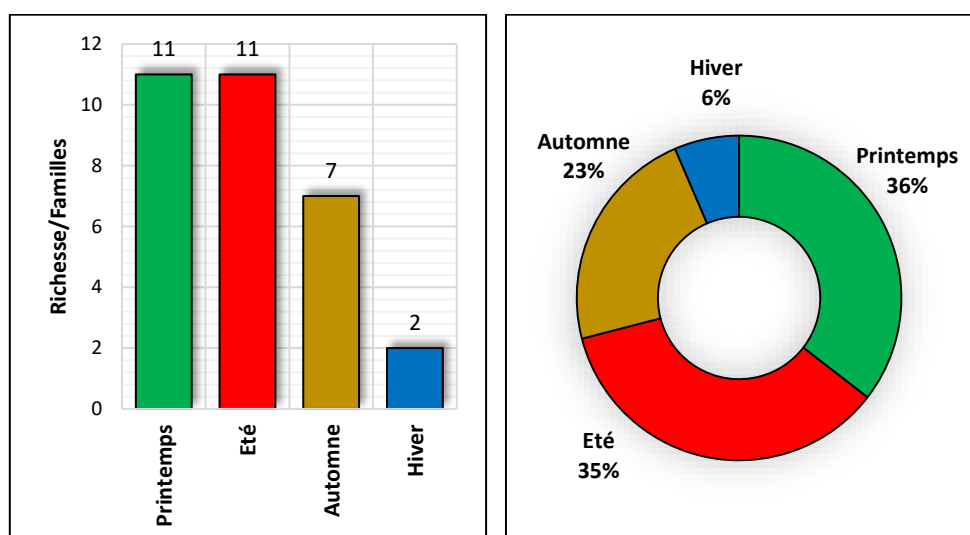


Figure 51 : Richesses saisonnières par familles et leurs proportions.

2.4.1. Indice de Shannon-Weaver (H') et Indice d'équitabilité de Pielou (J) par saison

L'indice de Shannon-Weaver (H') reflète la diversité spécifique d'une communauté. Plus cet indice est élevé, plus la diversité spécifique est importante, c'est-à-dire qu'il y a une grande variété d'espèces et une répartition relativement homogène des individus parmi ces espèces.

Les résultats montrent une variabilité saisonnière de cet indice. En hiver, l'indice H' est relativement faible à 1,15, suggérant une faible diversité spécifique durant cette saison, probablement due à des conditions environnementales moins favorables, comme une réduction de la disponibilité des ressources ou une moindre activité des coléoptères. En revanche, en

automne, l'indice H' atteint 2,61, indiquant une diversité spécifique élevée, ce qui pourrait être lié à une plus grande abondance et variété d'espèces en cette saison, souvent marquée par une période de préparation pour l'hiver. Le printemps et l'été présentent des indices H' de 2,15 et 2,05, respectivement. Ces valeurs suggèrent une diversité spécifique modérée durant ces saisons, ce qui peut être dû à une activité accrue des coléoptères pendant les mois plus chauds, mais sans atteindre le pic observé en automne. En résumé, l'automne se distingue par une plus grande diversité spécifique, tandis que l'hiver présente une faible diversité. L'indice d'équitabilité de Piélo (J) mesure la répartition des individus parmi les différentes espèces. Un indice proche de 1 indique une répartition équitable des individus entre les espèces, tandis qu'un indice proche de 0 suggère une dominance marquée d'une ou de quelques espèces.

Les résultats de l'indice d'équitabilité de Piélo montrent également des variations saisonnières. En hiver, l'indice E est relativement élevé à 0,73, ce qui indique une répartition assez équilibrée des individus entre les espèces, malgré les conditions environnementales plus rigoureuses. En automne, l'indice E atteint 0,82, ce qui reflète également une répartition équilibrée des individus, suggérant une bonne homogénéité dans la distribution des coléoptères saproxyliques. En revanche, en printemps et en été, les indices d'équitabilité de Piélo sont plus faibles, avec des valeurs de 0,49 et 0,47, respectivement. Ces valeurs faibles suggèrent une dominance de quelques espèces par rapport aux autres pendant ces saisons, ce qui peut indiquer une concentration d'individus dans certaines espèces particulièrement adaptées à ces périodes. Cela pourrait être lié à une activité accrue de certaines espèces spécifiques au printemps et en été, où les conditions écologiques sont plus favorables (**Fig.52**).

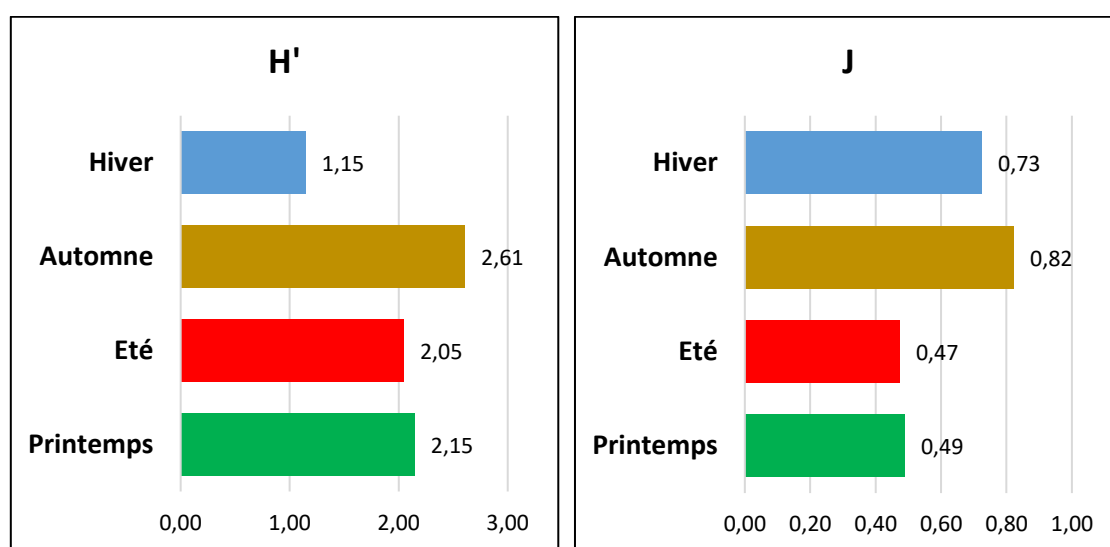


Figure 52 : Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et indice d'équitabilité de Piélo (J) en fonction des saisons.

2.4.2. Analyse en composante principale (ACP) (Saisons Vs Familles)

L'analyse en composantes principales (ACP) démontre que les deux premières composantes expliquent 99,33 % de la variance totale des données. La première composante (CP1), qui représente 76,38 % de cette variance, est positivement corrélée avec les saisons estivale ($r = 0,80$) et printanière ($r = 0,60$), indiquant que ces deux saisons jouent un rôle prépondérant dans la structuration des données. En revanche, la deuxième composante (CP2), qui explique 14,91 % de la variance, montre une forte corrélation avec la saison automnale ($r = 0,81$).

Le plan factoriel résultant de ces deux axes permet d'identifier les saisons qui influencent le plus le peuplement de saproxyliques. Il est donc pertinent de regrouper l'été et le printemps en une seule composante (CP1), que l'on pourrait qualifier de saison sèche.

Les familles de coléoptères Buprestidae (Bu) et Melyridae (Me) sont principalement associées à cette saison sèche (été-printemps), tandis que les Curculionidae (Cu) se distinguent par leur forte association avec la saison humide (automne). De plus, en raison de leur position proche du centre du plan factoriel, l'hiver et les autres familles montrent une contribution limitée à la structuration des axes de l'ACP (**Fig.53**).

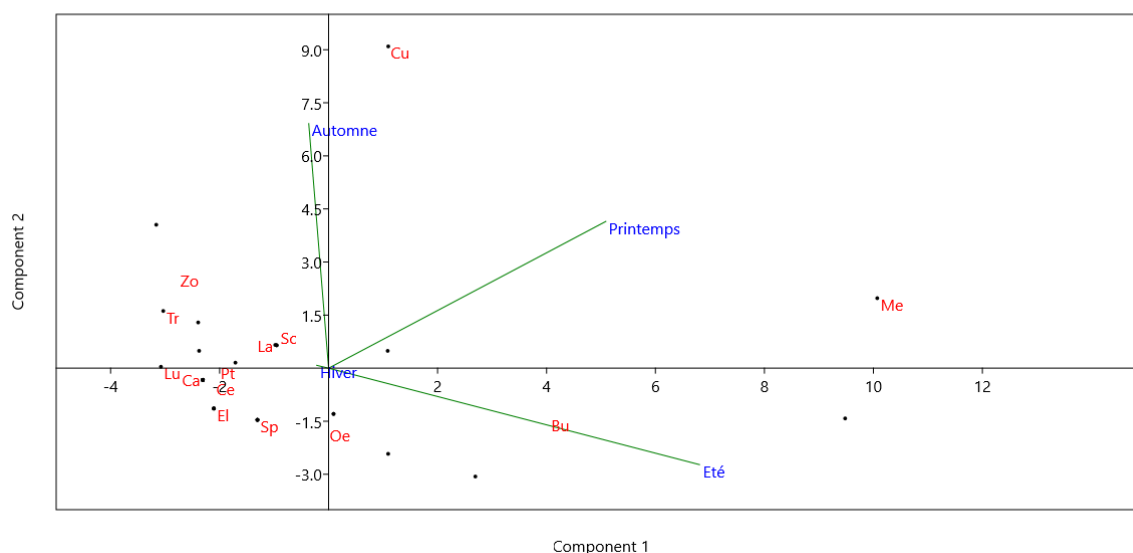


Figure 53 : Structure Saisonnière des Saproxyliques : Analyse en Composantes Principales (ACP).

2.5. Étude de la composition du peuplement de coléoptères saproxyliques selon les essences forestières

L'analyse comparative de la structure du peuplement entre les trois types de milieux forestiers révèle que la forêt de Chêne-liège (CL) semble constituer un habitat privilégié pour les coléoptères saproxyliques. En effet, ce milieu se distingue par les abondances et les richesses spécifiques les plus élevées par rapport aux autres types de forêts (la forêt de Chêne-Zen et la forêt mixte composée de Chêne-liège et de Pin maritime). La forêt de Chêne-liège regroupe 93 % des abondances, 67 % des richesses spécifiques et 58 % des richesses en familles. Les deux autres types de forêts se partagent de manière presque équitable les proportions restantes. (**Fig. 54, Fig. 55 et Fig. 56**)

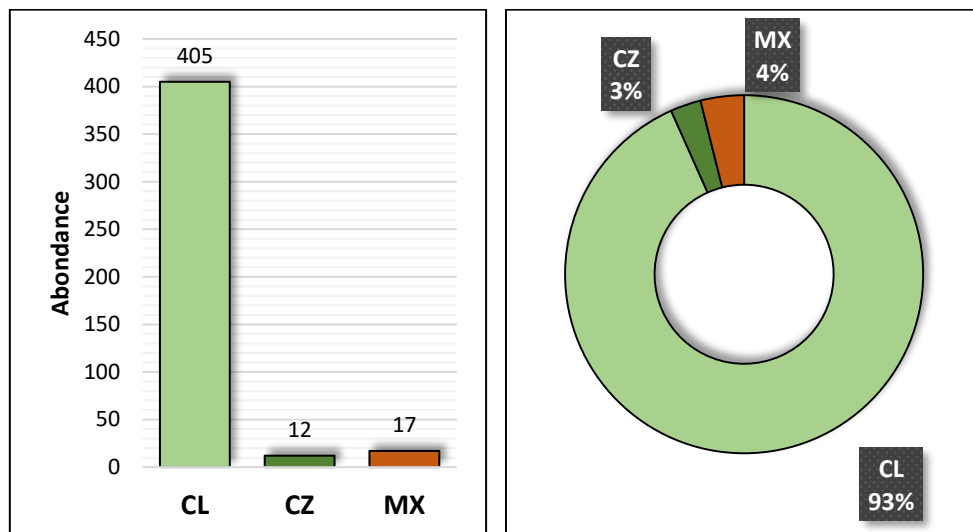


Figure 54 : Abondances des peuplements de coléoptères saproxyliques par milieux forestiers et leur fréquences relatives.

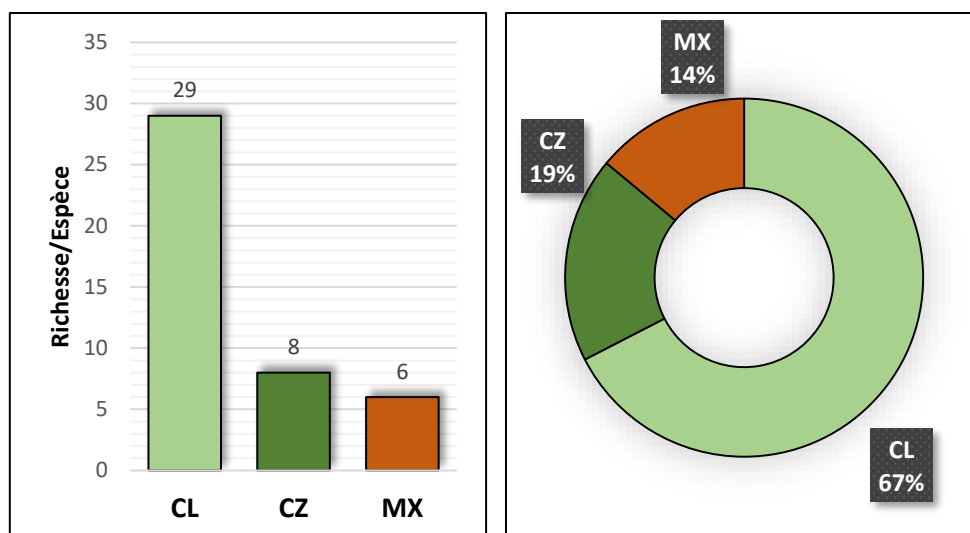


Figure 55 : Richesses spécifiques par milieu forestier et leurs proportions.

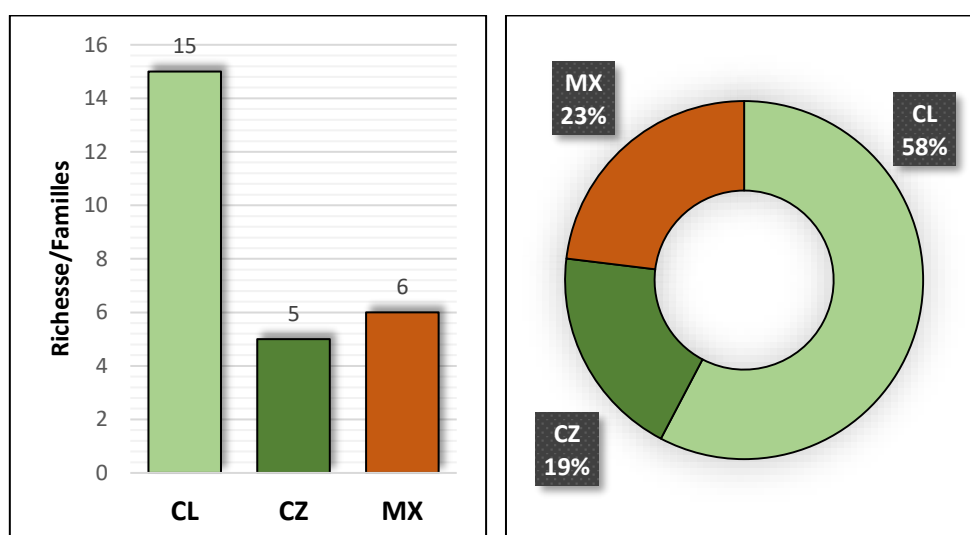


Figure 56 : Richesses par familles avec leurs proportions dans chaque milieu forestier.

2.5.1. Indice de Shannon-Weaver (H') et Indice d'équitabilité de Pielou (J) par essences forestières

L'analyse des indices écologiques calculés pour les trois essences forestières (Chêne liège - CL, Chêne-zen - CZ, Forêt mixte - MX) permet de décrire la diversité et l'équilibre des communautés de coléoptères saproxyliques dans chaque type de forêt.

En ce qui concerne l'indice de Shannon-Weaver (H'), qui mesure la diversité spécifique, les résultats montrent des différences notables entre les essences. Le Chêne liège (CL) présente un indice de 2,23, ce qui reflète une diversité spécifique intermédiaire parmi les trois essences étudiées. Ce score indique que, bien que le Chêne liège abrite un nombre relativement important

d'espèces, la répartition des individus parmi ces espèces peut ne pas être entièrement équilibrée. En revanche, le Chêne-zen (CZ) affiche un indice plus élevé de 2,92, ce qui témoigne d'une plus grande diversité spécifique. Ce résultat suggère une plus grande variété d'espèces présentes, avec probablement une meilleure répartition des individus entre elles. Enfin, la Forêt mixte (MX) obtient un indice de 2,01, indiquant une diversité spécifique plus modérée. Ce score pourrait refléter une structure écologique différente, possiblement influencée par la composition hétérogène de la forêt.

Quant à l'indice d'équitabilité de Piélo (J), qui mesure l'équilibre dans la répartition des individus parmi les espèces, les résultats suivent une tendance différente. La Forêt mixte (MX) a un indice de 0,78, suggérant que, bien que la répartition des individus entre les espèces soit relativement équilibrée, certaines espèces peuvent encore dominer légèrement. Le Chêne-zen (CZ) affiche un indice d'équitabilité de Piélo de 0,97, ce qui indique une répartition presque équitable des individus parmi les différentes espèces. Cela suggère une structure communautaire plus équilibrée, où aucune espèce n'est trop dominante. En revanche, le Chêne liège (CL) a un indice relativement faible de 0,46, indiquant une forte dominance d'une ou de quelques espèces au sein de cette communauté. Ce faible indice d'équitabilité de Piélo peut être dû à une répartition inégale des individus, avec quelques espèces qui prédominent largement par rapport aux autres (Fig.57).

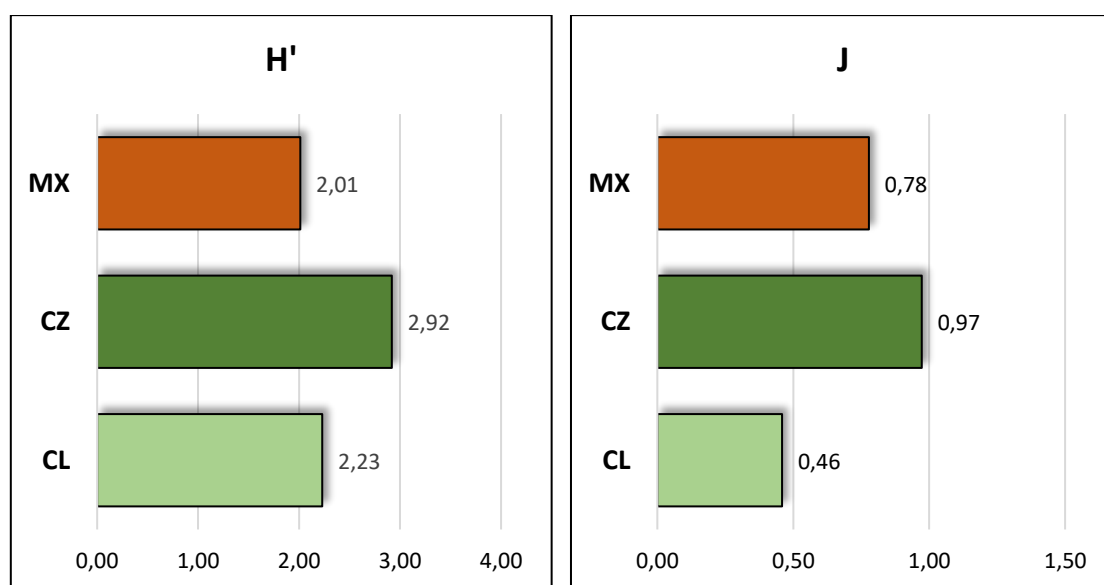


Figure 57 : Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et indice d'équitabilité de Piélo (J) en fonction des essences forestières.

2.5.2. Analyse en composante principale (ACP) (Essences forestières Vs Famille)

L'analyse en composantes principales (ACP) révèle que les deux premières composantes expliquent 99,33 % de la variance totale des données. La CP1, qui explique 93,31 %, est fortement corrélée au chêne-liège ($r = 0,99$), indiquant que cette essence structure principalement les données. La CP2, qui explique 6,02 %, est fortement corrélée à la forêt mixte ($r = 0,97$) et faiblement au chêne-zen ($r = 0,23$). Le plan factoriel formé par ces deux axes permet d'identifier les essences forestières qui structurent au mieux le peuplement de saproxyliques, notamment les forêts de chêne-liège et les forêts mixtes.

Les Buprestidae (Bu) et les Melyridae (Me) sont principalement associés à la forêt de chêne-liège, tandis que les Curculionidae (Cu) sont fortement associés à la forêt mixte. Bien que la forêt de chêne-zen soit moins bien représentée sur le plan factoriel, elle semble être davantage liée aux Lucanidae (Lu). Les familles situées près du centre du plan factoriel montrent une faible contribution à la structuration des axes de l'ACP. Cependant, celles qui sont corrélées négativement avec la première composante (CP1), comme les Ptinidae (Pt) et les Cerambycidae (Ce) par exemple, représentent des familles qui sont rarement présentes dans la forêt de chêne-liège (**Fig.58**).

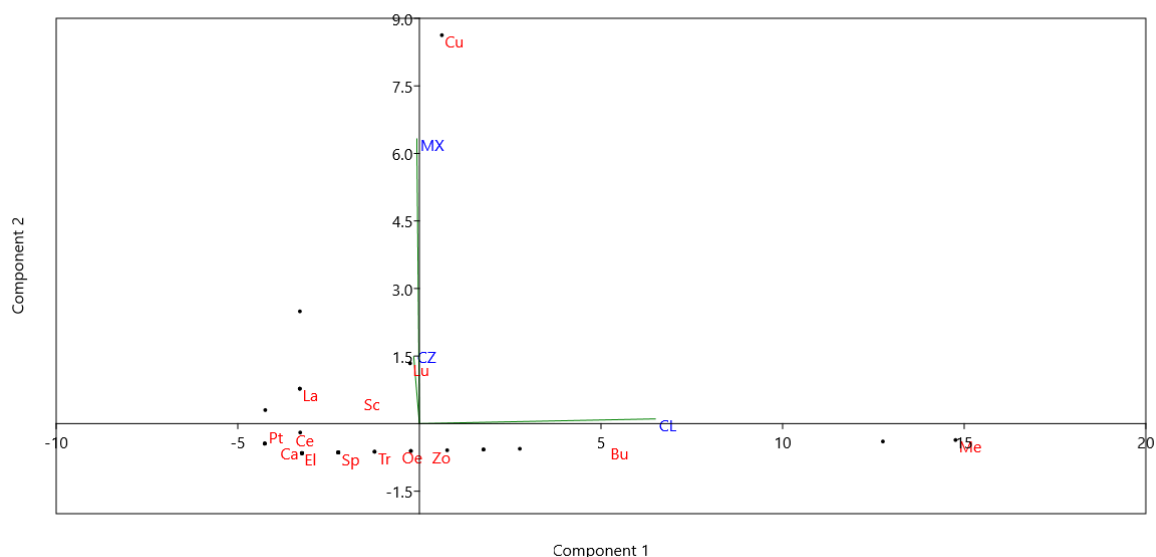


Figure 58: Essences Forestières et Saproxyliques : Résultats de l'ACP.

3. Rôle fonctionnel et position des coléoptères saproxylques au sein de l'écosystème forestier

L'analyse de la répartition des coléoptères saproxylques au sein du peuplement de coléoptères permet de mieux comprendre leurs interactions et leur influence sur l'écosystème forestier.

3.1 Abondances

L'inventaire des coléoptères de la forêt de Seraïdi à Berouaga révèle une nette dominance des coprophages avec 763 individus, soit 47 % des individus du peuplement. Les saproxylques suivent avec 434 individus (27 %), puis les phytophages avec 303 individus (18 %). Les prédateurs, avec 90 individus (5 %), et les décomposeurs, avec seulement 47 individus (3 %), sont moins présentés. Ces résultats montrent que les coprophages sont le groupe le plus abondant, probablement en raison de ressources spécifiques disponibles dans cet habitat (Fig.59).

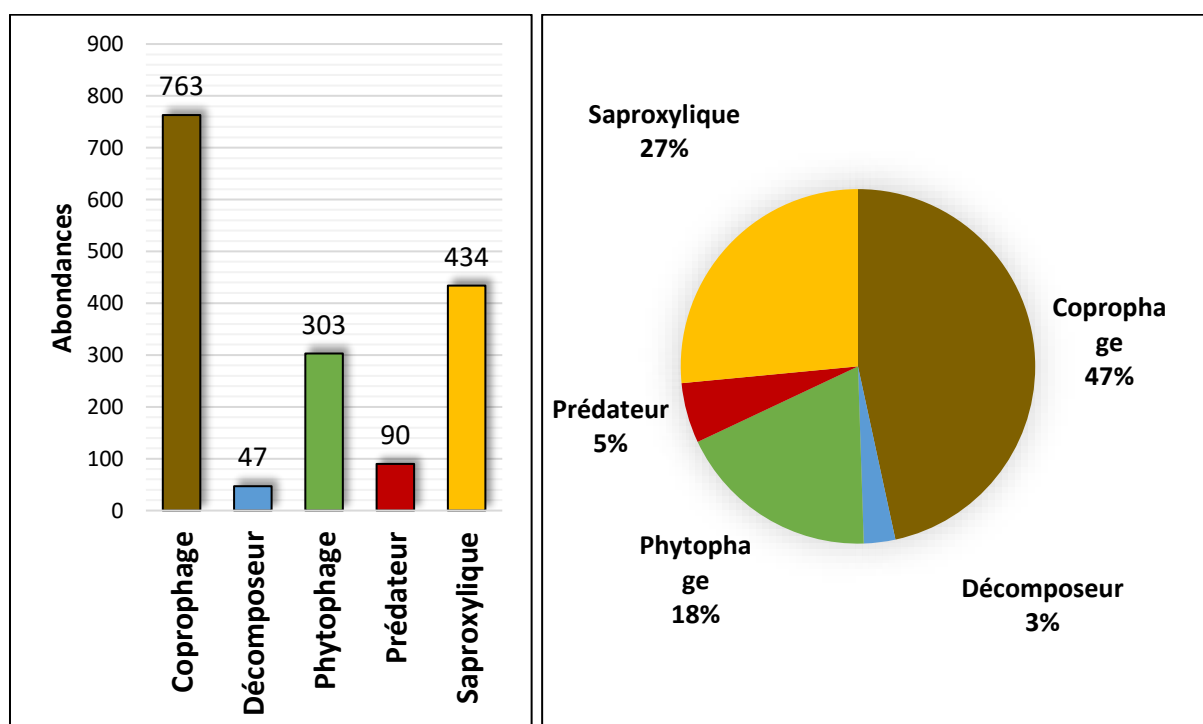


Figure 59 : Répartition des groupes fonctionnels des coléoptères de la forêt de Seraïdi à Berouaga en fonction des abondances.

3.2 Richesse spécifique et par famille

L'analyse des richesses spécifiques et par familles révèle que les coléoptères saproxyliques dominent les autres groupes fonctionnels, avec 15 familles et 33 espèces, représentant respectivement 44 % et 40 % des richesses du peuplement. Les phytophages arrivent en deuxième position, avec 12 familles et 29 espèces, soit 35 % des espèces et des familles. Les autres groupes fonctionnels, montrent des richesses beaucoup plus faibles, avec moins de familles et d'espèces, ce qui reflète une moindre diversité dans ces groupes par rapport aux saproxyliques et phytophages. (Fig. 60 et Fig. 61).

