



Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

Rapport final 2020-2023

Août 2024

Ce document a été réalisé par l'Office pour les insectes et leur environnement (Opie), association agréée par les ministères chargés de l'environnement et de l'éducation nationale, membre de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), structure de référence régionale dans le cadre du Système d'information sur la nature (SINP) et correspondante du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) pour l'inventaire national du patrimoine naturel (INPN).

Choix de l'emplacement des dispositifs :

Bruno MERIGUET (Opie), Arnaud FOLTZER (PNRBV) & Emmanuelle HANS (PNRBV)

Relevés des dispositifs :

Arnaud FOLTZER (PNRBV) & Emmanuelle HANS (PNRBV)

Tri des échantillons :

Bruno MERIGUET (Opie), Valentin SPECKENS (Opie)

Détermination des échantillons :

Bruno MERIGUET (Opie), Valentin SPECKENS (Opie)

Traitement de données cartographiques :

Bruno MERIGUET (Opie)

Rédaction et mise en page :

Bruno MERIGUET (Opie), Valentin SPECKENS (Opie)

Relecture :

Bruno MERIGUET (Opie), Valentin SPECKENS (Opie)

En couverture :

Vue de la réserve depuis la tourbière du Rothried en 2021

Ce document doit être référencé comme suit :

Citation : MÉRIGUET B. & SPECKENS V., 2024 Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle. Rapport 2020-2023. 150 p + annexes.

Résumé

Cette étude clôture la mise en place d'un état initial sur quatre sites de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle dans le Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges. Cette étude conduite sur 4 années avait pour objectifs :

- d'acquérir des connaissances sur le groupe fonctionnel des coléoptères saproxyliques dans le contexte de forêts très anciennes (continuité temporelle de l'état boisé) ;
- de poser les bases d'un suivi sur le long terme de l'entomofaune saproxylique associée à la réserve ;
- d'identifier les espèces patrimoniales (protégées, inscrites sur la Directive Habitat Faune Flore (DHFF), indicatrices des forêts anciennes, indicatrices de la qualité des milieux forestiers, déterminantes de Znieff,) ou caractéristiques du contexte écologique ;
- de mettre en perspective les connaissances antérieures obtenues sur le territoire de la réserve ;
- de favoriser les conditions d'un transfert de compétence entre gestionnaires et experts naturalistes.

L'ensemble des objectifs est atteint.

Chaque site a finalement été suivi sur 3 années, temps nécessaire à la constitution d'un jeu de données pour un suivi long terme des sites étudiés.

Ce sont près de 8 600 spécimens qui ont été identifiés au cours des 4 années d'inventaire, révélant la présence de 242 espèces dont 189 espèces de coléoptères saproxyliques, parmi lesquelles 26 espèces déterminantes au titre des Znieff, 24 espèces rares de coléoptères saproxyliques (sensu Bouget et al. 2019), 39 espèces boréo-alpines, 2 espèces indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est.

Une centaine d'espèces sont nouvellement signalée pour la RNN.

Les scolytes, groupe d'insectes connus de tous, dont l'évocation éveille le sentiment d'alerte des forestiers, sont ici particulièrement diversifiés. Cette diversité est un très bon indicateur de la fonctionnalité opérationnelle des sites étudiés. Les prédateurs associés aux scolytes sont présents proportionnellement au nombre d'espèces de scolytes.

Le degré de connaissance des sites évalués à l'aide de la couverture d'échantillonnage est satisfaisant pour poser les bases d'un suivi à long terme de l'évolution de la faune. Les sites étudiés à l'aide de 2 dispositifs ont relevé moins d'espèces dans l'absolu, mais à couverture d'échantillonnage équivalente, et selon les sites, il s'agit d'un biais de perception. Les différents sites à quelques nuances près ont des richesses relativement similaires.

Les pressions d'inventaire plus élevées ont permis de détecter les espèces rares, de les faire émerger en tant qu'espèces associées à des sites et non en tant que simple richesse spécifique potentielle.

Les différents sites ont fait l'objet d'une analyse individuelle des profils patrimoniaux et écologiques afin de mettre en avant les spécificités de chacun. Les différents sites abritent une faune de coléoptères saproxyliques de haute valeur écologique et jouent le rôle de population source pour les autres boisements proches.

Une méthodologie est proposée pour traduire les différences de composition faunistique dans le cadre d'une comparaison temporelle ou spatiale. Elle s'appuie sur la comparaison des traits de vie des espèces typiques (diversité de Shannon) de chacun des sites et révèle les caractéristiques écologiques des sites étudiés. Cette méthodologie est mise en démonstration dans le cadre de comparaison inter-sites entre 2 sites.

Elle nous semble adaptée pour produire des résultats compréhensibles par le gestionnaire en termes d'évolution des ressources, de structure des boisements, et micro-habitats.

Les coléoptères saproxyliques constituent un groupe écologiquement fonctionnel et sont de bons indicateurs de la complexité des écosystèmes boisés. Des espèces liées aux gros bois (morts ou vivants), des espèces à répartition boréo-alpine, des espèces indicatrices de l'ancienneté des forêts ont été identifiées dans tous les sites de la réserve. Des propositions ont été faites pour valoriser la présence des espèces déterminantes de Znieff présentes dans la réserve.

La faune de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle mise en évidence lors de cette étude témoigne de différents niveaux de fonctionnalité, de complexité des écosystèmes et constitue un enjeu environnemental majeur dans un contexte où la pression sur les milieux naturels augmente.

Table des matières

Résumé.....	3
Table des matières	5
1. Introduction.....	9
1.1 Objectif de l'étude	9
1.2 Périmètre de l'étude.....	9
1.2.1 Localisation du site	9
2. Présentation des coléoptères saproxyliques.....	10
2.1 Des coléoptères liés au bois mort	10
2.2 Des insectes indicateurs de fonctionnalités écologiques.....	11
2.3 Ressources fonctionnelles des forêts pour la trame vieux bois.....	14
2.4 Identification et groupe cible	15
3. Matériel et méthodes.....	17
3.1 Choix méthodologiques.....	17
3.2 Matériel	19
3.2.1 Phase de terrain.....	19
3.2.2 Phase de laboratoire.....	21
3.3 Méthode	21
3.3.1 Choix des stations	21
3.3.2 Pression de prospection	23
3.4 Conservation des données à long termes	23
3.5 Plan d'analyse des données.....	24
3.5.1 Evaluation de la qualité de prospection	24
3.5.2 Espèces typiques et rares	25
3.5.3 Espèces à enjeux et patrimoniales	26
3.5.4 Patrimonialité des espèces de coléoptères saproxyliques.....	27
3.5.5 Evaluation patrimoniale des forêts	28
3.5.6 Comparaison spatiale ou temporelle	29
3.5.7 Scénario d'analyse de comparaison ou d'évolution de la composition faunistique.....	29
4. Présentation des sites.....	32
4.1.1 Erablaie de pente – site n° 1.....	33
4.1.2 Le chemin des Roches – site n° 2.....	36
4.1.3 Tourbière du Rothried– site n°3	39

4.1.4 Eboulis bas – site n° 4	41
5. Résultats	42
5.1 Bilan de la campagne.....	42
5.1.1 tableau de synthèse.....	42
5.1.2 Bilan par sites.....	43
5.1.3 Liste des espèces	44
5.1.4 Illustration des espèces remarquables.....	57
5.2 Qualité de la prospection pour l'ensemble des sites	62
5.3 comparaison avec les données antérieures	64
5.3.1 Données régionales :	64
5.3.2 Données locales	64
5.4 Résultats pour le site n° 1 – Erablaie de pente.....	67
5.4.1 Qualité de la prospection pour le site	67
5.4.2 Interprétation	68
5.4.3 Espèces typiques et rares	68
5.4.4 Patrimonialité du site	71
5.4.5 Valeur patrimoniale du site	75
5.4.6 Classe de patrimonialité du site	75
5.4.7 Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés	75
5.5 Résultats pour le site n° 2 – Chemin des Roches.....	76
5.5.1 Qualité de la prospection pour le site	76
5.5.2 Interprétation	77
5.5.3 Espèces typiques et rares	78
5.5.4 Patrimonialité du site	83
5.5.5 Valeur patrimoniale du site	87
5.5.6 Classe de patrimonialité du site	87
5.5.7 Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés	87
5.6 Résultats pour le site n° 3 – Tourbière du Rothried	89
5.6.1 Qualité de la prospection pour le site	89
5.6.2 Interprétation	90
5.6.3 Espèces typiques et rares	90
5.6.4 Patrimonialité du site	94
5.6.5 Valeur patrimoniale du site	99
5.6.6 Classe de patrimonialité du site	99

5.6.7	Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés	99
5.7	Résultats pour le site n° 4 – Eboulis bas	101
5.7.1	Qualité de la prospection pour le site	101
5.7.2	Interprétation	102
5.7.3	Espèces typiques et rares	102
5.7.4	Patrimonialité du site	106
5.7.5	Valeur patrimoniale du site	110
5.7.6	Classe de patrimonialité du site	110
5.7.7	Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés	110
5.8	Diversité des Scolytes, un indicateur de fonctionnalité	112
5.9	Mise en perspective nationale et régionale	115
5.9.1	Comparaison inter-sites.....	115
5.9.2	Contexte local élargi	116
5.9.3	Comparaison de la valeur patrimoniale au niveau national	118
5.10	Comparaison temporelle et spatiale des sites	120
5.10.1	Représentation graphique des compositions faunistiques.....	120
5.10.2	Comparaison de fonctionnalité écologique intersites	123
6.	Fiches espèces	129
6.1	<i>Ampedus auripes</i> (Reitter, 1895)	129
6.2	<i>Diacanthus undulatus</i> (Reitter, 1895).....	130
6.3	<i>Liodopria serricornis</i> (Gyllenhal, 1813)	131
6.4	<i>Dictyoptera aurora</i> (Herbst, 1784)	132
6.5	<i>Pyropterus nigroruber</i> (De Geer, 1774)	133
6.6	<i>Dolotarsus lividus</i> (C.R. Sahlberg, 1833)	134
6.7	<i>Phloeostichus denticollis</i> W. Redtenbacher, 1842	135
6.8	<i>Cyrtanaspis phalerata</i> (Germar, 1847)	136
7.	Conclusion	137
	Remerciements	139
	Bibliographie	140
	Sitographie	143
	Liste des figures.....	144
	Liste des tableaux.....	147
	Lexique	149
	Abréviations	150

Annexes	151
Annexe 1 : données d'abondance ajustées des coléoptères saproxyliques pour les différents sites utilisables avec INext.....	151
Annexe 2 : comparaison inter-sites des profils de diversité spécifique avec les jeux de données bruts et ajustés pour le chemin des roches.	154
Annexe 3 : carte nationale de localisation des sites étudiés avec la même pression d'échantillonnage.....	155

