

Entomologie

ÉVALUATION DE LA BIODIVERSITÉ DES PEUPELEMENTS DE COLÉOPTÈRES DANS TROIS TYPES D'HABITATS FORESTIERS (*QUERCUS SUBER*, *QUERCUS CANARIENSIS*, FORÊT MIXTE) DE LA FORÊT DE OULED BECHIH, NORD-EST DE L'ALGÉRIE

par

Nawel GANAOUÏ¹, Mohcen MENAA^{1*}, Abderraouf Chouaib REBBAH²,

Besma DECHIR¹ et Mohamed Cherif MAAZI¹

L'analyse de la population de Coléoptères dans les chênaies de la forêt de Ouled Bechih, wilaya de Souk Ahras, dans le Nord-Est de l'Algérie, a révélé la présence de 76 espèces, appartenant à 21 familles. Les Scarabéidés sont le groupe de coléoptères le mieux représenté (22 %) suivis par les Carabidés (16 %). La comparaison entre les trois formations de cette forêt indique que la subéraie accueille la plus forte richesse en espèces (74) suivie par la zenaie (43 espèces) puis la forêt mixte (32 espèces). Selon leur importance écologique et leur lien trophique, ces espèces se répartissent essentiellement entre trois catégories, à savoir : les coprophages, les phytophages et les prédateurs. Parmi les espèces récoltées, une est endémique de l'Afrique du Nord (*Calathus fuscipes algericus*), une autre de la Méditerranée occidentale (*Psilothrix illustris*), cinq sont protégées en Algérie (*Eurycarabus faminii*, *Calosoma inquisitor*, *Onthophagus taurus*, *Silpha granulata* et *Lixus algeris*), une espèce est en danger (*Geotrupes niger*), une espèce vulnérable (*Ceyrambyx cerdo*) et enfin deux sont des bioindicatrices de la qualité des

1. LEAT Laboratory, Department of Biology, Faculty of Nature and Life Sciences, P.O. 1553, Annaba Road, Souk Ahras University, Souk Ahras, Algeria.

2. Department of Nature and Life Sciences, Faculty of Sciences, University of Oum El Bouaghi, P.O. 321, Constantine Road, Oum El Bouaghi, Algeria

Auteur correspondant : m.menaa@univ-soukahras.dz

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

forêts (*Stenagostus rhombeus* et *Cerambyx cerdo*). L'analyse statistique des données écologiques, menée à l'aide de la classification hiérarchique, a permis de séparer la forêt mixte d'une part, et les deux autres peuplements d'autre part. La méthode IndVal a permis de dégager un nombre de 16 espèces indicatrices, trois d'entre elles étant des espèces indicatrices significatives (*Nicrophorus vespillo*, *Silpha granulata* et *Silpha opaca*).

Mots-clés : Coléoptère, forêt, conservation, Algérie, classification hiérarchique, IndVal.

Assessment of the biodiversity of beetle communities in three habitat types (*Quercus suber*, *Quercus canariensis* and mixed stands) in the forest of Ouled Bechih, north-eastern Algeria

An analysis of the Coleoptera populations of the oak stands of Ouled Bechih Forest, in the province of Souk Ahras, north-eastern Algeria, revealed the presence of 76 species, belonging to 21 families. The family with the highest species richness was Scarabaeidae (22%), followed by Carabidae (16%). Comparisons between the coleopteran faunas of three habitat types in this forest showed that cork oak stands hosted the highest species richness (74 species) followed by zeen oak stands (43 species), and mixed forest (32 species). Based on their ecological importance and trophic links, these species can be divided into three basic categories, namely coprophagous, phytophagous and predatory beetles. Among the species sampled were five with protected status in Algeria (*Eurycarabus faminii*, *Calosoma inquisitor*, *Onthophagus taurus*, *Silpha granulata* and *Lixus algericus*), one endemic to North Africa (*Calathus fuscipes algericus*), one endemic to the western Mediterranean (*Psilothrix illustris*), one with endangered status (*Geotrupes niger*), one with vulnerable status (*Cerambyx cerdo*) and two bio-indicators of forest quality (*Stenagostus rhombeus* and *Cerambyx cerdo*). A hierarchical clustering analysis grouped cork and zeen oak stands together, separate from mixed stands. The IndVal method identified 16 indicator species, three of which (*Nicrophorus vespillo*, *Silpha granulata* and *Silpha opaca*) are significant indicators.

Keywords: Coleoptera, forest, conservation, Algeria, hierarchical clustering, IndVal.

Introduction

En Algérie, les forêts de chêne-liège et de chêne zéen revêtent un caractère particulièrement important car elles constituent un élément essentiel de l'équilibre physique, climatique et surtout socio-économique dans les zones rurales (BOUHRAOUA, 2003). Les subéraies et les zénaies constituent, du point de vue écologique, les plus importantes formations forestières d'Algérie et s'étendent sur plus de 278 000 ha (DJEMAA & MESSAOUDENE, 2009) ; leur abondance, leur importance, leur répartition, leur grande valeur écologique et leur entomofaune relativement méconnue constituent des atouts majeurs pour leur conservation.

Le genre *Quercus* constitue un réservoir entomologique très important (DAJOZ, 1980). Il est représenté ici par plusieurs espèces dont le chêne zéen (*Quercus canariensis*), qui est considéré comme étant une espèce endémique de l'Afrique du Nord, et le chêne liège (*Quercus suber*) souvent associés (AMEELS, 1989 ; BERRICHI, 1993 ; MESSAOUDENE *et al.*, 2008 ; ARONSON *et al.*, 2009).

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

Ces deux espèces sont actuellement mises en première position en biologie de la conservation (SPEIGHT, 1989 ; GROVE, 2002 ; JONSSON *et al.*, 2005).

En Algérie, les études globales sur les Coléoptères forestiers n'ont été effectuées que pour un nombre d'essences limité de formations (MEHENNI, 1994; MEZIANE, 2017). Malgré la place très importante occupée par cette guilda, les recherches restent insuffisantes et incomplètes dans ce pays, et particulièrement dans les subéraies et les zénaies.

À l'instar d'autres régions de l'Algérie où les études de l'entomofaune sont menées depuis longtemps, à l'exception de celle menée par DAAS *et al.* (2016) sur les Coléoptères des subéraies de la forêt domaniale de Ouled Bechih, Souk Ahras (Nord-Est de l'Algérie), cette guilda reste méconnue. Le travail de DAAS *et al.* (2016) n'a pas pris en considération tous les habitats de la forêt, et la subéraie dans son ensemble, la zénaie et la forêt mixte. La présente étude a pour but de compléter ce travail en s'attachant à l'inventaire, à l'écologie et à la distribution des différentes espèces de Coléoptères de ces trois formations forestières.

Matériel et méthodes

Présentation du site d'étude

La forêt domaniale de Ouled Bechih se situe dans la commune de Mechroha, wilaya de Souk Ahras au Nord-Est de l'Algérie (Figure 1). Elle couvre une superficie

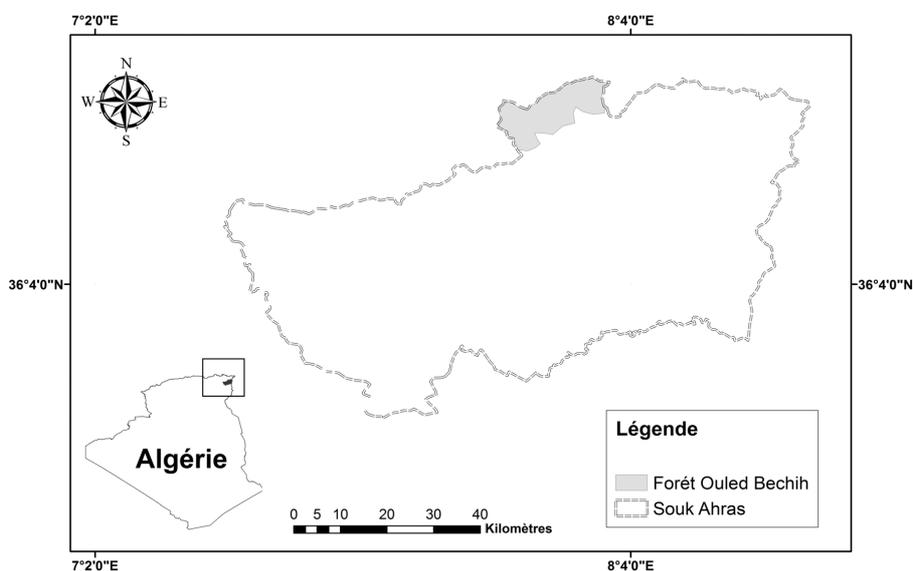


Figure 1

Localisation géographique de la forêt fr Ouled Bechih.
Geographic location of Ouled Bechih forest.

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

de 6.000 ha, composée principalement de chêne zéen et chêne liège (BOUDY, 1955). Cette forêt compte pour plus de 50 % de la subéraie de la wilaya de Souk Ahras. Cette région est caractérisée par un climat sub-humide. La température annuelle moyenne y est de 16°C et les précipitations annuelles moyennes de 625 mm, et une humidité atmosphérique de 68 %.

L'altitude de la forêt de Ouled Bechih varie de 790 m jusqu'à 1 050 m avec une dominance de la classe 800 m à 900 m, (BENACHOURA, 1999). Quant aux pentes, elles varient de 3 à 45 % et presque (?) la forêt de Ouled Bechih est située sur des pentes supérieures à 15 % (BENACHOURA, 1999).