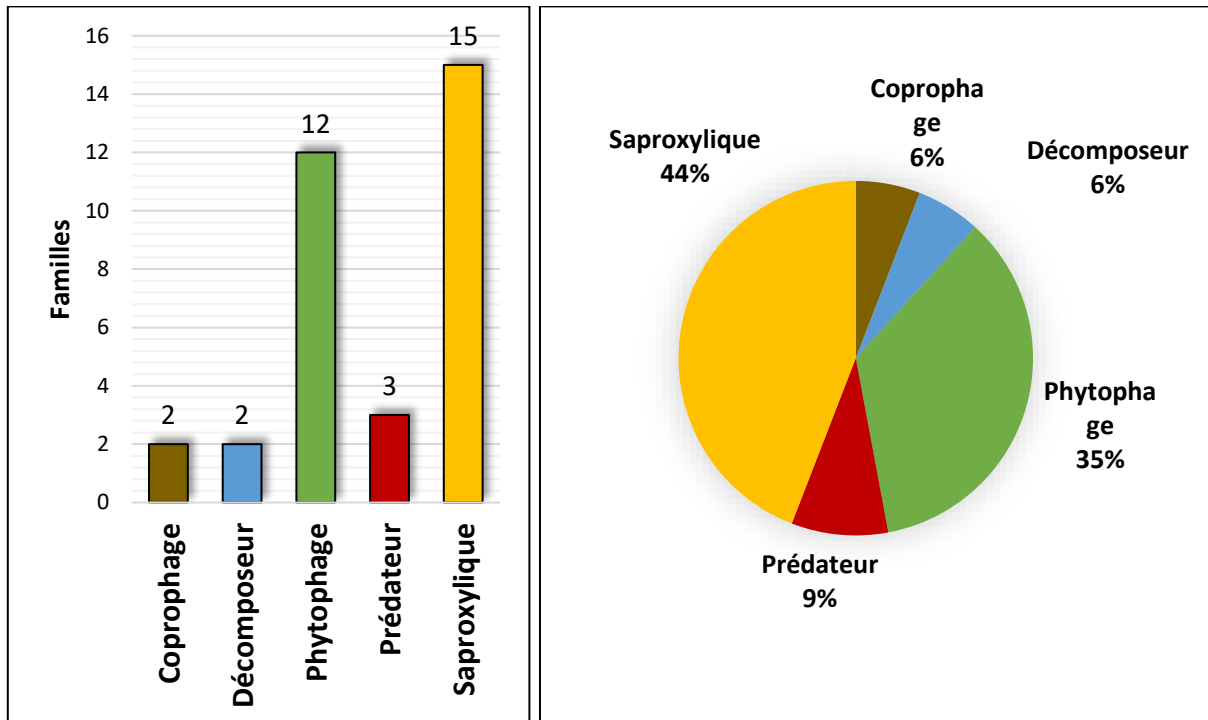


Figure 60 : Nombre de familles des groupes fonctionnels de la forêt de Seraïdi à Berouaga.

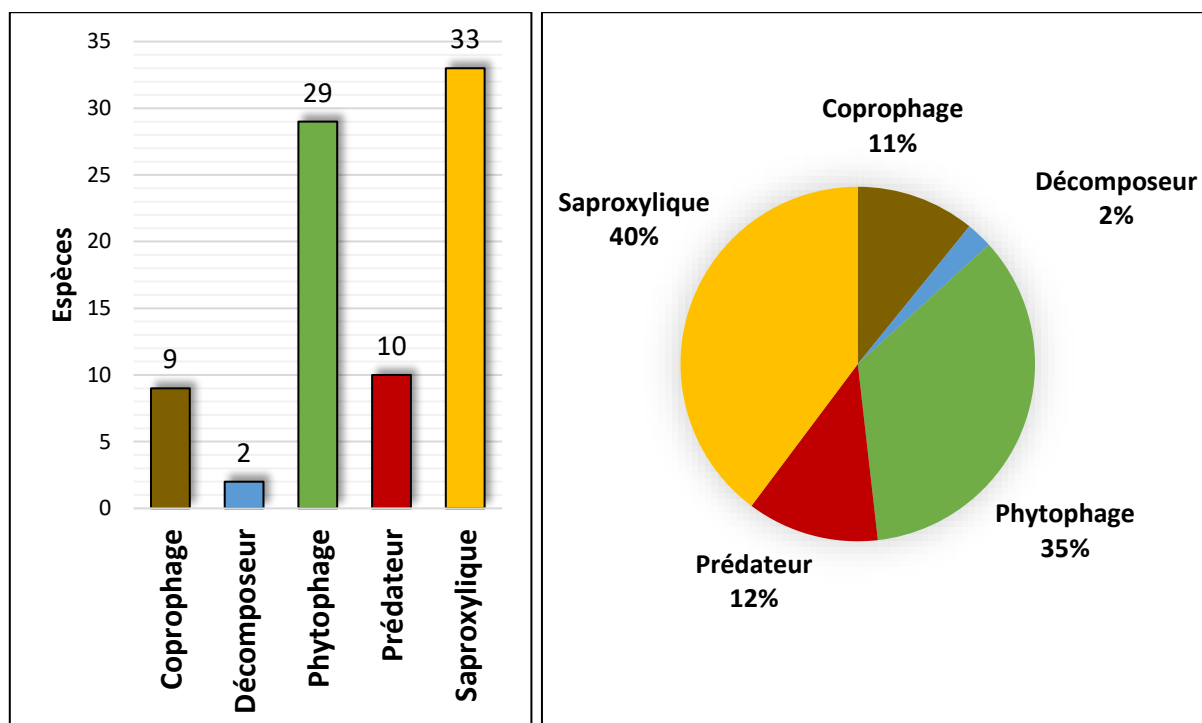


Figure 61 : Richesse spécifique des groupes fonctionnels de coléoptères dans la forêt de Seraidi à Berouaga.

3.3. Analyse de la structure des groupes fonctionnels selon les essences forestières

L'analyse des abondances des groupes fonctionnels montre une dominance des coprophages, suivis des saproxylques, toutes essences forestières confondues. Les phytophages occupent la troisième position dans les forêts de chêne-liège et de chêne-zen, tandis que les prédateurs sont en troisième position dans la forêt mixte. Les décomposeurs sont le groupe le moins représenté, avec des proportions ne dépassant pas 4 %, et ils sont totalement absents dans la forêt de chêne-zen (**Fig.62**).

Les résultats indiquent que la forêt de chêne-liège (CL) est le site le plus favorable pour ces coléoptères, hébergeant entre 84 % et 96 % de leurs effectifs. La forêt mixte se classe loin derrière avec 12 % des effectifs pour les saproxylques et les prédateurs, et 6 % pour les décomposeurs. En revanche, les coprophages et les phytophages montrent une préférence relative pour la forêt de chêne-zen en deuxième position, avec des proportions de 10 % et 3 % respectivement (**Fig.63**).

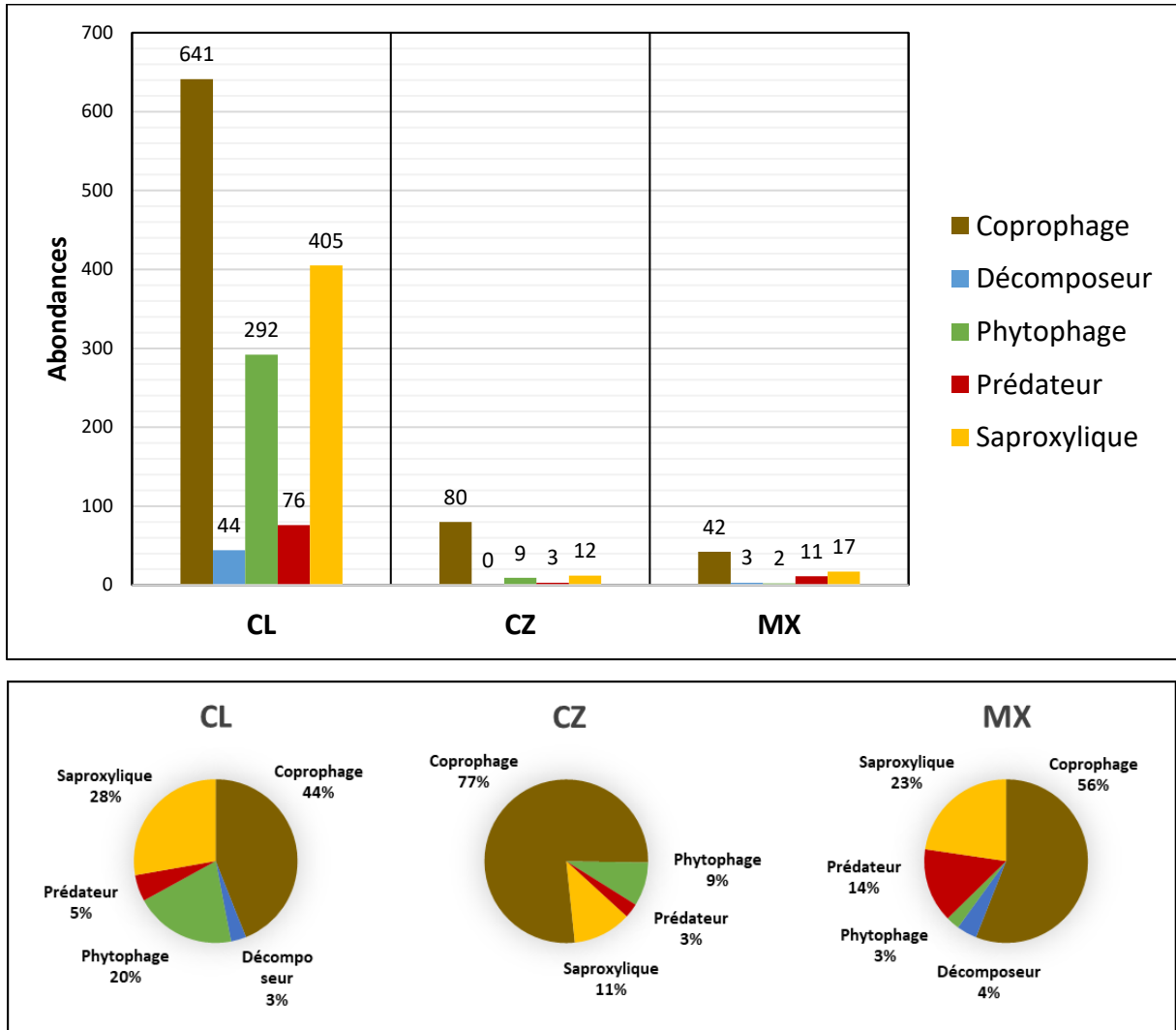


Figure 62 : Répartition des groupes fonctionnels en fonction des abondances et des proportions dans les 3 essences forestières.

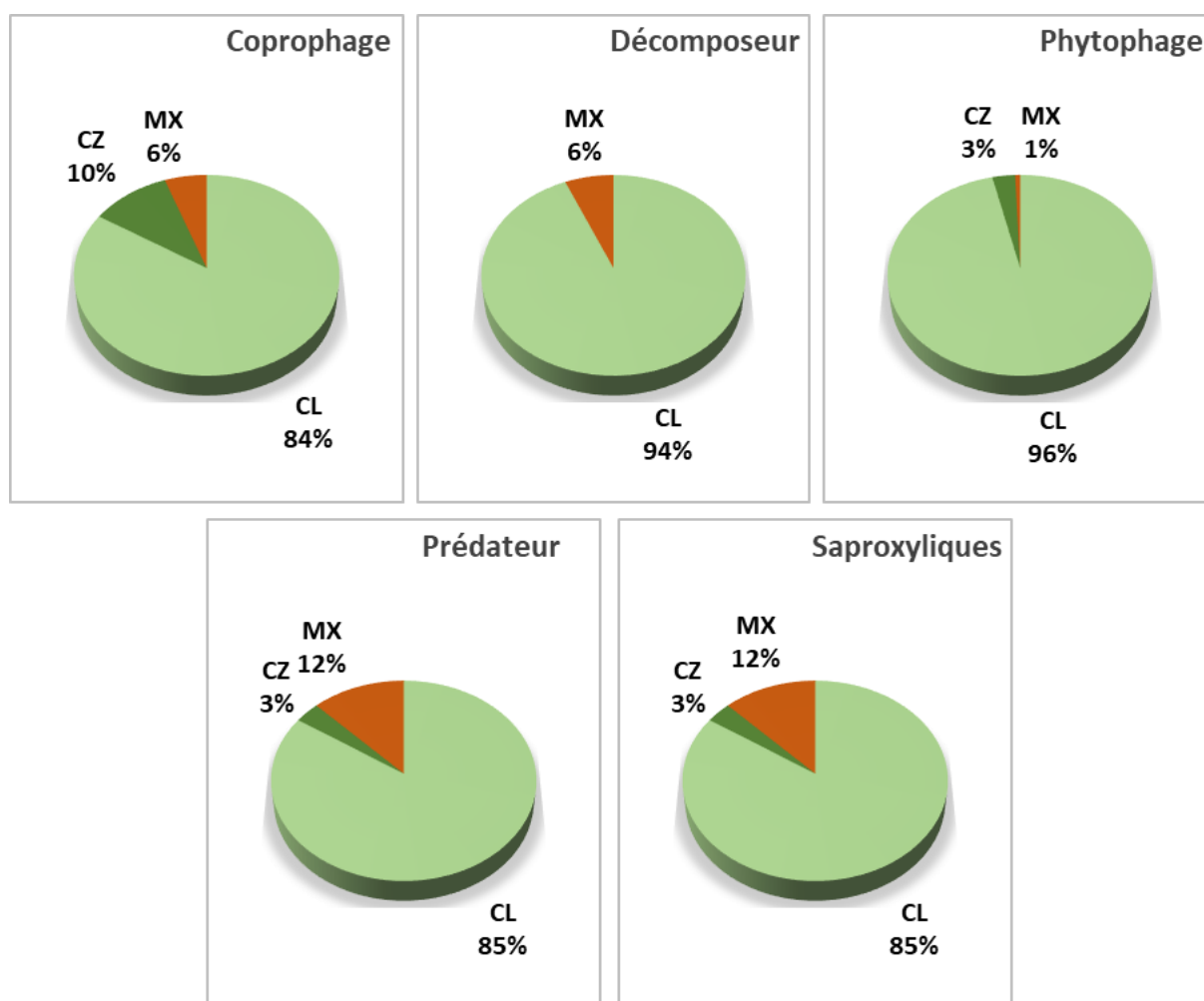


Figure 63 : Comparaison des proportions des essences forestières des groupes fonctionnels.

L'analyse comparative des groupes fonctionnels selon la richesse spécifique montre que les coléoptères saproxyliques occupent la première position. Dans la forêt de chêne-liège, ils dominent avec 29 espèces, suivis des phytophages avec 23 espèces. Dans la forêt de chêne-zen, avec 9 espèces, les saproxyliques sont suivis par les coprophages (7 espèces) et les phytophages avec 6 espèces. Enfin, dans la forêt mixte, où ils sont présents avec 6 espèces, les prédateurs se classent en deuxième position avec 5 espèces. Les autres groupes fonctionnels présents dans chaque type de forêt ne dépassent pas 3 espèces (Fig.64).

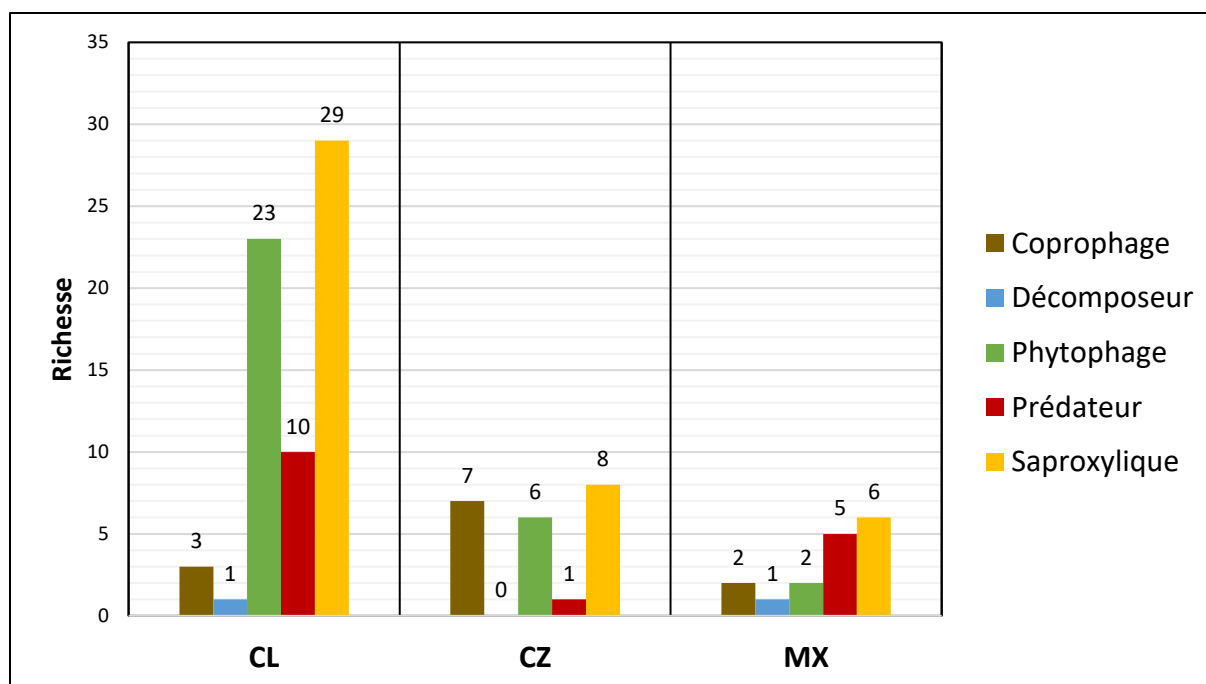


Figure 64 : Richesse spécifique des groupes fonctionnels des coléoptères selon les types d'essences forestières (Chêne-liège, Chêne-zen, Forêt mixte).

3.4. Analyse de la structure des groupes fonctionnels selon les saisons

L'analyse des groupes fonctionnels des coléoptères au fil des saisons révèle des variations marquées dans les Abondances, témoignant de l'adaptation de ces insectes aux changements de ressources et de conditions environnementales tout au long de l'année.

Au printemps, une disponibilité accrue de matière fécale et de bois en décomposition serait probablement à l'origine de la dominance des coprophages au sein du peuplement, avec 483 individus (61 % du peuplement). Ils sont suivis des saproxylques avec 176 individus (22 %) et des phytophages avec 82 individus (10 %). Les décomposeurs et les prédateurs sont moins représentés avec respectivement 39 individus et 16 individus.

En été, la composition change en raison, probablement, de l'augmentation de la végétation active. Les phytophages atteignent alors 213 individus (38 %), tandis que les saproxylques maintiennent une forte présence avec 226 individus (40 %). Ces deux groupes prennent la tête du peuplement, surpassant les coprophages dont le nombre chute à 84 individus. Les prédateurs comptent 31 individus et les décomposeurs 7 individus.

En automne et en hiver, lorsque la végétation est moins disponible et l'activité des autres groupes diminue, les coprophages redeviennent dominants avec 146 individus en automne (67 %) et 50 individus en hiver (81 %). En automne, les prédateurs occupent la deuxième place avec 40 individus (18 %), surpassant les décomposeurs et les autres groupes fonctionnels.

Ces variations saisonnières reflètent les stratégies d'adaptation des coléoptères aux ressources disponibles et aux conditions changeantes au cours de l'année (Fig. 65 et Fig. 66).

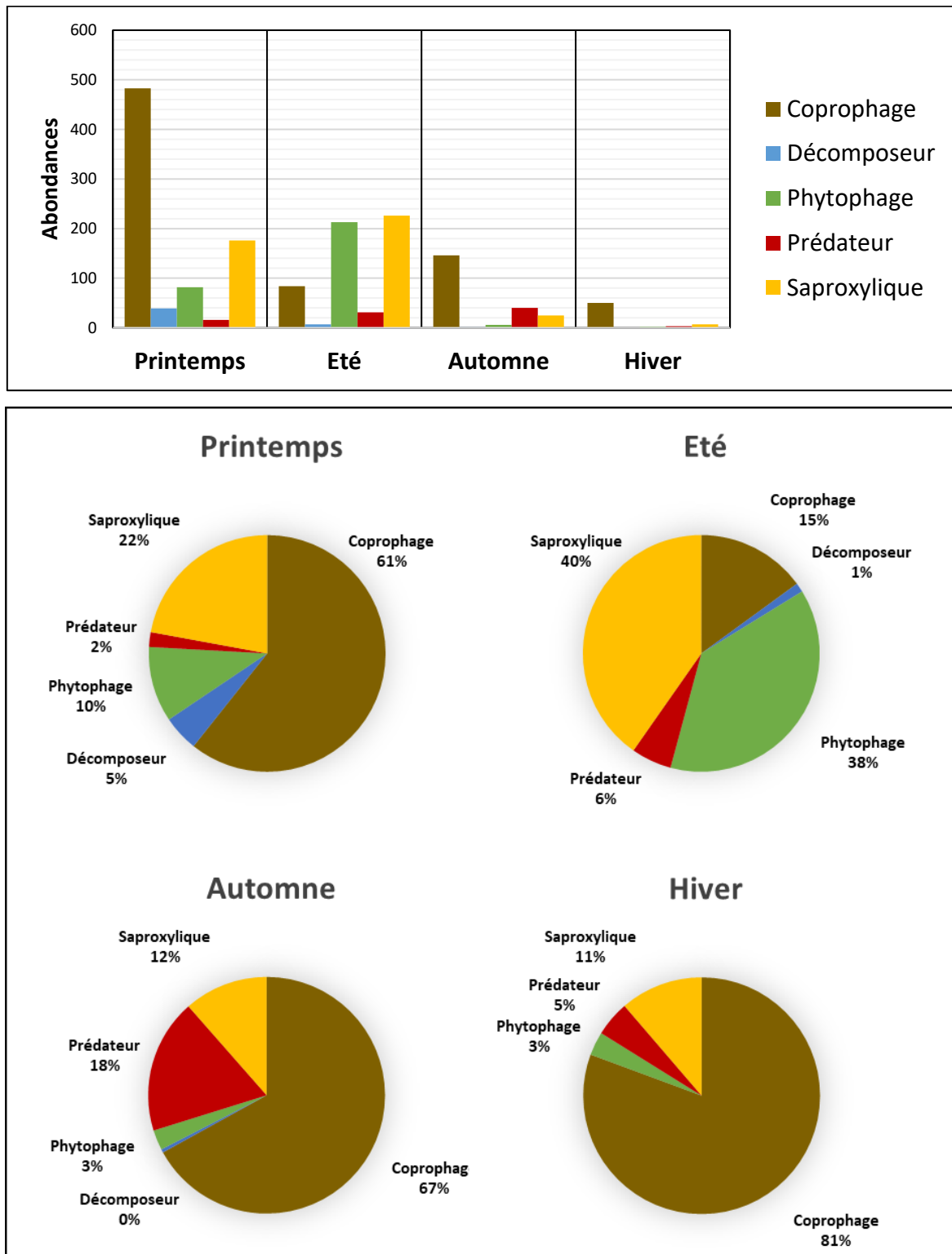


Figure 65 : Répartition des groupes fonctionnels des coléoptères en fonction des abondances selon les saisons.

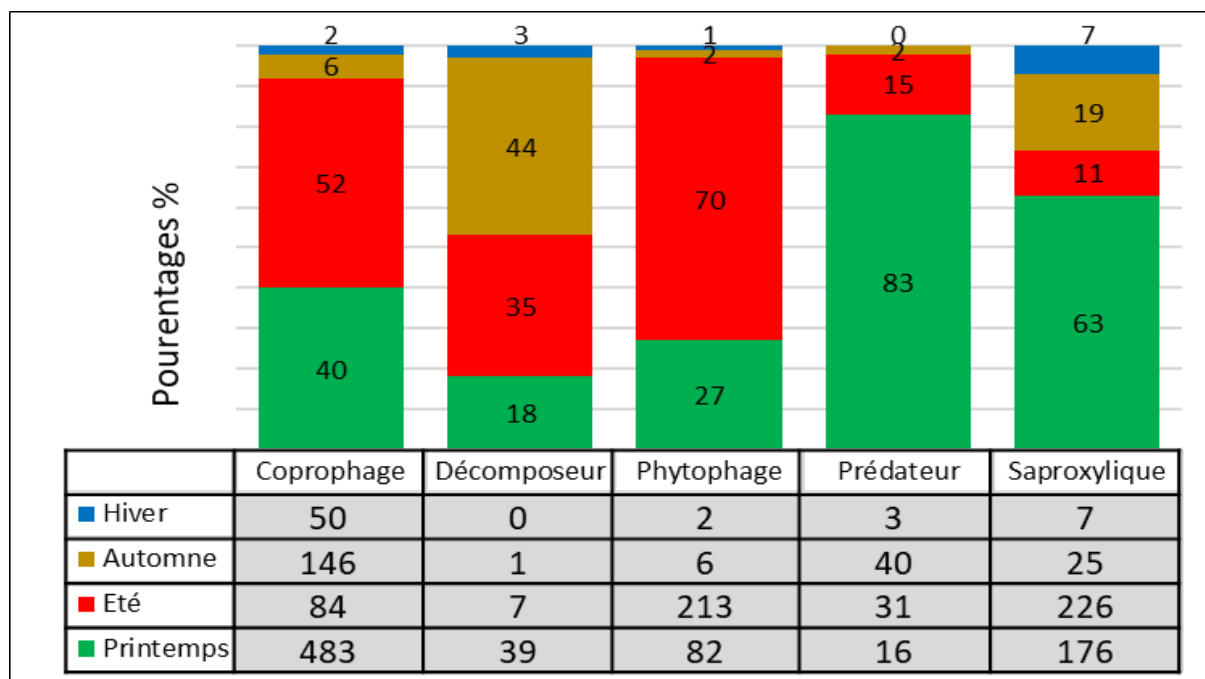


Figure 66 : Comparaison des proportions saisonnières des groupes fonctionnels (Effectifs convertis en pourcentages).

L'analyse de la répartition des richesses spécifiques selon les saisons révèle une diminution progressive du nombre d'espèces, passant de 53 au printemps à 48 en été, 23 en automne, et seulement 12 en hiver. Les résultats montrent également que les espèces saprophytiques affichent généralement la diversité la plus élevée durant toutes les saisons, à l'exception de l'hiver, où les coprophages dominent avec 7 espèces recensées. Au printemps, les phytophages comptent 22 espèces, se situant ainsi au même niveau que les saprophytiques, qui en comptent 21. En été, les phytophages occupent la deuxième position avec 16 espèces. Au cours de ces deux saisons, les saprophytiques et les phytophages représentent ensemble environ les deux tiers du peuplement total.

En résumé ; Les saprophytiques, qui dépendent du bois mort pour leur développement, dominent globalement en diversité, ce qui indique un habitat riche en matière organique en décomposition. Cependant, en hiver, cette dominance est remplacée par les coprophages, qui exploitent d'autres niches écologiques adaptées aux conditions hivernales. Les phytophages montrent également une importance notable, particulièrement au printemps et en été, périodes où la végétation est abondante. Cela souligne l'importance de la disponibilité des ressources végétales pour maintenir une diversité élevée (Fig.67).

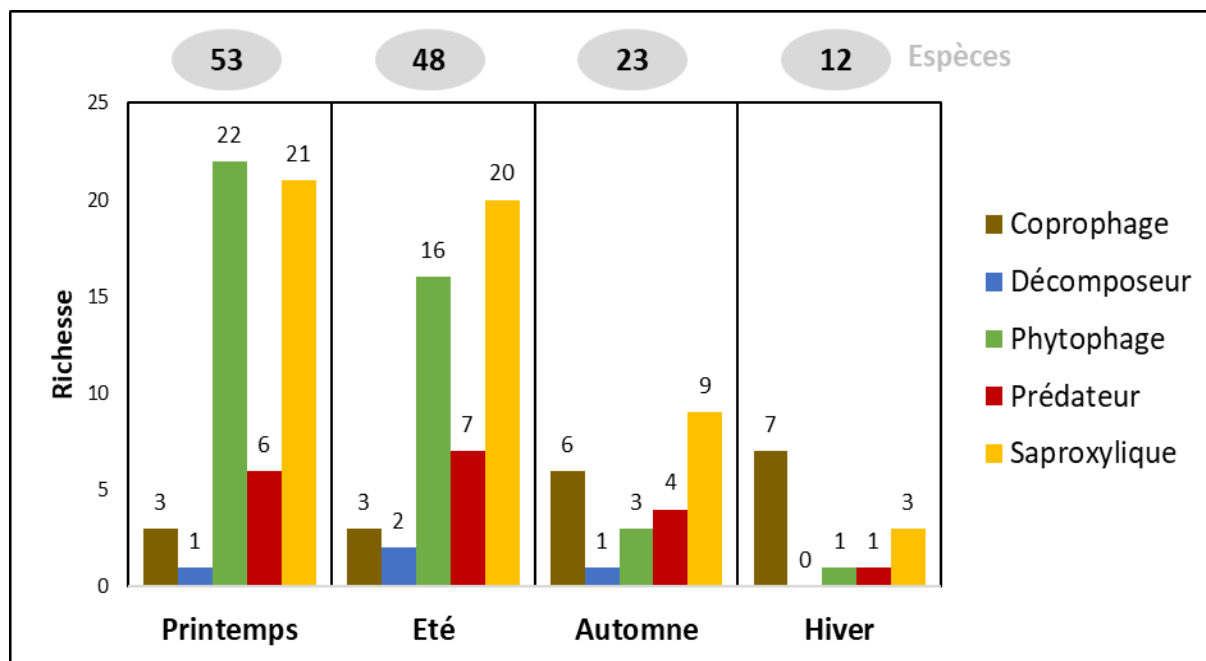


Figure 67 : Richesse spécifique des groupes fonctionnels des coléoptères en fonction des saisons.