1. Introduction

1.1 Objectif de l'étude

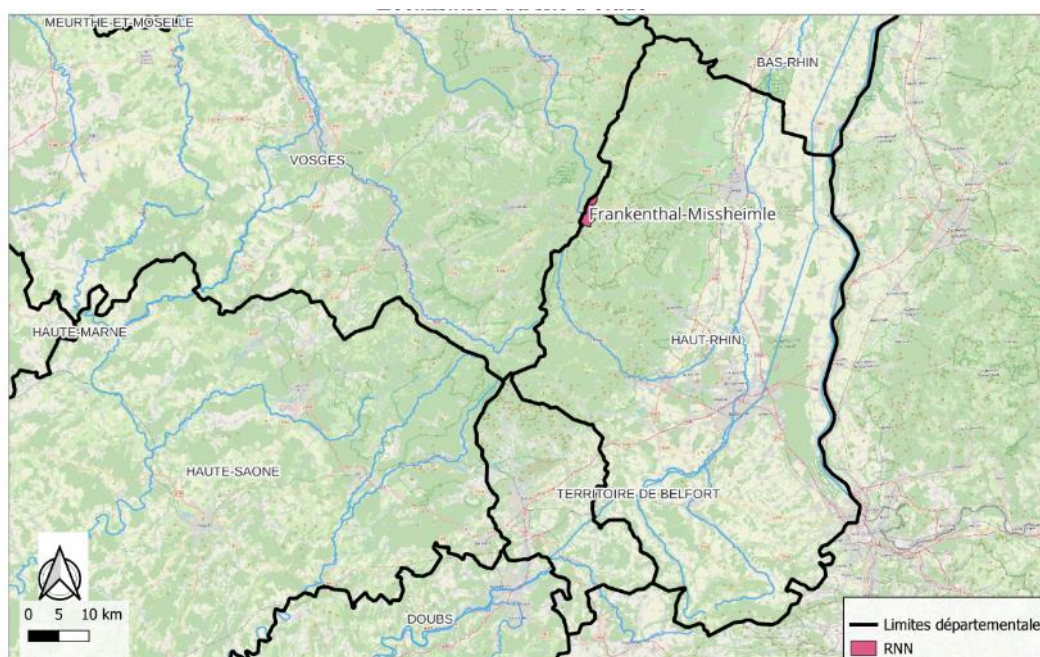
La Réserve naturelle nationale a sollicité en 2019 l'Opie pour la réalisation d'un état initial de la faune des coléoptères saproxyliques sur différents boisements de la réserve.

Elle a été conduite sur une durée de 4 années afin :

- d'acquérir des connaissances sur le groupe fonctionnel des coléoptères saproxyliques dans le contexte de forêts très anciennes (continuité temporelle de l'état boisé) ;
- de poser les bases d'un suivi sur le long terme de l'entomofaune saproxylique associée à la réserve ;
- d'identifier les espèces patrimoniales (protégées, inscrites sur la Directive Habitat Faune Flore (DHFF), indicatrices des forêts anciennes, indicatrices de la qualité des milieux forestiers, déterminantes de Znieff,) ou caractéristiques du contexte écologique ;
- de mettre en perspective les connaissances antérieures obtenues sur le territoire de la réserve ;
- de favoriser les conditions d'un transfert de compétence entre gestionnaires et experts naturalistes.

1.2 Périmètre de l'étude

1.2.1 Localisation du site



© Opie - PNRBV, B. MÉRIGUET, 2024 - OpenStreetMap - IGN - WMS

Figure 1 : localisation du site étudié

2. Présentation des coléoptères saproxyliques

2.1 Des coléoptères liés au bois mort

Les organismes saproxyliques sont définis comme les espèces qui « dépendent, pendant une partie de leur cycle de vie, du bois mort ou mourant, d'arbres moribonds ou morts – debout ou à terre – ou des champignons du bois, ou de la présence d'autres organismes saproxyliques » (SPEIGHT, 1989).

Les coléoptères sont un groupe particulier d'insectes caractérisés par leur carapace durcie, leur première paire d'ailes coriace et leurs pièces buccales broyeuses. Ils présentent une très grande diversité, liée en particulier à l'originalité qu'ils partagent avec les abeilles, mouches et papillons, d'avoir une étape de métamorphose (chrysalide) entre la larve et l'adulte. Ils présentent également des traits de vies (biologie) très diversifiés et sont capables d'exploiter des ressources très variées (bois morts, excréments, racines, champignons, etc.). Les coléoptères comptent en France (Corse incluse) plus de 12 000 espèces, dont 2 680 sont, directement ou non, liées au bois mort et mourant. On les désigne sous le terme de coléoptères saproxyliques (Figure 2) et représentent 20% des espèces forestières tout taxon confondu (STOKLAND et *al.*, 2004) ainsi que plus de la moitié des coléoptères vivant en forêt (BOUGET et *al.*, 2008).

Ce groupe d'insectes est souvent mal connu et résumé à quelques espèces qui marquent les esprits par les dégâts qu'elles peuvent produire (Scolytes typographes, vrillette, capricorne des maisons, etc.) en forêt ou dans les maisons. C'est en réalité seulement un infime pourcentage des espèces qui peuvent causer des problèmes (Figure 2) à mettre en perspective avec les services rendus qui sont bien moins connus et compris du grand public (SCHVESTER, 1985 ; ULYSHEN, 2018).

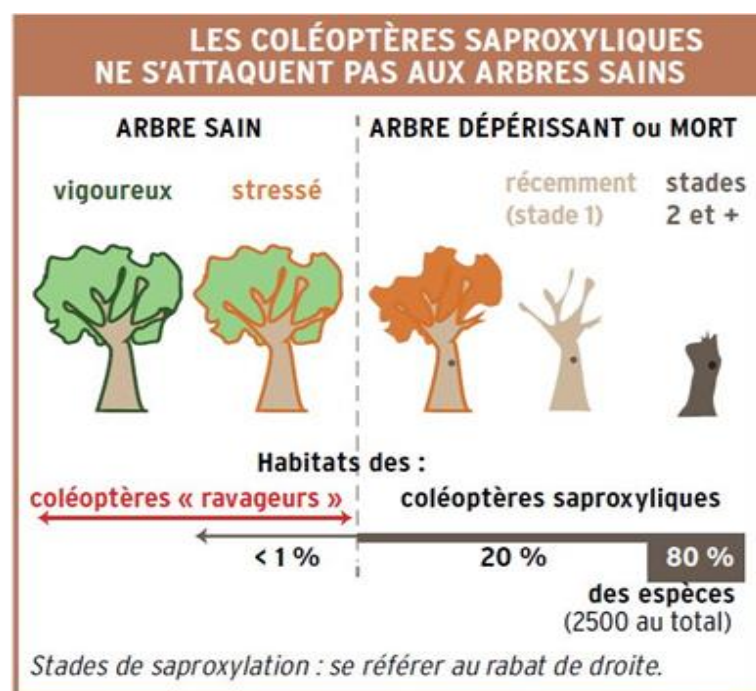


Figure 2 : les ravageurs ne sont pas dominants parmi les coléoptères saproxyliques (extrait d'EMBERGER *et al.* 2013).

2.2 Des insectes indicateurs de fonctionnalités écologiques

Les coléoptères saproxyliques forment un groupe écologique fonctionnel de référence pour l'étude des insectes en forêt qui intègre les notions de maturité des boisements et leur ancienneté (NAGELEISEN & BOUGET, 2009).

Un développement directement lié à la présence de bois morts

Pour réaliser leur cycle de vie, à chaque génération, les individus adultes doivent trouver du bois mort ou une ressource dépendante de ce dernier (champignons, mousses, etc.) pour que les larves puissent se nourrir sans quasiment se déplacer et arriver jusqu'à l'état adulte. Les espèces saproxyliques interagissent en général en collaboration (synergie) avec d'autres organismes comme les bactéries et les champignons. Les insectes liés au bois mort exploitent des niches écologiques de petite dimension : les micro-habitats (Figure 4). Ces micro-habitats sont en général abondant dans les forêts et boisements anciens en libre évolution, mais plus rares dans les forêts où l'homme est intervenu régulièrement (CATEAU *et al.*, 2015).

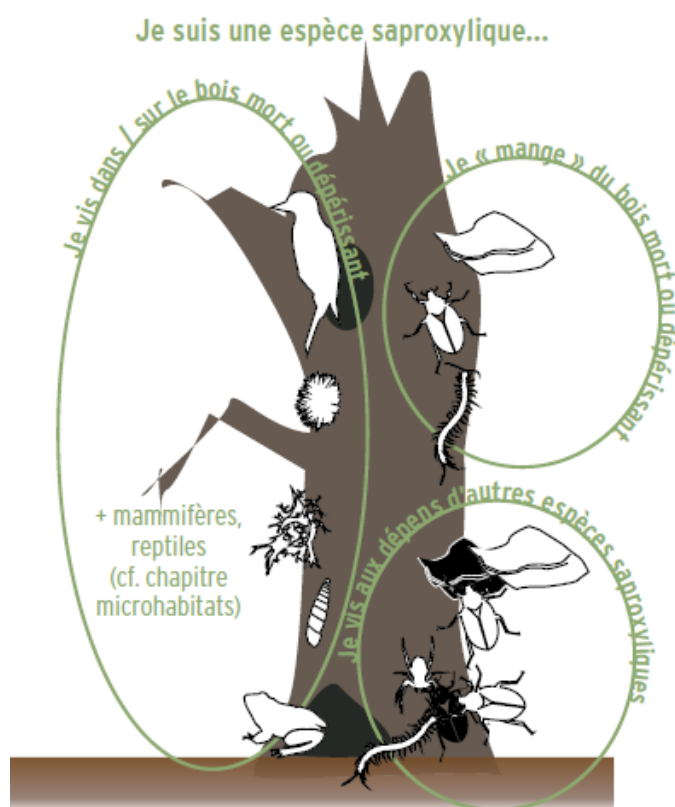


Figure 3 : illustration d'une chandelle avec des micro-habitats (à gauche) et illustration d'un arbre à micro-habitats et les groupes zoologiques associées (à droite) décrivant la relation entre les coléoptères saproxyliques et les arbres (Extrait d'EMBERGER *et al.*, 2013).

Des micro-habitats et des régimes alimentaires variés

Dans les écosystèmes forestiers, la diversité des composantes du bois mort est par définition, l'élément essentiel pour les organismes saproxyliques. Ils dépendent d'un large gradient de micro-habitats et de ressources trophiques fournies par les bois morts et les vieux arbres : chablis, chandelles et arbres morts sur pied, volis et fragments de bois brut au sol, branches mortes dans les houppiers vivants, souches nécroses, caries, cavités, carpophores de champignons corticoles, écoulements de sèves, etc. (Figure 4).