Le réseau hydrographique est très important. Plusieurs oueds et cours d'eau traversent ce massif forestier : Oued Hemimine, Oued El Ouarida et Oued Medjerda (BENACHOURA, 1999).

Échantillonnages et techniques de collecte

Cette étude a été entreprise dans 30 stations réparties aléatoirement dans la forêt et choisies en fonction de leur composition végétale. Les trois types de formation retenus ici sont : la subéraie (*Quercus suber*), la zénaie (*Quercus canariensis*) et la forêt mixte de chêne-liège et chêne zéen.

Le piégeage a été effectué à l'aide des pots Barber et de pièges-vitres. Les pièges de Barber sont une méthode très utilisée, permettant d'obtenir des recensements standardisés et comparables (CHAKALI *et al.*, 2013). Nous avons utilisé des récipients métalliques de forme cylindrique de 15 cm de profondeur et 8.5 cm de diamètre enterrés dans le sol en laissant affleurer le bord supérieur du pot avec le niveau de celui-ci pour que les insectes y tombent facilement. Ces pots sont remplis aux deux tiers d'eau salée à laquelle nous avons ajouté du vinaigre. Quelques perforations pratiquées dans la partie supérieure des pièges permettent l'évacuation de l'excès d'eau pendant la période pluvieuse. Une pierre plate est placée au-dessus de chaque pot, surélevée par trois ou quatre cailloux pour réduire l'évaporation durant les chaleurs estivales et l'infiltration de l'eau de pluie. STEIN (1965) a montré que les espèces semi-dominantes et rares pouvaient être capturées avec seulement cinq pièges de Barber et que les données quantitatives ne changeaient pas quand le nombre de pièges est de vingt (MEHENNI, 1994). Dans le cadre de notre travail, nous avons opté pour l'installation systématique de cinq pièges par station selon la méthode des transects dans laquelle on place les cinq pièges en ligne, distants l'un de l'autre de quinze mètres.

Les Coléoptères ont aussi été échantillonnés à l'aide de pièges vitres multidirectionnels, méthode systématique ne favorisant aucune direction (DODELIN, 2006). Ce piège très performant assure l'échantillonnage de la faune circulant en vol (BARBALAT, 1995 ; ØKLAND, 1996 ; VALLADARES, 2000 ; BRUSTEL, 2002 ; LHOIR *et al.*, 2003). Chaque piège est fait de deux vitres en plexiglas transparent de 30 x 60 cm, croisées au-dessus d'un bidon en plastique de 20 cm de diamètre et contenant de l'eau salée à 20 % de NaCl et additionné de vinaigre. Ces pièges sont placés à hauteur d'homme au centre de stations forestières homogènes, à raison de

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

deux pièges par station. Ils sont relevés et régénérés tous les 15 jours (du mois de mars jusqu'au mois d'août), c'est-à-dire pendant la majeure partie de la période d'activité des adultes.

Le contenu des pièges est récupéré dans des sachets en matières plastiques numérotés, portant le nom de la station et la date du prélèvement. Par la suite, ces échantillons récoltés sont rapportés au laboratoire afin d'être préparés et leur contenu déterminé à l'aide de clefs dichotomiques de détermination en se fondant sur les caractères morphologiques, ainsi que par les expertises du Pr. Salaheddine Doumandji de l'École Nationale d'Agronomie d'El Harrach (Algérie), du Pr. Guy Chavanon de l'Université de Ouajda (Maroc) et du Pr. Hervé Brustel de l'Université de Toulouse (France). Nous avons aussi utilisé la collection d'insectes de référence de l'Institut National de la Protection des Végétaux, à El Harrach (Algérie).

Traitement et analyse des données

Nous avons utilisé divers paramètres écologiques afin de comparer la diversité des Coléoptères des trois types d'habitat. L'indice de Shannon-Wiener a été calculé avec les paramètres qui affectent cet indice, tels que la richesse en espèces et l'abondance relative. Le test statistique de Kruskal-Wallis (alternatif non paramétrique à l'ANOVA) a aussi été utilisé pour évaluer les différences de richesse en espèces, d'abondance relative et de diversité spécifique des espèces de Coléoptères d'une part, et des groupes trophiques d'autre part dans les trois principaux habitats étudiés. Enfin, nous avons procédé à une analyse de classification hiérarchique ascendante (MOREY *et al.*, 1983) dans le but de trouver des liens entre les espèces de Coléoptères d'une part, et les trois formations végétales étudiées d'autre part.

L'identification des espèces indicatrices de chaque peuplement forestier a été réalisée à l'aide de la technique IndVal (DUFRENE & LEGENDRE, 1997). Les espèces qui présentaient une valeur indicatrice supérieure à 25 %, significativement différente des valeurs calculées pour les autres composantes, ont été considérées indicatrices du milieu (DUFRENE & LEGENDRE, 1997). Les espèces ayant un pourcentage d'occurrence < 5 ont été exclues de l'analyse. L'analyse des espèces indicatrices a pour but de tenter d'associer des espèces caractérisant chaque classe d'habitat ou chaque groupe de classes issu d'une classification hiérarchique. Une espèce est considérée comme indicatrice si elle est typique d'une classe d'habitat ou d'un groupe de classes (et absente des autres classes) et si elle est présente dans tous les relevés de cette classe d'habitat ou de ce groupe de classes. Ces deux contraintes permettent de mesurer la spécificité et la fidélité d'une espèce.

La spécificité est maximale quand l'espèce n'occupe qu'une classe ou qu'un groupe et la fidélité est maximale lorsque l'espèce est présente dans tous les relevés d'une classe ou d'un groupe de classes. Toutes les analyses statistiques de notre travail ont été effectuées à l'aide du logiciel R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014) avec le paquet Écologie Communautaire « vegan » (OKSANEN *et al.*, 2010) et le paquet Espèces indicatrice « labdsv » (ROBERTS, 2013).

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

Tableau 1 

Espèces de Coléoptères/familles et distribution des insectes répertoriés dans les trois habitats forestiers:
la zénaie (Z), la subéraie (C) et la forêt mixte (M).

Taxa and distribution of beetles recorded in three forest habitats:
Zeen oak (Z), cork oak (C) and mixed (M) stands.

ORDRE COLEOPTERA Familles	Espèce	Habitat	Valeur patrimoniale	Statut sur liste rouge IUCN 2015.1
CARABIDAE				
1	<i>Macrothorax morbillosus constantinus</i>	(Z/C)		LC
2	<i>Eurycarabus faminii</i>	(Z/C/M)	PA	LC
3	<i>Carabus</i> sp.	(Z/C)		LC
4	<i>Orthomus</i> sp.	(C)		LC
5	<i>Calathus</i> sp.	(Z/C/M)		LC
6	<i>Nebria gyllenhali</i>	(Z/C)		LC
7	<i>Nebria andalusia</i>	(Z/C/M)		LC
8	<i>Amara equestris</i>	(C)		LC
9	<i>Calathus fuscipes algericus</i>	(Z/C)	ENA	LC
10	<i>Calosoma inquisitor</i>	(Z/C/M)	PA	LC
11	<i>Brachinus crepitans</i>	(C)		LC
12	<i>Trichochlaenius chrysocephalus</i>	(C)		LC
13	<i>Percus passerinii</i>	(Z/C)		LC
SCARABEIDAE				
14	<i>Firminus punicus</i>	(C)		LC
15	<i>Protaetia morio</i>	(C)		LC
16	<i>Protaetia opaca</i>	(C)		LC
17	<i>Tropinota squalida</i>	(C)		LC
18	<i>Copris lunaris</i>	(C/M)		LC
19	<i>Rhizotrogus</i> sp.	(C)		LC
20	<i>Sisyphus schaefferi</i>	(Z/C/M)		LC
21	<i>Geotrogus numidius</i>	(C)		LC
22	<i>Teuchestes fossor</i>	(Z/C/M)		LC
23	<i>Onthophagus taurus</i>	(Z/C/M)	PA	LC
24	<i>Copris hispanus</i>	(Z/C)		LC
25	<i>Onthophagus similis</i>	(Z/C/M)		LC
26	<i>Anisoplia</i> sp.	(Z/C)		LC
27	<i>Oryctes nasicornis</i>	(C)		LC
28	<i>Colobopterus erraticus</i>	(Z/C)		LC
29	<i>Bubas bubalus</i>	(Z/C/M)		LC
30	<i>Pentodon algerinus</i>	(C)		LC
TENEBRIONIDAE				
31	<i>Glabrasida</i> sp.	(Z/C/M)		LC
32	<i>Pimelia valida</i>	(Z/C)		LC
33	<i>Pimelia boyeri</i>	(Z/C)		LC
34	<i>Asida</i> sp.	(Z/C/M)		LC
35	<i>Scaurus</i> sp.	(Z/C)		LC
36	<i>Pachychila</i> sp.	(Z/C/M)		LC
37	<i>Lytta</i> sp.	(C)		LC
38	<i>Prionychus</i> sp.	(Z/C)		LC
39	<i>Opatrum sabulosum</i>	(C/M)		LC -->