4. Comparaison du peuplement de coléoptères entre milieu naturel (MN) et post-incendié (MPI) : analyse globale et réponses adaptatives des coléoptères saproxyliques

Cette étude nous a permis de comparer la biodiversité des coléoptères entre deux milieux distincts du massif forestier de l'Édough : un milieu naturel (Ain Boukal) et un milieu post-incendié (Ain Barber). A terme, 20 espèces réparties en 10 familles ont été identifiées (18 espèces dans le milieu post-incendié et 12 espèces dans le milieu naturel (**Tab.06**). Cette diversité spécifique plus élevée dans le milieu post-incendié pourrait indiquer une recolonisation rapide par certaines espèces opportunistes ou adaptées aux milieux perturbés. Le cas des *Sisyphus schaefferi*, *Bubas bison* et *Protaetia morio*, chez les Scarabaeidae, de *Pterostichus oblongopunctatus* chez les Carabidae, de *Heliotaurus ruficollis* chez les Tenebrionidae, de *Acmaeodera degener* chez les Buprestidae et de *Purpuricenus desfontainii*, *Stictoleptura fontenayi* chez les Cerambycidae. Ces espèces peuvent être des pionnières, adaptées à des environnements ouverts avec du bois mort ou une végétation moins dense, typique des zones récemment incendiées. Deux espèces ont été, cependant, recensées exclusivement dans le milieu naturel d'Ain Boukal : *Stenosis sp.* (Tenebrionidae) et *Hister quadrinotatus* (Histeridae). Leur présence suggère une sensibilité aux perturbations et une préférence pour des conditions stables et des habitats préservés.

Tableau 06 : Peuplement de Coléoptères dans les deux sites d'étude (milieu naturel et milieu post-incendié).

Familles	Espèces	Milieu post-incendié	Milieu naturel
Scarabaeidae (Sc)	<i>Sisyphus schaefferi</i>	√	0
	<i>Tropinota squalida pilosa</i>	√	√
	<i>Anisoplia floricola</i>	√	√
	<i>Bubas bison</i>	√	0
	<i>Oxythyrea funesta</i>	√	√
	<i>Protaetia morio</i>	√	0
Chrysomelidae (Ch)	<i>Lachnaia cylindrica</i>	√	√
Coccinellidae (Co)	<i>Coccinella septempunctata</i>	√	√
Carabidae (Ca)	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	√	0
	<i>Nebria andalusia</i>	√	√
Tenebrionidae (Te)	<i>Alphasida sp</i>	√	√
	<i>Optarum sabulosum</i>	√	√
	<i>Heliotaurus ruficollis</i>	√	0
	<i>Stenosis sp</i>	0	√
Oedemeridae (Oe)	<i>Oedemera nobilis</i>	√	√
Geotrupidae (Ge)	<i>Trypocopris vernalis</i>	√	√
Buprestidae (Bu)	<i>Acmaeodera degener</i>	√	0
Cerambycidae (Ce)	<i>Purpuricenus desfontainii</i>	√	0
	<i>Stictoleptura fontenayi</i>	√	0
Histeridae (Hi)	<i>Hister quadrinotatus</i>	0	√

4.1. Analyse des indices écologiques

Au terme de notre étude, nous avons pu capturer un total de 750 individus de toutes espèces confondues, dans les deux milieux. En comparant les effectifs, 540 individus ont été collectés dans le milieu post-incendié, tandis que 210 individus ont été collectés dans le milieu naturel (72% et 28% respectivement). Le milieu post-incendié présente donc une densité plus élevée d'individus. Cela pourrait s'expliquer par une disponibilité accrue de ressources telles que le

bois mort et des sols ouverts, favorables à certaines espèces. Cette densité élevée est accompagnée par des richesses plus élevée en terme d'espèces et de familles (18 espèces et 9 familles) par rapport au milieu naturel qui héberge que 12 espèces et 8 familles (**Fig.68 et Fig.69**).

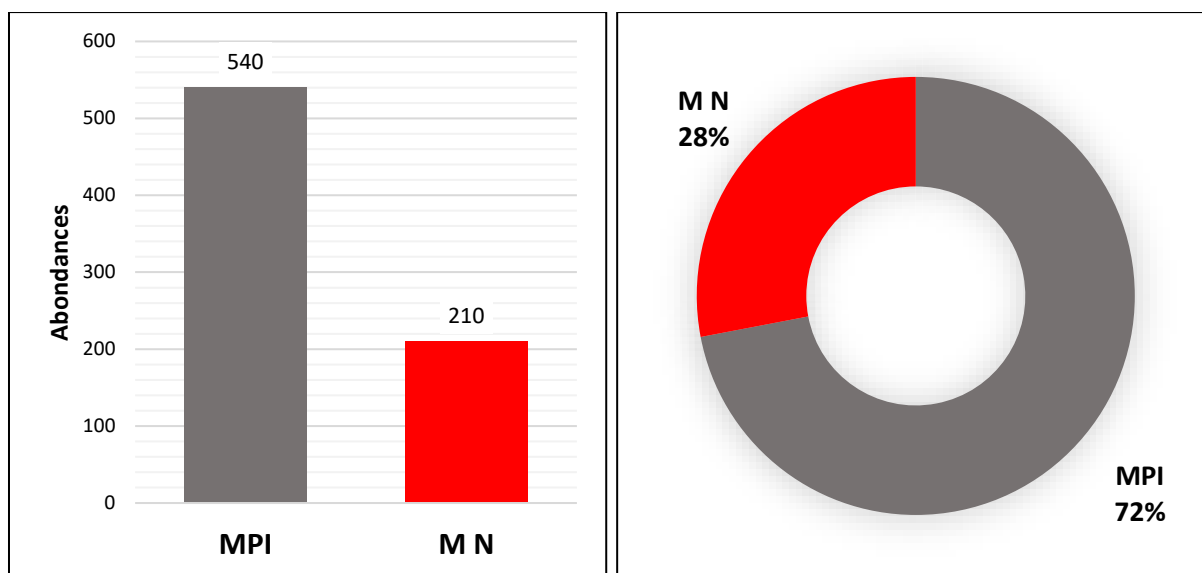


Figure 68 : Abondance globale des coléoptères dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.

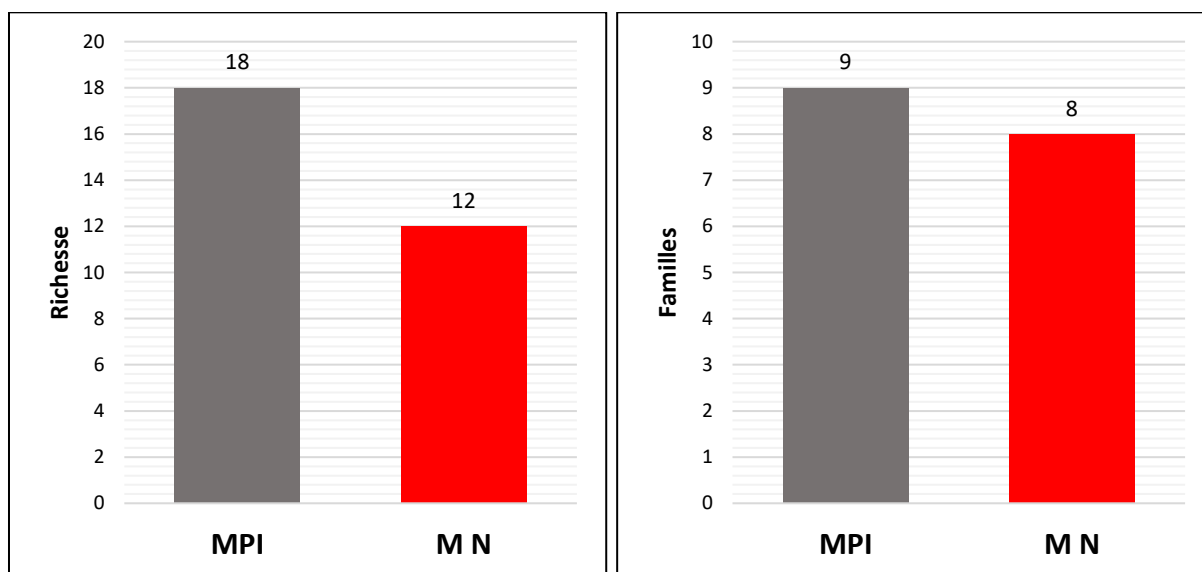


Figure 69 : Richesse globale spécifique et en familles des coléoptères dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.

Les résultats révèlent une prédominance marquée des Tenebrionidae dans les deux types de milieux naturel et post-incendié (273 et 91 individus correspondant à 51 et 43 % respectivement). Dans le milieu post-incendié, les Coccinellidae comptent pour 24 % des individus et les Scarabaeidae pour 13 %, témoignant également de leur abondance. Dans le

milieu naturel, les Oedemeridae se distinguent après les Tenebrionidae avec 27 %, suivis des Scarabaeidae avec 18 %. L'adaptation des Tenebrionidae aux environnements secs et perturbés pourrait expliquer leur forte présence dans les milieux post-incendie. La densité élevée des coccinelles après un l'incendie, serait probablement due au fait que les plantes pionnières repoussent rapidement, attirant des populations de pucerons et d'autres insectes herbivores dont se nourrissent les coccinelles. En revanche, l'abondance des Oedemeridae dans le milieu naturel reflète leur préférence pour des habitats forestiers stables, riches en bois en décomposition. Notons que les deux familles ; Cerambycidae et Buprestidae sont présentes uniquement dans le milieu post-incendié. Ces familles illustrent une réponse écologique à la perturbation causée par l'incendie, en exploitant le bois récemment mort pour se reproduire (**Fig.70**).

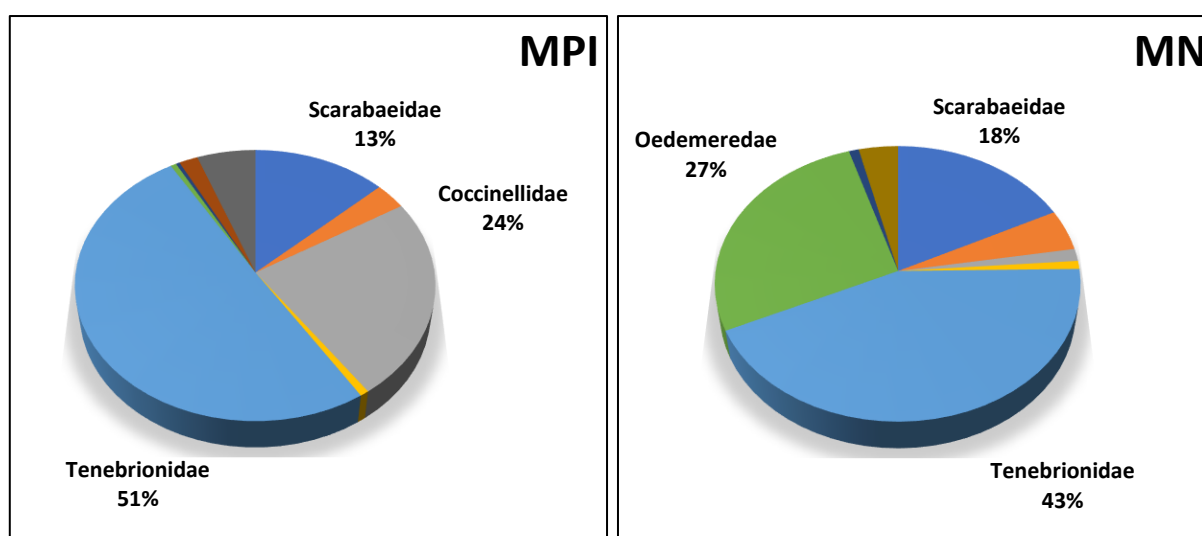
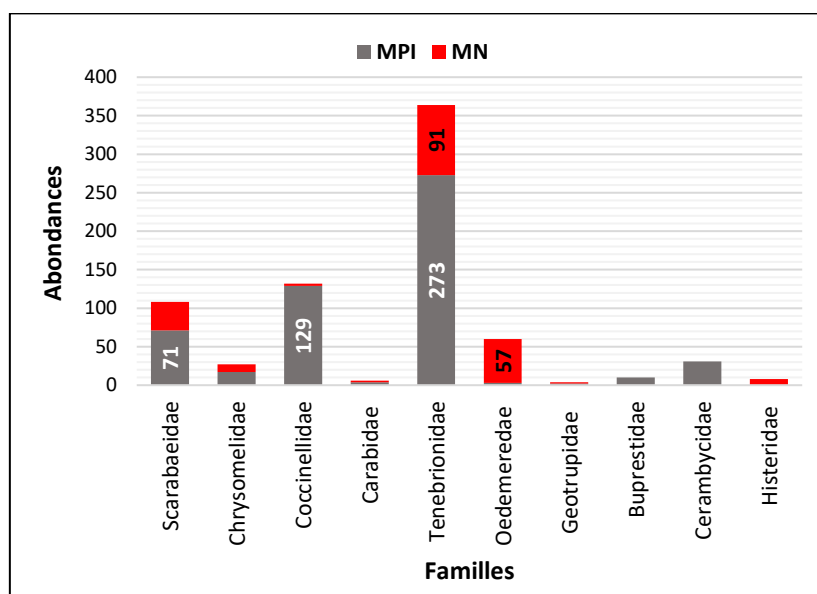


Figure 70 : Abondances et proportions des familles de coléoptères dans les Milieux Naturel et Post- Incendié.

L'analyse encore plus fine du peuplement par rapport aux espèces révèle la dominance, dans le milieu post-incendiés, de *Coccinella septempunctata* (Coccinellidae [Co]) avec une fréquence de 44% et de *Heliotaurus ruficollis* (Tenebrionidae [Te]) avec une proportion de 24%. Le milieu naturel présente une distribution plus homogène avec néanmoins la dominance relative de quelques espèces, a savoir ; *Oedemera nobilis*, *Optarum sabulosum*, *Anisoplia floricola* et *Alphasida sp* (27%, 24%, 14% et 12% respectivement. Cela suggère que les incendies favorisent certaines espèces spécialisées, tandis que les milieux naturels soutiennent une plus grande variété d'insectes (**Fig.71 et Fig.72**).

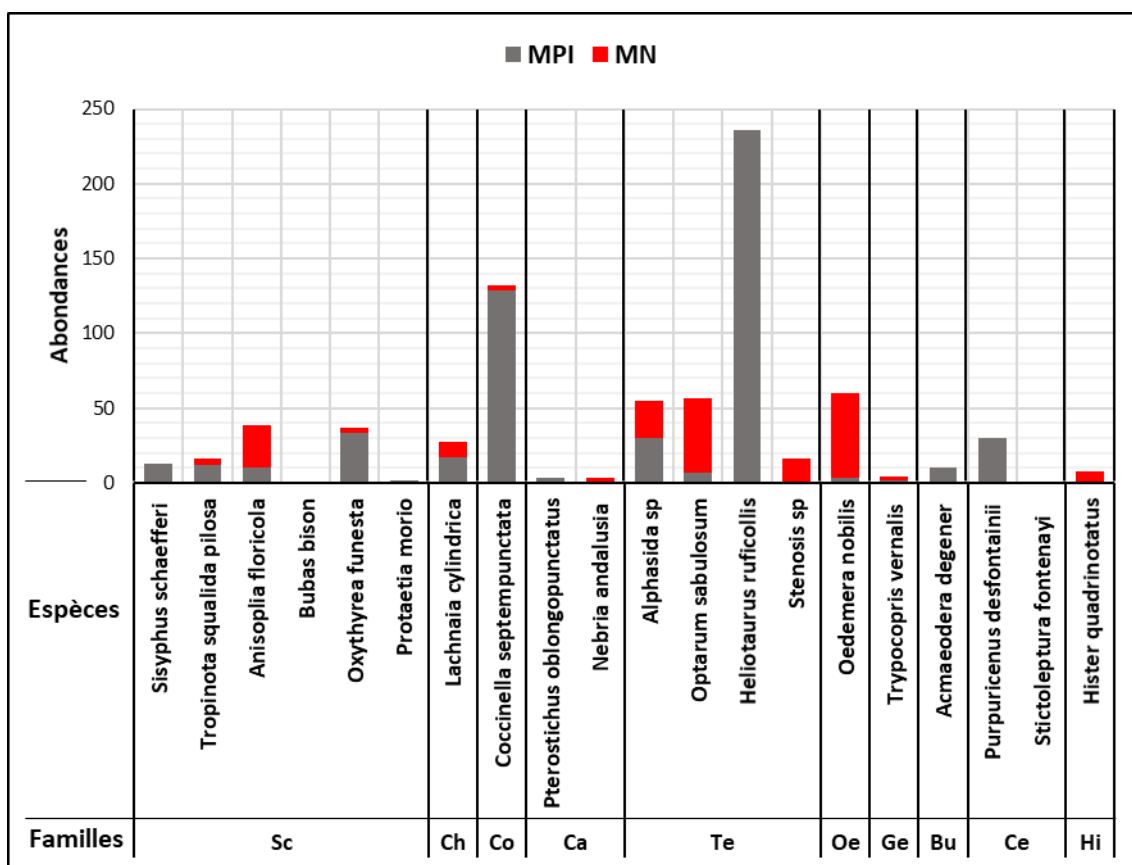


Figure 71 : Abondances spécifiques des coléoptères dans les milieux Naturel et Post-Incendié.

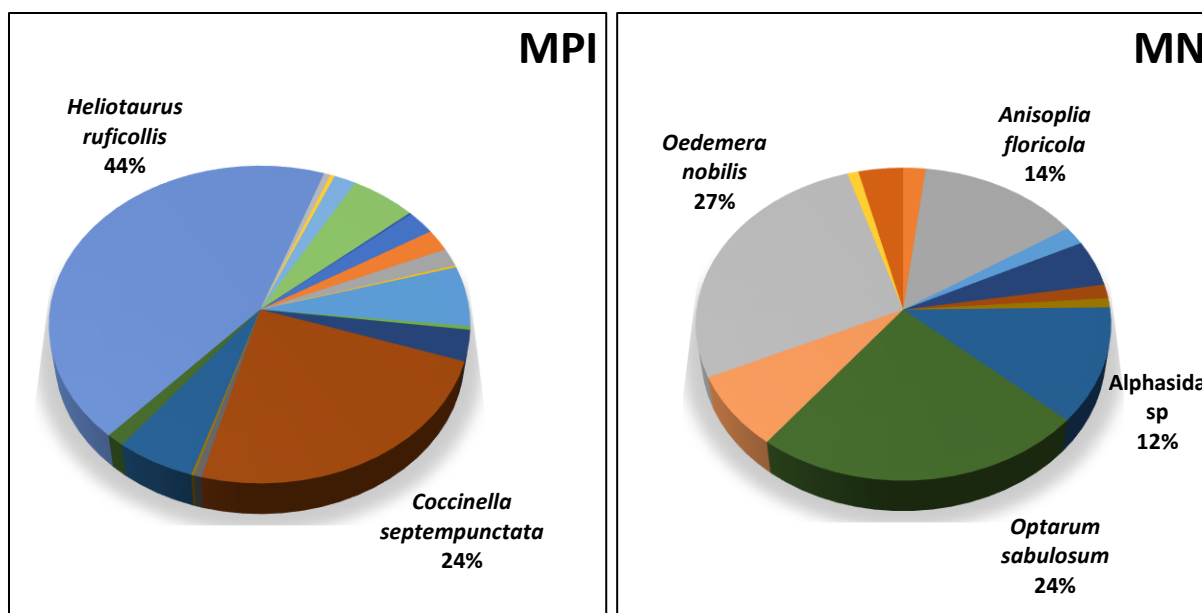


Figure 72 : Proportions des différentes espèces de coléoptères dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.

En effet, si le peuplement de coléoptères dans le milieu post-incendie présente une abondance et une richesse spécifique supérieures à celles du milieu naturel, l'analyse des indices de diversité révèle une dynamique différente. Les valeurs de Shannon et d'équitabilité de Pielou traduisent une plus grande homogénéité dans le milieu naturel, où les espèces sont diversifiées et relativement bien réparties, avec des valeurs atteignant $H' = 2,87$ et $J = 0,80$. En revanche, malgré une augmentation de l'abondance et de la richesse spécifique dans le milieu post-incendie, la communauté y apparaît moins équilibrée, probablement en raison de la dominance de certaines espèces pionnières adaptées aux perturbations (*Coccinella septempunctata* et *Heliotaurus ruficollis*, dans notre cas). Ces résultats montrent que le milieu naturel favorise une diversité stable et équilibrée, tandis que le milieu post-incendie présente une structure de peuplement déséquilibrée malgré une richesse apparente (Fig.73).

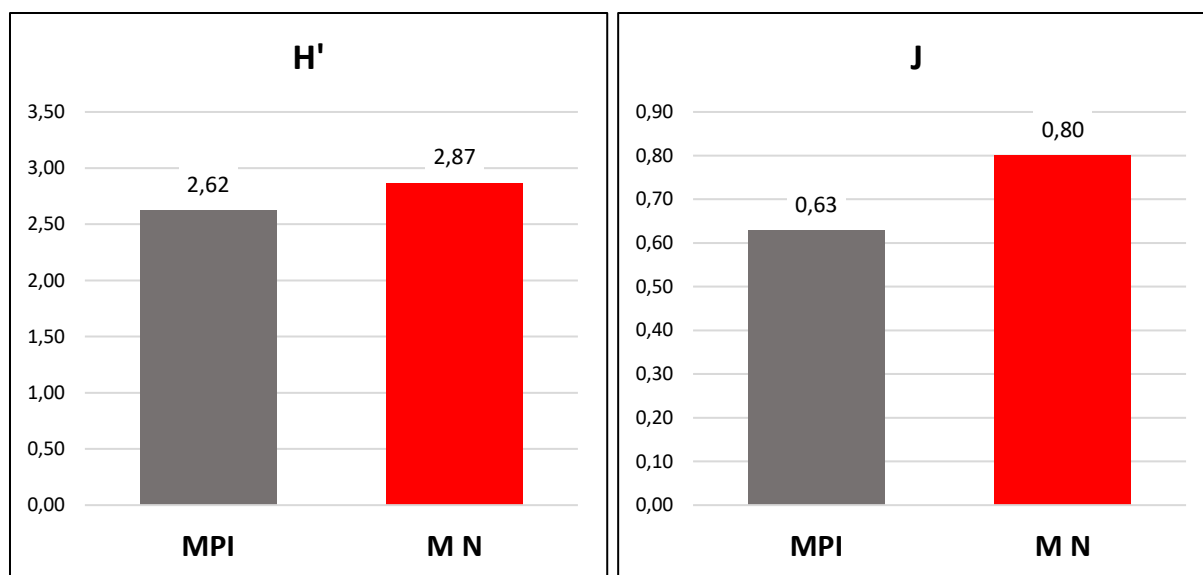


Figure 73 : Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et indice d'équitabilité de Pielou (J) en fonction des types de milieux.

4.2. Part comparée des saproxyliques dans le peuplement de Coléoptères

4.2.1. Analyse des abondances

Le calcul des abondances des différents groupes fonctionnels met en évidence une dominance des phytophages dans les deux milieux étudiés, à savoir le milieu naturel et le milieu post-incendié, représentant respectivement 48 % et 82 % de la population totale. Ils sont suivis par les saproxyliques, qui constituent 27 % dans le milieu naturel et 8 % dans le milieu post-incendié. Les décomposeurs sont également plus présents dans le milieu naturel, avec une proportion de 27 %, par rapport au milieu post-incendié. La dominance des phytophages est particulièrement prononcée dans le milieu post-incendié, où l'on dénombre 444 individus, soit quatre fois plus que dans le milieu naturel. En revanche, les autres groupes fonctionnels ne montrent pas de différences significatives entre les deux types de milieux. Cette observation suggère que les conditions post-incendie favorisent fortement les populations de phytophages, possiblement en raison de la nouvelle repousse des végétaux qui offre une abondance de ressources alimentaires. En revanche, l'absence de différences significatives pour les autres groupes fonctionnels pourrait indiquer une stabilité relative de ces communautés face aux perturbations environnementales, ou une réponse moins marquée aux changements induits par l'incendie (Fig.74).

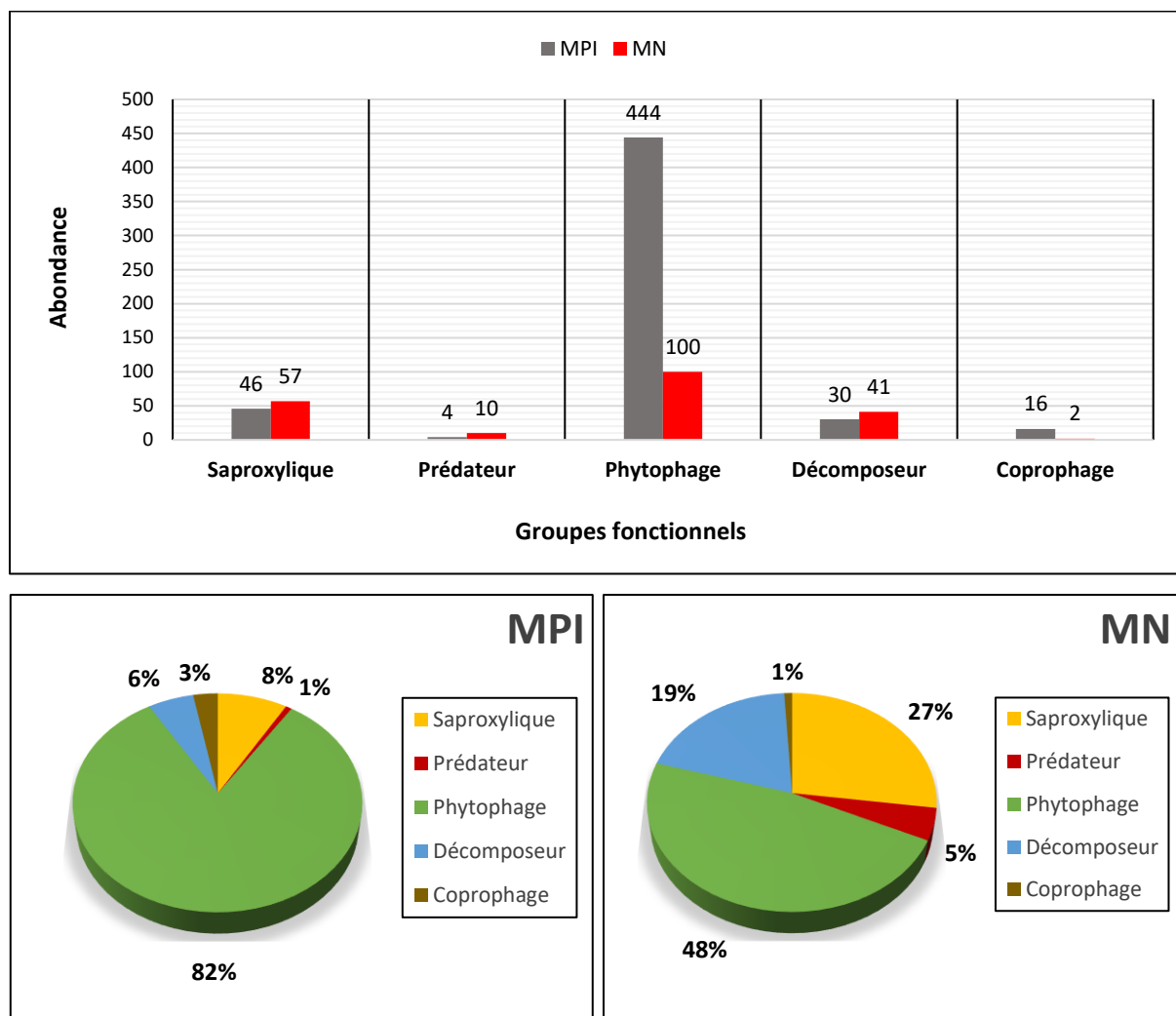


Figure 74 : Abondance des Groupes Fonctionnels dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.

4.2.2. Analyse des richesses

Le calcul des richesses par espèce et par famille révèle une tendance différente, montrant une diversité plus marquée dans le milieu post-incendié pour la plupart des groupes fonctionnels, en particulier pour les saproxyliques. En effet, on y dénombre 5 espèces (soit 28 % des espèces du peuplement) et 4 familles (représentant 34 % des familles du peuplement), contre seulement 1 espèce (8 %) et 1 famille (11 %) dans le milieu naturel. Cependant, les phytophages demeurent les plus dominants sur le plan spécifique dans les deux milieux, avec 7 espèces dans le milieu post-incendié et 6 espèces dans le milieu naturel, correspondant à 39 % et 50 % des espèces respectivement. Dans le milieu post-incendié, les phytophages regroupent autant de familles

que les saproxyliques, mais leur diversité est plus importante dans le milieu naturel (**Fig.75 et Fig.76**).