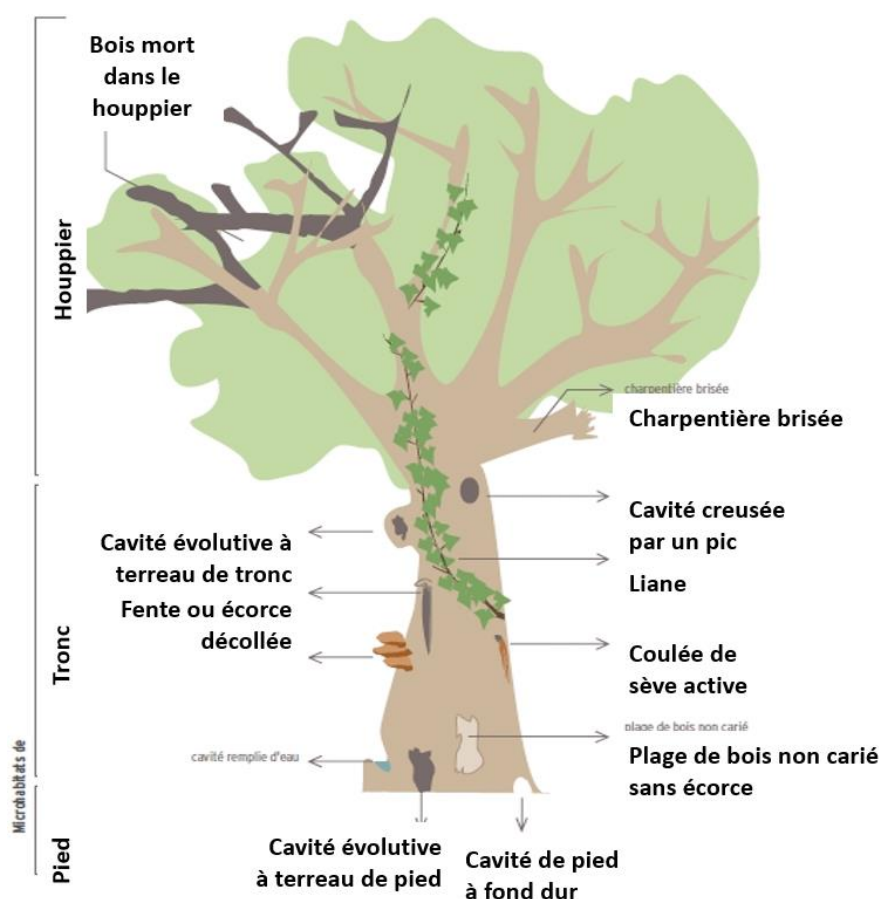


Figure 4 : diversité des micro-habitats sur un arbre vivant, d'après EMBERGER et al. 2013.

Sur le plan trophique, leurs besoins peuvent permettre de les regrouper par guildes fonctionnelles (BOUGET et al., 2005a, 2019) :

- **Xylophages primaires** se développant sur le bois vivant sain ;
- **Xylophages secondaires** se développant sur le bois vivant dépérissant ou le bois mort frais,
- **Xylomycétophages** se développant dans les carpophores épicrotiques (Polypores, etc.) (= fongicoles) ou du mycélium des champignons lignicoles subcorticoles ;
- **Zoophages** prédateurs actifs dans les galeries de xylophages ou sous l'écorce,
- **Saprophages** détritiphages, microphages des galeries ;
- **Opophages** pour les groupes liés aux écoulements de sève des arbres blessés.

2.3 Ressources fonctionnelles des forêts pour la trame vieux bois

Les facteurs qui influencent positivement la richesse de ce groupe dans un milieu donné (BOUGET & BRUSTEL, 2008) sont corrélés positivement avec :

- La diversité des essences ligneuses ;
- Le diamètre important des arbres ;
- Le diamètre des bois morts sur pied et au sol ;
- La diversité des micro-habitats sur arbre vivants ;
- La diversité des stades de décomposition du bois ;
- La diversité des champignons associés ;
- Les différentes situations d'exposition à la lumière ;
- La connectivité entre sites favorables ;
- La continuité temporelle de l'état boisé (l'ancienneté des forêts).

Cette diversité de ressources est à la base de la fonctionnalité qui permet à un site d'accueillir un large panel d'espèces (Figure 5). Répliqué dans l'espace cette diversité et cette abondance de micro-habitats constituent la base de la trame vieux bois fonctionnelle.

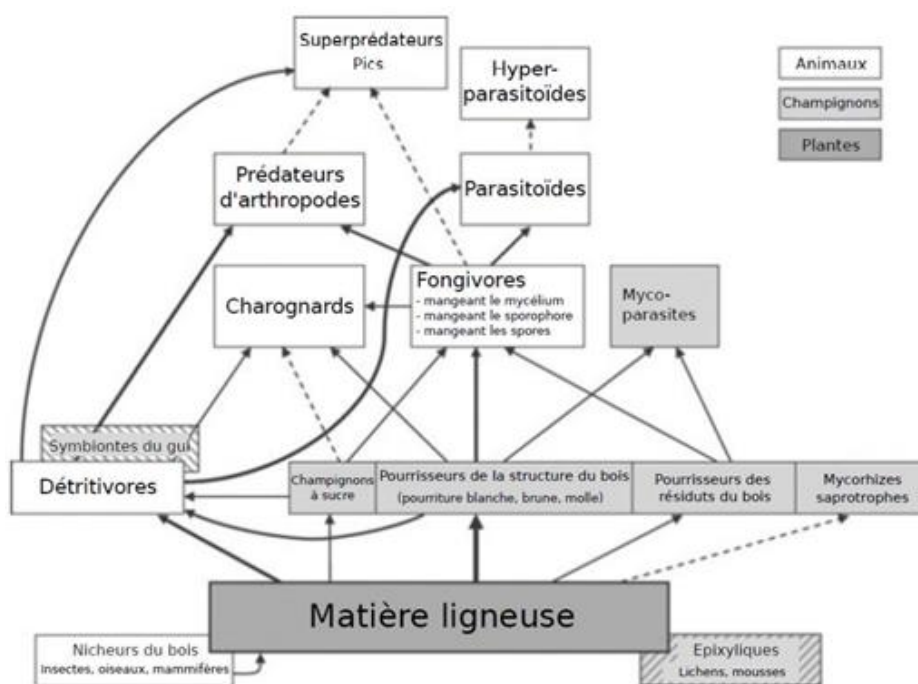


Figure 5 : schéma du réseau trophique autour de la ressource bois mort. D'après STOKLAND et al., 2012.

La notion de fonctionnalité en écologie couvre l'ensemble des fonctions écologiques qui permettent d'assurer la pérennité d'un écosystème. Patrick TRIPLET (2016), la définit ainsi : « La fonctionnalité écologique permet de préciser si les habitats d'un site sont suffisamment présents et en bonne condition pour permettre d'assurer tout ou partie du cycle biologique des espèces. Au niveau d'un habitat, elle peut être évaluée en fonction du nombre et de la qualité des micro-habitats présents, de la capacité d'y accueillir des espèces de valeur patrimoniale, de l'artificialisation des terrains et de la cohérence avec la matrice des paysages. »

C'est une conception intégrative de la biodiversité et de son maintien. La fonctionnalité écologique d'un milieu peut s'appréhender de multiples façons, qui sont chacune des facettes de l'ensemble. Les approches qui nous sont accessibles dans le cadre de la présente étude, sont : (a) la richesse en espèce d'un milieu, (b) la rareté et l'originalité des espèces présentes, (c) la diversité des modes des vies, et (d) les exigences écologiques de certaines espèces et des ressources utilisées.

Ces 4 facettes seront abordées de manière transversale dans le cours du rapport.

Un rôle dans le maintien des écosystèmes forestiers et tels que nous les connaissons.

Du point de vue de la biomasse, les Coléoptères représentent jusqu'à 95 % des invertébrés saproxyliques (DAJOZ, 1998). Les organismes saproxyliques recyclent les nutriments et participent directement au maintien de la fertilité des sols forestiers. Dans une forêt naturelle, on estime que le tiers des éléments minéraux libérés dans les horizons superficiels du sol provient de l'action des espèces saproxyliques. Certains saproxylophages cavicoles ont également l'occasion d'enrichir le substrat environnant. L'ensemble des produits de la saproxylation est réutilisé par le cycle sylvogénétique (VALLAURI et *al.*, 2005).

Ainsi, ces insectes participent au cycle de la matière, à la transformation du bois en humus (minéralisation du bois), à la constitution des sols et au maintien des dynamiques forestières (régénération, croissance, mortalité, décomposition du bois ; STOKLAND, 2001).

Certains imagos sont floricoles, notamment certains cétoines, buprestes et longicornes. En visitant les fleurs, ils participent au processus de pollinisation (POUVREAU, 2004). Les insectes saproxyliques constituent également les proies d'autres organismes tels que les pics et les chauves-souris.

Si leurs actions sont limitées par leur taille et leur masse, le nombre et leur capacité de dispersion font des insectes des acteurs majeurs de l'écosystème forestier.

2.4 Identification et groupe cible

D'un point de vue taxonomique, près de 71 familles de Coléoptères contiennent au moins une espèce saproxylique. Si certaines sont emblématiques (Lucanidae, Cerambycidae, Buprestidae, Curculionidae, Scolytinae, etc.), relativement bien connues et étudiées par les entomologistes, de nombreuses familles de coléoptères saproxyliques demeurent inconnues des « non spécialistes » et requièrent une compétence spécifique (Staphylinidae, Cryptophagidae, Ciidae, Latridiidae, etc.).

Le travail fondateur de BRUSTEL (2004) se basait sur une liste de 300 taxons, limitant ainsi les possibilités d'analyses écologiques des communautés saproxyliques. L'exhaustivité du catalogue de BOUGET et *al.* (2019) couvrant la quasi-totalité des espèces saproxyliques de France, nécessite, pour réaliser des comparaisons objectives entre des sites, un niveau d'identification homogène.

Actuellement, aucune structure ne peut décemment prétendre identifier de manière fiable l'ensemble des Coléoptères saproxyliques français.

Nous avons choisi de travailler sur un sous-ensemble, composé de familles et/ou sous-familles pour lesquelles nous avons la capacité d'identifier toutes les espèces françaises (Tableau 1). Certaines familles difficiles et/ou très diversifiées (ex. Staphylinidae, Cryptophagidae, Ptilidae...) ont été écartées car souffrant d'un manque d'outils de détermination et surtout d'un déficit de spécialistes aptes à réaliser ou confirmer des identifications. Il conviendra donc de prendre soin, en particulier pour des séquences de comparaison ultérieures, de vérifier les taxons traités.