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

ORDRE COLEOPTERA Familles (<i>suite</i>)	Espèce	Habitat	Valeur patrimoniales	Statut sur liste rouge IUCN 2015.1
HISTERIDAE				
40	<i>Macrolister major</i>	(Z/C/M)		LC
41	<i>Hister lipunectatus</i>	(C/M)		LC
42	<i>Hister quadrimaculatus</i>	(Z/C)		LC
43	<i>Hister</i> sp.	(C)		LC
HISTERIDAE				
44	<i>Stenagostus rhombeus</i>	(C/M)	BI	LC
45	<i>Ampedus nigerrimus</i>	(C/M)		LC
46	<i>Elaterida</i> sp.	C		LC
SILPHIDAE				
47	<i>Nicrophorus vespillo</i>	(Z/C)		LC
48	<i>Silpha rugosa</i>	Z/C/M)		LC
49	<i>Silpha granulata</i>	(Z/C/M)	PA	LC
50	<i>Silpha opaca</i>	(Z/C/M)		LC
CURCULIONIDAE				
51	<i>Larinus vittus</i>	(C/M)		LC
52	<i>Larinus</i> sp.	(C/M)		LC
53	<i>Lixus algeris</i>	(M)	PA	LC
LUCANIDAE				
54	<i>Dorcus musimon</i>	(C)		LC
55	<i>Dorcus</i> sp.	(C/M)		LC
GEOTRUPIDAE				
56	<i>Thorectes brullei</i>	(Z/C/M)		LC
57	<i>Geotrupes niger</i>	(Z/C/M)		EN
CERAMBYCIDAE				
58	<i>Pionus coriarinus</i>	(C)		LC
59	<i>Cerambyx cerdo</i>	(C)	BI	VU
DERMESTIDAE				
60	<i>Thorictus</i> sp.	(Z/C)		LC
61	<i>Dermestinus undulatus</i>	(Z)		LC
STAPHYLINIDAE				
62	<i>Ocypus olens</i>	(Z/C/M)		LC
63	<i>Philonthus decorus</i>	(Z/C)		LC
CHRYSOMELIDAE				
64	<i>Exosoma lusitanicum</i>	(Z/C)		LC
65	<i>Lachnaia</i> sp.	(Z/C)		LC
TROGIDAE				
66	<i>Trox</i> sp.	(Z/C)		LC
BRACHYCERIDAE				
67	<i>Brachycerus barbarus</i>	(C/M)		LC
68	<i>Brachycerus plicatus</i>	(M)		LC
69	<i>Brachycerus undatus</i>	(M)		LC
HYBOSORIDAE				
70	<i>Hybalus</i> sp1	(Z/C)		LC
71	<i>Hybalus</i> sp2	(Z/C)		LC -->

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

ORDRE COLEOPTERA Familles (suite)	Espèce	Habitat	Valeur patrimoniales	Statut sur liste rouge IUCN 2015.1
MELOIDAE 72	<i>Meloe proscarabeus</i>	(Z/C)		LC
BUPRESTIDAE 73	<i>Psiloptera tarasta</i>	(C)		LC
OEDEMERIDAE 74	<i>Ischnomera xanthoderes</i>	(C)		LC
ALLECULIDAE 75	<i>Heliataurus</i> sp.	(Z/C/M)		LC
DASYTIDAE 76	<i>Psilothrix illustris</i>	(C/M)	EM	NE

PA, espèce protégée en Algérie ; ENA, espèce endémique du Nord d'Afrique ; BI, espèces bioindicatrice de la qualité de la forêt ; EM, espèce endémique de la méditerranée occidentale ; EN, espèce en danger ; VU, espèce vulnérable ; NE, espèce non évaluée ; LC, préoccupation mineure.

Résultats

Richesse, abondance et diversité globale des Coléoptères dans les trois types d'habitats

Un total de 76 espèces, réparties en 61 genres et 21 familles a été recensé au cours de la période d'échantillonnage. La famille des Scarabéidés y est dominante (17 espèces soit 22 %), suivie par les Carabidés (13 espèces soit 16 %), les Ténébrionidés (9 espèces soit 11 %), et les Silphidés et les Histeridés (4 espèces, respectivement, soit 5 %). Les autres familles ne sont que faiblement représentées (1 à 3 espèces) (Tableau 1).

Une seule espèce seulement a été enregistrée dans la zénaie (*Dermestinus undulatus*), trois espèces ont été trouvées seulement dans la forêt mixte de chêne zéen et chêne liège (*Lixus algirus*, *Brachycerus plicatus* et *Brachycerus undatus*) et 21 espèces ont été uniquement enregistrées dans la subéraie (Tableau 1). Les résultats de l'analyse statistique du test non paramétrique de Kruskal-Wallis de l'effet du type d'habitat sur la richesse en espèces, l'abondance relative et la diversité spécifique des Coléoptères ont montré que ces paramètres écologiques diffèrent significativement entre les trois types d'habitats forestiers (La richesse en espèces : $\chi^2 = 17.7312$, $p < 0.001$; l'abondance relative : $\chi^2 = 8.9574$, $p < 0.05$; la diversité spécifique : $\chi^2 = 8.9574$, $p < 0.05$) (Figure 2). La richesse est significativement plus élevée dans la subéraie que dans la forêt mixte et la zénaie, néanmoins ce paramètre est plus important dans la forêt mixte que dans la zénaie. L'abondance relative et la diversité spécifique sont au contraire plus importantes dans la zénaie que dans la forêt mixte (Figure 2).

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

Abondance relative des Coléoptères des groupes trophiques dans les trois types d'habitats

Les espèces recensées forment huit groupes trophiques, dominées par les coprophages (44 %) suivis des prédateurs (24 %) et des phytophages (12 %). L'abondance relative des nécrophages et des polyphages ne diffère pas significativement entre ces trois habitats. (Tableau 2).

L'abondance relative des coprophages, des phytophages, des prédateurs, des xylophages et des saprophages est plus importante en subéraie qu'en zénaie et dans la forêt mixte. Dans les stations de la zénaie, les mycophages et les polyphages présentent une abondance plus importante que celle enregistrée dans les deux autres formations forestières (Figure 3).

Richesse en espèces et diversité spécifique des groupes trophiques de Coléoptères dans les trois types d'habitats

La richesse en espèces a seulement été analysée à travers les quatre groupes trophiques présentés dans les figures 4 et 5 ; les autres ont été éliminés étant donné leur faible représentativité.

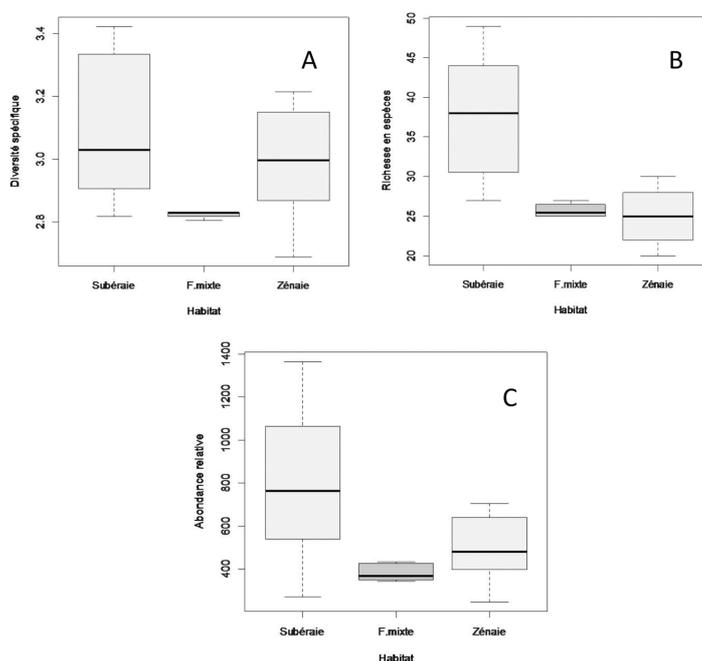


Figure 2

Diversité spécifique (A), richesse en espèces (B) et abondance relative (C) des insectes forestiers de la subéraie, de la forêt mixte et de la zénaie de la forêt de Ouled Bechih..
Species diversity (A), species richness (B) and relative abundance (C) of beetles in cork oak stands, mixed stands and zeen oak stands of Ouled Bechih forest.

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

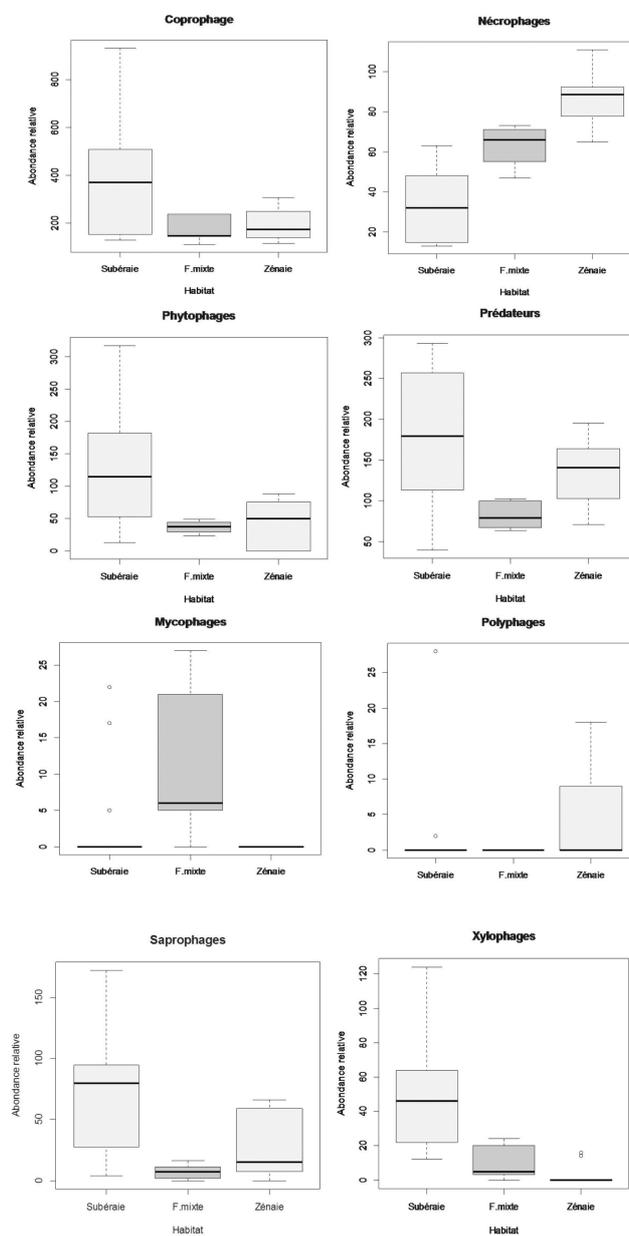


Figure 3

Abondance relative des groupes trophiques de la subéraie, de la forêt mixte et de la zénaie de la forêt de Ouled Bechih.