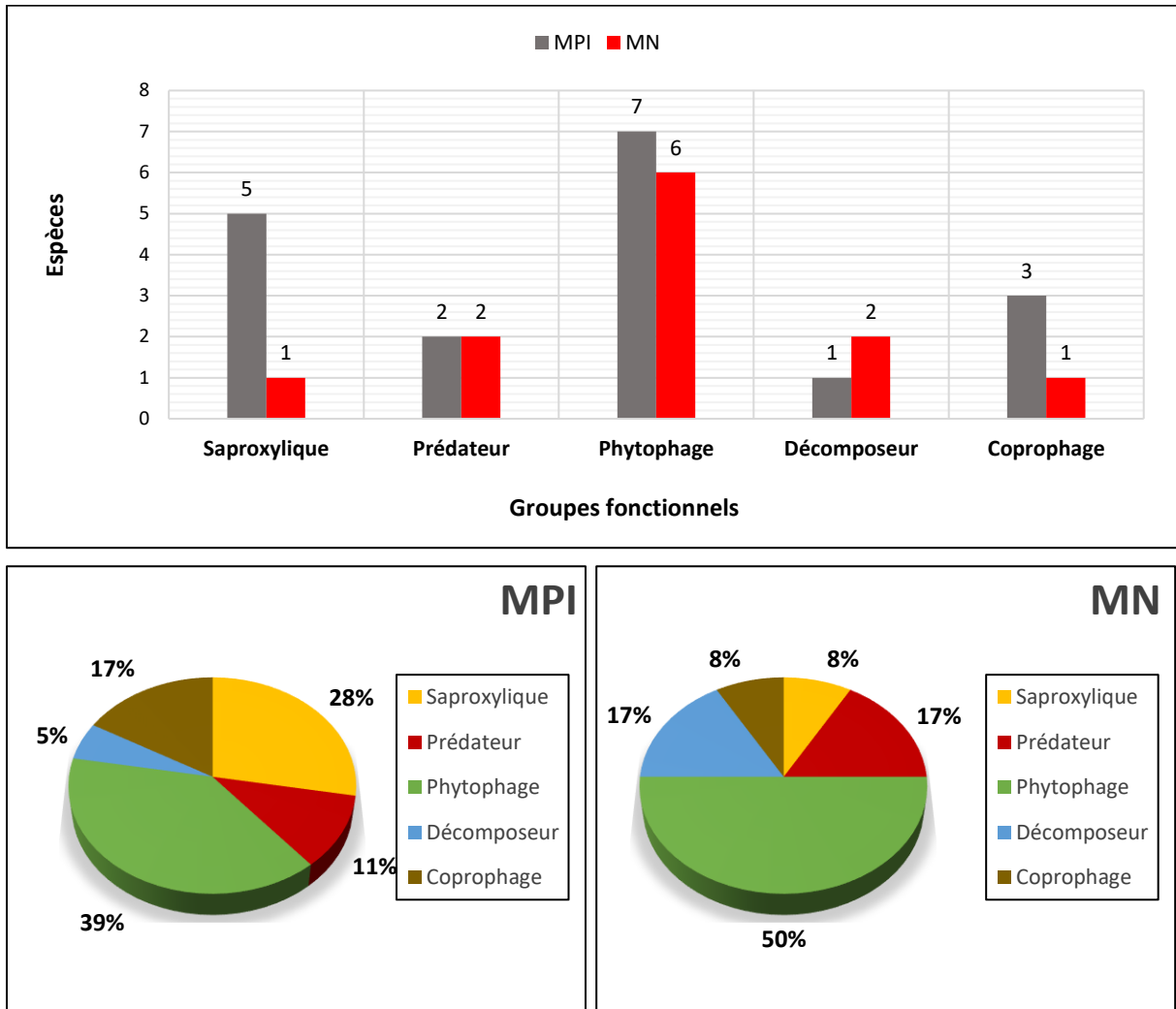


Figure 75 : Richesse Spécifique dans les Milieux Naturel et Post-Incendie.

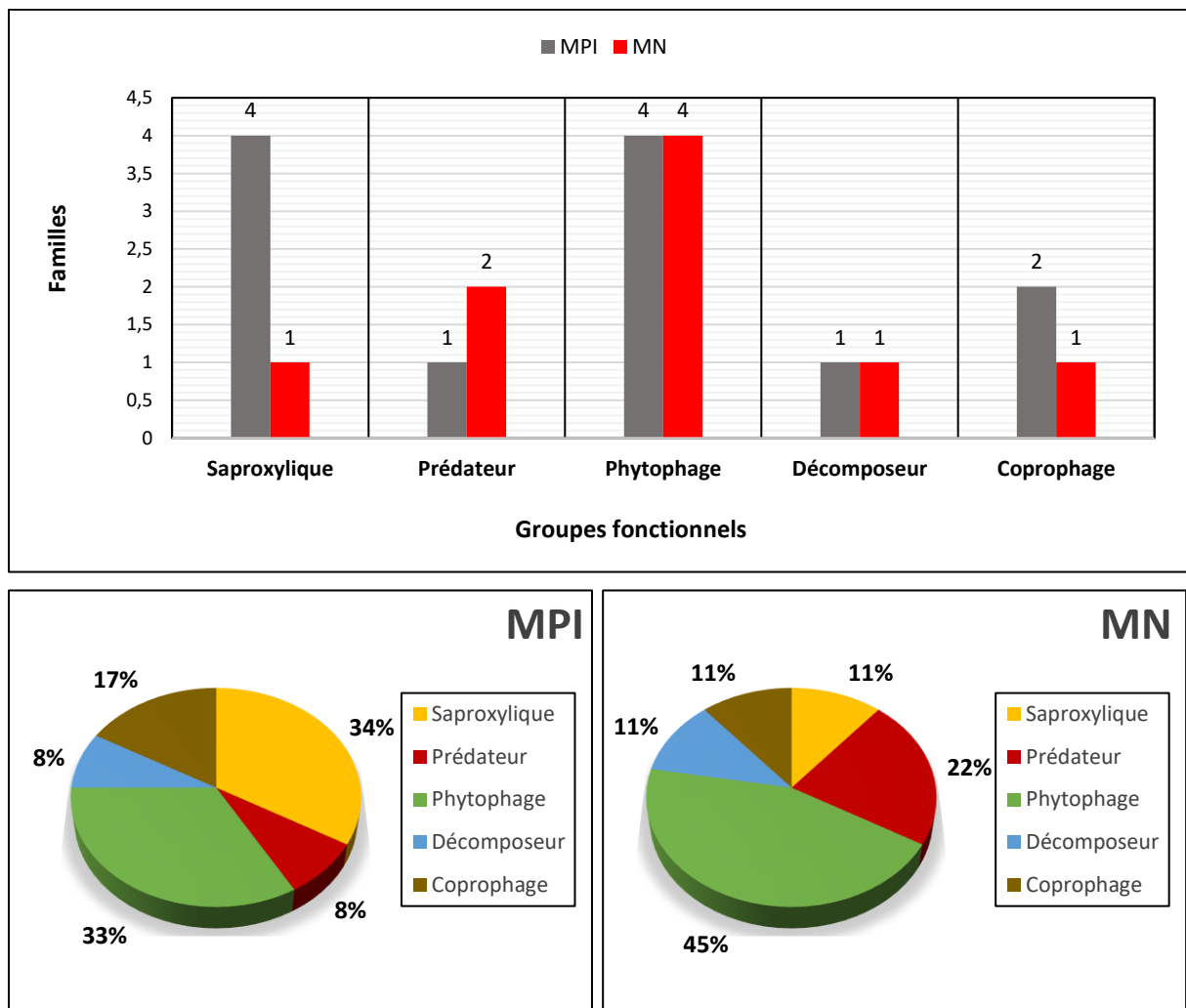


Figure 76 : Richesse en Familles dans les Milieux Naturel et Post-Incendié.

5. Effets des caractéristiques environnementales sur la biodiversité des coléoptères saproxylques

Cette section de l'étude se concentre spécifiquement sur les coléoptères saproxylques, capturés à l'aide de pièges à interception (Polytrap) placés stratégiquement sur les arbres en interaction directe avec le bois mort de différentes essences forestières (8 familles, 12 espèces et 45 individus). L'objectif fondamental est d'examiner en détail l'influence des paramètres environnementaux abiotiques en rapport avec le bois mort sur la diversité, l'abondance et la répartition de ces insectes au sein des écosystèmes forestiers. Il s'agit des caractéristiques du bois mort (Nombres de troncs morts au sol, de troncs morts nécrosés, de troncs morts pourris, de branches mortes au sol, de branches mortes et du nombre de chablis), des mensurations des arbres (Diamètre et longueur), de l'exposition à la lumière (Exposition moyenne à la lumière et exposition faible à la lumière), des caractéristiques et nombre des cavités des arbres (Cavité à terreau de tronc sans contact avec le sol, loge de taille moyenne, forme de flute, absence de cavités, nombre de cavités > 5cm et nombre de cavités < 5 cm).

5.1. Essences forestières

L'analyse des paramètres de structure des peuplements de coléoptères saproxylques révèle que la forêt mixte se distingue par la plus grande abondance d'individus, avec un total de 18 spécimens capturés. Parmi ceux-ci, la majorité est représentée par l'espèce *Xyleborus monographus*, qui compte 15 individus. La subéraie se classe en deuxième position avec 16 individus, dont près de 50 % appartiennent également à *Xyleborus monographus*. La zénaie arrive en troisième position avec 11 individus recensés.

En ce qui concerne la richesse spécifique, la zénaie et la subéraie se révèlent les plus diversifiées, avec respectivement 8 espèces réparties en 5 familles pour la première, et 7 espèces appartenant à 6 familles pour la seconde. En revanche, bien que la forêt mixte soit la plus abondante en nombre d'individus, elle présente une diversité plus réduite, n'abritant que 4 espèces appartenant à 4 familles.

Ces résultats montrent que la composition des peuplements de coléoptères saproxylques varie en fonction du type de forêt, avec des différences marquées en termes d'abondance et de richesse spécifique, probablement liées aux caractéristiques du bois mort et aux particularités écologiques propres à chaque habitat (**Fig.77**).

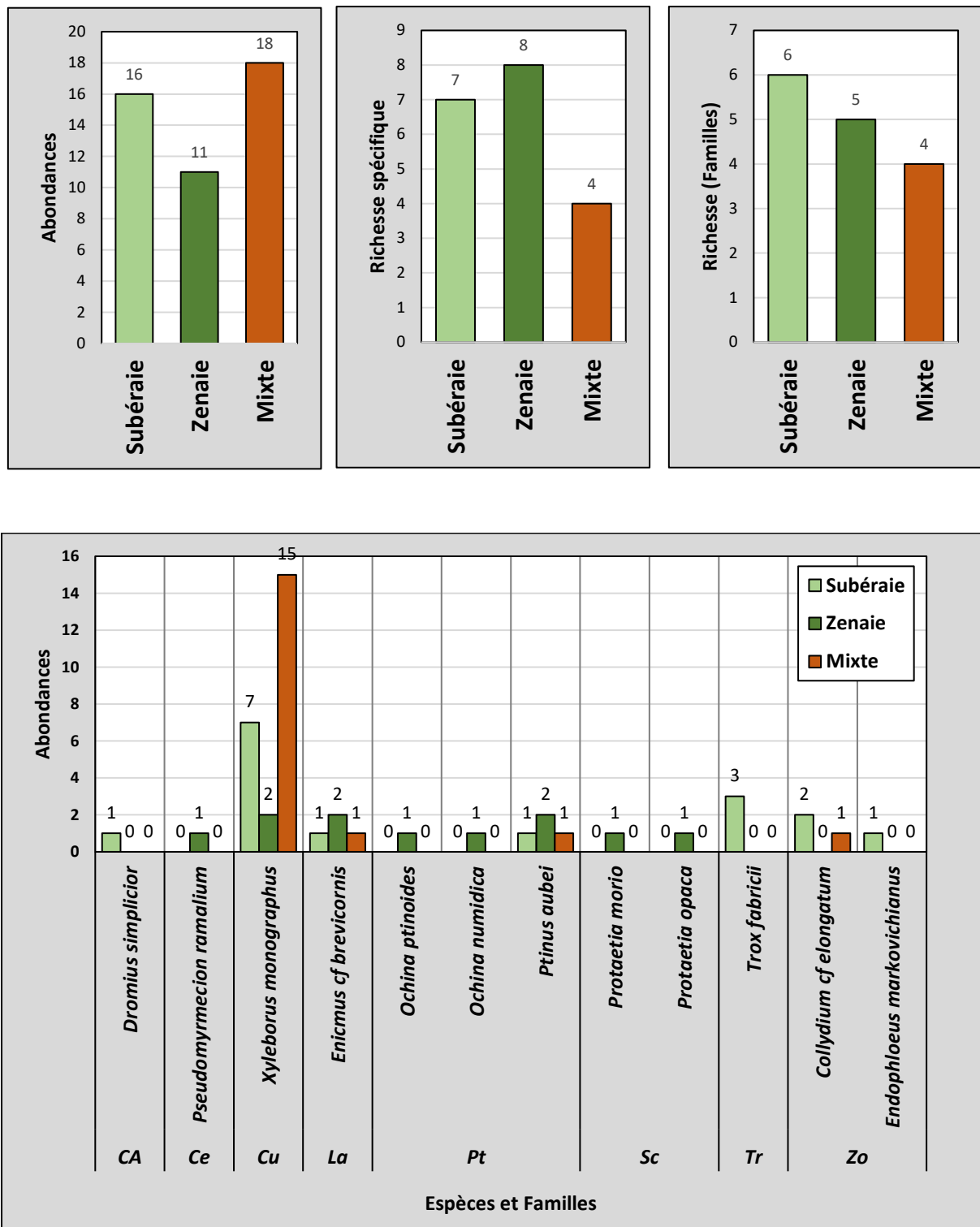


Figure 77 : Variation de l'abondance et de la diversité des coléoptères saproxyliques selon le type de forêt.

L'analyse en composantes principales (ACP) révèle que les deux premières composantes expliquent 92,54 % de la variance totale des données. La première composante (CP1), qui représente 60,58 % de cette variance, est positivement corrélée avec le chêne-liège ($r = 0,67$) et négativement avec le chêne-zen ($r = -0,70$), jouant ainsi un rôle majeur dans la structuration des données. En revanche, la deuxième composante (CP2), qui explique 31,96 % de la variance, présente une forte corrélation positive avec la forêt mixte ($r = 0,95$).

Le plan factoriel obtenu à partir de ces deux axes permet d'identifier les essences forestières qui influencent le plus le peuplement de saproxyliques. En particulier, les espèces *Dromius simplicior*, *Collydium cf elongatum*, *Endophloeus markovichianus*, et surtout *Trox fabricii* sont principalement associées aux subéraies. À l'inverse, *Pseudomyrmecion ramalium*, *Enicmus cf brevicornis*, *Ochina ptinoides*, *Ochina numidica*, *Ptinus aubei*, *Protaetia morio* et surtout *Protaetia opaca* se retrouvent davantage dans les forêts de chêne-zen. Enfin, *Xyleborus monographus* colonise principalement les forêts mixtes de chêne-liège et de pin maritime. (Fig.78).

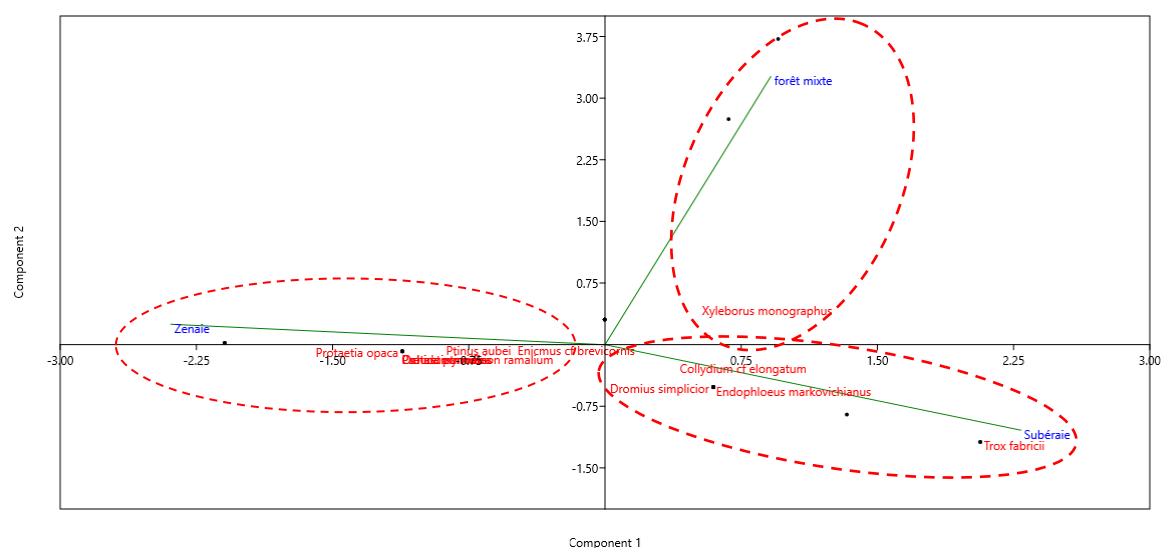


Figure 78 : Analyse des composantes principales des caractéristiques du bois mort.

5.2. Caractéristiques du bois mort :

L'analyse des différentes caractéristiques du bois mort montre que *Trox fabricii* et *Endophloeus markovichianus* sont des espèces particulièrement exigeantes, car elles se trouvent majoritairement dans les branches mortes sur l'arbre et rarement dans les troncs morts nécrosés. 50 % des espèces saproxyliques se trouve exclusivement dans les branches mortes sur l'arbre

et les branches mortes au sol avec une légère préférence pour les branches mortes sur l'arbre (Le cas de ; *Dromius simplicior*, *Pseudomyrmecion ramalium*, *Ochina ptinoides*, *Ochina numidica*, *Protaetia morio* et *Protaetia opaca*). Les espèces restantes colonisent tous les types de bois mort, bien qu'elles montrent une préférence marquée pour les branches mortes sur l'arbre et au sol (**Fig.79**).

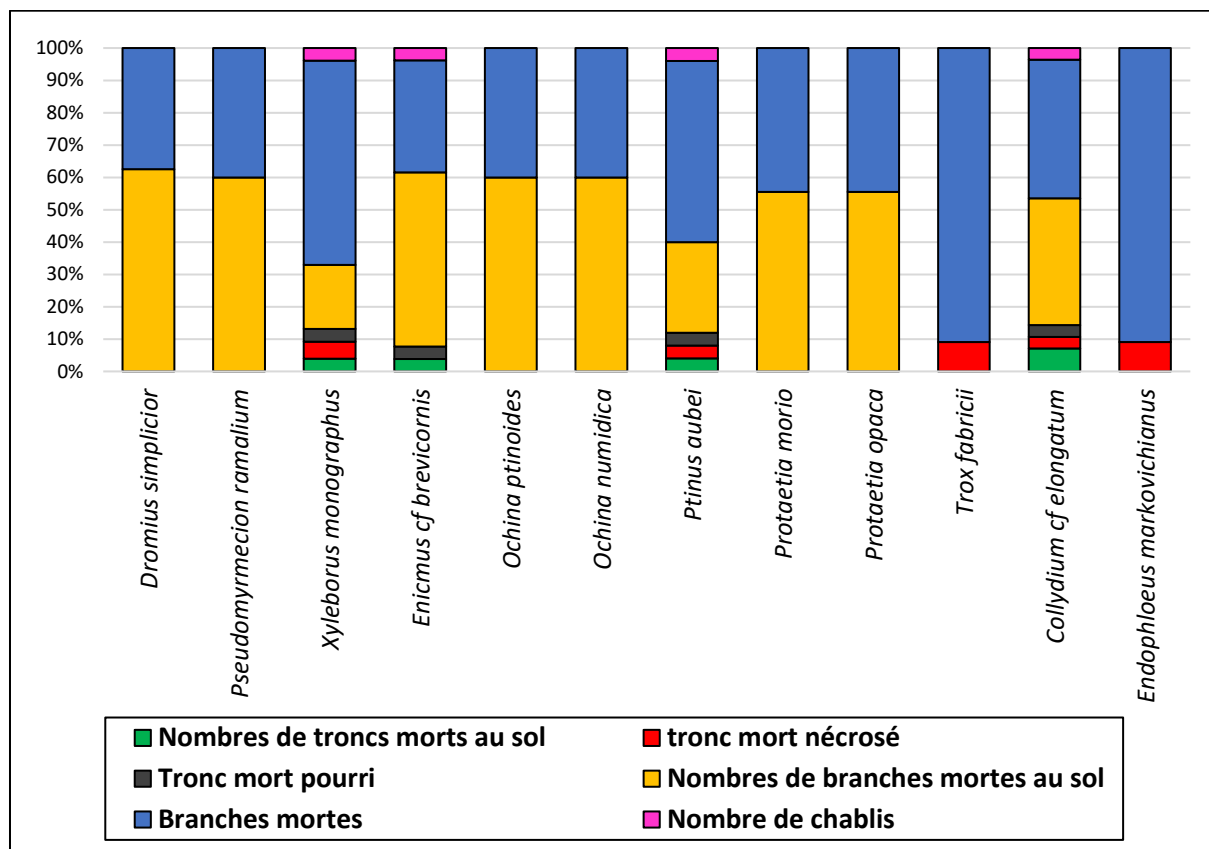


Figure 79 : Distribution des espèces saproxyliques en fonction des types de bois mort.

L'analyse en composantes principales (ACP) révèle que les deux premières composantes expliquent 94,23 % de la variance totale des données. La première composante (CP1) représente 48,36 % de cette variance et est positivement associée au nombre de troncs morts au sol ($r = 0,57$), aux troncs morts pourris ($r = 0,58$) et au nombre de chablis ($r = 0,58$).

La deuxième composante (CP2), qui explique 45,87 % de la variance, présente une corrélation positive avec les troncs morts nécrosés ($r = 0,6$) et les branches mortes sur l'arbre ($r = 0,58$), ainsi qu'une corrélation négative avec les branches mortes au sol ($r = -0,56$).

Le plan factoriel formé par ces deux axes permet de distinguer des groupes de variables représentant différentes caractéristiques du bois mort, lesquelles influencent le peuplement de saproxyliques et s'organisent en ensembles cohérents (**Fig.80**).

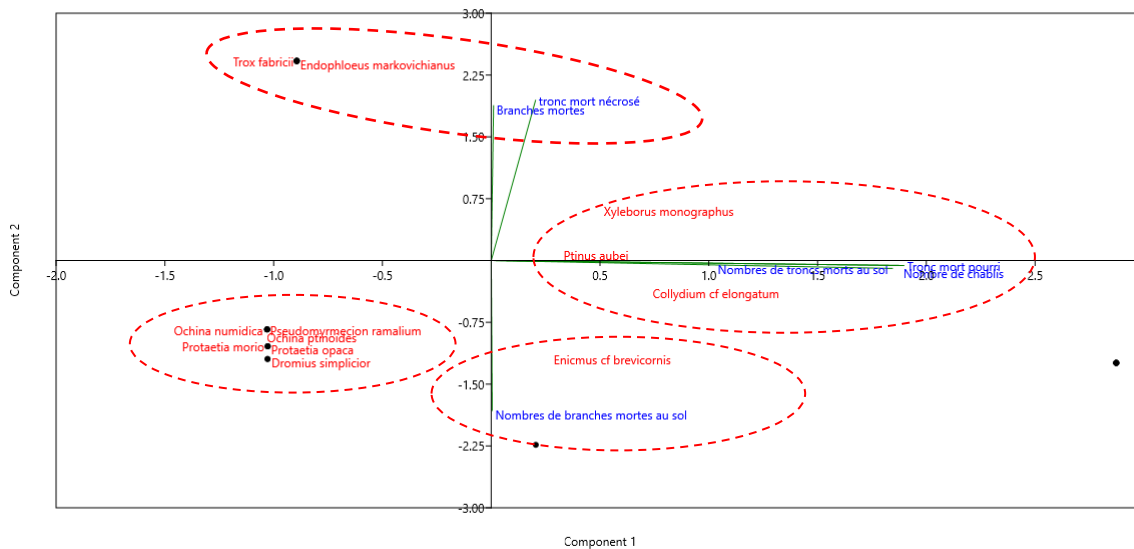


Figure 80 : Projection des variables liées au bois mort sur les deux premières composantes principales (ACP).

5.3. Mensurations des arbres :

Les mensurations des arbres, en particulier leur longueur et leur diamètre, influencent considérablement la diversité des coléoptères saproxyliques en créant divers microhabitats comme des cavités, fissures et poches d'humidité. Les arbres de gros diamètre offrent une plus grande variété de niches écologiques, favorisant ainsi des espèces spécialisées.

Dans notre étude, en raison de la taille réduite de l'échantillonnage, nous n'avons pas pu établir de corrélation statistique entre ces mensurations et la diversité des coléoptères. Toutefois, nous avons cartographié les espèces en fonction des dimensions des arbres où elles ont été capturées. Cette démarche permet d'identifier des tendances potentielles et d'émettre des hypothèses sur les types d'arbres préférés par chaque espèce.

A titre d'exemple : les deux espèces *Protaetia morio* et *Protaetia opaca* semblent privilégier les arbres à gros diamètres (entre 1,80 et 2 mètres) avec des longueurs de 20 mètres (**Fig.81**).

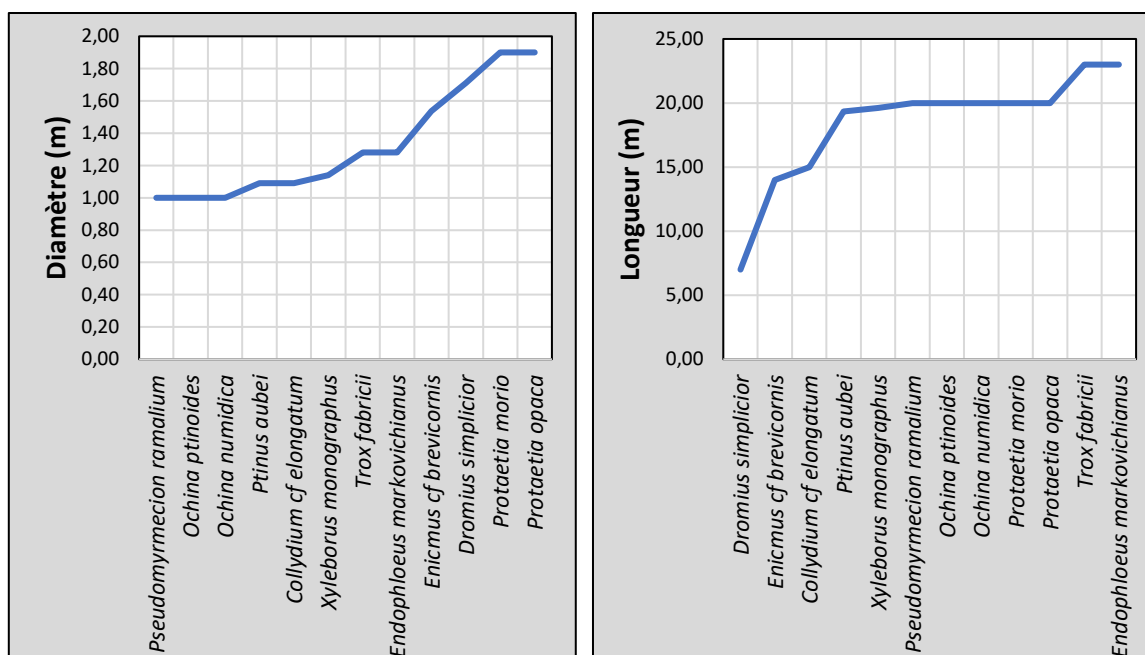


Figure 81 : Influence des dimensions des arbres sur la répartition des coléoptères saproxyliques.

5.4. Exposition à la lumière :

L'analyse des différentes intensités de lumière (moyenne et faible) appliquées au bois mort en relation avec la diversité des coléoptères saproxyliques montre que six espèces (ce qui représente 50% du peuplement) se développent exclusivement dans les bois morts exposés à une lumière faible (*Dromius simplicior*, *Pseudomyrmecion ramalium*, *Ochina ptinoides*, *Ochina numidica*, *Protaetia morio* et *Protaetia opaca*). Bien que les autres espèces puissent tolérer une lumière plus intense (moyenne), elles privilégient néanmoins des bois faiblement exposés à la lumière.