Tableau 1 : familles identifiées dans le cadre de cette étude.

Super-familles	Familles	Super-familles	Familles
Caraboidea	Carabidae, incluant Rhysodinae	Cucujoidea (suite)	Phloeostichidae
Hydrophiloidea	Sphaeritidae		Silvanidae
	Histeridae		Cucujidae
Scarabaeoidea	Lucanidae		Laemophloeidae
	Trogidae		Erotylidae
	Scarabaeidae		Biphyllidae
Scirtoidea	Eucinetidae		Bothrideridae
Buprestoidea	Buprestidae, excepté <i>Agrilus</i>		Cerylonidae
Elateroidea	Cerophytidae		Endomychidae
	Eucnemidae	Tenebrionoidea	Mycetophagidae
	Elateridae		Tetratomidae
	Lycidae		Melandryidae
Derodontoidea	Derodontidae		Zopheridae
	Nosodendridae		Tenebrionidae,
Bostrichoidea	Dermestidae		Prostomidae
	Bostrichidae		Oedemeridae
	Ptinidae		Pythidae
Lymexyloidea	Lymexylidae		Pyrochroidae
Cleroidae	Phloiophilidae		Salpingidae
	Trogossitidae	Chrysomeloidea	Cerambycidae
	Cleridae	Curculionoidea	Anthribidae
Cucujoidea	Sphindidae		Brentidae : Brentinae
	Nitidulidae (part.) : Cryptarchinae & Nitidulinae		Dryophthoridae
	Monotomidae		Curculionidae : Scolytinae & Platypodinae

3. Matériel et méthodes

3.1 Choix méthodologiques

Un inventaire entomologique est une démarche d'investigation de terrain qui vise à révéler la présence d'une ou plusieurs espèces d'insectes dans un espace donné. Toutes les façons de procéder ne répondront pas nécessairement aux besoins initiaux. C'est pourquoi la démarche d'inventaire est à cadrer en amont de la mise en place de l'étude.

L'ouvrage « *L'étude des insectes en forêt* » : (BOUGET & NAGELEISEN, 2009) explique bien les différents objectifs qui peuvent être fixés à un inventaire entomologique, en particulier les différences qui existent entre deux orientations fortes pour une démarche d'inventaire : celle qui privilégiera la répétabilité (dans un but de comparaisons, d'un suivi, spatial, stationnel ou temporel) et celle qui veut tendre vers l'exhaustivité (maximisation du nombre d'espèces révélées ; Figure 6).

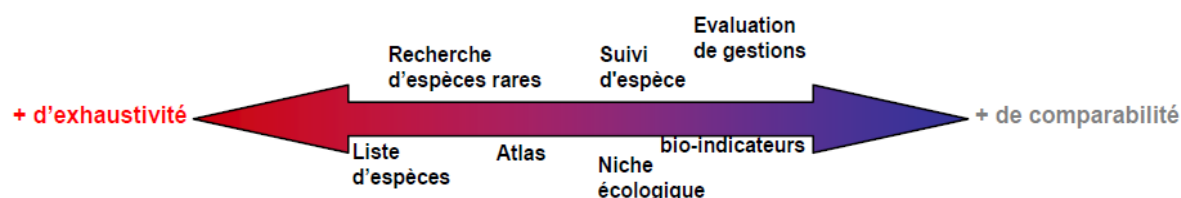


Figure 6 : schéma de la priorité à l'exhaustivité ou à la comparabilité de l'échantillonnage selon l'objectif de l'inventaire. D'après NAGELEISEN & BOUGET, 2009 – p.18.

Dans le contexte de l'accompagnement de la gestion des milieux naturels, un suivi écologique commence par l'établissement préalable d'une phase d'inventaire (Figure 7). Dans le cadre de la présente étude, les connaissances locales & initiales concernant les coléoptères saproxyliques préexistent mais sont disparates. Elles sont issues de différentes sources, bibliographie, inventaires occasionnels ou plus systématiques réalisés par des entomologistes sur l'ensemble de la Réserve ou sur certains secteurs. Ces données seront mises à profit lors de l'analyse et mise en perspective avec les résultats de la présente étude. La phase d'inventaire permet de réaliser à la fois une première évaluation et l'état initial centré sur les coléoptères saproxyliques.

L'objectif est de poser les bases d'un suivi long terme et de mettre à profit cette première phase d'inventaire pour révéler les espèces présentes dans la RNN.

Nous avons proposé un niveau de pression d'échantillonnage élevé avec 5 dispositifs qui offre une bonne vision de la faune et qui permet également de ne pas rendre la démarche trop sensible à la destruction accidentelle d'un ou deux dispositifs (événement météorologique, chute de branche ou d'arbre). Cette approche présente un cout d'inventaire plus élevé, même si une économie d'échelle est possible. Nous avons donc complété la proposition par une seconde modalité de pression, plus légère et classiquement mise en œuvre dans les inventaires, avec 2 dispositifs. Cette charge allégée est plus sensible aux aléas et moins puissante.

Le protocole proposé vise la comparabilité des stations en s'appuyant sur des pièges d'interception non amorcés et la répétition de l'échantillonnage spatialement et temporellement. Pour compléter la vision de la faune, en dehors d'une volonté de comparaison, nous avons mis en place une année des pièges à phéromones destinés aux longicornes. Les résultats de cette dernière méthode sera pris en compte uniquement dans l'analyse globale.

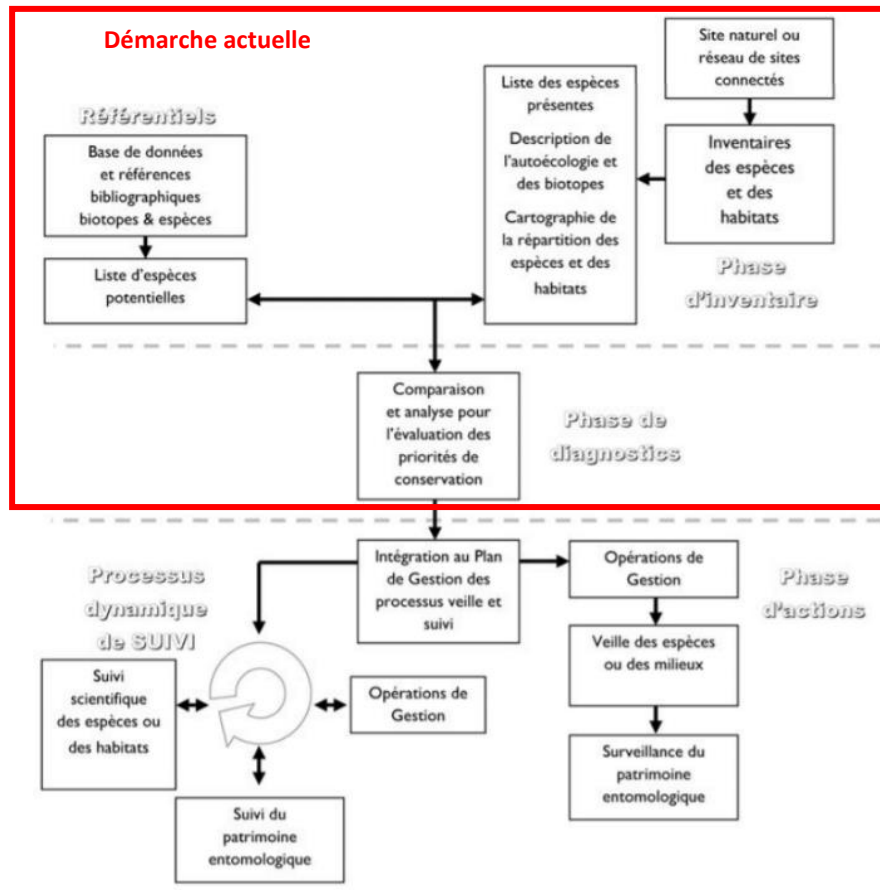


Figure 7 : schéma de l'intégration de la prise en compte de l'entomofaune dans la gestion des milieux. D'après HOUARD, 2010.

Durée de l'inventaire initial

Pour répondre aux besoins présents (état des lieux) et futurs (suivi et évolution de la composition faunistique), un inventaire sur les coléoptères doit être conduit pendant 3 années consécutives (PARMAIN et *al.*, 2013 ; MERIGUET et Speckens, 2023 ; MERIGUET et *al.*, 2022). Une telle durée s'explique par la nécessité de produire une liste robuste qui puisse révéler la diversité de la faune présente et non seulement les espèces les plus abondantes ou les plus rapide à détecter. L'inventaire doit s'affranchir des variations naturelles de l'échantillonnage :

1. Toutes les années ne se ressemblent pas, les conditions climatiques influencent très fortement les espèces qui sont plus ou moins actives, l'année 2020 semble avoir été une année particulièrement atypique avec un été particulièrement humide et peu propice à l'activité des insectes ;

2. Les populations d'insectes présentent des variations importantes d'effectifs d'une année sur l'autre indépendamment des conditions météorologiques ;
3. La non-détection d'une espèce, c'est-à-dire le fait de ne pas l'avoir observé, ne signifie pas qu'elle est absente d'un milieu. Il est nécessaire d'échantillonner plusieurs années ou de multiplier les occasions de rencontre (nombre de pièges) pour détecter les espèces les plus discrètes. Il est ainsi possible de prendre en compte les espèces rares (peu abondantes localement ou très localisées à un micro-habitat qu'il n'est possible de détecter que lors de leurs déplacements) et dans le cadre de l'analyse de se prononcer sur leur éventuelle absence.

La reconduction, au-delà de 3 années, permet toujours de continuer à consolider la connaissance de la faune d'un site, en particulier de détecter les espèces rares.

3.2 Matériel

3.2.1 Phase de terrain

3 méthodes de prospection ont été mises en œuvre.

Prospection à vue

Lors de la mise en place de l'étude et au cours de prospections spécifiques, les observations de coléoptères qui ont pu être identifiés ont été consignées.

Pièges à interception

La réalisation d'un inventaire des Coléoptères saproxyliques passe par l'utilisation de dispositifs de collecte automatique, tel que les pièges d'interception modèles Pimul ou Polytrap (Figure 8).

Le piège d'interception est disposé à proximité d'un arbre porteur de micro-habitats. Il collecte les Coléoptères circulants en vol, à la recherche de nourriture, d'un partenaire ou d'un site de ponte.

Lors de leur déplacement, ces derniers percutent un film transparent tendu verticalement et tombent dans l'entonnoir puis dans le flacon collecteur. Ce flacon contient une saumure qui assure leur bonne conservation jusqu'à la récolte avant l'identification en laboratoire. Ces dispositifs d'un coût modeste sont d'une grande facilité de mise en place et de récolte. Ils permettent une étude en continu tout au long de la belle saison. Leur efficacité est optimale pour l'inventaire des Coléoptères saproxyliques (BOUGET et NAGELEISEN 2009).