Relative abundance of trophic groups in cork oak stands, mixed stands and zeen oak stands of Ouled Bechich forest

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

Tableau 2

Résultats des tests statistiques de Kruskal-Wallis associés aux comparaisons de l'abondance relative, richesse en espèce et diversité spécifique des groupes trophiques entre les différents milieux.
Summary of statistics (Chi-square and p-values of Kruskal-Wallis's test) for the effects of forest type on beetle richness indices, relative abundance and species diversity of trophic groups.

Groupes trophiques	Abondance relative	Richesse en espèces	Diversité spécifique
Coprophage	$\chi^2 = 4.8817, p < 0.05$	$\chi^2 = 9.0777, p < 0.05$	$\chi^2 = 9.9312, p < 0.05$
Mycophage	$\chi^2 = 11.6603, p < 0.05$		
Nécrophage	$\chi^2 = 5.7703, p < 0.05$	$\chi^2 = 1.2581, p < 0.05$	$\chi^2 = 3.3157, p < 0.05$
Phytophage	$\chi^2 = 6.3634, p < 0.05$	$\chi^2 = 11.8901, p < 0.05$	$\chi^2 = 11.9442, p < 0.05$
Polyphage	$\chi^2 = 3.9654, p > 0$		
Prédateur	$\chi^2 = 10.1202, p < 0.05$	$\chi^2 = 11.9291, p < 0.05$	$\chi^2 = 5.0796, p < 0.05$
Saprophage	$\chi^2 = 8.1552, p < 0.05$		
Xylophage	$\chi^2 = 20.6443, p < 0.05$		

L'analyse de l'effet du type d'habitat sur la richesse en espèces des groupes trophiques par l'utilisation du test statistique non paramétrique de Kruskal-Wallis montre que les coprophages, les phytophages et les prédateurs diffèrent significativement entre les trois habitats (Tableau 2). La plus grande richesse de ces trois groupes trophiques a été enregistrée dans la subéraie. Les prédateurs et les coprophages présentent une plus faible richesse dans la forêt mixte, alors que la richesse des phytophages est faible (Figure 4).

Le résultat du test non paramétrique montre également que la diversité spécifique des coprophages et des phytophages diffère significativement entre les trois peuplements (Tableau 2) avec une diversité spécifique nettement plus élevée dans la zénaie pour les coprophages et dans la subéraie pour les phytophages. De plus, la forêt mixte présente une plus faible diversité spécifique en coprophages alors que celle des phytophages est plus faible dans la zénaie (Figure 5).

Classification d'assemblages de Coléoptères et espèces indicatrices

La classification hiérarchique ascendante fait ressortir une première dichotomie entre la forêt mixte d'une part, et les deux peuplements du chêne liège et du chêne zéen d'autre part (Figure 6). À ce niveau de partition, IndVal a permis de mettre en évidence 17 espèces indicatrices pour la forêt mixte et 24 pour les deux autres peuplements (Figure 6). Sur les 76 espèces de Coléoptères soumises à l'analyse IndVal, 16 ont une valeur indicatrice plus grande que 25 %, significativement différente des résultats obtenus pour les autres habitats (Tableau 3).

La seule espèce indicatrice de la subéraie est *Nicrophorus vespillo*. La valeur indicatrice de cette espèce dans les autres peuplements forestiers est très faible ou

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

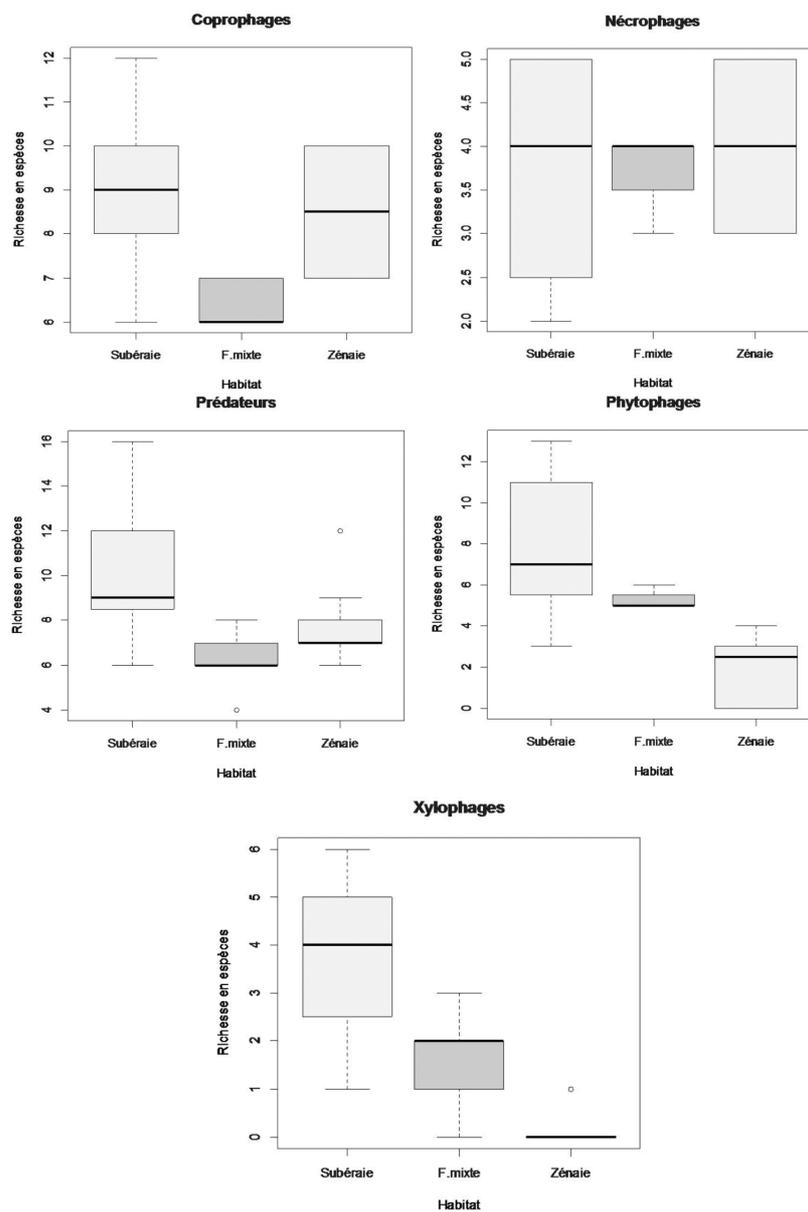


Figure 4

Richesse en espèces des groupes trophiques de la subéraie, de la forêt mixte et de la zénaie de la forêt de Ouled Bechih..

Species richness of trophic groups in cork oak stands, mixed stands and zeen oak stands of Ouled Bechih forest.

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

Tableau 3

Résultats des tests statistiques de Kruskal-Wallis associés aux comparaisons de l'abondance relative, richesse en espèce et diversité spécifique des groupes trophiques entre les différents milieux. 

Summary of statistics (Chi-square and p-values of Kruskal-Wallis's test) for the effects of forest type on beetle richness indices, relative abundance and species diversity of trophic groups.