En règle générale, l'exposition à la lumière influence directement les conditions microclimatiques du bois mort, affectant ainsi les communautés de coléoptères saproxyliques. Le bois exposé au soleil est plus chaud et plus sec, ce qui favorise des espèces xérophiles. En revanche, le bois à l'ombre conserve une humidité plus élevée et des températures plus fraîches, convenant à des espèces hygrophiles. La lumière accélère également la décomposition du bois, attirant des espèces pionnières, tandis que le bois ombragé se décompose plus lentement et permet le développement d'espèces adaptées aux stades avancés de dégradation (Fig.82).

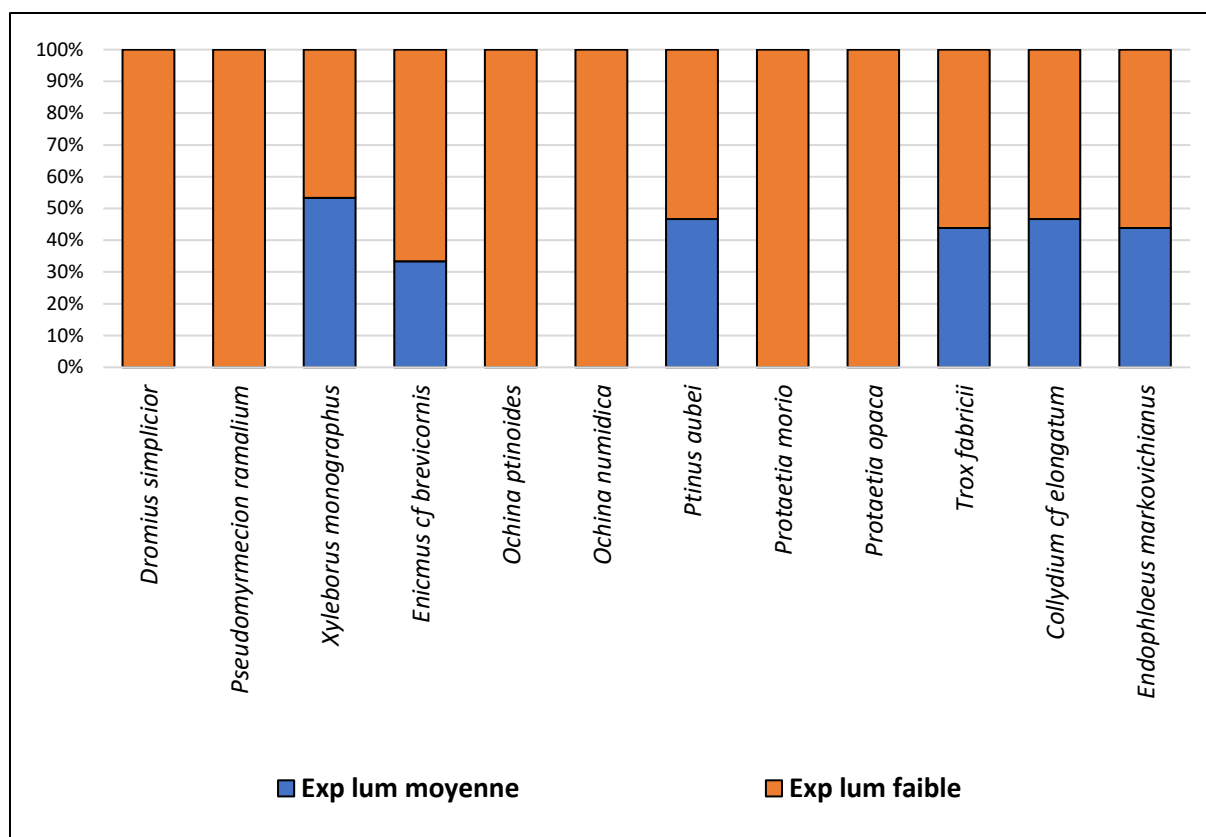


Figure 82 : Influence de l'intensité lumineuse sur la diversité des coléoptères saproxylques dans le bois mort.

5.5. Caractéristiques des cavités :

Les cavités des arbres constituent des habitats importants pour une grande diversité de coléoptères saproxylques. Les résultats sur les formes et le nombre de cavités montrent que les espèces *Pseudomyrmecion ramalium*, *Ochina ptinoides*, *Ochina numidica*, *Protaetia morio* et *Protaetia opaca* ne dépendent pas des cavités pour leur installation (100 % des individus observés en l'absence de cavités).

En revanche, *Dromius simplicior* et *Enicmus cf. brevicornis* se montrent très exigeantes, avec plus de 93 % des individus trouvés dans des cavités de moins de 5 cm. Une tendance similaire est observée pour *Xyleborus monographus*, *Ptinus aubei* et *Collydium cf. elongatum*, bien que dans des proportions plus faibles, avec entre 65 % et 67 % des individus dans ces cavités. Ces trois espèces exploitent également des bois présentant des cavités en forme de flûte (11 à 15 %), du terreau de tronc (jusqu'à 9 %) et, dans une moindre mesure, des bois sans cavités (jusqu'à 13 %).

Enfin, les espèces *Trox fabricii* et *Endophloeus markovitchianus* exploitent de manière équilibrée les bois comportant des cavités à terreau de tronc, des cavités en forme de flûte, ainsi que des bois sans cavités (**Fig.83**).

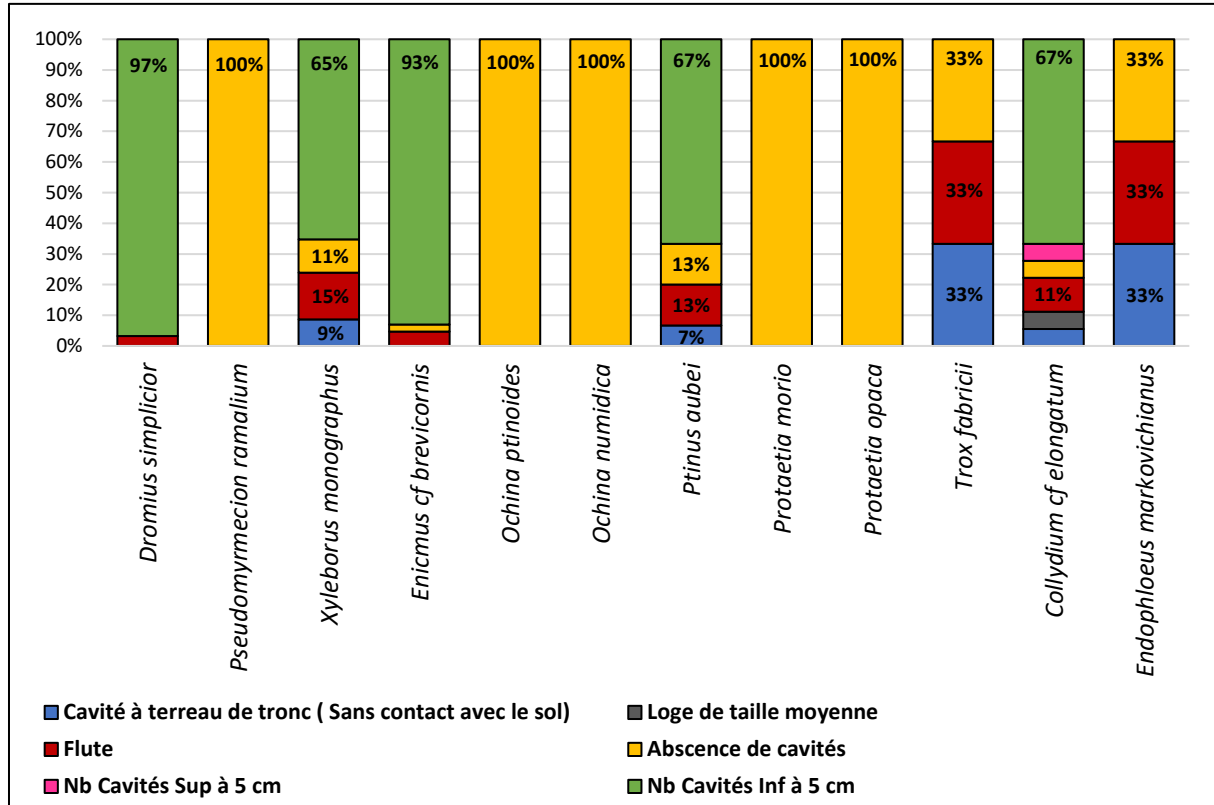


Figure 83 : Relation entre les types de cavités des arbres et la diversité des coléoptères saproxyliques.

Discussion

IV. DISCUSSION

" Le Massif de l'Edough : Refuge des Saproxylques et Hotspot de Biodiversité grâce au Bois Mort "

Le massif forestier de l'Edough constitue un espace écologique d'une grande richesse, particulièrement reconnu pour sa biodiversité végétale (**Catullo *et al.*, 2011**), avec une forte présence de taxons endémiques et sub-endémiques qui sont souvent rares et très localisés en Algérie (**Yahi *et al.*, 2012 ; Hamel *et al.*, 2013, 2022**). En raison de cette diversité, le massif de l'Edough représente un habitat crucial pour de nombreuses espèces animales, notamment pour la faune aviaire et les petits mammifères, qui dépendent de cette mosaïque de végétation et de structures naturelles pour leur survie (**Boukheroufa *et al.*, 2020 ; Belbel *et al.*, 2022 ; Laref *et al.*, 2022 ; Benotmane *et al.*, 2024**). Au-delà de son rôle de réservoir de biodiversité, le massif de l'Edough joue également un rôle important dans l'économie locale. En effet, il constitue une source de ressources naturelles telles que le liège, le bois et divers produits non ligneux, qui sont exploités par les communautés environnantes. L'un des facteurs clés qui explique la richesse en biodiversité du massif forestier de l'Edough, notamment la diversité des coléoptères saproxylques, réside dans la gestion forestière pratiquée dans la zone. Contrairement à de nombreuses autres forêts qui subissent des aménagements intenses ou le retrait du bois mort, les forêts de l'Edough restent largement naturelles. Le bois mort, essentiel pour la vie de nombreuses espèces, n'est pas retiré, ce qui permet à des communautés d'insectes spécialisés, comme les coléoptères saproxylques, de s'installer et de prospérer. Ces insectes, qui se nourrissent du bois en décomposition, jouent un rôle crucial dans le recyclage des éléments nutritifs et la dégradation du bois mort, contribuant ainsi au maintien de la fertilité du sol et à la régénération naturelle des forêts. De plus, la conservation de ces habitats naturels, sans intervention humaine excessive, permet de maintenir un équilibre écologique stable, où les coléoptères saproxylques, qui sont sensibles à la quantité et à la qualité du bois mort dans leur environnement, sont d'excellents indicateurs de la santé de l'écosystème forestier (**Jansson *et al.*, 2008 ; Mazzei *et al.*, 2018**). Leur présence abondante dans le massif de l'Edough est un signe de la qualité écologique de cette zone et de l'efficacité de sa gestion, qui privilégie la conservation de la biodiversité et des processus écologiques naturels. En somme, le massif de l'Edough représente un modèle de gestion forestière durable, où l'absence d'aménagements invasifs et la préservation du bois mort permettent à une biodiversité unique de prospérer. Cette approche contribue non seulement à la conservation des espèces endémiques et à la régénération

des écosystèmes, mais aussi à la valorisation des ressources naturelles locales de manière durable.

"Analyse des Groupes Fonctionnels dans le Peuplement de Coléoptères : Focus sur la Part des Saproxylques "

Pour les besoins de l'étude, nous avons échantillonné par le biais de trois dispositifs de piégeage le peuplement des coléoptères, l'objectif étant d'analyser la part des saproxylques vis-à-vis des groupes fonctionnels et son évolution spatio-temporelle. Les coléoptères, en tant que groupe d'insectes diversifié, remplissent une variété de fonctions écologiques essentielles au bon fonctionnement des écosystèmes forestiers (**Bouget et al., 2008**). Ces groupes fonctionnels que nous avons caractérisé, comprennent les décomposeurs, les phytophages, les prédateurs, les coprophages et les saproxylques, chacun contribuant de manière spécifique à l'équilibre et à la santé des forêts (**Dodelin, 2006**). Les coléoptères saproxylques, spécialisés dans la dégradation du bois mort, occupent une place centrale au sein du peuplement global à hauteur de 40%. Ce pourcentage suggère l'existence de conditions favorables dans le recyclage des nutriments et la structuration de l'habitat (**Brustel, 2002**). Leur rôle est particulièrement important, car il permet de maintenir le flux de matière organique dans l'écosystème forestier, en favorisant l'enrichissement du sol et en soutenant la biodiversité d'autres organismes liés au bois mort, comme les champignons et certains invertébrés (**Grove, 2002**). La part des saproxylques confirme surtout que la forêt est bien préservée, avec un habitat riche en biodiversité et un processus de dégradation du bois naturel en cours. **Adjami (2016)** a caractérisé dans la même zone d'étude les prédateurs, les coprophages, les phytophages, les détritivores, les xylophages les polyphages, les mécytophages, et les saproxylques qui représentent 52,95%, ce qui conforte nos résultats. **Ganaoui et al (2020)** ont analysé la population de Coléoptères dans les chênaies de la forêt de Ouled Bechih, wilaya de Souk Ahras, dans le Nord-Est de l'Algérie, et ont révélé la présence des groupes trophiques suivants : les coprophages, les phytophages, les prédateurs, les saprophages, les xylophages, les nécrophages, les polyphages, les mycophages et les saproxylques. Les travaux de **Hadiby et al (2022)** ont caractérisé dans le massif montagneux de l'Edough les coprophages, les phytophages, les prédateurs, les décomposeurs, et les saproxylques qui représentent durant la saison printanière 25% du peuplement global.

D'une façon générale, de nombreux travaux ont démontré qu'il existe une corrélation positive entre le nombre d'espèces végétales, l'abondance des ressources trophiques et celle des

Coléoptères (Hanski & Combfort, 1991 ; Ponel, 1995 ; Lamarre *et al.*, 2012). En ce qui concerne les coléoptères saproxyliques, l'attractivité vis-à-vis du bois mort dépend d'une multitude de facteurs, tels que l'ouverture du couvert forestier (Lettenmaier *et al.*, 2022), la teneur en humidité (Macagno *et al.*, 2015), l'essence forestière (Edelmann *et al.*, 2022, 2023), les dimensions du bois (Zumr *et al.*, 2024), sa position dans le milieu (Bouget *et al.*, 2012), le stade de décomposition (Seibold *et al.*, 2023), la continuité du bois mort (Schiegg, 2000a, 2000b), ainsi que la présence de microhabitats (Larrieu *et al.*, 2022 ; Nakládál *et al.*, 2022). Chaque espèce de coléoptère saproxylique affectionne une certaine combinaison de ces facteurs pour pouvoir se développer (Graf *et al.*, 2022). Plus les exigences écologiques sont spécifiques et spécialisées, plus le risque de menace pour ces espèces est élevé (Zumr *et al.*, 2024).

" Richesse et Diversité des Coléoptères Saproxyliques dans le Massif Montagneux de l'Edough"

Les résultats obtenus nous ont permis de constater dans le peuplement global des coléoptères saproxyliques, une dominance marquée de la famille des Prionoceridae, représentée par l'espèce *Lobonyx aeneus*, qui constitue 62 % des individus recensés. *Lobonyx aeneus* est étroitement associée au bois mort ou en décomposition, on la trouve dans les forêts naturelles, surtout dans les habitats riches en bois mort, comme les troncs d'arbres en décomposition ou sous les écorces. Elle est présente dans une grande partie de l'Europe et du bassin méditerranéen, y compris en Afrique du Nord, où elle est souvent observée dans des écosystèmes préservés, le massif montagneux de l'Edough le cas échéant. La dominance de la famille des Prionoceridae est suivie par les Buprestidae, avec 7 espèces, ainsi que les Ptinidae et Cerambycidae, regroupant respectivement 5 et 4 espèces, et représentent près de la moitié des espèces identifiées.

L'analyse comparative de la diversité de coléoptères saproxyliques dans différents types d'habitats a été synthétisée dans le **tableau 07**. Le tableau met en évidence une diversité saproxylique significative mais très variable selon les régions et les essences forestières. Les forêts de *Quercus suber* jouent un rôle central dans la conservation de ces espèces, mais la faible diversité observée dans certains sites souligne l'importance d'une gestion forestière durable pour préserver et restaurer ces habitats clés.

Tableau 07 : Recensement des travaux sur les coléoptères saproxylques dans différentes régions et types de forêts, principalement en Afrique du Nord.

Auteurs	CS recensées	Lieu	Essences forestières
Bouyed, 2022	25 coléoptères saproxylques	Tunisie	<i>Eucalyptus globulus</i> - <i>Quercus suber</i>
Benyahia et al., 2016	191 coléoptères saproxylques	Maroc	<i>Quercus ilex</i>
Hadiby et al., 2022	5 coléoptères saproxylques	Séraïdi, Annaba , Algérie	<i>Quercus suber</i>
Ghanem, 2014	6 coléoptères saproxylques	PNEK, Algérie	<i>Quercus suber</i>
Meziane, 2017	10 coléoptères saproxylques	Parc National de Theniet El Had	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Quercus faginea</i>
Daas et al., 2016	5 coléoptères saproxylques	PNEK	<i>Quercus suber</i>
	6 coléoptères saproxylques	Souk Ahras	<i>Quercus suber</i>
Adjami, 2016	54 coléoptères saproxylques	Séraïdi - Annaba	<i>Quercus suber</i>
	5 coléoptères saproxylques	PNEK	<i>Quercus suber</i>
	2 coléoptères saproxylques	Souk Ahras	<i>Quercus suber</i>
Talbi, 2010	2 coléoptères saproxylques	Parc national de Belezma Batna	<i>Cedrus atlantica</i>
Benia, 2010	2 coléoptères saproxylques	la forêt de Tafat Sétif	<i>Quercus ilex</i>
Bouchaour Djabeur, 2013	4 coléoptères saproxylques	la forêt de Hafir et Msila	<i>Quercus suber</i>
Ganaoui et al., 2020	3 coléoptères saproxylques	La forêt de Ouled Bechih Mechroha, Souk Ahras	<i>Quercus suber</i> , <i>Quercus canariensis</i> , Forêt mixte
Ganaoui et al., 2019	1 coléoptères saproxylques	Souk Ahras	<i>Quercus suber</i> , <i>Quercus canariensis</i>
Djoudi, 2013	1 coléoptères saproxylques	Djelfa	<i>Stipa tenacissima L</i>
Haffaf, 2011	2 coléoptères saproxylques	Foret de zarifet , Tlemcen	<i>Quercus suber</i>
Laadel, 2021	5 coléoptères saproxylques	Sétif	<i>Quercus ilex</i> , <i>Pinus halepensis</i>
Damerdji, 2003	3 coléoptères saproxylques	Tlemcen	<i>Rosmarinus officinalis l</i>

Un des résultats les plus marquants de cette étude est la redécouverte d'une espèce appartenant à la famille des Cerambycidae, l'une des plus grandes et des plus diversifiées familles de coléoptères, qui jouent plusieurs rôles écologiques essentiels dans les écosystèmes forestiers, y compris ceux des régions méditerranéennes (**Peris-Felipo et al., 2011 ; Martínez-Hernández**

et al., 2024). Ils contribuent au recyclage de la matière organique en décomposant le bois mort et les arbres mourants, tout en aérant le sol et en enrichissant sa teneur en nutriments, ce qui favorise ainsi la croissance des plantes et la biodiversité (Karpíński *et al.*, 2021). En tant que décomposeurs primaires, ces insectes facilitent également les processus de dégradation du bois, contribuant ainsi à la régénération des forêts, notamment en restituant les nutriments au sol (Karpíński *et al.*, 2021). De plus, ils servent de nourriture à divers prédateurs, jouant ainsi un rôle crucial dans les réseaux trophiques (Olenici & Fodor, 2021). Cette famille, qui comprend plus de 38 500 espèces réparties dans le monde entier, à l'exception de l'Antarctique, présente une remarquable diversité morphologique et écologique (Martínez-Hernández *et al.*, 2024). Cette diversité fait des Cerambycidae un groupe clé pour la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes (Bezark, 2023).

L'espèce dont nous avons signalé la redécouverte dans le massif forestier du Djebel Edough, après une absence de signalements pendant environ 124 ans, est *Pseudomermicion ramalium*. Cette espèce est un coléoptère longicorne saproxylique obligatoire endémique du nord de l'Algérie, qui se distingue par sa rareté et sa distribution restreinte (Bedel, 1885 ; Villiers, 1946 ; Sama & Löbl, 2010). Historiquement, elle a été signalée exclusivement dans la forêt du Djebel Edough (province d'Annaba) et la forêt de Yakouren (province de Tizi Ouzou), la dernière observation dans le Djebel Edough remontant à 1900 (Villiers, 1946 ; MNHN). Cette absence prolongée de signalements a suscité des inquiétudes quant à une possible extinction locale de l'espèce (Verdugo *et al.*, 2016). L'association obligatoire de cette espèce avec *Quercus canariensis* Willd. (Chêne zéen) souligne son rôle significatif dans les processus de décomposition au sein des forêts méditerranéennes (Villiers, 1946 ; Verdugo *et al.*, 2016). Actuellement classé comme En Danger par l'UICN, *P. ramalium* nécessite une préservation urgente de son habitat pour assurer sa survie (Verdugo *et al.*, 2016). Cette redécouverte qui suggère la possible existence d'une population résiduelle, représente une avancée majeure, incitant à mener des recherches supplémentaires pour explorer la distribution spatiale et la densité de la population de cette espèce, afin de déterminer les conditions écologiques nécessaires à sa survie et de définir les priorités en matière de conservation.

"Saproxylques : Une Diversité Évolutive au Gré des Saisons et des Essences Forestières"

Les résultats de notre étude apportent une contribution substantielle à la compréhension des dynamiques écologiques des saproxylques à travers les variations saisonnières et la diversité des essences forestières. L'analyse de la diversité des saproxylques met en évidence que cette diversité atteint son maximum pendant les saisons printanière et estivale, avec des valeurs de richesse spécifique et d'abondance des individus particulièrement élevées. Cette observation est en parfaite cohérence avec les travaux de **Thorn *et al.* (2014)**, qui avaient observé une prolifération accrue des insectes et autres décomposeurs lors des périodes chaudes, où l'activité biologique est optimisée par les températures plus élevées et l'humidité ambiante. La biomasse de bois mort, les températures et les conditions de décomposition favorisent une plus grande activité des organismes décomposeurs durant ces périodes. Cette saisonnalité est donc primordiale pour la structure des communautés saproxylques, car elle reflète directement la disponibilité des ressources alimentaires et les conditions de reproduction pour de nombreuses espèces. Ce phénomène est particulièrement observable dans les forêts où les conditions de croissance des arbres favorisent un large éventail de ressources nutritives.

L'automne, bien qu'il soit marqué par une légère diminution de la diversité, se distingue par une meilleure répartition des espèces, un phénomène souvent négligé dans la littérature. Nos résultats suggèrent que l'automne joue un rôle clé en tant que période de transition, où la compétition pour les ressources est atténuée après la période de forte activité biologique des mois précédents. Cette stabilisation des niches écologiques en automne pourrait être due à une gestion plus efficace des ressources, avec une diminution des taux de décomposition et une redistribution des populations d'insectes vers de nouvelles sources alimentaires. L'observation d'une meilleure homogénéité de la répartition des espèces au cours de cette saison soutient cette hypothèse, marquant un point important pour l'étude de la biodiversité des saproxylques. Ce phénomène est peu exploré dans la littérature, mais une étude récente de **Ulyshen & Šobotník (2018)** a également suggéré que l'automne pourrait favoriser un certain équilibre au sein des communautés écologiques, particulièrement pour les espèces qui dépendent de la décomposition lente du bois mort.

L'hiver, quant à lui, représente une phase de faible activité pour la plupart des saproxylques. Comme l'a rapporté **Thorn *et al.* (2014)**, les températures basses et la réduction de l'humidité ralentissent considérablement la décomposition du bois, limitant ainsi les ressources disponibles pour les saproxylques. Ce ralentissement est particulièrement marqué dans les

forêts où les conditions climatiques hivernales sont les plus rigoureuses. Nos résultats corroborent cette observation en montrant que les indices de diversité et d'abondance sont à leur plus bas en hiver. Cela peut être attribué à une réduction de l'activité microbienne et de la décomposition du bois, et à la diminution de la disponibilité des habitats adaptés aux insectes décomposeurs. Ce phénomène est bien documenté par **Seibold *et al.* (2022)**, qui ont montré que les hivers plus froids, associés à un faible taux de décomposition, entraînent un effondrement des communautés saproxyliques, perturbant les réseaux trophiques.

Quant aux types de forêts étudiés, nos résultats mettent en évidence l'importance de la composition spécifique des essences forestières pour la structuration des communautés saproxyliques. La forêt de chêne-liège, en raison de ses propriétés chimiques et physiques uniques, soutient les communautés saproxyliques les plus diversifiées et abondantes. Le bois de chêne-liège, riche en composés phénoliques et tanniques, présente une résistance accrue à la décomposition, créant ainsi un habitat favorable à de nombreuses espèces spécifiques de saproxyliques. Cette richesse en composés phénoliques favorise la colonisation par des espèces capables de tolérer ces substances, mais limite aussi la présence d'autres espèces. Nos observations sont en accord avec celles de **Seibold *et al.* (2021)**, qui ont montré que la diversité des saproxyliques dans les forêts de chêne-liège est directement liée à la diversité des habitats de bois mort qu'elles hébergent, ainsi qu'à la qualité et à la quantité des ressources nutritives disponibles.

En comparaison, la forêt de chêne-zen présente une meilleure homogénéité entre les espèces, ce qui pourrait être dû à la régularité des propriétés physico-chimiques du bois de chêne-zen, qui offre un environnement moins variable mais stable. Cette stabilité est cruciale pour certaines espèces, notamment les insectes décomposeurs qui préfèrent des conditions plus prévisibles pour leur développement. La forêt mixte, quant à elle, se distingue par une diversité plus modérée mais relativement équilibrée. Elle offre une grande variété d'habitats grâce à la coexistence de plusieurs types de bois, ce qui permet à un plus grand nombre d'espèces de coexister tout en bénéficiant de ressources variées. Cette diversité peut favoriser des interactions écologiques complexes entre les espèces saproxyliques, mais aussi induire des conflits de ressources, comme l'ont montré les travaux de **Schigel (2012)**, qui ont observé que les forêts mixtes créent un patchwork d'habitats dans lesquels les espèces doivent adapter leurs comportements pour maximiser leurs chances de survie.

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de mettre en évidence des relations particulières entre certaines familles d'insectes saproxyliques et les milieux forestiers étudiés.

Les Buprestidae et les Melyridae, par exemple, sont fortement associés aux forêts de chêne-liège en période chaude, ce qui témoigne de leur préférence pour des conditions de décomposition rapides et une forte disponibilité en bois frais. En revanche, les Curculionidae sont plus fréquemment rencontrés dans les forêts mixtes, ce qui pourrait suggérer que ces espèces sont adaptées à une plus grande variété de types de bois et à des conditions plus variées. Ces résultats complètent les travaux de **Seibold *et al.* (2015)**, qui ont souligné que les familles d'insectes saproxyliques ont des besoins écologiques spécifiques en fonction de la composition des forêts et des variations climatiques saisonnières.

Les variations saisonnières observées dans notre étude font écho aux travaux de **Fukami *et al.* (2010)**, qui ont montré que les périodes chaudes et humides favorisent l'activité des décomposeurs et des insectes saproxyliques en stimulant la dégradation du bois. Cependant, un aspect moins exploré dans ces études est l'impact de l'automne, une période charnière qui pourrait permettre une redistribution plus homogène des espèces. Cette période de transition pourrait jouer un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre écologique en assurant la stabilisation des communautés après une phase de forte activité. Une étude récente de **Ulyshen & Šobotník (2018)** a également suggéré que les périodes de transition, telles que l'automne, jouent un rôle clé dans la répartition des ressources et dans l'adaptation des communautés d'organismes saproxyliques à des conditions changeantes. Enfin, notre étude confirme que la composition des essences forestières est un facteur structurant majeur pour la diversité des saproxyliques. La forêt de chêne-liège, avec ses propriétés chimiques particulières, soutient une grande diversité, tandis que la forêt de chêne-zen se distingue par une stabilité écologique qui favorise une répartition homogène des espèces. De plus, la forêt mixte, grâce à la diversité des types de bois, soutient un équilibre modéré mais riche en espèces saproxyliques. Ces résultats complètent et enrichissent les travaux de **Schigel (2012)**, tout en offrant des perspectives nouvelles sur la gestion des forêts pour préserver la biodiversité des saproxyliques.