Figure 8 : photographie d'un Pimul en situation.

Les dispositifs doivent être actifs de la mi-avril à la fin juillet, cette période couvrant le pic d'activité des espèces de Coléoptères saproxyliques. En contexte montagnard, la période d'activité peut être décalée de mi-mai- à la fin août.

Les dispositifs de collecte nécessitent un suivi régulier. Idéalement, nous recommandons un relevé toutes les deux semaines afin de surveiller l'état du dispositif et de sécuriser la récolte des échantillons (risque de dégradation ou événement météorologique).

Pièges à phéromones

Des pièges d'interception noirs doublés de l'utilisation d'un mélange phéromones spécifiques à la famille des Longicornes ont aussi été mis en place à titre expérimental en 2021. Le dispositif capture les insectes hors liquide en les attirant grâce à un coton imbibé de phéromones (mélange INRAe 8) contenu dans un sachet et les euthanasient à l'aide d'un filet insecticide. Le coton et le filet insecticide sont changés toutes les deux semaines.



Figure 9 : photographie d'un piège à phéromone de longicorne en situation

Collecte des échantillons sur le terrain

Les échantillons issus des dispositifs ont été filtrés sur une passoire, transférés dans du papier absorbant, puis stockés dans un sachet rigoureusement étiqueté (Figure 10). Les sachets de récolte d'un relevé sont ensuite stockés dans un grand sachet de congélation annoté selon le projet et la date de relevé.

RNN Frankenthal-Missheimle
Relevé du 19/05/2020
+/- 1 jour
Mis place le 05/05/2020
Station : 1
PIMUL 1
Code parcelle 6080

Figure 10 : étiquette d'un sachet de récolte possédant toutes les informations accompagnant un échantillon.

3.2.2 Phase de laboratoire

Conservation des échantillons avant traitement

Les sachets de récoltes sont envoyés par colis postal au plus tard le lendemain du jour de récolte et stockés dans un congélateur avant la phase de tri et d'identification en laboratoire.

Tri et identification des individus

Le tri des échantillons est réalisé sous loupe binoculaire en milieu liquide. Les spécimens d'un même échantillon sont ensuite regroupés selon les besoins soit dans des piluliers contenant un mélange alcool à 70° + Monopropylène glycol 10% ; soit sur une couche de coton « couche entomologique » à sec.

Cette opération a été prise en charge par l'équipe de l'Opie (Bruno MÉRIGUET & Valentin SPECKENS).

L'identification des individus est réalisée par l'Opie (Bruno MÉRIGUET & Valentin SPECKENS) sous loupe binoculaire. La détermination des espèces se fait à l'aide d'une collection de référence, de clés de détermination, d'atlas, de documents techniques et de ressources internet.

3.3 Méthode

3.3.1 Choix des stations

L'ensemble des stations est localisé sur le territoire de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle.

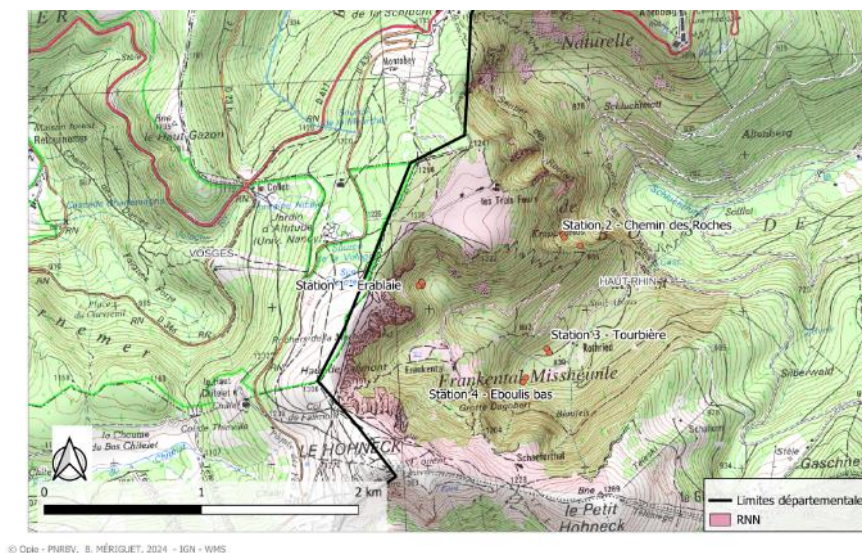


Figure 11 : localisation des dispositifs

Au cours d'une journée de terrain brumeuse (Figure 12), et sur la base de l'expérience des partenaires, **4 sites (Tableau 2) présentant des boisements avec différents faciès caractéristiques**

de la Réserve (maturité des arbres, densité d'arbres en particulier porteurs de micro-habitats) ont été retenus.

Les dispositifs ont été placés sur les arbres les plus favorables (fort diamètre, porteur de micro-habitats, ...) en essayant de couvrir la diversité des essences présentes sur une surface réduite. Les pièges se situent entre 25 et 50 mètres les uns des autres.

Tableau 2 : liste des stations et effort d'échantillonnage

	Station	Pimul	Pièges phéromones	Années de fonctionnement
Érablaie	1	5	0	2020-2022
Sentier des roches	2	2	1	2020-2021-2023
Tourbière	3	2	0	2020-2022-2023
Éboulis bas	4	2	0	2021-2022-2023



Figure 12 : ambiance forestière et brumeuse lors du choix et de la mise en place des dispositifs

3.3.2 Pression de prospection

Chaque site a été équipé de deux ou cinq pièges d'interception qui auront fonctionné au cours des 4 années (2020 à 2023), un piège à phéromone actif en 2021. Chaque site a été échantillonné pendant 3 années éventuellement par rotation afin de travailler à budget constant.

L'ensemble des dispositifs a fonctionné du 05/05/2020 au 28/07/2020, du 04/05/2021 au 13/07/2021, du 04/05/2022 au 27/07/2022 et du 02/05/2023 au 08/08/2023. Ils ont été relevés tous les 15 jours sous la coordination d'Arnaud FOLTZER et Emmanuelle HANS après une formation par l'équipe de l'Opie.

3.4 Conservation des données à long terme

Pour répondre au besoin de conservation des données, l'ensemble des observations va être déposé, à la précision maximale, dans la base de données du SINP national (INPN) et dans la base de données du PNRBV. Les données sont dotées d'un identifiant unique de type UUID permettant d'identifier des doublons et de retrouver une donnée dans la masse de toutes les autres informations concernant la biodiversité.

Cette étude devrait être mentionnée dans les documents officiels de la réserve pour pouvoir être retrouvée indépendamment des mémoires individuels.

3.5 Plan d'analyse des données

Les dispositifs de chaque site seront traités comme un ensemble afin de décrire la faune de chaque site et pour produire les états initiaux.

Les jeux de données utilisés dans les analyses s'appuient sur les espèces récoltées dans tous les types de pièges et dites d'identification constantes cf. Tableau 1 (par opposition aux espèces d'identifications délicates : Staphylinidae Pselaphinae, Scymnenidae, Cryptophagidae, Latridiidae, Ciidae, etc.).

Les résultats seront présentés sous forme d'un tableau de synthèse qui regroupera l'ensemble des données de la campagne. Un second tableau reprendra les principaux éléments par site.

La liste des espèces observées au cours de l'inventaire avec les éléments de patrimonialité et d'écologie est présentée à la suite.

Au cours de l'analyse des profils de chaque site et lors des comparaisons, nous utiliserons différents outils, présentés ci-après.

3.5.1 Evaluation de la qualité de prospection

Nous utilisons une **courbe d'accumulation (interpolation et extrapolation INext) pour apprécier la qualité de la détection** des espèces au fur et à mesure du temps sur les 3 années.

INext permet d'estimer différents indicateurs de richesse spécifique d'un jeu de données. Nous l'appliquons dans cette étude sur un site en cumulant les données par année pour apprécier l'évolution de la richesse spécifique cumulée observée. L'analyse peut se faire sous R grâce au package *INext*¹ (CHAO et al., 2016) ou en ligne.

Cette approche est doublée de l'**analyse de la couverture d'échantillonnage (CE)** ou couverture d'échantillon, **indicateur permettant d'apprécier objectivement la puissance de la prospection** et de comparer les résultats de pression d'inventaire non homogène.

Cet indicateur a été développé à l'origine par Alan Turing et I.J. Good dans leur analyse cryptographique pendant la Seconde Guerre mondiale par le fondateur de l'informatique moderne, Alan Turing, et par son collègue I. J. Good (GOOD 1953, 2000). Il s'agit d'une mesure de l'exhaustivité de l'échantillon, qui donne (dans le contexte de l'étude) la proportion du nombre total d'individus d'une communauté qui appartiennent aux espèces représentées dans l'échantillon (JOST & CHAO, 2012).

La couverture d'échantillonnage est un indice qui évalue la probabilité de détecter une espèce déjà connue lors d'une étape d'amélioration des connaissances (séquence de collecte ou capture d'un

¹ http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/

individu supplémentaire). Il n'y a pas de seuil de référence pour considérer qu'un inventaire est satisfaisant, cependant lorsque la couverture atteint 0,95 cela signifie qu'un individu sur 20 appartient statistiquement à une nouvelle espèce. Nous retiendrons ce seuil comme valeur *minima* en deçà de laquelle il est délicat de comparer les listes obtenues, en particulier en ce qui concerne les espèces rares.

Dans la pratique il faut classiquement 3 années pour l'atteindre cette valeur sur de petites surfaces, et lorsqu'elle est atteinte plus rapidement, le nombre d'espèce détectée à l'issue des 3 années est généralement supérieur à ce qui était attendu les premières années.

La couverture d'échantillonnage permet de comparer différents jeux de données d'inventaire en appréciant la richesse spécifique pour une même valeur de couverture, rendant les comparaisons légitimes et objectives (JOST & CHAO, 2012).

Une évaluation de l'amélioration des connaissances après la première année est réalisée pour chaque site.

3.5.2 Espèces typiques et rares

INext (Interpolation et EXTrapolation) (HSIEH et *al.*, 2016) permet aussi d'identifier les espèces typiques (abondantes) et les espèces rares.

L'arrière-plan méthodologique est du domaine de la biostatistique, duquel il faut retenir que les nombres de HILL (1973) (Figure 13) rendent compte de manière consensuelle de différents indices de biodiversité (ELLISON, 2010). Le paramètre **q** détermine la sensibilité de la mesure à l'abondance des espèces.

$${}^qD = \left(\sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

Figure 13 : équation définissant la mesure **D** de HILL (1973). **S** correspond au nombre d'espèces, **P** à l'abondance relative d'une espèce **i** donnée dans le système étudié et **q** est un coefficient entier compris entre 0 et 2.