Habitat	Espèce	IndVal	p	Groupe trophique
	<i>Potaetia morio</i>	23%	0.308	Phytophage
	<i>Potaetia opaca</i>	23%	0.359	Phytophage
	<i>Tropinota squalida</i>	22%	0.302	Phytophage
	<i>Pentodon algerinus</i>	31%	0.058	Phytophage
Subéraie	<i>Scaurus</i> sp.	18%	0.980	Saprophage
	<i>Histerlipunctatus</i>	33%	0.875	Prédateur
	<i>Elaterida</i> sp.	27%	0.550	Xylophage
	<i>Nicrophorus vespillo</i>	47%	0.047	Nécrophage
	<i>Psilothrix illustris</i>	24%	0.610	Phytophage
	<i>Eurycarabus faminii</i>	31%	0.492	Prédateur
	<i>Copris lunaris</i>	15%	0.805	Coprophage
	<i>Rhizotrogus</i> sp.	15%	0.786	Phytophage
Zénaie	<i>Teuchestes fossor</i>	31%	0.699	Coprophage
	<i>Anisoplia</i> sp.	42%	0.953	Coprophage
	<i>Glabrasida</i> sp.	27%	0.548	Prédateur
	<i>Pachychila</i> sp.	13%	0.996	Saprophage
	<i>Macrolister major</i>	15%	0.343	Prédateur
	<i>Hister quadrimaculatus</i>	31%	0.408	Prédateur
	<i>Larinus vittatus</i>	24%	0.306	Phytophage
	<i>Dermestinus undulatus</i>	14%	1.000	Nécrophage
	<i>Ocypus olens</i>	8%	0.735	Nécrophage
	<i>Trox</i> sp.	19%	0.650	Nécrophage
	<i>Hybalus</i> sp.1	35%	0.081	Polyphage
	<i>Hybalus</i> sp.2	31%	0.140	Polyphage
	<i>Sisyphus schaefferi</i>	11%	0.786	Coprophage
	<i>Aphodius erraticus</i>	15%	0.818	Coprophage
	<i>Babus bubalus</i>	22%	0.818	Coprophage
	<i>Lytta</i> sp.	7%	0.998	Phytophage
	<i>Opatrum sabulosum</i>	33%	0.697	Mycophage
	<i>Lixus algerus</i>	14%	0.551	Phytophage
	<i>Dorcus musimon</i>	14%	0.645	Saproxylophage
Forêt mixte	<i>Silpha granulata</i>	44%	0.043	Nécrophage
	<i>Silpha opaca</i>	54%	0.008	Nécrophage
	<i>Ampedus nigerrimus</i>	27%	0.190	Xylophage
	<i>Larinus</i> sp.	13%	0.878	Phytophage
	<i>Exosoma lusitanicum</i>	19%	0.935	Phytophage
	<i>Heliaetaurus</i> sp.	12%	0.965	Saproxylophage
	<i>Psiloptera tarasta</i>	14%	0.721	Xylophage
	<i>Brachycerus barbarus</i>	14%	0.648	Phytophage
	<i>Brachycerus algerus</i>	30%	0.102	Phytophage
	<i>Brachycerus muricatus</i>	7%	0.933	Phytophage

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

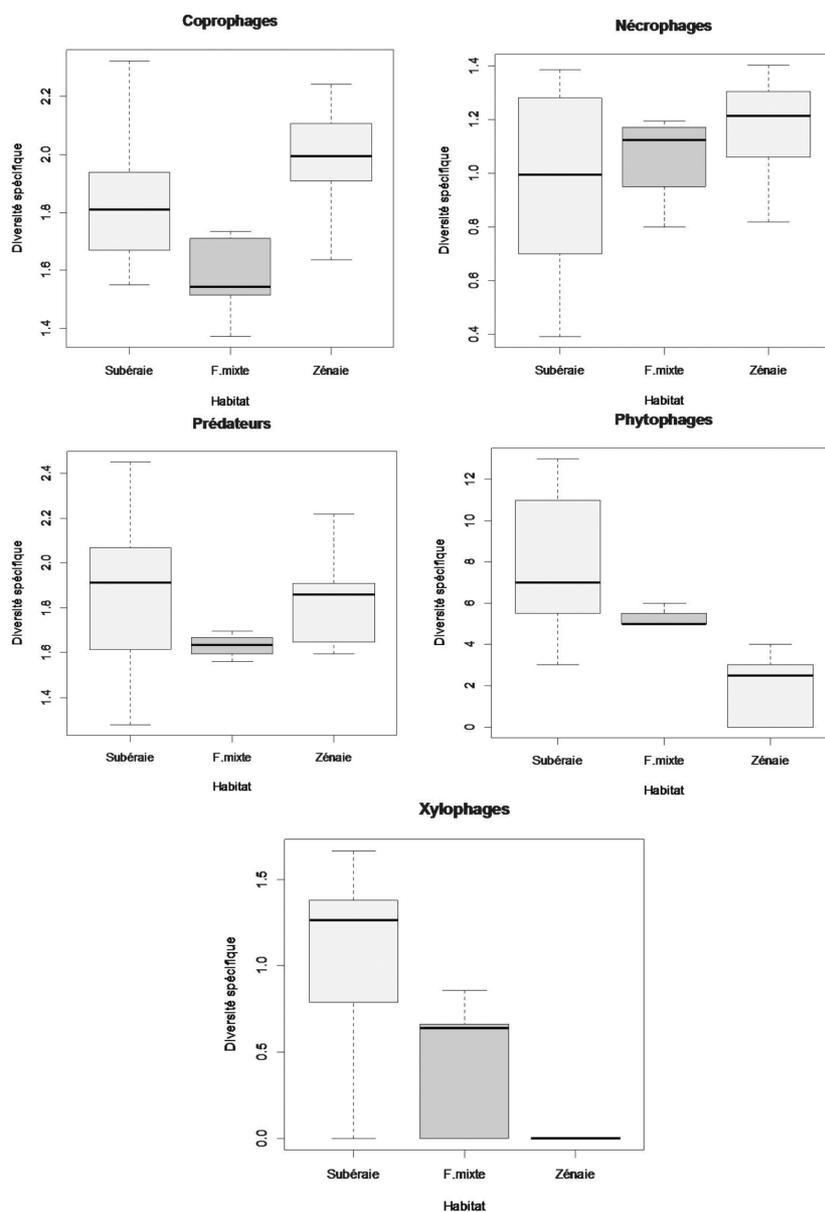


Figure 5

Diversité spécifique des groupes trophiques de la subéraie, de la forêt mixte et de la zénaie de la forêt de Ouled Bechih.

Species diversity of trophic groups in cork oak stands, mixed stands and zeen oak stands of Ouled Bechih forest.

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

nulle ($p < 0.05$). D'autres espèces, telles que *Pentodon algerinus*, *Hister lipunctatus* et *Elaterida sp*, obtiennent leurs plus fortes valeurs indicatrices dans la subéraie, mais demeurent relativement fréquentes ailleurs ($p > 0.05$).

Cette analyse ne révèle aucune espèce de Coléoptère nettement associée au peuplement du chêne zéen puisqu'aucune n'y a de valeur indicatrice significative, bien que chez certaines, une valeur dépasse soit de 25 %, comme par exemple chez *Anizoplia sp*, *Hybalus sp1* ou *Eurycarabus faminii*. D'autre part, les espèces indicatrices de la forêt mixte sont *Opatrum sabulosum*, *Brachycerus algirus*, *Ampedus nigerrimus*, *Silpha opaca* et *Silpha granulata* (Tableau 3). La valeur indicatrice de *Silpha opaca* et *Silpha granulata* dans les autres peuplements forestiers est très faible ou nulle ($p < 0.05$). En revanche, *Opatrum sabulosum*, *Brachycerus algirus* et *Ampedus nigerrimus* demeurent relativement fréquents d'un peuplement à un autre ($p > 0.05$).

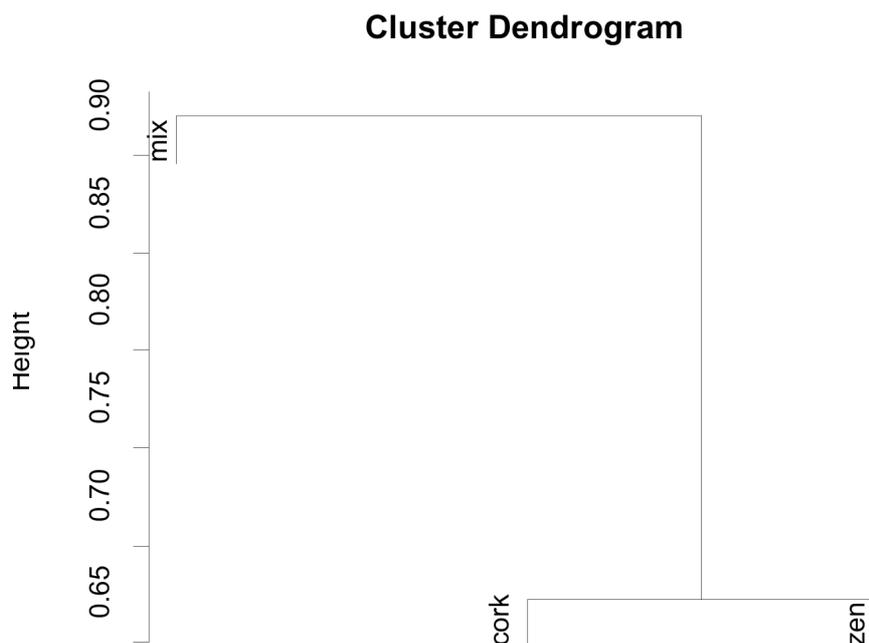


Figure 6

Dendrogramme de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des trois peuplements forestiers selon la composition de Coléoptères. La zénaie (**zen**), la subéraie (**cork**) et la forêt mixte (**Mix**).

Hierarchical Cluster Analysis (HCA) of three habitats according to species composition of beetles. Zeen oak stands (zen), cork oak stands (cork) and mixed stands (mix).

Discussion

Les travaux peu nombreux sur les Coléoptères des milieux forestiers donnent une image incomplète sur la diversité de ce groupe étant donné le manque de données sur les espèces associées au genre *Quercus*, en particulier *Quercus suber* et encore moins *Quercus canariensis*, la majorité des travaux ayant été effectués sur d'autres types d'habitats que ces formations végétales.