"Saproxyliques et Milieux Post-Incendiés : Catalyseurs de la Régénération Forestière et Architectes de la Résilience"

Dans le cadre de cette étude consacrée à la diversité du peuplement des coléoptères, nous avons apporté des données éco-entomologiques ciblées sur une région encore peu explorée en la matière. Nos investigations ont permis de caractériser 12 espèces appartenant à 8 familles dans le site naturel de Aïn Boukal et 18 espèces issues de 9 familles dans le milieu post-incendié de Aïn Barbar. Ces résultats mettent en évidence des différences notables dans la composition et l'abondance des coléoptères entre ces deux types de milieux, reflétant l'impact des perturbations écologiques causées par le feu. Un parallèle peut être établi avec les travaux d'inventaire réalisés dans les subéraies du Nord-Est Algérien par **Ghanem (2014)** et **Daas *et al.* (2016)**, qui ont recensé plus de 100 espèces réparties sur 25 familles, parmi lesquelles les Scarabaeidae, Carabidae, Curculionidae, Tenebrionidae, Cerambycidae, Cleridae, Buprestidae, Coccinellidae, Chrysomelidae, Staphylinidae et Histeridae se distinguent par leur représentativité. Nos résultats confirment ces tendances générales, bien que nos observations aient été limitées à la période printanière, dans le cadre d'une analyse comparative de la diversité entre un milieu naturel et un milieu post-incendié. L'objectif était de comprendre la dynamique de recolonisation des territoires récemment touchés par le feu. Les résultats montrent que le milieu post-incendié favorise certaines espèces, comme en témoigne une abondance nettement plus élevée de coléoptères dans ce contexte. Contrairement à l'idée reçue selon laquelle les incendies sont toujours catastrophiques pour les communautés fauniques, nos observations confirment qu'ils induisent une restructuration écologique qui profite à certains organismes opportunistes (**Boulanger *et al.*, 2010**). En particulier, deux familles taxonomiques, les Cerambycidae et les Buprestidae, ont montré une forte abondance et une présence exclusive dans le milieu post-incendié. Cette observation est cohérente avec les travaux d'**Evans (1966)**, qui souligne que certains coléoptères saproxyliques, comme les Cerambycidae, sont attirés par la fumée, tandis que d'autres, tels que les Buprestidae, sont sensibles à la chaleur. Ces insectes colonisent rapidement les zones brûlées en utilisant les arbres récemment morts comme substrats de reproduction (**Boulanger *et al.*, 2010 ; Cobb *et al.*, 2011 ; Azeria *et al.*, 2012**). Une caractéristique clé des forêts récemment brûlées est l'abondance de bois mort ou moribond de haute qualité, issu d'arbres encore en pleine croissance et en bonne santé avant l'incendie. Cette condition est particulièrement favorable pour les coléoptères saproxyliques, notamment les Cerambycidae et les Buprestidae, qui trouvent ainsi des opportunités de colonisation accrues (**Wikars, 1997 ; Saint-Germain *et al.*, 2004**).

Les incendies affaiblissent les défenses naturelles des arbres sains, offrant aux coléoptères saproxyliques l'opportunité d'exploiter ces ressources, contrairement à leur incapacité à coloniser des arbres intacts (**Bouget, 2005**). Bien que les assemblages de coléoptères saproxyliques en vol libre dans les forêts brûlées soient initialement structurés de manière aléatoire après l'incendie (**McCullough et al., 1998**), ces insectes constituent d'excellents indicateurs biologiques de la biodiversité forestière (**Evans et al., 2004**). Nos résultats renforcent cette idée, en illustrant comment les incendies influencent la dynamique écologique et contribuent à la diversité des communautés de coléoptères.

Conclusion et perspectives

V- CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude des coléoptères saproxyliques est une étape essentielle pour la compréhension des dynamiques complexes qui s'exercent dans les écosystèmes forestiers, en particulier dans un contexte de changement climatique et de perturbations anthropiques de plus en plus préoccupants. Les rôles fonctionnels assumés par ces espèces leur confèrent le statut d'indicateurs précieux de la santé écologique des milieux forestiers. Leur diversité et leur comportement en fonction des saisons, des essences forestières et des conditions post-incendie offrent des clés de voûte pour mieux comprendre les processus de résilience et d'adaptation des forêts.

En ce sens, notre étude a permis non seulement de renforcer l'état des connaissances sur leur diversité spécifique, mais également sur les interactions écologiques, en vue du développement de stratégies de gestion et de conservation adaptées à des environnements en constante évolution. Nos résultats ont également permis d'apporter une nouvelle dimension à ces interactions, notamment par rapport à l'importance de l'automne dans la régulation des communautés saproxyliques, et sur les spécificités des interactions entre les essences forestières et les espèces saproxyliques. Ces données soulignent fortement l'importance d'une gestion forestière intégrant les variations saisonnières et la diversité des essences pour maintenir l'équilibre écologique des forêts et renforcer la résilience des communautés saproxyliques face aux changements environnementaux.

L'intégration des coléoptères saproxyliques dans les projets de conservation et de suivi écologique représente donc un levier stratégique pour préserver la biodiversité et maintenir les fonctions vitales des écosystèmes forestiers. D'autant plus qu'ils font face de plus en plus à de nombreuses menaces liées aux activités humaines, telles que la déforestation, l'urbanisation, la gestion forestière intensive, ainsi qu'à l'intensification et la récurrence des incendies et plus globalement aux changements climatiques. Ces pressions perturbent de façon considérable leurs habitats naturels et altèrent leur rôle fonctionnel dans les écosystèmes. Il est donc primordial d'intégrer une dimension supplémentaire dans les programmes de conservation, en tenant compte de la prévention contre la perte de leur biodiversité pour garantir la résilience des écosystèmes forestiers face aux perturbations croissantes.

A partir de tous ces éléments il serait intéressant d'envisager les perspectives suivantes :

- Développer des programmes de suivi à long terme pour observer les tendances de la diversité et de l'abondance des coléoptères saproxylques dans différents types d'habitats, particulièrement dans les zones touchées par les incendies ou les perturbations humaines.
 - Développer une batteries d'indicateurs pour évaluer l'importance écologique du bois mort en lien avec les coléoptères saproxylques, en fonction de variables écologiques et environnementales. Cela permettrait de quantifier plus précisément la relation entre la disponibilité du bois mort et la diversité des coléoptères saproxylques dans un milieu donné.
 - Sensibiliser les gestionnaires forestiers et les communautés locales à l'importance des coléoptères saproxylques pour le maintien de la biodiversité forestière, et l'orientation stratégiques des efforts d'aménagement dans les écosystèmes forestiers.
 - Étudier l'impact des changements climatiques sur la distribution des coléoptères saproxylques, en particulier en ce qui concerne la variation des saisons, des températures et des régimes d'humidité. Ces recherches aideraient à prédire les modifications futures des communautés saproxylques.
 - Mettre en place des modèles écologiques pour simuler l'impact de différentes perturbations (incendies récurrents, sécheresse, surexploitation forestière) sur les populations de coléoptères saproxylques et leurs habitats. Ces modèles aideraient à prédire les effets des changements environnementaux et à optimiser les stratégies de gestion forestière.
-
- Réaliser des enquêtes pour relever tous les incidents subits par les résidents du milieu urbain, car plus les incidents subis sont nombreux, et plus les sangliers sont négativement Perçu. Ces enquêtes pourront aider les gestionnaires de la faune urbaine à comprendre les facteurs qui affectent la perception des citoyens et donc à entreprendre les Mesures appropriées.

Références bibliographiques

VI- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adjami, Y (2016). Étude des facteurs du dépérissement du chêne-liège dans les subéraies de l'Est Algérien. Thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar Annaba.
2. Alexander K., N A., (2008). Treebiology and *saproxyllic coleoptera*: issues of definitions and conservation language. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 63 ,1-7p.
3. Andersen, J. (1995). A comparison of pitfall trapping and quadrat sampling of Carabidae (*Coleoptera*) on river banks. *Entomologica Fennica*, 6(2–3), 65–77p.
4. Aouadi, H. (1989). La végétation de l'Algérie Nord-Orientale : Histoire des influences anthropiques et cartographie à 1/200 000 (Thèse de doctorat). Université Joseph Fourier, Grenoble I.
5. Azeria, E. T., Ibarzabal, J., & Hébert, C. (2012). Effects of habitat characteristics and interspecific interactions on co-occurrence patterns of saproxyllic beetles breeding in tree boles after forest fire: null model analyses. *Oecologia*, 168, 1123-1135p.
6. Barbalat, S. (1997) - Faunistique de 47 Cerambycidés (*Col. Cerambycidae*) capturés dans les gorges de l'Areuse (Neuchâtel, Suisse). *Bull.Soc.Neuchâteloise Sc.Nat.* 120 : 99-119p.
7. Bardinnet, C. (1981). Annaba (Algérie) : Télédétection et analyse géographique par Landsat 2. *Méditerranée*, 42(2), 29–41p.
8. Bedel, L.E.M. (1885) Séance du 22 juillet 1885. Description d'un Cérambycide nouveau, de la côte orientale de l'Algérie. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, (6), 5, cxxxi–cxxxii.
9. Belbel, F., Boukheroufa, M., Benotmane, C. H., Sakraoui, R., Henada, L. R. I., & Sakraoui, F. (2022). Selection Strategy of Small Mammalian Preys by the Common Genet *Genetta Genetta* between Natural and Anthropized Environments in Edough Forest Massif (Northeastern Algeria). *Journal of Bioresource Management*, 9(4), 4p.
10. Belhadid Z., Chakali G., Ghalem M., Haddar, L., Boughrara H., (2013). Distribution des caraboidea dans différents peuplements forestiers du parc national de Chréa, Algérie. *Journal scientifique libanais*, 14 (2), 53-61 p.
11. Bellili, A (2024). Inventaire et valorisation de la flore butinée par les abeilles dans le Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat Écologie Végétale et Biodiversité. Université de Badji Mokhtar Annaba.
12. Bellili, A. M., Meddad-Hamza, A., Babali, B., Belabed-Zediri, H., Belabed, A. I., & Hamel, T. (2022). Une première investigation sur la flore horticole de la région de Annaba (Nord-Est algérien): Biodiversité et intérêt socio-écologique. *Flora Mediterranea*, 32, 117-129p.
13. Benhacene, R., Adjami, Y., Benotmane, K. H., Hadiby, R., & Ouakid, M. L. (2024). Spider (*Araneae: Araneomorphae*) diversity in Annaba Province, Northeastern Algeria. *Acta Zoologica Lilloana*, 485-500p.

14. 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, Doctorat d'état, Biologie Animale, Université Ferhat Abbas Sétif. 229p
15. 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.
16. Benyahia, Y., Brustel, H., El Antry, S., Courtin, O., Maatouf, N., Valladares, L., & Rohi, L. (2016). Preliminary list of Coleoptera heritage species of the Talassemtane National Park, Morocco. *Journal of Insect Biodiversity*, 4(13), 1-30p.
17. Benotmane, K. H., Boukheroufa, M., Sakraoui, R., Sakraoui, F., Centeri, C., Fehér, Á., & Katona, K. (2024). Comparative Effects of Wild Boar (*Sus scrofa*) Rooting on the Chemical Properties of Soils in Natural and Post-Fire Environments of the Edough Forest Massif (Northeastern Algeria). *Land*, 13(3), <https://doi.org/10.3390/land13030382>
18. Bezark, I.G. (2023) Checklist of the *oxypeltidae*, *Vesperidae*, *Disteniidae*, and *Cerambycidae* (Coleoptera) of the Western Hemisphere.
19. Bigot, L., & Bodot, P. (1972). Contribution à l'étude biocénétique de la garrigue à *Quercus coccifera*. II- Composition biotique du peuplement des Invertébrés. *Vie et Milieu*, 32 (2), Serie C, 229 -249p.
20. Bily, S. (1999). Larvae of buprestid beetles (Coleoptera: Buprestidae) of central Europe (Vol. 9). *Národní Museum*.
21. Bily, S. (2002). Summary of the bionomy of the Buprestid beetles of Central Europe (Coleoptera: Buprestidae). *Acta Entomological Musei Nationalis Pragae*, 104, 16p.
22. Birkemoe, T., & Sverdrup-Thygeson, A. (2015). Trophic levels and habitat specialization of beetles caught on experimentally added aspen wood: Does trap type really matter?. *Journal of Insect Conservation*, 19, 163-173p.
23. Bitsch, J. (1974). Morphologie abdominale des machilides (*Thysanura*)—II. Squelette et musculature des segments génitaux femelles. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 3(1), 101–120p.
24. Blondel J., (1979). Biogéographie et écologie. *Masson ed., Paris*, 173p.
25. Bonneau, P. (2008). Mes pièges à Insectes. Ou comment se débrouiller avec les moyens du bord.
26. Bossière, G. (1978). Étude des paragenèses post-cinématique dans les métapelites de la couverture du socle de Grande Kabylie (Algérie) : Mise en évidence d'un métamorphisme de basse pression. *Bulletin de la Société Géologique de France*, (7), XX (3), 289-298p.
27. Bouchaour-Djabeur, S. (2013). Les insectes ravageurs du chêne liège au Nord-Ouest Algérien. *Geo Eco Trop*, 36, 175-184p.

28. Bouget, C. (2005). Short-term effect of windstorm disturbance on saproxylic beetles in broadleaved temperate forests: Part II. Effects of gap size and gap isolation. *Forest ecology and management*, 216(1-3), 15-27p.
29. Bouget, C., Brustel, H., Brin, A., & Noblecourt, T. (2008). Sampling saproxylic beetles with window flight traps: methodological insights. *Revue D'écologie*, (suppl. n° 10), 21p.
30. Bouget, C., Nusillard, B., Pineau, X., & Ricou, C. (2012). Effect of deadwood position on saproxylic beetles in temperate forests and conservation interest of oak snags. *Insect Conservation and Diversity*, 5(4), 264-278p.
31. Bouget, C., Brustel, H., Noblecourt, T., & Zagatti, P. (2019). Les Coléoptères saproxyliques de France: Catalogue écologique illustré. *Publications scientifiques du MNHN*.
32. Bouget, C., Cours, J., Larrieu, L., Parmain, G., Müller, J., Speckens, V., & Sallé, A. (2023). Trait-Based Response of Deadwood and Tree-Related Microhabitats to Decline in Temperate Lowland and Montane Forests. *Ecosystems*. <https://doi.org/10.1007/s10021-023-00875-9>
33. Bouget, C., Nusillard, B., Pineau, X., & Ricou, C. (2012). Effect of deadwood position on saproxylic beetles in temperate forests and conservation interest of oak snags. *Insect Conservation and Diversity*, 5(4), 264-278p.
34. Boukheroufa, M., Sakraoui, F., Belbel, F., & Sakraoui, R. (2020). Winter diet of the common genet, *Genetta genetta* (Carnivora, Viverridae), and the African golden wolf, *Canis anthus* (Carnivora, Canidae), in altitudinal locality of the Edough Forest (northeastern Algeria). *Zoodiversity*, 54(1), 67-74p.
35. Boulahbal, R., Zaanoune, L., Rouag, R., Boukheroufa, M., Sakraoui, R., Dadci, W., Hadiby, R., & Sakraoui, F. (2022). Biodiversity of macroinvertebrates in a stream of mount Edough (Northeastern, Algeria). *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 36-43p. <https://doi.org/10.56557/upjoz/2022/v43i143107>
36. Boulanger, Y., Sirois, L., & Hébert, C. (2010). Distribution of saproxylic beetles in a recently burnt landscape of the northern boreal forest of Québec. *Forest Ecology and Management*, 260(7), 1114-1123p.
37. Boulemtafes, A., Rachedi, A., & Badache, N. (2015). A study of mobility support in wearable health monitoring systems: Design framework. In *2015 IEEE/ACS 12th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)* (pp. 1–8). IEEE.
38. Boulemtafes, A., Hamel, T., de Bélair, G., & Véla, E. (2018). Nouvelles données sur la distribution et l'écologie de seize taxons végétaux du littoral de la péninsule de l'Edough (Nord–Est Algérien). *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, 69, 1-18p.
39. Bouyed J. (2022). Interactions plante-coléoptères saproxyliques au sein des forêts septentrionales de la Tunisie. Diplôme de Mastère de Recherche en Biologie des Organismes de Populations et Environnement. Université de Sfax.
40. Brustel, H. (2001). Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises : Perspectives pour la conservation du patrimoine naturel (Thèse de doctorat). Toulouse, INPT.

41. Brustel, H. (2002). Coléoptères saproxyliques et valeur biologique du massif des Maures. Bioévaluation pour la conservation, Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan (ESAP), 75p.
42. Brustel, H., Valladares, L., & Van Meer, C. (2004). Contribution à la connaissance de Coléoptères saproxyliques remarquables des Pyrénées et des régions voisines. *Bulletin De La Société Entomologique De France*, 109(4), 413–424. <https://doi.org/10.3406/bsef.2004.16147>
43. Bujoczek, L., Bujoczek, M., & Zięba, S. (2020). How much, why and where? Deadwood in forest ecosystems: The case of Poland. *Ecological Indicators*, 121, 107027p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107027>
44. Büttler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D., & Larrieu, L. (2020). Guide de poche des dendromicrohabitats. Description et seuils de grandeur pour leur inventaire. *Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL*.
45. Caby, R., Hammor, D., & Delor, C. (2001). Metamorphic evolution, partial melting and Miocene exhumation of lower crust in the Edough metamorphic core complex, West Mediterranean orogen, Eastern Algeria. *Tectonophysics*, 342, 239–273p.
46. Caillol, H. (1913). Catalogue des coléoptères de Provence : 2me partie. *Société Linnéenne de Provence*.
47. Calmont, B. (2011). Etude des Coléoptères saproxyliques bioindicateurs de qualité des forêts françaises dans les châtaigneraies ardéchoises, Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche. Rapport d'étude intermédiaire, Etude réalisée par la Société d'Histoire naturelle *ALCIDE-D'ORBIGNY (S.H.N.A.O)*. 129 p.
48. Calmont B., (2016). Inventaire des coléoptères saproxyliques de l'E.N.S. de la Châtaigneraie de Beaumont. In : Rapport d'étude octobre 2016, *Société d'Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny (Ed)*, 74 p.
49. Calmont B., (2019). Les coléoptères saproxyliques et les forêts anciennes. In : Boîte à outils « Forêts anciennes du Massif central », *Société d'histoire naturelle*, 1-22p.
50. Carpaneto, G. M., Baviera, C., Biscaccianti, A. B., Brandmayr, P., Mazzei, A., Mason, F., Battistoni, A., Teofili, C., Rondinini, C., Fattorini, S., & Audisio, P. (2015). A Red List of Italian Saproxylic Beetles: taxonomic overview, ecological features and conservation issues (Coleoptera). *Fragmenta Entomologica*, 47(2), 53p. <https://doi.org/10.4081/fe.2015.138>
51. Catullo, G., De Montmollin, B., & Radford, E. A. (2011). Important plant areas of the south and east Mediterranean region: priority sites for conservation. In IUCN eBooks. <https://portals.iucn.org/library/node/9855>.
52. Cobb, T. P., Morissette, J. L., Jacobs, J. M., Koivula, M. J., Spence, J. R., & Langor, D. W. (2011). Effects of postfire salvage logging on deadwood-associated beetles. *Conservation Biology*, 25(1), 94-104p.
53. Daas H., Adjami Y., Ghanem R., Vinolas A., Ouakid M., et Tahraoui A., (2016). Inventaire des Coléoptères des subéraies du Nord-Est Algérien. *Turkish Journal of Forestry*, 17 (Special Issue): 11-17p.

54. Damerdji, A. (2003). Entomofaune d'une plante cultivée: Le Romarin (*Rosmarinus officinalis L.*) dans la région de Tlemcen (Algérie). Inventaire: Indices écologiques. *L'Entomologiste*, 59(3), 81-96p.
55. Daget, J. (1979). Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie, 8. *Masson, Paris*.
56. Dajoz R., (1971). Précis d'écologie. *Ed. Dunod. Paris. 505 p.*
57. Dajoz, R. (1980). Écologie des insectes forestiers. Ecologie fondamentale et appliqué Edition *BORDAS, Paris. 489p.*
58. Dajoz, R. (2007) - Les insectes et la forêt (2ème édition). Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. *Lavoisier, Paris. 648p.*
59. Delvare, G., & Aberlenc, H.-P. (1989). Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale : clés pour la reconnaissance des familles. *Editions Quae.*
60. Deuve, T. (1988). Études morphologiques et phylogénétiques sur l'abdomen et les genitalia ectodermiques femelles des Coléoptères Adepaga (Thèse de doctorat). Université Paris VI.
61. Deuve, T. (1993). L'abdomen et les genitalia des femelles de Coléoptères Adepaga. *Editions du Muséum. 155p.*
62. Deyrup, M. A. (1976). The insect community of dead and dying Douglas-fir: Diptera, Coleoptera, and Neuroptera. *University of Washington.*
63. De Zan, L. R., Battisti, C., & Carpaneto, G. (2014). Bird and beetle assemblages in relict beech forests of central Italy: a multi-taxa approach to assess the importance of dead wood in biodiversity conservation. *Community Ecology*, 15(2), 235–245. <https://doi.org/10.1556/comec.15.2014.2.12>
64. Djoudi, S (2013). Contribution à l'étude bio-écologique des arthropodes dans des formations à *Stipa tenacissima L.*(Poacées) de la région de Djelfa. Diplôme de Magister en Ecologie et Biologie des Populations. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
65. DGF. (2003). Direction Générale des Forêts. Atelier sur les lièges (pour une gestion durable de la suberaie et une production de liège de qualité), Algérie.
66. DGRF. (2006). Vitalité des peuplements de chênes- liège et chênes verts : Situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre. *Actes du colloque en Portugal « Association internationale forêts Méditerranéennes »*,6p.
67. Dodelin, B. (2006). Écologie des coléoptères saproxylques dans les forêts de l'étage montagnard des Alpes du Nord françaises. *Annales de la Société Entomologique de France*, 231–243p.
68. Dodelin, B., & Calmont, B. (2021). Liste Rouge des coléoptères saproxylques de la région Auvergne-Rhône-Alpes. *DREAL Auvergne-Rhône-Alpes*, 79 p.
69. Doerfler, I., Gossner, M. M., Müller, J., Seibold, S., & Weisser, W. W. (2018). Deadwood enrichment combining integrative and segregative conservation elements enhances biodiversity

of multiple taxa in managed forests. *Biological Conservation*, 228, 70–78p. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.10.013>

70. Du Chatenet, G. (2005). Coléoptères d'Europe : carabes, carabiques et dytiques. Nap.
71. Du Chatenet, G., & Dorst, J. (2000). Coléoptères phytophages d'Europe. Nap.
72. Edelmann, P., Ambarlı, D., Gossner, M. M., Schall, P., Ammer, C., Wende, B., Schulze, E., Weisser, W. W., & Seibold, S. (2022). Forest management affects saproxylic beetles through tree species composition and canopy cover. *Forest Ecology and Management*, 524, 120532p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120532>
73. Edelmann, P., Weisser, W. W., Ambarlı, D., Bässler, C., Buscot, F., Hofrichter, M., ... & Borken, W. (2023). Regional variation in deadwood decay of 13 tree species: effects of climate, soil and forest structure. *Forest Ecology and Management*, 541, 121094p.
74. Ehnström, B. (2001). Leaving dead wood for insects in boreal forests: suggestions for the future. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16(S3), 91–98p.
75. Ekman, E., Triviño, M., Blattert, C., Mazziotta, A., Potterf, M., & Eyvindson, K. (2024). Disentangling the effects of management and climate change on habitat suitability for saproxylic species in boreal forests. *Journal of Forestry Research*, 35(1). <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01678-3>
76. Elzinga, R. J. (1978). Fundamentals of Entomology. (Fourth Edition), *Prentice-Hall, New Jersey*, 475 p.
77. Evans, W. G. (1966). Perception of infrared radiation from forest fires by *Melanophila acuminata* De Geer (Buprestidae, Coleoptera). *Ecology*, 47(6), 1061-1065p.
78. Evans, H. F., Moraal, L. G., & Pajares, J. A. (2004). Biology, ecology and economic importance of Buprestidae and Cerambycidae. Bark and wood boring insects in living trees in Europe, *a synthesis*, 447-474p.
79. Fath, B. D., & Cabezas, H. (2004). Exergy and Fisher information as ecological indices. *Ecological Modelling*, 174(1–2), 25–35.
80. Filipiak, M. (2018). Nutrient Dynamics in Decomposing Dead Wood in the Context of Wood Eater Requirements: The Ecological Stoichiometry of Saproxylophagous Insects. *In Zoological monographs*, 429–469p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1_13
81. Franck, A. (2008). Capture, conditionnement, expédition, mise en collection des insectes et acariens en vue de leur identification. *CIRAD*.
82. Frontier, S., & Pichod-Viale, D. (1998). Ecosystem: structure, functioning, evolution. 2nd éd. *Dunod. Paris*, 447p.
83. Fukami, T., Dickie, I. A., Wilkie, J. P., Paulus, B. C., Park, D., Roberts, A., Buchanan, P. K., & Allen, R. B. (2010). Assembly history dictates ecosystem functioning: evidence from wood decomposer communities. *Ecology Letters*, 13(6), 675–684p. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01465.x>

84. Gadeau de Kerville, H. (1900). L'accouplement des Coléoptères. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 5(4), 101–107p.
85. Ganaoui, N., Maazi, M. C., & Chefrou, A. (2019). Spatio-temporal variation of scarab beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in two oak biotopes of Ouled Bechih Forest, Souk-Ahras region (North-eastern Algeria). *Polish Journal of Entomology*, 88(4), 301-319p.
86. Ganaoui, N., Mena, M., Rebbah, A. C., Dechir, B., & Maazi, M. C. (2020). Assessment of the biodiversity of beetle stands in three types of forest habitat (*Quercus suber*, *Quercus canariensis*, mixed forest) in the Ouled Bechih Forest, northeast of Algeria.
87. García, N., Numa, C., Bartolozzi, L., Brustel, H., Buse, J., Norbiato, M., Recalde, J. I., Zapata, J., Dodelin, B., Alcázar, E., Barrios, V., Verdugo, A., Audisio, P., Micó, E., Otero, J. C., Bahillo, P., Viñolas, A., Valladares, L., Méndez, M., El Antry, S., Galante, E. (2019). The conservation status and distribution of Mediterranean saproxylic beetles. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2018.ra.3.en>
88. 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. Thèse de doctorat : écologie animale, Université Badji Moukhtar Annaba, Algérie, 197 p.
89. Gilles B. (2014). Ma collection d'insectes 4/6 : la préparation, sur le site passion entomologie. Consulté le 20.mai.2023. URL1 : Préparation d'insectes pour une collection (passion-entomologie.fr)
90. Gossner, M. M., Lachat, T., Brunet, J., Isacson, G., Bouget, C., Brustel, H., Brandl, R., Weisser, W. W., & Müller, J. (2013). Current Near-to-Nature Forest Management Effects on Functional Trait Composition of Saproxylic Beetles in Beech Forests. *Conservation Biology*, 27(3), 605–614p. <https://doi.org/10.1111/cobi.12023>
91. Graf, M., Seibold, S., Gossner, M. M., Hagge, J., Weiß, I., Bäessler, C., & Müller, J. (2022). Coverage based diversity estimates of facultative saproxylic species highlight the importance of deadwood for biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 517, 120275p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120275>
92. Grall, J., & Hily, C. (2003). Traitement des données stationnelles (faune). *REBENT*, Décembre.
93. Gretia, (2009). Invertébrés continentaux des Pays de la Loire, Coléoptères Cerambycidae. 90p.
94. Grove, S. J. (2002). Tree basal area and dead wood as surrogate indicators of saproxylic insect faunal integrity: a case study from the Australian lowland tropics. *Ecological Indicators*, 1(3), 171–188p. [https://doi.org/10.1016/s1470-160x\(01\)00016-4](https://doi.org/10.1016/s1470-160x(01)00016-4)
95. Hacene, S. B., Hassaine, K., & Ponel, P. (2012). Les peuplements des coléoptères du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Algérie). *Revue d'Écologie*, 67(1), 101–115p.
96. Hadiby, R., Boukheroufa, M., Adjami, Y., Djedda, H., Boussaha, A., Frih, A., Benotmane, K H., Sakraoui, F. (2022). Part comparée des saproxyliques dans le peuplement de Coléoptères entre milieu naturel et milieu post-incendié du massif forestier de l'Édough (Nord-Est, Algérie). *Bulletin de la Societe Zoologique de France*, 147(4).