Définition des différents indices (**^qD**) en fonction de **q** :

Si **q=0**, alors **⁰D** est simplement la **richesse spécifique**, qui compte les espèces de manière égale sans tenir compte de leurs abondances relatives.

Si **q=1**, alors **¹D** comptent les individus de manière égale (c'est l'exponentielle de l'indice de Shannon, appelé **diversité de Shannon**) (Chao et *al.*, 2014) et dénombre les espèces en proportion de leur abondance. **¹D** peut être interprétée comme le **nombre effectif d'espèces typiques** dans l'assemblage.

Si **q=2**, alors **²D** est appelée **diversité de Simpson** et peut être interprétée comme le **nombre effectif d'espèces dominantes** dans l'assemblage.

Autrement formulé :

2D indique le nombre d'espèce typiques et dominantes,

1D le nombre d'espèces typiques dominantes et non-dominantes,

0D est la somme du nombre d'espèce dominantes, d'espèces typiques et d'espèces rares (soit l'ensemble des espèces).

Pour obtenir les valeurs qui nous intéressent directement il faut combiner ces indices :

Nb. d'espèces typique dominantes = 2D

Ce sont les espèces qui constituent la base de la faune locale d'une station.

Nb. d'espèce typique non-dominantes = $^1D - ^2D$

Ce sont les espèces qui devraient pouvoir être retrouvées avec un effort modéré

Nb d'espèces rares = $^0D - ^1D$

Ces espèces nécessitent un effort particulier et leur détection n'est pas systématique.

Nous utilisons les espèces typiques pour mener la comparaison entre les sites. En excluant les espèces rares, nous nous affranchissons de la difficulté de leur détection, rendant ainsi la comparaison temporelle équitable.

Pour identifier ces espèces typiques, nous nous basons sur l'abondance moyenne relative des espèces. Nous établissons un classement des espèces pour les répartir dans les différentes catégories (ARROYO-RODRIGUEZ *et al.*, 2013). Un ajustement de la répartition des espèces est réalisé quand le modèle propose de mettre dans deux groupes différents des espèces qui ont les mêmes abondances relatives moyennes. Les espèces avec la même abondance dans un site donné seront attribuées à la même catégorie. L'ajustement est également réalisé en minimisant le nombre d'espèces à inclure ou à exclure.

Seules les données de coléoptères saproxyliques issus des pièges d'interception seront utilisés.

3.5.3 Espèces à enjeux et patrimoniales

Pour chaque site, nous préciserons les enjeux associés aux espèces présentes en mettant en avant les espèces qui figurent dans les listes de référence ou à dire d'expert

- Espèces des annexes II et IV de la Directive Habitats Faune Flore (Natura 2000) ;
- Espèces protégées à l'échelle nationale ;
- Espèces déterminantes de Znieff pour la région Grand-Est ;
- Espèces menacées à l'échelle européenne issues des évaluations Liste Rouge (CALIX *et al.* 2018) ;

- Patrimonialité des espèces de coléoptères saproxyliques évaluée dans le cadre du projet FRISBEE (BOUGET et *al.*, 2019) cf. infra. ;
- Espèces indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est (ECKET et *al.* 2017) ;
- Espèces à haute valeur patrimoniale (localisées ou à écologie remarquable).

En complément des éléments de patrimonialité, nous complétons la description de chacun des sites par des éléments relatifs :

- A la diversité des **espèces boréo-alpines**
- Aux **espèces de coléoptères saproxyliques introduites** en France depuis moins d'un siècle, l'examen de la liste de ces espèces (BOUGET et *al.*, 2019) permet d'apprécier le degré de perturbation de l'écosystème et la « résistance /résilience » de ce dernier à leur présence
- A la **diversité des espèces originales** (uniques) pour le site
- A la diversité des scolytes et de leurs prédateurs, comme un indicateur de complexité écologique ou de perturbation des écosystèmes.

Ainsi un profil écologique relativement exhaustif de chaque parcelle sera disponible.

3.5.4 Patrimonialité des espèces de coléoptères saproxyliques

Les Coléoptères saproxyliques par leur dépendance aux milieux, aux micro-habitats, aux autres espèces saproxyliques, constituent d'excellents bioindicateurs de la qualité des milieux forestiers. Jusqu'en 2018, nous nous appuyions sur un référentiel de 300 espèces utilisable pour caractériser une forêt française (BRUSTEL, 2004). Dans ce référentiel, pour chaque espèce était défini un indice de patrimonialité (Ip) qui tient compte de la rareté de l'espèce dans les échantillonnages (en fonction de leur origine géographique) et un indice fonctionnel de saproxylation (If) qui exprime les exigences écologiques de l'espèce. Les récents travaux de synthèse (BOUGET et *al.*, 2019) conservent une grande part de cette approche et actualisent l'évaluation de la rareté des espèces (Ip) pour l'ensemble des espèces de la faune française. La réévaluation des Ip a entraîné la rétrogradation de plusieurs espèces Ip=4 de la liste BRUSTEL (2004) vers des Ip=3.

L'indice de patrimonialité est fondé sur la distribution des espèces sur le territoire et se répartit toujours en 4 classes qualitatives :

- Ip1 – « pour les espèces communes et largement distribuées (faciles à observer) » ;
- Ip2 – « pour les espèces toujours rencontrées en faible densité mais largement distribuées, ou localisées dans quelques régions seulement mais éventuellement localement abondantes (difficiles à observer) » ;
- Ip3 – « pour les espèces rares et sporadiques, localisées et jamais abondantes (demandant en général des efforts d'échantillonnage spécifiques) » ;

- Ip4 – « Pour les espèces très rares, connues de moins de cinq localités actuelles ou contenues dans un seul département en France (ou de quelques dizaines d’individus depuis un siècle) » ;
- Les espèces introduites et naturalisées depuis moins d’un siècle ne sont pas accompagnées d’un indice de patrimonialité, noté alors « NN ».

3.5.5 Evaluation patrimoniale des forêts

L’évaluation patrimoniale des forêts initiée par PARMAIN (2009) proposait de dépasser le simple décompte des espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers. Cette approche s’appuyait sur les travaux de BRUSTEL (2004) et n’est pas encore réévaluée au niveau national pour pouvoir être appliquée *in extenso* aux travaux coordonnés par Bouget (2019). L’esprit de la démarche peut cependant être conservé. Cette approche nécessite de disposer de listes d’espèces présentes sur plusieurs sites. Elle comprend deux phases : l’évaluation de la **classe de patrimonialité** et le calcul de la **valeur de patrimonialité**.

3.5.5.1 Valeur patrimoniale

La valeur patrimoniale (Vp) d’un site est constituée, pour un site, de la somme des indices de patrimonialité des espèces avec les Ip 1, 2 & 3 connus en son sein.

La classe de patrimonialité peut être vue comme une approximation des enjeux associés aux coléoptères saproxyliques. Cette approche permet, sous conditions, de comparer les sites entre eux.

3.5.5.2 Classe de patrimonialité

La classe de patrimonialité permet de formaliser un degré de responsabilité des gestionnaires dans la préservation de la faune présente dans une forêt au regard des enjeux nationaux. Trois classes sont définies :

Classe 1 : aucune espèce Ip4 : forêt à intérêt patrimonial faible à fort à l’échelle nationale ;

Classe 2 : une à trois espèces Ip4 : forêt à intérêt patrimonial très fort à l’échelle nationale ;

Classe 3 : plus de trois espèces Ip4 : forêt à intérêt patrimonial exceptionnel (« point chaud ») à l’échelle nationale.

Chaque site sera évalué selon cette méthodologie.

3.5.6 Comparaison spatiale ou temporelle

Pour réaliser la comparaison entre deux sites ou entre deux inventaires réalisés sur un même site, nous nous appuyons sur différents outils d'écologie numérique. L'objectif final est de pouvoir mettre en évidence et qualifier les différences du point de vue de l'évolution de la faune et de ses traits de vie.

Nous avons retenu 2 indicateurs de biodiversité classiques :

- L'analyse des similarités de composition faunistique (Anosim) ou une représentation graphique (NMDS) des compositions faunistiques des différents sites,
- Les indicateurs de diversité qD (nombre de Hill) repris dans le cadre méthodologique de l'outil d'analyse de la diversité des espèces (INext -INterpolation et EXTrapolation) (CHAO et *al.* 2014, HSIEH et *al.*, 2016).

Ces deux outils ont été proposés dans des analyses temporelles des communautés écologiques récemment publiées (QUINTO et *al.* 2023, MORENO et *al.* 2017, BOUGET 2005b). Ces outils permettent d'avoir une vision d'ensemble des résultats et structurer les démarches de l'analyse comparative temporelle qui permettra de suivre l'évolution de l'entomofaune.

La description des différences de composition faunistique entre 2 sites ou entre 2 séquences d'inventaire (t_0 versus t_0+x), en révélant par exemple comment les exigences écologiques des espèces dominantes ont évolué.

Cette partie est présentée en anticipation de la reconduction de l'étude. La comparaison entre deux sites si elle permet de créer une perspective présente également un biais cognitif comme celui de décrire deux objets qui ne sont pas équivalents au départ. Il y a peu de différences entre la comparaison spatiale et la comparaison temporelle du point de vue de la méthode, c'est l'interprétation de la comparaison spatiale qui ne permet pas d'être certain que les différences observées sont le résultat des conditions récentes. La comparaison temporelle se fait entre deux moments donnés sur un même site, l'historique est le même. Seul le temps écoulé, l'évolution des milieux et la gestion constituent les variables du changement.

3.5.7 Scénario d'analyse de comparaison ou d'évolution de la composition faunistique

Les résultats actuels constituent un état initial d'inventaire (t_0).

Les études futures, réalisées dans un pas de temps restant à définir, auront pour objectif de comparer leurs résultats (t_0+x) avec un état initial (t_0) pour décrire et comprendre l'évolution de la communauté.

3.5.7.1 Approche graphique

La proximité des compositions faunistiques de chaque site sera représentée sous forme d'une projection graphique explicite dite nMDS (non-Metrical Multidimensional Scaling). Les compositions faunistiques observées de chaque dispositif X année sont projetées dans un espace graphique qui permet de représenter la position relative de chacun d'entre eux. Le barycentre et la périphérie de chaque site est représenté par une couleur. La disposition des barycentres et l'emprise globale permet d'apprécier la proximité des sites entre eux (Figure 38).

Cette approche graphique peut être complétée par une analyse des similarité (Anosim) pour tester statistiquement si la composition faunistique entre 2 stations est significativement différente. Cette approche ne nous semble pas informative dans le cadre de cet inventaire mais pourra être entreprise lors de la reconduction ultérieure de l'étude pour comparer l'évolution des sites.