Richesse, abondance et diversité globale des Coléoptères dans les trois types d'habitats

D'une manière générale, la composition de la faune des Coléoptères récoltés reste relativement plus élevée en espèces si on la compare aux résultats d'autres études réalisées aussi bien dans le nord-est de l'Algérie que dans d'autres parties du pays comme celles de la subéraie du Parc National d'El Kala où 68 taxons ont été répertoriés (DAAS *et al.*, 2016), ou dans la subéraie de M'Sila dans le nord-ouest algérien (BOUCHAOUR, 2013) avec 34 espèces. Trois années auparavant SAIGHI (2013) a noté 41 espèces seulement dans la subéraie de Ouled Bechih, Souk Ahras.

Parmi ces taxons recensés dans les trois peuplements, on note des espèces qui présentent un statut remarquable : cinq espèces protégées selon la législation algérienne (JORA, 2012) à savoir : *Eurycarabus faminii*, *Calosoma inquisitor*, *Onthophagus taurus*, *Silpha granulata*, *Lixus algirus*, une espèce endémique des régions méditerranéennes, *Psilothrix illustris* et une espèce endémique d'Afrique du Nord, *Calathus fuscipes algericus* (BOUKLI *et al.*, 2012). Deux espèces bio-indicatrices de la qualité des forêts : *Cerambyx cerdo* et *Stenagostus rhombeus* (BRUSTEL 2012).

Ce peuplement est dominé par les familles des Carabidés, des Scarabéidés et des Ténébrionidés, ce qui corrobore ceux de DAAS *et al.* (2016) dans le parc National d'El Kala et de SAIGHI *et al.* (2014) dans la forêt domaniale de Ouled Bechih. Les Carabidés sont des bio-indicateurs des habitats, ils régulent les populations de certaines espèces nuisibles et saprophages (limaces, collemboles, chenilles) (CLERGUE *et al.*, 2004 ; KOTZE *et al.*, 2011) ; en effet, les trois habitats de cette forêt, par leur structure, la grande diversité de leurs faciès, leurs bioclimats et la qualité de leurs sols permettent l'installation d'une faune susceptible d'être la proie à ce groupe d'insectes (??).

La richesse, l'abondance et la diversité des Coléoptères diffèrent significativement dans les trois habitats étudiés dans la forêt de Ouled Bechih, ce qui est probablement relatif aux différences de structures et de composition de ces habitats. Quelques familles de Coléoptères sont très sensibles à ces deux facteurs déterminants (DAVIS, 1994 ; HILL, 1996 ; HALFFTER & ARELLANO, 2002 ; ANDRESEN, 2005). Ces paramètres écologiques sont beaucoup plus importants dans la subéraie que dans les deux autres types d'habitats car ce milieu, contrairement aux deux autres, est caractérisé par un abondant cortège floristique, très diversifié, offrant beaucoup plus de ressources trophiques et donc de niches – écologiques entre autres –

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

aux espèces vivant à la surface du sol. HANSKI & COMBFORT (1991) et PONEL (1995) ont démontré qu'il existe une corrélation positive entre le nombre d'espèces végétales, l'abondance des ressources trophiques et celui des Coléoptères. Ainsi, les caractéristiques propres à chaque habitat forestier, en termes de composition de la végétation, peuvent induire des différences, quantitatives et probablement aussi qualitatives, dans l'entomofaune présente (LAMARRE *et al.*, 2011).

Comparativement aux deux autres habitats, la subéraie est la plus hétérogène car elle est en effet une mosaïque d'habitats comprenant des zones avec un étage arbustif important, du maquis dense ou clair, des friches et des pelouses, c'est-à-dire une architecture paysagère qui offre beaucoup plus de possibilités pour l'installation d'une entomofaune diversifiée. TEWS *et al.* (2004) font le même constat. Selon MORETTI *et al.* (2004), les zones qui ont subi des incendies peuvent héberger une diversité plus importante que celles non brûlées. En effet, pendant ces deux dernières décennies, les subéraies ont connu des incendies répétés qui ont ravagé des centaines d'hectares du fait de la grande inflammabilité de la plupart des essences qui forment leur cortège floristique. La dégradation de cet habitat à la suite du vieillissement des peuplements, de la concurrence du maquis, des coupes illicite, etc. pourrait être à l'origine de l'installation de beaucoup de taxons.

Selon BRUSTEL *et al.* (2006) et SILVA *et al.* (2008), la richesse et l'abondance de certaines familles comme les Carabidés peut être très importante dans les milieux les plus dégradés.

Richesse, abondance et diversité globale des groupes trophiques dans les trois types d'habitats

Les espèces exigent pour leur développement que les ressources alimentaires offertes par le milieu où elles vivent soient effectivement disponibles (LINDENMAYER *et al.*, 2008). Les Coléoptères de notre zone d'étude appartiennent à huit groupes trophiques différents, trois de ces derniers réalisent leur maximum d'abondance dans la forêt de Ouled Bechih, à savoir les coprophages (8498 individus), les prédateurs (4922 individus) et les phytophages (2487 individus).

Il semble que la composition des faunes de Coléoptères soit différente dans les trois habitats du fait de l'hétérogénéité de ces derniers. Les coprophages dominent quantitativement et sont enregistrés dans les trois formations, ce qui est de toute évidence dû à une activité de pâturage très importante. L'élevage des bovins, des caprins et des ovins constitue en effet l'essentiel des activités socio-économiques des riverains de cette région (BNEF, 1991), les troupeaux sont lâchés dans les forêts durant toute la journée, voire même durant des semaines. La présence du bétail dans le milieu forestier favorise le maintien d'une faune particulière inféodée aux bouses, crottins, etc. (DAAS *et al.*, 2016) qui contribue au recyclage des matières fécales. En consommant, enfouissant et aérant les excréments, ces insectes permettent une remise en circulation rapide des éléments minéraux. Ils augmentent ainsi de manière importante la productivité des écosystèmes et assurent une production fourragère de meilleure qualité (SIMON, 2010).

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

La richesse en espèce du peuplement de Coléoptères coprophages est limitée plus par l'homogénéité des habitats que par leur disponibilité en ressources ou par la nature de ces dernières. Ainsi, plus un site hébergera d'habitats hétérogènes et plus ce paramètre sera élevé (JAY-ROBERT *et al.*, 2008), résultat qui concorde avec le nôtre car c'est dans la subéraie que nous avons observé la plus grande richesse.

La diversité *beta* des insectes phytophages semble être intimement liée à la variation spatiale du cortège de plantes-hôtes et à la relation plante hôte/espèce phytophage associée, et à la création de nouvelles niches écologiques liées au nombre d'espèces végétales (BUSE & GOOD, 1996) ainsi qu'à la diversité végétale dans les stations (SOUTHWOOD *et al.*, 1979 ; TILMAN *et al.*, 1997 ; ODEGAARD, 2000). Les phytophages sont présents dans les trois habitats de la forêt de Ouled Bechih, mais de façon plus marquée dans la subéraie que dans les deux autres. La plus faible richesse est notée dans la zénaie, caractérisée par un sous-bois très pauvre en espèces.

Les prédateurs sont représentés principalement par les Carabidés dont la majorité des espèces sont prédatrices. Elles peuvent donc constituer de bons auxiliaires des cultures et limiter l'impact de certains ravageurs (SASKA, 2007). Les Carabidés sont connus comme des bio-indicateurs et leur distribution peut être influencée par l'hétérogénéité des sites du fait de la disponibilité d'une nourriture variée composée essentiellement de bois mort et de petits insectes. Leur grande mobilité les aide à coloniser des habitats qui leur conviennent bien (GHHANNEM *et al.*, 2017).

Classification d'assemblages de Coléoptères et espèces indicatrices

La subéraie ne se caractérise que par la présence unique de l'espèce indicatrice (*Nicrophorus vespillo*) et la forêt mixte par deux espèces (*Silpha granulata* et *Silpha opaca*) alors que la zénaie n'en abrite aucune. *N. vespillo*, *S. granulata* et *S. opaca* sont essentiellement nécrophages (STEPHEN *et al.*, 1990) et leur présence dans la forêt mixte pourrait être due à la concurrence qu'elles subissent dans les autres formations ; PECK & ANDERSON (1985), SCOTT (1989) et TRUMBO (1990) ont déjà noté que l'absence des Silphidés de certains milieux est due à une compétition accrue avec les fourmis, les mouches et peut-être aussi avec des Vertébrés, ainsi qu'à des taux plus élevés de décomposition des carcasses. En effet, dans la zénaie, milieu très humide et fermé, les cadavres mettent plus de temps à se décomposer.

Les espèces saproxyliques sont des éléments importants dans un écosystème forestier (MAETO *et al.*, 2002, GRAHAM *et al.*, 2012) et sont aussi considérées comme des bioindicateurs de sa qualité (BRUSTEL, 2002). Les Coléoptères saproxyliques sont fortement associés à certaines espèces d'arbres et à l'abondance du cortège floristique (VANCE *et al.*, 2003). Les larves des Cérambycidés se développent par exemple au détriment des arbres sains comme des arbres mourants (ULYSHEN *et al.*, 2004 ; OHSAWA, 2010 ; BURR & MCCULLOUGH, 2014 ; EVANS, 2014). En Algérie, les insectes xylophages sont considérés comme

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

agent causal de l'affaiblissement du chêne liège et influencent sa régénération (BOUHAMOU, 2003). Ce groupe d'insectes a été noté dans les trois habitats de la forêt. La richesse la plus élevée a été enregistrée dans la subéraie. La famille la plus dominante en nombre d'espèces est celle des Élateridés (*Stenagostus rhombeus*, *Ampedus nigerrimus*) suivie par les Cérambycidés (*Cerambyx cerdo*, *Pionus coriarius*), les Lucanidés (*Dorcus musimon*) et les Buprestidés (*Psiloptera tarsata*) dont le régime alimentaire est essentiellement saproxylophage et phytoxylophage. Hormis quelques familles, le reste a été noté par DAAS *et al.*, (2016) dans la subéraie d'El Kala ou dans d'autres forêts telle que la cédraie du parc national de Theniet El Had (MEZIANE, 2017) ou la pinède de Terara (Tlemcen).