97. Hadj-Zobir, S. (2007). Les formations ultrabasiques-basiques de Sidi Mohamed (massif de l'Edough, Annaba, NE Algérien) : caractéristiques pétrologiques et géochimiques (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 242 p.
98. Hadj-Zobir, S. (2012). Impact de l'altération sur le bilan chimique des diatexites du massif de l'Edough (Annaba, NE Algérien). *Estudios Geológicos*, 68(2), 203–215p.
99. Hagge, J., Müller, J., Birkemoe, T., Buse, J., Christensen, R. H. B., Gossner, M. M., Gruppe, A., Heibl, C., Jarzabek-Müller, A., Seibold, S., Siitonen, J., Soutinho, J. G., Sverdrup-Thygeson, A., Thorn, S., & Drag, L. (2021). What does a threatened saproxylic beetle look like? Modelling extinction risk using a new morphological trait database. *Journal of Animal Ecology*, 90(8), 1934–1947p. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13512>
100. Hamel, T. 2013: Contribution à l'étude de l'endémisme chez les végétaux vasculaires dans la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). – Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, (Algérie).
101. Hamel, T., Seridi, R., de Belair, G., Slimani, A., & Babali, B. (2013). Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 26, 65-74p.
102. Hamel, T., Triana, N. H., Meddad-Hamza, A., Boulemtafes, A., Souilah, N., De Bélair, G., & Tierra, Á. E. S. (2022). Analysis of taxonomic distinctness and priority conservation areas as a basis for heritage enhancement of floristic diversity: the case of the 'hotspot' of the islands of Numidia (North-eastern Algeria). *Mediterranean Botany, Online first*, 1–24p. <https://doi.org/10.5209/mbot.81125>
103. Hamel, T., Triana, N. H., & Meddad-Hamza, A. (2023). Analysis of taxonomic distinctness and priority conservation areas as a basis for heritage enhancement of floristic diversity: The case of the 'hotspot' of the islands of Numidia (North-Eastern Algeria). *Mediterranean Botany*, 44, e81125p.
104. Hanski, I., & Y. Cambefort. 1991. Compétition in dung beetles. In I. Hanski and Y. Cambefort (eds.), *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 481p.
105. Hanski, I. (2000). Extinction debt and species credit in boreal forests: modelling the consequences of different approaches to biodiversity conservation. In *Annales Zoologici Fennici*, 271-280p. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
106. Hilly, J. (1962). Étude géologique du massif de l'Edough et du Cap de fer (Est-Constantinois). *Bulletin du Service de la Carte Géologique d'Algérie, Nouvelle Série*, 19.
107. Hjältén, J., Dynesius, M., Hekkala, A., Karlsson-Tiselius, A., Löfroth, T., & Mugerwa-Pettersson, R. (2018). Saproxylic Insects and Fire. In *Zoological monographs*, 669–691p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1_20
108. Irmeler, U., Heller, K., & Warning, J. (1996). Age and tree species as factors influencing the populations of insects living in dead wood (Coleoptera, Diptera: Sciaridae, Mycetophilidae). *Pedobiologia*, 40(2), 134–148p.

109. Jansson, N., Bergman, K., Jonsell, M., & Milberg, P. (2008). An indicator system for identification of sites of high conservation value for saproxylic oak (*Quercus spp.*) beetles in southern Sweden. *Journal of Insect Conservation*, 13(4), 399–412p. <https://doi.org/10.1007/s10841-008-9187-9>
110. Jeannel, R. (1942). Faune de France no. 40 : Coléoptères carabiques (II). *Lib. Fac. Sci., Paris*.
111. Johansson, T., Gibb, H., Hjältén, J., & Dynesius, M. (2017). Soil humidity, potential solar radiation and altitude affect boreal beetle assemblages in dead wood. *Biological Conservation*, 209, 107-118p.
112. Karpiński, L., Maák, I., & Wegierek, P. (2021). The role of nature reserves in preserving saproxylic biodiversity: using longhorn beetles (*Coleoptera: Cerambycidae*) as bioindicators. *The European Zoological Journal*, 88(1), 487–504p. <https://doi.org/10.1080/24750263.2021.1900427>
113. Kherbouche, O. (2006). Les Arthropodes non insectes épigés du parc national du Djurdjura : Diversité et écologie (PhD Thesis). University of Sciences and Technology Houari Boumediène (USTHB), Faculty of Biological Sciences (FSB), Algeria.
114. Kitchens, K. A., Peng, L., Daniels, L. D., & Carroll, A. L. (2022). Patterns of infestation by subcortical insects (Coleoptera: Buprestidae, Cerambycidae) after widespread wildfires in mature Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) forests. *Forest Ecology and Management*, 513, 120203p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120203>
115. Laadel, N. (2021). Etude de la faune entomologique des différents reboisements des essences forestières de la région de Sétif et relation plantes-faune (Doctoral dissertation).
116. Lachat, T., Wermelinger, B., Gossner, M. M., Bussler, H., Isacson, G., & Müller, J. (2012). Saproxylic beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in *European beech forests*. *Ecological Indicators*, 23, 323–331p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.013>
117. Lamarre, G.P.A., Molto, Q., Fine, P.V.A., Baraoto, C., (2012). A comparison of two common flight interception traps to survey tropical arthropods. *ZooKeys*, 216: 43–55p.
118. Laref, N. (2023). Diversité et structure des communautés de Lépidoptères Rhopalocères en relation avec le sol et la végétation dans différents milieux du nord est algérien. Thèse de Doctorat en Ecologie des sols. Université de Badji Mokhtar Annaba.
119. Laref, N., Rezzag-Bedida, R., Boukheroufa, M., Sakraoui, R., Henada, R. L. I., Hadiby, R., & Sakraoui, F. (2022). Diversity and status of day butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera) in different plant associations of the Edough Forest Massif (Northeastern Algeria). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(2). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230238>
120. Larrieu, L., & Gonin, P. (2008). L'indice de biodiversité potentielle (ibp): une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *Revue forestière française*, 60(6), 727-748p.
121. Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Büttler, R., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Michel, A. K., Regnery, B., & Vandekerckhove, K. (2017). Tree related microhabitats in temperate and

Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*, 84, 194–207p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051>

122. Larrieu, L., Courbaud, B., Drénou, C., Goulard, M., Bütler, R., Kozák, D., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Müller, J., Paillet, Y., Schuck, A., Stillhard, J., Svoboda, M., & Vandekerckhove, K. (2022). Perspectives: Key factors determining the presence of Tree-related Microhabitats: A synthesis of potential factors at site, stand and tree scales, with perspectives for further research. *Forest Ecology and Management*, 515, 120235p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120235>
123. Lecina-Diaz, J., Alvarez, A., De Cáceres, M., Herrando, S., Vayreda, J., & Retana, J. (2019). Are protected areas preserving ecosystem services and biodiversity? Insights from Mediterranean forests and shrublands. *Landscape Ecology*, 34(10), 2307–2321p. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00887-8>
124. Lettenmaier, L., Seibold, S., Bäessler, C., Brandl, R., Gruppe, A., Müller, J., & Hagge, J. (2022). Beetle diversity is higher in sunny forests due to higher microclimatic heterogeneity in deadwood. *Oecologia*, 198(3), 825-834p.
125. Lingua, E., Marques, G., Marchi, N., Garbarino, M., Marangon, D., Tacaliti, F., & Marzano, R. (2023). Post-Fire Restoration and Deadwood Management: Microsite Dynamics and Their Impact on Natural Regeneration. *Forests*, 14(9), 1820p. <https://doi.org/10.3390/f14091820>
126. Lo Monaco, A., Luziatelli, G., Latterini, F., Tavankar, F., & Picchio, R. (2020). Structure and Dynamics of Deadwood in Pine and Oak Stands and their Role in CO₂ Sequestration in Lowland Forests of Central Italy. *Forests*, 11(3), 253p. <https://doi.org/10.3390/f11030253>
127. Löfroth, T., Birkemoe, T., Shorohova, E., Dynesius, M., Fenton, N. J., Drapeau, P., & Tremblay, J. A. (2023). Deadwood Biodiversity. In *Advances in global change research*, 167–189p. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15988-6_6
128. Louhi Haou, S. (2014). Écologie des ptéridophytes en Numidie (Nord-Est de l'Algérie) (Thèse de doctorat). Université Badji Mokhtar.
129. Luce, J. M. (1995). Ecologie des Cétoines (Insecta : Coleoptera) microcavernicoles de la Forêt de Fontaine bleu. Niches écologiques, relations interspécifiques et conditions de conservation des populations. Thèse d'Ecologie Générale., *Museum National d'Histoire Naturelle*, 168 p.
130. Macagno, A. L., Hardersen, S., Nardi, G., Lo Giudice, G., & Mason, F. (2015). Measuring saproxylic beetle diversity in small and medium diameter dead wood: the “grab-and-go” method. *European Journal of Entomology*, 112(3), 510-519p.
131. Magurran, A. E. (2003). Measuring biological diversity. *John Wiley & Sons*.
132. Martin, M., Fenton, N. J., & Morin, H. (2021). Tree-related microhabitats and deadwood dynamics form a diverse and constantly changing mosaic of habitats in boreal old-growth forests. *Ecological Indicators*, 128, 107813p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107813>
133. Martínez-Hernández, J. G., Rös, M., Pérez-Flores, O., & Toledo-Hernández, V. H. (2024). Checklist of the Cerambycidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) of Oaxaca, Mexico. *Zootaxa*, 5405(2), 185–208p. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5405.2.2>

134. Martín-Ortega, P., Picard, N., García-Montero, L. G., Del Rio, S., Penas, A., Marchetti, M., Lasserre, B., Özdemir, E., García-Robredo, F., Pascual, C., Calderón-Guerrero, C., Alberdi, I., Cañellas, I., Guerrero, S., Hernández, L., Martínez-Jauregui, M., Miguel-Ayanz, A. S., Vallejo, R., Sibelet, N., & Rivas-Martínez, S. (2018). Importance of Mediterranean forests. *In FAO eBooks*, 31–50p. <https://agritrop.cirad.fr/589788/>
135. Mazzei, A., Bonacci, T., Horák, J., & Brandmayr, P. (2018). The role of topography, stand and habitat features for management and biodiversity of a prominent forest hotspot of the Mediterranean Basin: Saproxylic beetles as possible indicators. *Forest Ecology and Management*, 410, 66–75p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.039>
136. McCullough, D. G., Werner, R. A., & Neumann, D. (1998). Fire and insects in northern and boreal forest ecosystems of North America. *Annual review of entomology*, 43(1), 107-127p.
137. Mechtoub R. (2020). Importance des Milieux Forestiers de l'Édough pour l'Avifaune Nicheuse. Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar Annaba, Algeria, 58 p.
138. Meziane, B. (2017). Les coléoptères saproxyliques des Monts d'Ouarsenis (Nord-Ouest Algérien): cas du Parc National de Theniet El Had. Diplôme de Magister en Ecologie et Dynamique des Arthropodes. Université Abou-Bakr Belkaid Tlemcen, 132p.
139. Micó E., (2018). Saproxylic Insects in Tree Hollows. In: Ulyshen, M. (eds) Saproxylic Insects. *Zoological Monographs* , p : 693–727. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1_21
140. Micó, E., Ramilo, P., Thorn, S., Müller, J., Galante, E., & Carmona, C. P. (2020). Contrasting functional structure of saproxylic beetle assemblages associated to different microhabitats. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58408-6>
141. Nageleisen, L. M., & Bouget, C. (2009). L'étude des insectes en forêt: méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail «*Inventaires Entomologiques en Forêt*»(Inv. Ent. For.) ONF. 144p.
142. Nakládal, O., Zúmr, V., Remeš, J., Macháčová, M., & Pešková, V. (2022). Heritage Trees as an Important Sanctuary for Saproxylic Beetles in the Central European Landscape: A Case Study from Litovelské Pomoraví, Czech Republic. *Forests*, 13(7), 1128p. <https://doi.org/10.3390/f13071128>
143. Nappi, A., Drapeau, P., Saint-Germain, M., & Angers, V. A. (2010). Effect of fire severity on long-term occupancy of burned boreal conifer forests by saproxylic insects and wood-foraging birds. *International Journal of Wildland Fire*, 19(4), 500p. <https://doi.org/10.1071/wf08109>
144. Nicholas J.D., Boulinier T., Hines J.E., Pollack K.H., & Sauer J.R., (1998). Estimating rates of local species extinction, colonization and turnover *in animal communities*, *Ecological Society of America*, 1213p.
145. Noblecourt T. (2012). Échantillonnage des coléoptères saproxyliques : Site Natura 200 du Conflent (66), mémoire technique et estimation des coûts. *Office National des Forêts (Ed), Laboratoire National d'Entomologie Forestière, France*, 14 p.

- 146.Öder, V., Petritan, A. M., Schellenberg, J., Bergmeier, E., & Walentowski, H. (2021). Patterns and drivers of deadwood quantity and variation in mid-latitude deciduous forests. *Forest Ecology and Management*, 487, 118977. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118977>
- 147.Olenici, N., & Fodor, E. (2021). The diversity of saproxylic beetles' community from the Natural Reserve Voievodeasa Forest, North-Eastern Romania. *Annals of Forest Research*, 64(1), 31–60p. <https://doi.org/10.15287/afr.2021.2144>
- 148.Oularbi, A., & Zeghiche, A. (2009). Sensibilité à l'érosion du massif cristallophyllien de l'Edough (Nord-Est Algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 20, 58–72p.
- 149.Pabijan, M., Bąk-Kopaniarz, S., Bonk, M., Bury, S., Oleś, W., Antoł, W., Dyczko, I., & Zając, B. (2023). Amphibian decline in a Central European forest and the importance of woody debris for population persistence. *Ecological Indicators*, 148, 110036 p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110036>
- 150.Paletto, A., Bayraktar, S., Becagli, C., & De Meo, I. (2023). Young Generations' Perception of the Role of Deadwood in Forests: Comparison between Italy and Türkiye. *Ecologies*, 4(2), 426–441p. <https://doi.org/10.3390/ecologies4020027>
- 151.Parikh, G., Rawtani, D., & Khatri, N. (2020). "Insects as an Indicator for Environmental Pollution." *Environmental Claims Journal*, 33(2), 161–181p. <https://doi.org/10.1080/10406026.2020.1780698>
- 152.Paulian, R. (1941) - Faune de France. Coléoptères Scarabéidés. *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Pierre André imp.* 243p.
- 153.Paulian, R. (1988). Biologie des coléoptères. *In Lechevalier*
- 154.Paulian, R., & Baraud, J. (1982). Fauna of the Coleoptera of France. II. Lucanoidea and Scarabaeoidea (pp. xvi+-477).
- 155.Peris-Felipo, F. J., Falcó-Garí, J. V., & Jimenez-Peydro, R. (2011). The diversity of Cerambycidae in the protected Mediterranean landscape of the Natural Park of Carrascal de La Font Roja, Spain. *Bulletin of Insectology*, 64(1), 87-92p.
- 156.Perrier, R. (1977) - La faune de France illustrée. Coléoptère (1). *Edt.Delagrave.* 188p.
- 157.Piper, R. (2020). Saproxylic Beetles of the UK. URL: [Saproxylic beetles - Dr. Ross Piper](#)
- 158.Ponel, P. (1995). Rissian, Eemian and Würmian Coleoptera assemblages from La Grande Pile (Vosges, France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 114(1), 1-41p.
- 159.Pretzsch, H., Del Río, M., Grote, R., Klemmt, H., Ordóñez, C., & Oviedo, F. B. (2022). Tracing drought effects from the tree to the stand growth in temperate and Mediterranean forests: insights and consequences for forest ecology and management. *European Journal of Forest Research*, 141(4), 727–751p. <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01451-x>
- 160.Quézel, P. (1999). Les grandes structures de végétation en région méditerranéenne : Facteurs déterminants dans leur mise en place post-glaciaire. *Geobios*, 32(1), 19-32p.

161. Quinto, J., Díaz-Castelazo, C., Ramírez-Hernández, A., Padilla, A., Sánchez-Almodóvar, E., Galante, E., & Micó, E. (2023). Interaction Networks Help to Infer the Vulnerability of the Saproxylic Beetle Communities That Inhabit Tree Hollows, *In Mediterranean Forests. Insects*, 14(5), 446p. <https://doi.org/10.3390/insects14050446>
162. Rada, P., Padilla, A., Horák, J., & Micó, E. (2022). Public LiDAR data are an important tool for the detection of saproxylic insect hotspots in Mediterranean forests and their connectivity. *Forest Ecology and Management*, 520, 120378. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120378>
163. Ramade, F. (2003). *Elément d'écologie. Ecologie fondamentale*. 3^{ème} édition. Dunod. Paris, Ecole doctorale Vie-Agro-Santé Université de Rennes. 23p.
164. Ramírez-Valiente, J. A., Del Blanco, L. S., Alía, R., Robledo-Arnuncio, J. J., & Climent, J. (2021). Adaptation of Mediterranean forest species to climate: Lessons from common garden experiments. *Journal of Ecology*, 110(5), 1022–1042p. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13730>
165. Rebzani, C. (1992). Le peuplement macrobenthique du port d'Alger : Impact de la pollution. *Hydroécologie Appliquée*, 4(2), 91–103p.
166. Roman, E. (1967). E. Séguy. — Dictionnaire des termes techniques d'Entomologie élémentaire. Paris, Lechevalier, 305p. *Publications De La Société Linnéenne De Lyon*, 36(9), 412–413p.
167. Roth, F. X. (1980). Microorganisms as a source of protein for animal nutrition. *Animal Research and Development*, 12, 7–19p.
168. Saint-Germain, M., Drapeau, P., & Hébert, C. (2004). Comparison of Coleoptera assemblages from a recently burned and unburned black spruce forests of northeastern North America. *Biological Conservation*, 118(5), 583-592p.
169. Sakraoui, F., Boukheroufa, M., Sakraoui, W., & El Madoui, M. B. (2014). Ectoparasitic ecology of Algerian hedgehog *Ateleris algirus* (Lereboullet, 1842)(Erinaceidae, Mammalia) in some localities of Edough Montain (W. Annaba, Northest Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 217-222p.
170. Sama, G. & Löbl, I. (2010) Cerambycinae. In: I. Löbl & A. Smetana (Eds), *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*, Apollo Books, *Stenstrup*, 143–207p.
171. Schiegg, K. (2000a). Effects of dead wood volume and connectivity on saproxylic insect species diversity. *Ecoscience*, 7(3), 290-298p.
172. Schiegg, K. (2000b). Are there saproxylic beetle species characteristic of high dead wood connectivity?. *Ecography*, 23(5), 579-587p.
173. Schigel, D. (2012). Fungivory of saproxylic Coleoptera: the mystery of rejected polypores. *Stud For Slov*, 137, 53-58p.
174. Seibold, S., Bäessler, C., Brandl, R., Gossner, M. M., Thorn, S., Ulyshen, M. D., & Müller, J. (2015). Experimental studies of deadwood biodiversity—a review identifying global gaps in knowledge. *Biological Conservation*, 191, 139-149p.

175. Seibold, S., Hagge, J., Müller, J., Gruppe, A., Brandl, R., Bässler, C., & Thorn, S. (2017). Experiments with dead wood reveal the importance of dead branches in the canopy for saproxylic beetle conservation. *Forest Ecology and Management*, 409, 564–570p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.052>
176. Seibold, S., Rammer, W., Hothorn, T., Seidl, R., Ulyshen, M. D., Lorz, J., Cadotte, M. W., Lindenmayer, D. B., Adhikari, Y. P., Aragón, R., Bae, S., Baldrian, P., Varandi, H. B., Barlow, J., Bässler, C., Beauchêne, J., Berenguer, E., Bergamin, R. S., Birkemoe, T., . . . Müller, J. (2021). The contribution of insects to global forest deadwood decomposition. *Nature*, 597(7874), 77–81p. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03740-8>
177. Seibold, S., Weisser, W. W., Ambarlı, D., Gossner, M. M., Mori, A. S., Cadotte, M. W., Hagge, J., Bässler, C., & Thorn, S. (2022). Drivers of community assembly change during succession in wood-decomposing beetle communities. *Journal of Animal Ecology*, 92(5), 965–978p. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13843>
178. Seibold, S., Weisser, W. W., Ambarlı, D., Gossner, M. M., Mori, A. S., Cadotte, M. W., ... & Thorn, S. (2023). Drivers of community assembly change during succession in wood-decomposing beetle communities. *Journal of Animal Ecology*, 92(5), 965-978p.
179. Seltzer, P., Lasserre, A., & Grandjean, A. (1946). Le climat de l'Algérie. Impr. "La Typo-Litho" et J. Carbonel.
180. Senaoui, C. (2021). Ecologie Parasitaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) dans le Nord-est Algérien. Thèse de Doctorat en Biodiversité, Evolution, Ecologie de la Santé. Université de Badji Mokhtar Annaba.
181. Senaoui, C., Boukheroufa, M., Sakraoui, F., Sakraoui, W (2020). Preferential fixation sites and relative frequencies of ectoparasites at *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) in a locality in the Northeast of Algeria. *Ecol Environ Conserv*, 26, 926–930p.
182. Shannon, V. L., Vanguelova, E. I., Morison, J. I. L., Shaw, L. J., & Clark, J. M. (2021). The contribution of deadwood to soil carbon dynamics in contrasting temperate forest ecosystems. *European Journal of Forest Research*, 141(2), 241–252p. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01435-3>
183. Shi, B., Wang, X., Yang, S., Chen, H., Zhao, Y., Liu, Q., Zou, R., & Pan, Y. (2024). The role of deadwood substrates in promoting moss growth: Decay class and particle size effects. *GCB Bioenergy*, 16(8). <https://doi.org/10.1111/gcbb.13172>
184. Siitonen, J. (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*, 11–41p.
185. Slipinski, A. (2013). Australian ladybird beetles (*Coleoptera: Coccinellidae*): their biology and classification. *CSIRO Publishing*.
186. Speight M.C., (1989). Les invertébrés saproxyliques et leur protection. *Collection Sauvegarde de la nature, Conseil de l'Europe (Ed), Strasbourg*, 42, 77p.
187. Szymański, C. R., Tabeni, S., Alvarez, J. A., & Campos, C. M. (2021). Diversity of plants and mammals as indicators of the effects of land management types in woodlands. *Forest Ecosystems*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00348-2>

188. Talbi, Y. (2010). Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica m.*) dans la région de Batna : cas de la Cédraie de Belezma. Mémoire de Magistère en sciences agronomiques, Université El-Hadj Lakhdar Batna (Algérie), 123p.
189. Tazuin, P. (2005). Ethology and distribution of the "Hermit beetle" in France (*Coleoptera, Cetoniidae, Trichiinae, Osmodermatini*). *Cetoniimania*, 4, 131–153p.
190. Théry, A. (1942). Note sur le genre *Yamina* Kerr. et description d'une espèce nouvelle [Col. Buprestidae]. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 47(8), 131–133p.
191. Thorn, S., Bäessler, C., Gottschalk, T., Hothorn, T., Bussler, H., Raffa, K., & Müller, J. (2014). New Insights into the Consequences of Post-Windthrow Salvage Logging Revealed by Functional Structure of Saproxyllic Beetles Assemblages. *PLoS ONE*, 9(7), e101757p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101757>
192. Toivanen, T., & Kotiaho, J. S. (2007). Mimicking natural disturbances of boreal forests: the effects of controlled burning and creating dead wood on beetle diversity. *Biodiversity and Conservation*, 16(11), 3193–3211p. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9172-8>
193. Toubal, O. (1986). Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord orientale). Cartographie au 1/25000ème. U.S.T.M. Univ, Grenoble, France. Doct. 3ème cycle, 111p.
194. Toubal-Boumaza, O. (1989). Les ressources phytogénétiques du massif de l'Edough (Algérie Nord-Orientale).
195. Toubal O., Boussehaba A., Toubal A., et Samraoui B., (2014). Biodiversité méditerranéenne et changements globaux : cas du complexe des zones humides Guerbes-Sanhadja (Algérie). *Physio-Géo*, Volume 8, 272-295 p.
196. Touroult, J., Cima, V., Bouyon, H., Hanot, C., Horellou, A., & Brustel, H. (2019). Longicornes de France-Atlas préliminaire (Coleoptera: Cerambycidae & Vesperidae).
197. Ulyshen, M. D., & Šobotník, J. (2018). An Introduction to the Diversity, Ecology, and Conservation of Saproxyllic Insects. *In Zoological monographs*, 1–47p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1_1
198. Véla, E. (2017). De l'inventaire de la biodiversité aux priorités de conservation dans le hotspot du bassin méditerranéen : peut-on combler les déficits de connaissance ?. Thèse de Doctorat. Université Montpellier.
199. Véla, E., & Benhouhou, S. (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes rendus. Biologies*, 330(8), 589–605p.
200. Verdugo, A., Buse, J., Galante, E., Bartolozzi, L. & Mendez, M. (2016). *Pseudomyrmecion ramalinum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T47251834A47695266. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T47251834A47695266.en>

201. Villemant, C., & Fraval, A. (1991). Insectes et Acariens phyllophages. *Villemant, C. & Fraval, A.: La faune du chêne-liège. Actes Edition. Rabat, 27-68p.*
202. Villiers, A. (1946) Coléoptères Cérambycides de l'Afrique du Nord. *Faune de l'Empire Français ORSC Paris, 5, 1-152p.*
203. Vítková, L., Bače, R., Kjučukov, P., & Svoboda, M. (2018). Deadwood management in Central European forests: Key considerations for practical implementation. *Forest Ecology and Management, 429, 394–405p.* <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.034>
204. Vogel S., Bussler H., Finnberg S., Müller J., Stengel E., & Thorn S., 2020. Diversity and conservation of saproxylic beetles in 42 European tree species: an experimental approach using early successional stages of branches. *Insect Conservation and Diversity, (14):1, 132-143p.*
205. Weiss, M., Didham, R. K., Procházka, J., Schlaghamerský, J., Basset, Y., Odegaard, F., Tichechkin, A., Schmidl, J., Floren, A., Curletti, G., Aberlenc, H., Bail, J., Barrios, H., Leponce, M., Medianero, E., Fagan, L. L., Corbara, B., & Cizek, L. (2019). Saproxylic beetles in tropical and temperate forests – A standardized comparison of vertical stratification patterns. *Forest Ecology and Management, 444, 50–58p.* <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.04.021>
206. Wikars, L. O. (1997). Effects of forest fire and the ecology of fire-adapted insects. Uppsala, Sweden: *Acta Universitatis Upsaliensis. 7-29p*
207. Wilson, D. E., & Reeder, D. M. (Eds.). (2005). Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference. *JHU Press.*
208. Wyss C., & Cherix D. (200). Traite d'entomologie forensique : Les insectes sur la scène du crime. Lausanne : *Presser polytechniques et université Romande, Suisse.*
209. Yahi, N., Véla, E., Benhouhou, S., de Bélair, G. & Gharzouli, R. (2012). Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. – *J. Threat. Taxa 4: 2453-2765p.*
210. Yattara, A. A. A., & Francis, F. (2013). Impact des méthodes de piégeage sur l'efficacité de surveillance des pucerons : Illustration dans les champs de pommes de terre en Belgique. *Entomologie Faunistique.*
211. Yee, M., Yuan, Z. Q., & Mohammed, C. (2001). Not just waste wood: decaying logs as key habitats in Tasmania's wet sclerophyll Eucalyptus obliqua production forests: *the ecology of large and small logs compared. TASFORESTS-HOBART-, 13(1), 119-128p.*
212. Zhou, G., Lucas-Borja, M. E., Liu, S., Hu, H., He, J., Wang, X., Jiang, Z., Zhou, X., & Delgado-Baquerizo, M. (2022). Plant and soil biodiversity is essential for supporting highly multifunctional forests during Mediterranean rewilding. *Functional Ecology, 37(2), 420–431p.* <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14230>
213. Zumr, V., Nakládal, O., Gallo, J., & Remeš, J. (2024). Deadwood position matters: Diversity and biomass of saproxylic beetles in a temperate beech forest. *Forest Ecosystems, 11, 100174p.* <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100174>

Annexes

1. Production scientifique :

2.1. Publications Internationales :

- Rediscovery of *Pseudomyrmecion ramalium* Bedel, 1885: a rare endemic saproxylic Longhorn beetle in the Djebel Edough Forest, Algeria (Coleoptera, Cerambycidae). *Zootaxa* (Catégorie A) **Hadiby Rached**; Boukheroufa Mehdi; Adjami Yasmine; Vitali Francesco ; Frih Abdelaziz ; Sakraoui Ferial , *In press*
- Part comparée des saproxyliques dans le peuplement de Coléoptères entre milieu naturel et milieu post-incendié du massif forestier de l'Édough (Nord-Est, Algérie). *Bulletin de la Société Zoologique de France* (catégorie B) **Hadiby Rached**; Boukheroufa Mehdi; Adjami Yasmine; Djedda Hesni; Boussaha Anis ; Frih Abdelaziz; Benotmane Kamelia Hesni ; Sakraoui Ferial, Décembre 2022