3.5.7.2 Comparaison de l'évolution de la composition faunistique et des traits de vie

L'effort fourni pour le présent inventaire constitue une base solide pour un suivi dans le temps. Il nous semble nécessaire de présenter une piste pour la comparaison dont le résultat sera interprétable aussi bien en termes de modification de la faune qu'en terme de modification du milieu au travers des exigences écologiques des espèces.

Une comparaison de l'évolution de la composition faunistique sous l'angle fonctionnel (évolution des exigences écologiques des espèces présentes) sera conduite selon la Figure 14 ci-dessous. Elle s'inspire et s'appuie à la fois sur des outils d'analyse qui permettent d'identifier les espèces typiques (INext) vu précédemment. Il sera également possible dans le cadre d'une comparaison temporelle de prendre appui sur la méthodologie Syrph-the-Net (JOCELYN & VANAPPELGHEM 2017 ; VANAPPELGHEM *et al.*, 2020) pour les stratégies de comparaison. Les informations disponibles sur les traits de vie des coléoptères saproxyliques sont issues de BOUGET *et al.* 2019.

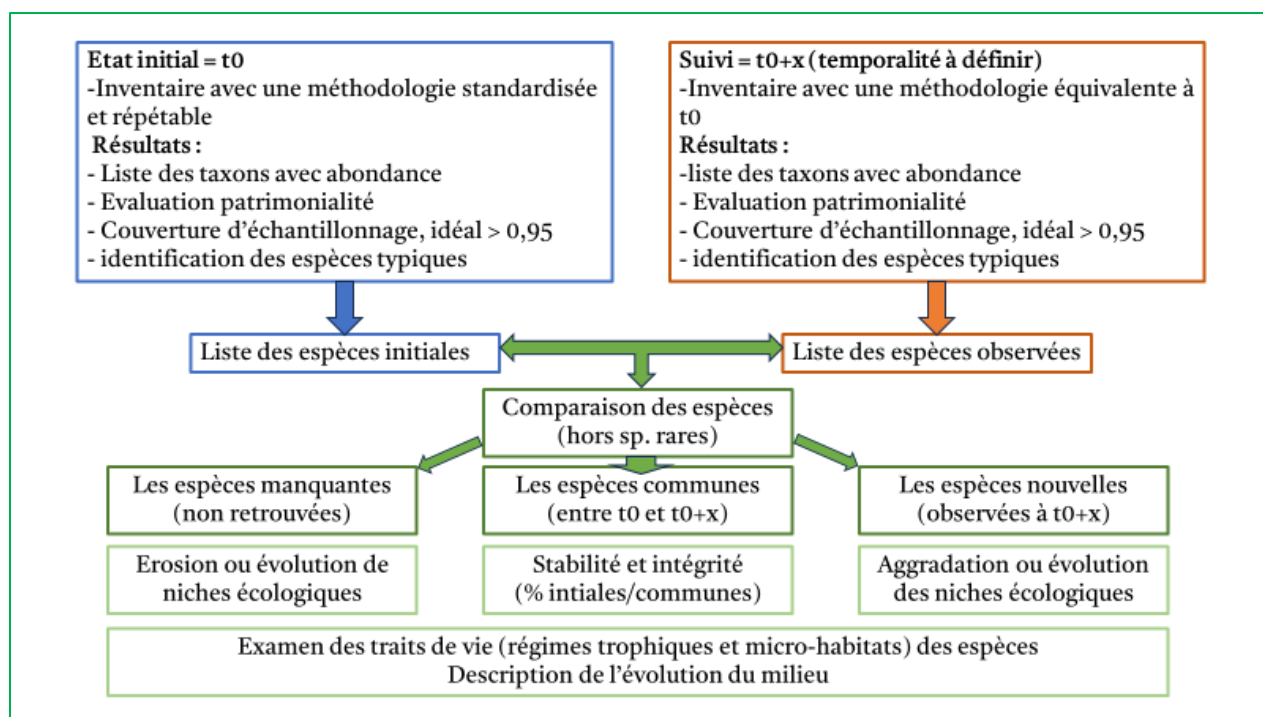


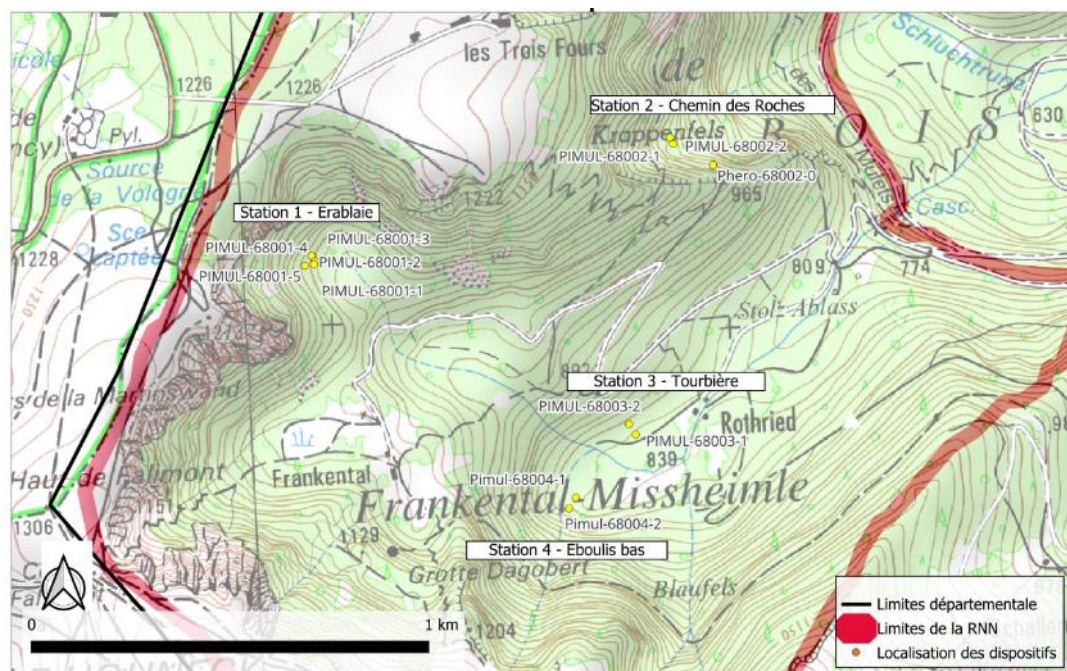
Figure 14 : organigramme de comparaison de l'évolution de la composition faunistique à t0+x.

Du point de vue méthodologique, la comparaison spatiale et la comparaison temporelle entre deux stations pourrait être réalisée de la même manière. Nous nous proposons de faire une analyse entre 2 sites à titre de démonstration de la méthode, ne disposant pas d'un jeu de données d'une même station à 2 périodes différentes. Nous allons donc mener une comparaison entre deux sites à titre d'exemple.

Nous avons choisi de prendre en compte les traits de vie considérés comme certains. Les espèces dont une caractéristique est soumise à un doute, elle ne sera pas prise en compte, ce qui explique que le nombre de taxons dans le tableau ci-dessous peut être inférieur au nombre d'espèces concernées.

4. Présentation des sites

Les sites sont numérotés de 1 à 4 afin d'éviter des confusions avec un autre projet d'inventaire des coléoptères saproxyliques également réalisé pour le compte du PNRBV².



© Opie - PNRBV, B. MÉRIGUET, 2024 - IGN - WMS

Figure 15 : localisation des 4 sites étudiés

² MÉRIGUET B. & SPECKENS V., 2024. Étude des coléoptères saproxyliques des îlots de sénescence en contexte Natura 2000 dans le Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges. FR4112003 - Massif vosgien, FR4211807 - Hautes-Vosges, Haut-Rhin, FR4202002 - Vosges du sud. Rapport 2021-2023 Rapport d'étude. 160 p + annexes.

4.1.1 Erablaie de pente – site n° 1

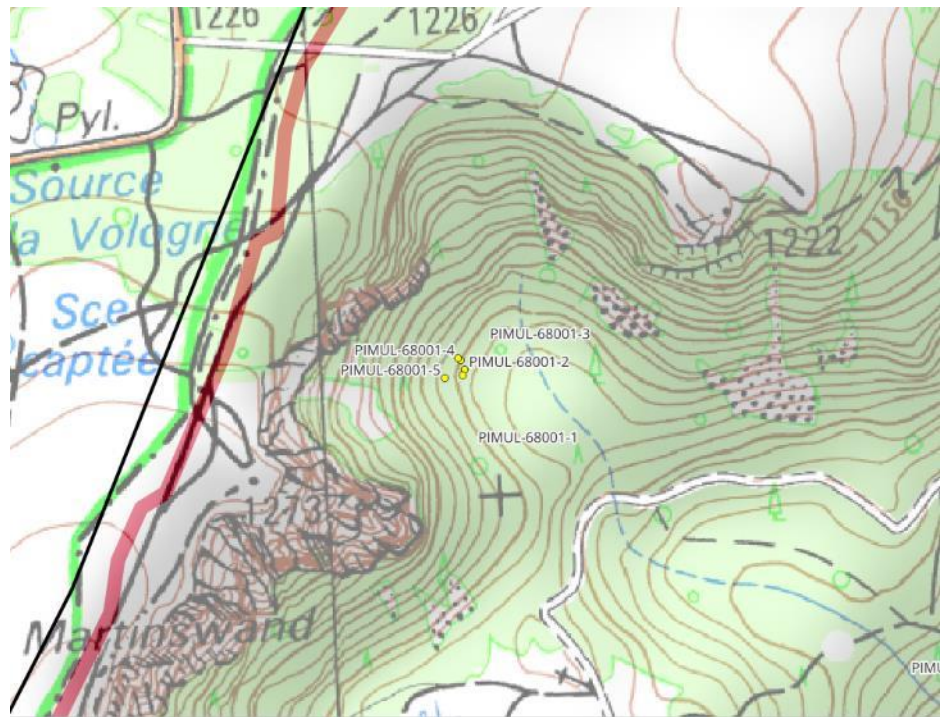


Figure 16 : situation et localisation des dispositifs du site 1

Typologie description du boisement : Situé à 1 100 m d'altitude dans l'un des secteurs reculés de la réserve. Les pièges ont été disposés dans un éboulis modérément actif d'exposition sud sud-est où poussent de nombreux érables, en situation de pente très marquée. Les avalanches exercent une forte pression sur les arbres dont nombreux sont morts ou mourant.

Dispositifs mis en œuvre : 5 pièges d'interception 3 ans (2020-2022)

Localisation des dispositifs :

Tableau 3 localisation des dispositifs de l'érablaie.