Les facteurs régissant la richesse taxonomique de ce groupe de Coléoptères sont nombreux. DODELIN (2006), ØKLAND *et al.* (1996), MARTIKAINEN (2000) et SIPPOLA *et al.* (2002) notent une relation positive entre le volume de bois mort, sa disponibilité, la nature des essences et la richesse en Coléoptères saproxyliques, ce qui correspond à nos observations. Le bois mort, issu des ébranchages effectués par les riverains durant l'automne pour alimenter leurs cheptels, est disponible en différents diamètres, les chênes liège sont des centenaires présentant souvent des signes de déhiscence, les chênes zéen, dont la moyenne d'âge dépasse les 140 ans (BNEF, 1991) sont souvent mutilés et utilisés comme bois de chauffage.

Conclusion

La présence d'espèces de Coléoptères protégées, endémiques et bio-indicatrices confirme l'importance de la forêt de Ouled Bechih en tant qu'habitat essentiel pour la conservation de l'entomofaune ainsi que de la biodiversité dans son ensemble.

Cette liste de Coléoptères n'est certainement pas exhaustive, et il est nécessaire de poursuivre les recherches afin d'obtenir une meilleure connaissance de l'écologie de ces insectes et de leur contribution dans l'écosystème forestier. D'autre part, une étude systématique de l'écologie de certaines espèces nous semble aussi nécessaire afin de permettre une bonne compréhension de la phénologie d'installation de certains groupes inféodés au chêne liège et au chêne zéen et économiquement très importants afin de permettre une meilleure gestion prophylactique intégrée.

Remerciements

Pour toute l'aide fournie à l'appui de notre travail, nous adressons nos vifs remerciements au Pr. Salaheddine Doumandji de l'École Nationale d'Agronomie, El Harrach, Algérie, au Pr. Guy Chavanon, de l'Université de Ouajda, Maroc, au Pr. Hervé Brustel de l'Université de Toulouse, France, ainsi qu'aux responsables du Laboratoire de l'INPV. Nous renouvelons nos remerciements aux agents du district des forêts de la commune de Mechroha pour leur disponibilité et leur présence sur terrain.

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

RÉFÉRENCES

- AMEELS M. (1989).- *Étude des propriétés technologiques et anatomiques de Quercus canariensis Willd. des massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni-Ghobri en Algérie*. Mémoire d'ingénieur, Université de Louvain, Belgique, 127 p.
- ANDRESEN, E. (2005).- Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. *Biotropica*, **37**, 291-300.
- ARONSON, J., PEREIRA, J.S. & PAUSAS, J.G. (eds) (2009).- *Corn Oak woodland on the edge. Ecology, adaptive management, and restoration*. Island Press, Washington DC., p. 352.
- BARBALAT, S. (1995).- Efficacité comparée de quelques méthodes de piégeage sur certains coléoptères et influence de l'anthophilie sur le résultat des captures. *Bulletin de la Société neuchâteloise de Sciences Naturelles*, **118**, 39-52.
- BEBERMANS, J., FAGOT, J. & FRANCIS, F. (2016).- Contribution à l'écologie des Coléoptères coprophiles et coprophages en Belgique : diversité spécifique, préférences stercorales et phénologie. *Entomologie Faunistique - Faunistic Entomology*, **69**, 125-138.
- BENACHOURA, E. (1999).- Projet de création d'un parc naturel régional dans la wilaya de Souk-Ahras. *Séminaire sur le Projet de création d'un parc naturel régional dans la wilaya de Souk-Ahras*, DGF, conservation de la wilaya de Souk-Ahras, Algérie, 1-8.
- BERRICHI, M. (1993).- *Contribution à l'étude de la production de la qualité du bois de trois espèces du genre Quercus : chêne vert, chêne liège et chêne zéen*. Thèse magister, Ina, El-Harrach (Alger), Algérie, 175 p.
- BNEF (1991).- *Traitement du bassin versant de l'Edough dans le cadre de la lutte contre les inondations de la ville de Annaba- Phase II*. Bureau National des Études Forestières, Algérie.
- BOUCHAOUR-DJABEUR, S. (2013).- Les insectes ravageurs du chêne liège au Nord-Ouest Algérien. *Geo Eco Trop*, **36**, 175-184.
- BOUDY, P. (1955).- *Économie forestière nord-africaine : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie* [North African forest economy: Description of forests in Algeria and Tunisia] (Vol. 4). Paris, Éditions Larose.
- BOUHRAOUA, R.T. (2003).- *Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'ouest algérien. Étude particulière des problèmes posés par les insectes*. Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, Algérie, 267 p.
- BOUKLI HACENE, S., HASSAINE, K. & PONEL, P. (2012).- Les peuplements des coléoptères du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Algérie). *Revue d'écologie (Terre Vie)*.
- BRIN, A. & BRUSTEL, H. (2006).- Saproxylic beetles response to cork-oak forests heterogeneity in the Massif des Maures (France). *Revue d'écologie (Terre Vie)*, **61**, 327-342.
- BRUSTEL, H. (2002).- *Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises*. Purpan: Institut National Polytechnique, France, 327 p.
- BRUSTEL, H. (2012). POLYTRAP (2010).- New "soft design" window flight trap for saproxylic beetles. *Saproxylic beetles. In: Europe: monitoring, biology and conservation. Short note. Studia Forestalia Slovenica, Professional and Scientific Works*, **137**, 91-92.
- BURR, S.J. & McCULLOUGH, D.G. (2014).- Condition of green ash (*Fraxinus pennsylvanica*) overstory and regeneration at three stages of the emerald ash borer invasion wave. *Canadian Journal of Forest Research*, **44**, 768-776.
- BUSE, A. & GOOD, J. (1996).- Synchronization of larval emergence in winter moth (*Operophtera brumata* L.) and budburst in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) under simulated climate change. *Ecological Entomology*, **21**, 335-343.
- HAKALI, G. & BELHADID, Z. (2005).- *European Carabidologists Meeting-Ground beetles as key group for biodiversity conservation studies in Europe*. Ed. officina de congresos de Murcia, 4 p.

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

- CLERGUE, B., AMIAUDE, B. & PLANTUREUX, S. (2004).- *Évaluation de la biodiversité par des indicateurs agro-environnementaux à l'échelle d'un territoire agricole*. Séminaire de l'école doctorale RP2E, Nancy, pp. 56-62.
- DAAS, H., ADJAMI, Y., GHANEM, R., VIÑOLAS, A., OUAKID, M. & TAHRAOUI, A. (2016).- Coleoptera inventory in cork oak stands of North-Eastern Algeria. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, **17**, 11-17.
- DAJOZ, R. (1980).- *Écologie des insectes forestiers*. Bordas, Paris, 1980, ed. Gauthier-Villars, XI-489.
- DAVIS, A.L.V. (1994).- Compositional differences between dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae s. str.) assemblage in winter and summer rainfall climates. *African Entomology*, **2**, 45-51.
- DJEMA, A. & MESSAOUDENE, M. (2009).- The Algerian forest: Current situation and prospects. *In: Modeling, valuing and managing Mediterranean forest ecosystems for non-timber goods and services. EFI Proceedings, European Forest Institute, Finland*, **57**, 17-28.
- DODELIN, B. (2006).- *Écologie et biocénoses des coléoptères saproxyliques dans quatre forêts du nord des Alpes françaises*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, France.
- DODELIN, B. (2006).- Écologie des coléoptères saproxyliques dans les forêts de l'étage montagnard des Alpes du Nord françaises. *Annales de la Société entomologique de France*, **42** (2), 231-243.
- DUBOIS, G. (2009).- *Écologie des coléoptères saproxyliques : Biologie des populations et conservation d'Osmoderma eremita (Coleoptera : Cetoniidae)*. Thèse de l'Université de Rennes 1, École doctorale Vie-Agro-Santé, Sciences de la Vie et de l'Environnement, 239 p.
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. (1997).- Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, **67** (3), 345-366.
- EVANS, A.V. (2014). - *Beetles of Eastern North America*. Princeton University Press.
- GHANNÈM, S., ZRELLI, S., BEJAOU, M., GAHDAB, C. & BOUMAIZA, M. (2015).- Contribución al conocimiento de los coleópteros del norte de Túnez (Insecta: Coleoptera) *Revista gaditana de Entomología*, **6** (1), 21-30.
- GRAHAM, E.E., POLAND, T.M., McCULLOUGH, D.G. & MILLAR, J.G. (2012).- Comparison of trap type and height for capturing Cerambycid beetles (Coleoptera). *Ecology and Behaviour*, **105**, 837-846.
- GROVE, S.J. (2002).- Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **33**, 1-23.
- HALFFTER, G. & ARELLANO, L. (2002).- Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape 1. *Biotropica*, **34** (1), 144-154.
- HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. (1991).- Competition in dung beetles, In I. Hanski and Y. Cambefort (eds.), *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 305-329.
- HILL, C. J. (1996).- Habitat specificity and food preferences of an assemblage of tropical Australian dung beetles. *Journal of Tropical Ecology*, **12** (4), 449-460.
- HUBERT, B., SIMON, A. & VAUDORÉ, D. (2011).- Les Scarabéides de Normandie : actualisation de la liste régionale et commentaires sur quelques espèces remarquables. Bilan intermédiaire du groupe COPRIS (Coleoptera Scarabaeoidea). *L'Entomologiste*, **67** (3), 159-170.
- JÄCH, M.A. & BALKE, M. (2008).- Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595** (1), 419-442.
- JANSSEN, P. (2008).- *Influence de l'hétérogénéité de l'habitat sur la richesse spécifique des coléoptères en forêt boréale*. M.Sc, Université de Laval, Québec, Canada.
- JAY-ROBERT, P., NIOGRET, J., ERROUSSI, F., LABARUSSIAS, M., PAOLETT, E., LUIS, M.V. & LUMARET, J.P. (2008).- Relative efficiency of extensive grazing vs. wild ungulates management for dung beetle conservation in a heterogeneous landscape from Southern Europe (Scarabaeinae, Aphodiinae, Geotrupinae). *Biological Conservation*, **141** (11), 2879-2887.