2.2 Communications Internationales :

- Biodiversity of saproxylic beetles in Mediterranean oak forests: Case of Edough National Park ; Le 1er séminaire international scientifique tuniso-algérien : "Valorisation des Ressources Naturelles et Biosurveillance" 1er SISTA-VRNB Amir Palace Monastir, Tunisie / 20, 21 & 22 Décembre 2023, (1ere position) **Hadiby Rached**, Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine; Sakraoui Ferial ; Présentation Orale (Meilleure présentation)
- Diversity and Ecological Role of Saproxylic Beetles in an Oak Forest of the Edough Forest Massif ; ISEBMCE / 2023 International seminar Ecology and Biotechnology, in Mediterranean Atmosphere Climate ; November 14-16, Ferhat Abbas University, Setif, Algeria, (1ere position) **Hadiby Rached**, Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine; Adjroud Cherine ; Sakraoui Ferial ; Présentation Orale
- Diversité et structure de peuplement des coléoptères dans le massif forestier de l'Édough ; Séminaire International sur la Valorisation des Ressources Agronomiques, Ecologiques et Alimentaires (SIVRAEA2022) le 18,19 et 20 Octobre 2022. Skikda,

Algeria ; (1ere position) **Hadiby Rached**, Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine; Ouari Zineb ; Bouheniche Meriem, Sakraoui Ferial ; Poster

- Caractérisation et dynamique du peuplement de Lépidoptères Hétérocères dans différent milieux dans wilaya El Tarf (Nord Est Algérien) ; 1er Séminaire international sur la biodiversité en Algérie « Richesse et conservation » Oum El Bouaghi, Algeria ; (1ere position) **Hadiby Rached** ; Beddala Rami ; Sakraoui Rym ; Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine ; Sakraoui Ferial. Poster

2.3 Communications Nationales :

- Diversité et Dynamique des Coléoptères Saproxyliques dans les Forêts de Chênes Méditerranéennes ; 1st National Environmental Biology and Ecology Day – 5 June 2024 - Badji Mokhtar - Annaba University ; (1ere position) **Hadiby Rached** ; Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine ; Abdelaziz Frih ; Sakraoui Ferial. Poster
- Examining the Interplay of Saproxylic Beetles in Post-Fire Environments: A Comparative Study on Forest Regeneration; 1 st National Environmental Biology and Ecology Day – 5 June 2024 - Badji Mokhtar - Annaba University ; (1ere position) **Hadiby Rached** ; Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine ; Abdelaziz Frih ; Sakraoui Ferial. Poster
- Évaluation du modèle d'interception Polytrap avec des coléoptères saproxyliques dans une forêt de chênes du massif forestier d'Edough, Algérie ; National seminar : Doctoral Days : « Applied Sciences & Innovation » DD-ASI, November 15th– 16th 2023, Annaba ; (1ere position) **Hadiby Rached** ; Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine ; Sakraoui Ferial. Poster
- Efficiency of saproxylic beetles's trapping in an Oak Forest of the Edough Forest Massif, Algeria ; the national seminar on the conservation and restoration of Mediterranean natural ecosystems and agro-systems *CREMNEA 2023* October 10, 2023- Tlemcen, Algeria ; (1ere position) **Hadiby Rached** ; Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine ; Sakraoui Ferial. Présentation Orale
- Dynamique comparée des peuplements de coléoptères saproxyliques entre milieux

naturels et milieux post incendiés dans le massif forestier de l'Edough (Nord Est Algérien) ; Séminaire National sur la Biodiversité de la Faune et la Flore en Algérie (SNBFF'22), Université Mentouri, Constantine 1, 29/30 Novembre 2022 ; (1ere position) **Hadiby Rached** ; Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine ; Djedda Hesni ; Boussaha Anis ; Sakraoui Ferial. Poster

- Dynamique de recolonisation des milieux post-incendié par les saproxyliques : Cas de la Chênaie d'Ain Barbar (Nord-Est Algérien) ; 1er Séminaire National Sur Le Développement Durable En Zones Semi- Arides (ADDZSA-2022) Via Google Meet , Université Mohamed Chérif Messadia - Souk Ahras- 15 ET 16 NOVEMBRE 2022 ; (1ere position) **Hadiby Rached** ; Boukheroufa Mehdi; Djedda Hesni ; Boussaha Anis ; Adjami Yasmine. Présentation Orale
- **Hadiby Rached** (2022) Création et accompagnement des projets innovants au service de la valorisation durable des ressources naturelles, workshop ; national, le 11,12 /05/2022 Université Chadli Benjdid El Tarf ; **Benotmane K H** (2022).
- Proceeding SNBFFA1 (Abstracts collection), **Hadiby Rached** ; Boukheroufa Mehdi ; Adjami Yasmine ; Djedda Hesni ; Boussaha Anis ; Sakraoui Ferial (2022) Dynamique comparée des peuplements de coléoptères saproxyliques entre milieux naturels et milieux post incendiés dans le massif forestier de l'Edough (Nord Est Algérien) ; la biodiversité de la faune et la flore en Algérie (SNBFFA-1) ; séminaire ; national ; 29,30 Novembre 2022 ; Université frères Mentouri Constantine 1.

2.3 Animation scientifique :

- **Membre du Comité d'organisation dans un séminaire international** : 1^{er} congrès international de monitoring et de valorisation des milieux marins et littoraux – 28 et 29 Janvier 2025 – Université de Badji Mokhtar Annaba.
- **Membre du Comité d'organisation dans un séminaire national** : 1st National Environmental Biology and Ecology Day – 5 June 2024 - Badji Mokhtar - Annaba University.

- **Participation au concours national intitulé :** « Algeria Environmental Education Award » - Mai 2023, en présentant un document vidéo collectif traitant La préservation de la biodiversité et des ressources naturels du mont de l'Edough.
- **Première place au concours universitaire du meilleur court métrage** - 06 juin 2024 sous le slogan : « Ensemble, nous réapproprions notre planète ». Première édition. Université de Badji Mokhtar Annaba.
- Journée d'échange techniques « Les passages à faune au service des continuités écologiques » - Office français de la biodiversité « En distanciel »

Rediscovery of *Pseudomyrmecion ramalium* Bedel, 1885: a rare endemic saproxylic Longhorn beetle in the Djebel Edough Forest, Algeria (Coleoptera, Cerambycidae)

RACHED HADIBY¹, MEHDI BOUKHEROUFA¹, FRANCESCO VITALI², YASMINE ADJAMI¹, ABDELAZIZ FRIH¹ & FERIEL SAKRAOUI¹

¹Ecobiology Laboratory for Marine Environments and Coastal Areas, Department of Biology, Faculty of Sciences, Badji Mokhtar – Annaba University BP 12, P.O. Box 23000, Annaba, Algeria.

Rached Hadiby: [✉ rached.hadiby@univ-annaba.dz](mailto:rached.hadiby@univ-annaba.dz); <https://orcid.org/0000-0003-4238-5722>

Mehdi Boukheroufa: [✉ mehdiboukheroufa@yahoo.fr](mailto:mehdiboukheroufa@yahoo.fr); <https://orcid.org/0000-0002-8815-0112>

Yasmine Adjami: [✉ adjamiy@yahoo.fr](mailto:adjamiy@yahoo.fr); <https://orcid.org/0000-0002-8439-5841>

Feriel Sakraoui: [✉ fsakraoui@gmail.com](mailto:fsakraoui@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0001-9159-8025>

²National Museum of Natural History, rue Münster 24, L-2160 Luxembourg, Luxembourg.

Francesco Vitali: [✉ francesco.vitali@mnhn.lu](mailto:francesco.vitali@mnhn.lu); <https://orcid.org/0000-0003-3052-2910>

³Environmental Biomonitoring Laboratory, Department of Biology, Faculty of Sciences, Badji Mokhtar – Annaba University BP 12, P.O. Box 23000, Annaba, Algeria.

Abdelaziz Frih: [✉ frihabdlaziz00@gmail.com](mailto:frihabdlaziz00@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-6093-4492>

Corresponding author's email: [✉ rached.hadiby@univ-annaba.dz](mailto:rached.hadiby@univ-annaba.dz)

Abstract

The rediscovery of *Pseudomyrmecion ramalium* Bedel, 1885, a rare and endemic saproxylic longhorn beetle, in the Djebel Edough forest in Algeria is reported. Hind wings are for the first time showed and described, evidencing the brachyptery of this species. Erroneous nomenclatorial, biological and chorological data referred by previous authors are discussed and corrected. This species, which had not been observed in the region since 1900, is an obligate saproxylic insect exclusively associated with the Algerian oak *Quercus canariensis* Willd. Classified as an endangered species on the IUCN Red List due to its rarity and the threats to its habitat, *P. ramalium* represents a conservation priority. Its rediscovery highlights the need for further research to assess the current state of its population and better understand its ecological requirements. This information will be crucial for developing effective conservation strategies and preserving its fragile habitat.

Key words: Rediscovery, *Pseudomyrmecion ramalium*, saproxylic beetle, endangered species, Djebel Edough forest

Introduction

Pseudomyrmecion ramalium Bedel, 1885 is an obligatory saproxylic longhorn beetle endemic to northern Algeria, which stands out due to its rarity and restricted distribution (Villiers, 1946; Sama & Löbl, 2010). Historically, the species has been recorded exclusively in the Djebel Edough forest (Annaba province) and the Yakouren forest (Tizi Ouzou province), with the last sighting in Djebel Edough dating back to 1900 (Bedel, 1885; Pic, 1896; Villiers, 1946). This prolonged absence of reports has raised concerns about the potential local extinction of the species (Verdugo *et al.*, 2016). The species' obligate association with the Algerian oak *Quercus canariensis* Willd. (Bedel, 1885, Villiers, 1946; Verdugo *et al.*, 2016) suggests its significant role in decomposition processes within Mediterranean forests. *P. ramalium* is currently classified as Endangered by the IUCN, highlighting the urgent need to preserve its habitat to ensure its survival (Verdugo *et al.*, 2016). In this study, we report the rediscovery of *P. ramalium* in the Djebel Edough forest massif in May 2023, after a lack of reports of approximately 124 years, suggesting the possible presence of a residual population. This rediscovery marks a significant milestone, prompting further research to explore the species' spatial distribution and population density, in order to determine the ecological conditions necessary for its survival and to define conservation priorities.

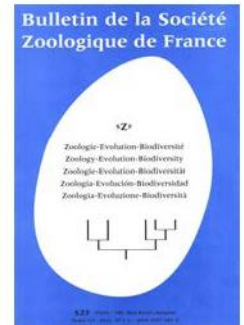


Bulletin de la Société Zoologique de France

2022, volume 147 (4), pages 167 à 175

ISSN : 0037-962X

<http://societe-zoologique.fr/>



Part comparée des saproxyliques dans le peuplement de Coléoptères entre milieu naturel et milieu post-incendié du massif forestier de l'Édough (Nord-Est, Algérie)

Rached HADIBY¹, Mehdi BOUKHEROUFA², Yasmine ADJAMI¹, Hesni DJEDDA²,
Anis BOUSSAHA², Abdelaziz FRIH³, Kamelia Hesni BENOTMANE², Feriel SAKRAOUI²

1. Laboratoire d'Écobiologie des milieux marins et littoraux, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar Annaba BP 12, 23 200, Annaba, Algérie.

2. Laboratoire des sols et développement durable, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar Annaba BP 12, 23 200, Annaba, Algérie.

3. Laboratoire de bio surveillance environnementale (LBSE), Département de biologie, Faculté des sciences, Université Badji-Mokhtar, 12 El Hadjar, 23000 Annaba, BP, Algérie.

* Auteur correspondant : Rached HADIBY : rached.hadiby@univ-annaba.org

Manuscrit reçu le 30/07/2022, accepté le 24/10/2022, mis en ligne le : 04/12/2022

Résumé De par leur grande sensibilité aux changements environnementaux, les Coléoptères sont d'excellents indicateurs de la santé des écosystèmes. Dans cette étude, nous avons analysé la diversité et l'abondance du peuplement de Coléoptères dans deux environnements différents pour en déduire la part des espèces saproxyliques. L'étude qui en découle a été réalisée de mars à juin 2022 dans le massif montagneux de l'Édough, où nous avons mené un échantillonnage systématique dans le site naturel de Ain Boukal et le site post-incendié de Ain Barber. Nous avons utilisé deux dispositifs de piégeage qui sont la chasse à vue et les pots Barber le long d'un transect dans chaque site. Au total, 750 spécimens ont été récoltés, identifiés et répartis en 20 espèces appartenant à 10 familles taxonomiques. Le calcul des indices écologiques du peuplement de Coléoptères révèle la présence exclusive et l'abondance de deux familles saproxyliques (Cerambycidae et Buprestidae) au niveau du milieu post incendié. Enfin, l'analyse de l'organisation trophique des Coléoptères a montré que les saproxyliques constituent le groupe fonctionnel le plus important juste après celui des phytophages, suggérant la mise en place d'un processus de restauration typique dans les milieux post incendiés.

Mots-clés Coléoptères saproxyliques, milieu naturel, milieu post-incendié, Massif montagneux de l'Édough.

Titre anglais : Comparative share of saproxylics in the population of beetles between natural environment and post-fire environment of the Edough forest massif (North-East, Algeria)

Abstract As highly sensitive to environmental change, beetles are excellent indicators of ecosystem health. In this study, we analyzed the diversity and abundance of Coleoptera stands in two different environments to infer the share of saproxylic species. The resulting study was conducted from March to June 2022 in the Edough mountain range, where we conducted systematic sampling in the Ain Boukal natural site and the Ain Barber post fire site. We used two trapping devices which are sight hunting and pitfall traps along a transect in each site. A total of 750 specimens were collected, identified and divided into 20 species belonging to 10 taxonomic families. The calculation of the ecological indices of the Coleoptera stand reveals the exclusive presence and abundance of two saproxylic families (Cerambycidae and Buprestidae) in the post-fire environment. Finally, the analysis of the trophic organization of the beetles showed that saproxylics constitute the most important functional group just after that of phytophages, suggesting the establishment of a restoration process in post-fire environments.

Keywords Saproxylic beetles, natural environment, post fire environment, Édough mountain range.



People's Democratic Republic of Algeria
 Ministry of Higher Education and Scientific Research
 University August 20, 1955 Skikda
 Faculty of Sciences
 Department of Agronomic Sciences
 Laboratory for the Optimization of Agricultural Production in Sub-humid Zones (LOPAZS)



**INTERNATIONAL SEMINAR ON VALORIZATION OF AGRONOMIC, ECOLOGICAL
 AND FOOD RESOURCES (ISVAEFR 2022)
 18, 19 & 20 OCTOBER 2022**

The President of the International Seminar on the Valorization of Agronomic, Ecological and Food Resources, certified that :
Mr. : HADIBY RACHED

Presented a **Poster** communication entitled:

DIVERSITE ET STRUCTURE DE PEUPLEMENT DES COLEOPTERES DANS LE MASSIF FORESTIER DE L'EDOUGH

Co-authors: **BOUKHEROUFA MEHDI ; ADJAMI YASMINE ; OUARI ZINEB; BOUHENICHE MERIEM & SAKRAOUI FERIEL**

President of ISVAEFR-2022

Université 20 Août 1955- Skikda
 Faculté des Sciences
 Département des Sciences Agronomiques
 Séminaire International Sur La Valorisation des Ressources
 Agronomiques, Ecologique & Alimentaires 18 - 19 - 20 Octobre 2022
 - SIVRAEA 2022 -



Democratic and Popular Republic of Algeria
 Ministry of Higher Education and Scientific Research
 University of Oum El Bouaghi
 Research Laboratory: Functional Ecology and Environment «EFE»



Certificate of Attendance

The Scientific Committee of the First International Seminar on Biodiversity in Algeria :
 Richness and Conservation ISBA'1 RC

Certifies that: **Rached Hadiby**

Co-authors: Rami Bedalla, Rym Sakraoui, Mehdi Boukheroufa, Yasmine Adjami & Feriel Sakraoui

presented an **Poster** communication entitled: **DIVERSITY & STATUT OF THE Lepidoptera heterocera
 STAND IN DIFFERENT ENVIRONMENTS OF EL TARF REGION (NORTHEASTERN ALGERIA)**

Seminar Chair

UNIVERSITE D'UM EL BOUAGHI
 PREMIER SEMINAIRE INTERNATIONAL
 SUR LA BIODIVERSITE EN ALGERIE
 RICHESSE ET CONSERVATION
 ISBA'1 RC
 Laboratoire d'écologie fonctionnelle et d'environnement du Séminaire
 Dr. KHAMMAR Hichem

Laboratory Director

الجامعة الوطنية للبحوث والدراسات
 أ.د. رACHED HADIBY
 مدير مختبر البيئة والدراسات
 البيئية الوظيفية والبيئة
 L.E.F.E
 أ.د. رACHED HADIBY

September 25-26 2022



PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
 MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
 FERHAT ABBAS – SETIF 1 UNIVERSITY
 FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
 DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY AND ECOLOGY



1ST INTERNATIONAL SEMINAR ON ECOLOGY AND BIOTECHNOLOGY, IN MEDITERRANEAN
 ATMOSPHERE CLIMATE (ISEBMCE'23)
 (Setif, November 14-15-16, 2023)

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

The chairman of the organizing committee of the ISEBMCE'23 certifies that:

Rached Hadiby

Presented an oral communication (ID: 260) entitled: **Diversity and Ecological Role of Saproxyllic Beetles in an Oak Forest of the Edough Forest Massif**

Co- authors: **Rached Hadiby, Mehdi Boukheroufa, Adjami Yasmine, Cherine Adjroud, Ferial Sakraou**

Seminar president

General Chair
Dr. Beldjazia AMINA



Dean of the faculty



The Research Unit of Analysis and Processes Applied on the Environment (URAPAE)- Mahdia, Tunisia
 The Excellence Laboratory of Applied Animal Biology (LBAA), Badji Mokhtar University, Annaba (UBMA)- Algeria

1st Tunisian-Algerian International Scientific Congress
 Valorization of Natural Resources and Biomonitoring
 1st SISTA-VRNB



Amir Palace- Monastir, Tunisia | 20, 21 & 22 December 2023



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

We, the undersigned, chairs of the 1st SISTA-VRNB, hereby certify that:

Hadiby Rached

Presented an oral communication entitled: **Biodiversity of saproxyllic beetles in Mediterranean Oak forests: case of Edough National Park**

Co-authors : Mehdi Boukheroufa, Yasmine Adjami, Ferial Sakraoui



Pr. Hedi BEN MANSOUR
 Chair of the congress



Pr. Hamid BOUDJELIDA
 Chair of the congress





The Research Unit of Analysis and Processes Applied on the Environment (URAPAE)- Mahdia, Tunisia
The Excellence Laboratory of Applied Animal Biology (LBAA), Badji Mokhtar University, Annaba (UBMA)- Algeria

1st Tunisian-Algerian International Scientific Congress
Valorization of Natural Resources and Biomonitoring
1st SISTA-VRNB
Amir Palace- Monastir, Tunisia | 20, 21 & 22 December 2023



BEST COMMUNICATION AWARD

We, the undersigned, chairs of the 1st SISTA-VRNB, hereby certify that the **oral** presentation delivered by:

Rached Hadiby

Entitled: **Biodiversity of saproxylic beetles in Mediterranean oak forests: Case of Edough National Park**

Co-authors: **Mehdi BOUKHEROUFA, Yasmine ADJAMI, Feriel SAKRAOUI**

Has been chosen as the best oral communication in Topic: **Biodiversity and Agriculture**

رئيس وحدة بحث
الهادي بن منصور



Pr. Hedi BEN MANSOUR
Chair of the congress

المدير
الأستاذ الدكتور
سعيدة بوجليدة

Pr. Hamid BOUDJEDLIDA
Chair of the congress



People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Badji Mokhtar - Annaba University

1st National Environmental Biology And Ecology Day – 5 June 2024



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

We, the undersigned, chairs of the NEBED1, hereby certify that:

Rached Hadiby

Presented A Poster Communication Entitled: **DIVERSITE ET DYNAMIQUE DES COLEOPTERES SAPROXYLIQUES DANS LES FORETS DE CHENES MEDITERRANEENNES**

Co-Authors: Yasmine Adjami, Mehdi Boukheroufa, Abdelaziz Frih, Feriel Sakraoui

Dr. Nadia Ziane
Dr. Feriel Sakraoui

Dr. Nadia Ziane
President of the Seminar

الأستاذ الدكتور
والاستاذ المساعد
العلمي

Pr. Khiredne Ouali
President of the Scientific Committee

الأستاذ الدكتور
عبد الحق
عبد الحليم
العلوم

Pr. Abdelhak Djebabia
Dean of the Faculty of Sciences





People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Badji Mokhtar - Annaba University

1st National Environmental Biology And Ecology Day – 5 June 2024



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

We, the undersigned, chairs of the NEBED1, hereby certify that:

Rached Hadiby

Presented A Poster Communication Entitled: EXAMINING THE INTERPLAY OF SAPROXYLIC BEETLES IN POST-FIRE ENVIRONMENTS: A COMPARATIVE STUDY ON FOREST REGENERATION

Co-Authors: Yasmine Adjami, Mehdi Boukheroufa, Abdelaziz Frih, Feriel Sakraoui

Dr. Nadia Ziane
President of the Seminar

Pr. Kheiredine Ouali
President of the Scientific Committee

Pr. Abdelhak Djebabla
Dean of the Faculty of Sciences



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
L'Université Mohamed Chérif Messaadia. Souk-Ahras
Institut des Sciences Agronomiques et Vétérinaires
Laboratoire des Sciences et Techniques du Vivant
1^{er} Séminaire National Sur L'agriculture et le Développement Durable en Zonés Semi-Aridés le 15 et 16 Novembre 2022 (Online)



Attestation de Participation

Le Comité d'organisation du "1^{ER} Séminaire National Sur L'agriculture et le Développement Durable en Zonés Semi-Arides", Atteste que :

M^{me}, M^{lle}, M^r: HADIBY Rached

A participé au Séminaire avec une Communication "ORALE" Intitulée «dynamique de recolonisation des milieux post-incendie par les coleopteres saproxyliques : cas de la chenaie d'ain barbar (nord-est algerien)»

Coauteurs : BOUKHEROUFA Mehdi, DJEDA Hesni, BOUSAHA Anis & ADJAMI Yasmine

Directeur de l'Institut
مدير معهد العلوم الفلاحية والبيطرية
امضاء: د. نور الدين قاسم الله

Directeur de Laboratoire LSTV
et Président du Séminaire
مدير مختبر البيولوجيا والبيطرية
مدير مختبر البيولوجيا والبيطرية



International Journal of
Natural
Resources and Environment



CERTIFICATE OF ORAL PARTICIPATION

This certifies that

**Rached Hadiby Mehdi Boukheroufa Adjami Yasmine et Ferial
Sakraoui**



Contributed to the NATIONAL SEMINAR ON THE CONSERVATION AND RESTORATION OF
MEDITERRANEAN NATURAL ECOSYSTEMS AND AGRO-SYSTEMS *C R E M N E A 2023*



**Efficiency of saproxylic beetles's trapping in an Oak Forest of the
Edough Forest Massif, Algeria.**

October 10, 2023- Tlemcen, Algeria

Head of *C R E M N E A 2023*
LECGEN n°13
Pr. SBA. BENDI-DJELLOUL

Head of *C R E M N E A 2023*
Pr. SBA. Bendi-Djelloul

Pr. MERZOUK Abdessamad
ENSEIGNANT CHERCHEUR
UNIVERSITE DE TLEMCEM
abdessamadmerzouk@mail.univ-tlemcen.dz
lecgen2014@gmail.com
Tél. 0771 65 52 86

LECGEN Lab head
Pr. A. MERZOUK

Ecology and Management
Laboratory of Natural Ecosystems
Laboratoire d'Ecologie et Gestion
des Ecosystèmes Naturels
مختبر علم البيئة و تسيير النظم البيئية الطبيعية
<https://legen.univ-tlemcen.dz>
MESRS • DGRSDT • ATRSNV



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
جامعة باجي مختار عنابة
Badji Mokhtar University - Annaba

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research



Novembre 2023
Laboratory of Applied Animal Biology
DD-ASI
National Doctoral Days
"Applied Sciences & Innovation"
November 15 - 16, 2023



CERTIFICATE OF PARTICIPATION

We, The undersigned, chair of the Doctoral Days of
Applied Sciences & Innovation (DD-ASI) and the laboratory director (LBAA) hereby certify that:

Rached HADIBY

Presented an **poster** communication entitled:
**Évaluation du modèle d'interception Polytrap avec des coléoptères saproxyliques dans
une forêt de chênes du massif forestier de l'Edough, Algérie.**
Co-authors: **BOUKHEROUFA Mehdi, ADJAMI Yasmine & SAKRAOUI Ferial**

Chair of DD-ASI



Laboratory director LBAA

المدير الاستاذ الدكتور
بوجليدة عميد





ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le comité scientifique du Premier Séminaire National sur la Biodiversité de la Faune et la Flore en Algérie (SNBFFA-1), tenu le 29 et 30 Novembre 2022 à l'Université Frères Mentouri Constantine 1, Atteste que

Mr. Mme : HADIBY Rached

Co-Auteur(s) : BOUKHEROUFA Mehdi, ADJAMI Yasmine, DJEDDA Hesni, BOUSSAHA Anis et SAKRAOUI feriel

A Présenté une communication **Affichée**

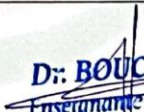
Intitulée :

Dynamique comparée des peuplements de Coléoptères Saproxyliques entre milieux naturels et milieux post incendiés dans le massif forestier de l'Edough (Nord est algérien).

Doyen de la faculté

La présidente du SNBFFA-1


أ.د. د. هادي رACHED
مديرة
كلية علوم الطبيعة والحياة
جامعة فراتس منتوري
الجزائر


Dr: **BOUCHAREB Radia**
Enseignante Chercheur Biologie
et Physiologie Végétale
UMC1

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



CERTIFICAT


Le comité d'organisation du 1^{er} Workshop « Value your Bioresources » atteste que M. HADIBI Rachad, Laboratoire de Recherche « Sols et Développement Durable », Université Badji Mokhtar -Annaba-, a pris part au workshop en qualité d'apprenant-stagiaire.

Directrice du laboratoire


Dr. **DJELLOUL Radia**

Directrice

Doyen de la Faculté


جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
كلية علوم الطبيعة والحياة
د. هشام ناصري

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Frères Mentouri Constantine 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



*Département de Biologie et Ecologie Végétale & Département de
Biologie Animale organisent :*



SNBFF-1

***1- Séminaire National sur la Biodiversité de la Faune
Et la Flore en Algérie***

29 et 30 /11/2022

Dynamique comparée des peuplements de Coléoptères Saproxyliques entre milieux naturels et milieux post incendiés dans le massif forestier de l'Edough (Nord est algérien)

HADIBY Rached¹, BOUKHEROUFA Mehdi² ; ADJAMI Yasmine¹;

DJEDDA Hesni²; BOUSSAHA Anis²; SAKRAOUI feriel²

1 : Laboratoire écologie des milieux marins et littoraux. Faculté des Sciences. Université Badji Mokhtar Annaba.

2 : Laboratoire Sols et développement durable. Faculté des Sciences. Université Badji Mokhtar Annaba.

Email : rachedhadibydz23@gmail.com

CERTIFICATE OF APPRECIATION

We, the undersigned, chairs of the NEBED1, hereby certify that:

Mr. Rached Hadiby

In recognition of your ongoing commitment as a member of the **organisation committee**, we award you this certificate. Your active participation, teamwork, and commitment to our mission have made a significant impact to our national seminar. We genuinely appreciate your contribution.

DR. NADIA ZIANE
Département de Biologie
Université Annaba

Dr . Nadia ZIANE
Chair of the congress

الأستاذ الدكتور
والسيد خير الدين

Pr . Kheiredine OUALI
Chair of the congress



الأستاذ الدكتور
جيابلة عبد الحق
عميد كلية العلوم

Pr . Djebabla Abdelhak
Chair of the congress



Rached Hadiby
Laboratory Ecobiology of Marine and Coastal Environments (EMMAL)
Department of Biology
Badji Mokhtar University

Service Mobilisation et Accompagnement des
Entreprises et des Territoires
Direction Acteurs et citoyens

Le 28 novembre 2022

OBJET – Attestation de présence

Mr. Sébastien Flores certifie que :
Rached Hadiby Ph.D.Student in Ecology au Laboratory Ecobiology of Marine and Coastal Environments (EMMAL) a participé aux journées d'échanges techniques « Les passages à faune au service des continuités écologiques » le 22 et 23 novembre 2022 en distanciel.

Attestation établie pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Montpellier, le 28/11/2022


Sébastien FLORES .

Sébastien Flores
Chef du service Mobilisation et Accompagnement des Entreprises et des Territoires
Office français de la biodiversité