Bulletin de la Société zoologique de France 145 (1)

- JONSSON, B.G., KRUYSS, N. & RANIUS, T. (2005).- Ecology of species living in dead wood – lessons for dead wood management. *Silva Fennica*, **39**, 289-309.
- JORADP, (2012).- Décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012, fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. *J. Off. République Algérienne Démocratique et Populaire*, **35**, 5-11.
- KOTZE, J., BRANDMAYR, P., CASALE, A., DAUFFY-RICHARD, E., DEKONINCK, W., KOIVULA, M.J., LÖVEI, G.L., MOSSAKOWSKI, D., NOORDIJK, J., PAARMANN, W., PIZZOLOTTO, R., SASKA, P., SCHWERK, A., SERRANO, J., SZYSZKO, J., TABOADA, A., TURIN, H., VENN, S., VERMEULEN, R. & ZETTO, T. (2011).- Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *ZooKeys*, **100**, 55-148.
- LAMARRE, G.P.A. & PAUL V.A. DE GUYANE. (2011).- Relations avec la structure et la diversité de la communauté de plantes ligneuses. ACOREP : *Coléoptères de Guyane*, Tome III, France, 7 p.
- LHOIR, J., FAGOT, J., THIÉREN, Y. & GILSON, G. (2003).- Efficacité du piégeage, par les méthodes classiques, des Coléoptères saproxyliques en Région Wallonne (Belgique). *Notes fauniques de Gembloux*, **50**, 49-62.
- LINDENMAYER, D.B., FISCHER, J., FELTON, A., CRANE, M., MICHAEL, D., MACGREGOR, C., ... & HOBBS, R.J. (2008).- Novel ecosystems resulting from landscape transformation create dilemmas for modern conservation practice. *Conservation Letters*, **1** (3), 129-135.
- MAETO, K., SATO, S. & MIYATA, H. (2002).- Species diversity of longicorn beetles in humid warm-temperate forests. The impact of forest management practices on old-growth forest species in southwestern Japan. *Biodiversity and Conservation*, **11**, 1919-1937.
- MARTIKAINEN, P. (2000).- *Effects of forest management on beetle diversity, with implications for species conservation and forest protection*. Doctoral Thesis, University of Joensuu, Joensuu, Finland.
- MEHENNI, M.T. (1994).- *Recherches écologiques et biologiques sur les Coléoptères des cédraies algériennes*. Doctoral dissertation, thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologie de Houari Boumediène, Alger, Algérie.
- MESSAOUDENE, M., TAFER, M., LOUKKAS, A. & MARCHAL, R. (2008).- Propriétés physiques du bois de chêne zéen de la forêt des Aït Ghobri (Algérie). *Bois et Forêts des Tropiques*, **298** (4), 37-48.
- MEZIANE, B. (2017).- *Les coléoptères saproxyliques des Monts d'Ouarsenis (Nord-Ouest Algérien) : cas du Parc National de Theniet El Had*. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologie de Houari Boumediène, Alger, Algérie.
- MORETTI, M., OBRIST, M.K. & DUELLI, P. (2004).- Arthropod biodiversity after forest fires : winners and losers in the winter fire regime of the southern Alps. *Ecography*, **27** (2), 173-186.
- MOREY, L.C., BLASHFIELD, R.K. & SKINNER, H.A. (1983).- A comparison of cluster analysis techniques within a sequential validation framework. *Multivariate Behavioral Research*, **18**, 309-329.
- ODEGAARD, F., DISERUD, O.H., ENGEN, S. & AAGAARD, K. (2000).- The Magnitude of Local Host Specificity for Phytophagous Insects and its Implications for Estimates of Global Species Richness. *Conservation Biology*, **14** (4), 1182-1186.
- OHSAWA, M. (2010).- Beetle families as indicators of Coleopteran diversity in forests: a study using Malaise traps in the central mountainous region of Japan. *Journal of Insect Conservation*, **14**, 479-484.
- ØKLAND B. (1996).- A comparison of three methods of trapping saproxylic beetles. *European Journal of Entomology*, **93**, 195-209.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L. & WAGNER, H. (2010).- Vegan: community ecology package. R package version 1.17-4. <http://cran.r-project.org>. *Acesso em*, **23**, 2010.

Biodiversité des Coléoptères dans les habitats forestiers

- PECK, S.B. & ANDERSON, R.S. (1985).- Taxonomy, phylogeny and biography of the carrion beetles of Latin America (Coleoptera: Silphidae). *Quaestiones Entomologicae*, **21**, 247-317.
- PONEL, P. (1995).- Aspect de la biodiversité entomologique des contreforts préalpins et des plans de Canjuers (Var) [Coleoptera]. *Faune de Provence* (C.E.E.P.), **16**, 39-50.
- ROBERTS, D. (2013).- Package labdsv R: ordination and multivariate analysis for ecology. *Rivers*, **1**, 6-1.
- SAIGHI, L. (2013).- *Étude de l'état sanitaire de la subéraie d'Ouled Bechih. Effet des facteurs biotiques*. Mémoire de Magister, Université de Souk Ahras, Souk Ahras, Algérie.
- SASKA, P. (2007).- Diversity of carabids (Coleoptera: Carabidae) within two Dutch cereal fields and their boundaries. *Baltic Journal of Coleopterology*, **7** (1), 37-50.
- SCOTT, M.P. (1989).- Male parental care and reproductive success in the burying beetle *Nicrophorus orbicollis*. *Journal of Insect Behavior*, **2**, 133-137.
- SILVA, J.S. & CATRY, F. (2006).- Forest fires in cork oak (*Quercus suber*) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies*, **63**, 235-257.
- SIPPOLA, A.L., SIITONEN, J. & PUNTTILA, P. (2002, JANUARY).- Beetle diversity in timberline forests: a comparison between old-growth and regeneration areas in Finnish Lapland. *In Annales Zoologici Fennici* (pp. 69-86). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- SOUTHWOOD, T.R.E., BROWN, V.K. & READER, P.M. (1979).- Relationships of plant and insect diversities in succession. *Biological Journal of the Linnean Society*, **12**, 327-348.
- SPEIGHT, M.C. (1989).- Saproxylic Invertebrates and their Conservation. Council of Europe, Strasbourg Council of Europe, *Nature and Environment Series*, **42**, 1-79.
- STEIN, W. (1965).- Composition de la faune carabide d'un pré dont les conditions d'humidité changent fortement. *Journal de morphologie et d'écologie des animaux*, **55**, 83-99.
- TEWS, J., BROSE, U., GRIMM, V., TIELBORGER, K., WICHMANN, M. C., SCHWAGER, M. & JELTSCH, F. (2004).- Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, **31**, 79-92.
- TILMAN, D., KNOPS, J., WEDIN, D., REICH, P., RITCHIE, M. & SIEMANN, E. (1997).- The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, **277**, 1300-1302.
- TRUMBO, S.T. (1990).- Reproductive success, phenology and biogeography of burying beetles (Silphidae, Nicrophorus). *Ecological Entomology*, **15** (3), 347-355.
- TRUMBO, S.T. (1990).- Regulation of brood size in a burying beetle, *Nicrophorus tomentosus* (Silphidae). *Journal of Insect Behavior*, **3** (4), 491-500.
- ULYSHEN, M.D., HANULA, J.L., HORN, S., KILGO, J.C. & MOORMAN, C.E. (2004).- Spatial and temporal patterns of beetles associated with coarse woody debris in managed bottomland hardwood forests. *Forest and Ecology Management*, **199**, 259-272.
- VALLADARES, L., (2000).- *Exploration et caractérisation de méthodes de piégeage adaptées aux Coléoptères saproxyliques en forêts feuillues, mixtes ou résineuses*. Mémoire de DESU, Université Paul Sabatier, Toulouse, 65 p. et annexes.
- VANCE, C.C., KIRBY, K.R., MALCOLM, J.R. & SMITH, S.M. (2003).- Community composition of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in the canopy and understorey of sugar maple and white pine stands in south-central Ontario. *Environmental Entomology*, **32**, 1066-1074.

(reçu le 07/10/2019 ; accepté le 23/12/2019)

mis en ligne le 25/02/2020