	X	Y
Erablaie 11	999340	6779581
Erablaie 12	999342	6779588
Erablaie 13	999337	6779600
Erablaie 14	999334	6779602
Erablaie 15	999317	6779577

Photo de contexte et des dispositifs

		
		
Dispositifs 1-1	Dispositifs 1-2	Dispositifs 1-3
		
Dispositifs 1-4	Dispositifs 1-5	

Commentaires : la position des dispositifs est approximative dans la mesure où la forte pente influence les coordonnées relevées au GPS.

4.1.2 Le sentier des Roches – site n° 2

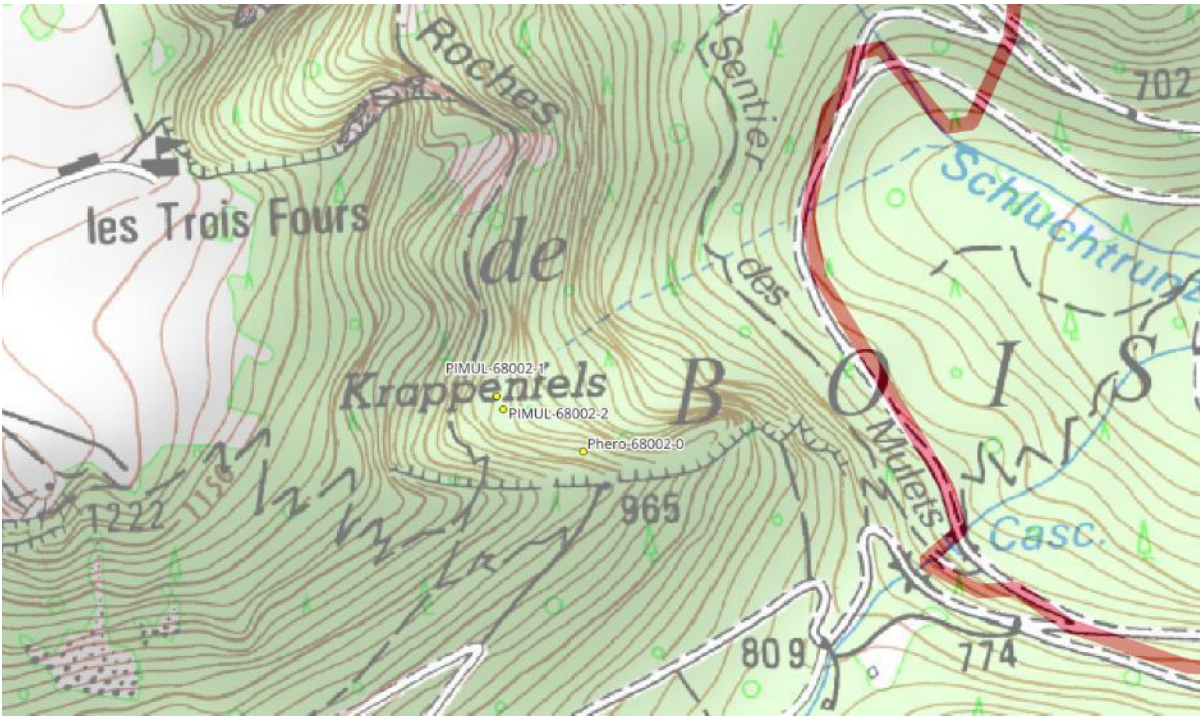


Figure 17 : situation et localisation des dispositifs de la station 2

Typologie description du boisement : Situé à 965 m d’altitude sous le sentier des Roches, cette station exposée à l’est est en situation très pentue. Les épicéas et les érables sycomores sont les principales essences. Les épicéas âgés et de très grandes dimensions, sont nombreux à être mort ou mourant. Le mécanisme à l’œuvre fait intervenir plusieurs étapes dont la première est liée aux modifications des conditions climatiques. Les arbres en situation de stress physiologique et ne sont alors plus en mesure de se défendre contre les scolytes. Ces derniers pondent sous les écorces entraînant une mortalité anticipée. Les dispositifs ont été disposés sur les deux essences principales.

Dispositifs mis en œuvre : 2 pièges d’interception 3 ans (2020-2021-2023) – 1 piège à phéromone en 2021

Localisation des dispositifs :

Tableau 4 : localisation des dispositifs du sentier des Roches

	X	Y
Sentier des Roches phéro	1000345	6779831
Sentier des Roches 2-1	1000236	6779900
Sentier des Roches 2-2	1000244	6779884

Photo de contexte et des dispositifs

		
		
Sentier des Roches phéro 2-0	Sentier des Roches 2-1	Sentier des Roches 2-2

Commentaires : la position des dispositifs est approximative dans la mesure où la forte pente influence les coordonnées relevées au GPS.

4.1.3 Tourbière du Rothried– site n°3



Figure 18 : situation et localisation des dispositifs des sites 3 et 4

Typologie description du boisement : Situé au fond d’un cirque glaciaire, le boisement étudié s’est développé sur une tourbière en cours d’atterrissement. Les épicéas sont à priori en situation naturelle dans ce boisement.

Dispositifs mis en œuvre : 2 pièges d’interception 3 ans (2020-2022-2023)

Localisation des dispositifs

Tableau 5 : localisation des dispositifs de la tourbière

	X	Y
Tourbière 3-1	1000150	6779152
Tourbière 3-2	1000133	6779178

Photo de contexte et des dispositifs

	
	
Dispositif 3-1	Dispositif 3-2

4.1.4 Eboulis bas – site n° 4

Typologie description du boisement : Située non loin de la tourbière (Figure 18), cette station est exposée plein Est et présente des arbres dispersés entre les blocs rocheux, principalement des érables sycomores exposés aux coulées de neige et avalanches.

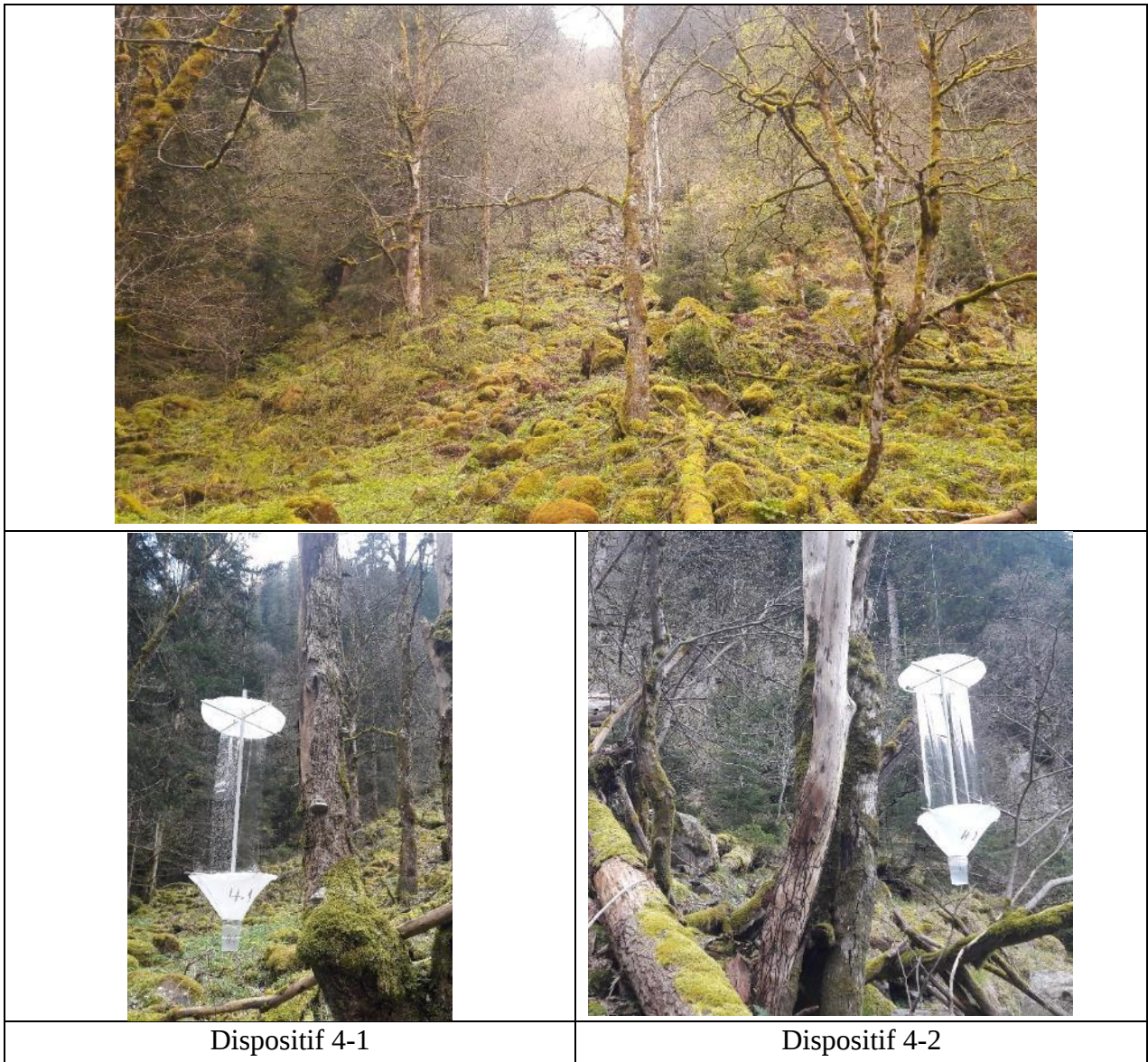
Dispositifs mis en œuvre : 2 pièges d’interception 3 ans (2021-2022-2023)

Localisation des dispositifs :

Tableau 6 : localisation des dispositifs de l’éboulis bas

	X	Y
Eboulis 4-1	999982	6778966
Eboulis 2-2	999999	6778993

Photo de contexte et des dispositifs



5. Résultats

5.1 Bilan de la campagne

5.1.1 Tableau de synthèse

Tableau 7 : synthèse de la campagne entomologique 2020-2023 pour l'ensemble des sites de la réserve

Lieu-dit		Année d'étude : 2020-2023	
Réserve naturelle du Frankenthal-Missheimle			
Département			
Haut Rhin			
Communes		Nb de date de collecte	26
Stosswihr		Première collecte	05/05/2020
		Dernière collecte	08/08/2023
		Nb de points d'observation	13
		Nb de spécimens collectés	8 695
		Nb d'observations	2 434
		Nb taxon contactés	242
		Nb d'espèces dét. de Znieff	26
		Nb d'espèces saproxyliques	189
		Nb d'espèces Liste Brustel-2004	34
		Nb d'espèces protégées régionales	0
		Nb d'espèces protégées nationales	0
Collecteurs			
FOLTZER Arnaud & HANS Emmanuelle			
MERIGUET Bruno			
Identificateurs			
MERIGUET Bruno			
SPECKENS Valentin			
HARINCK Fanny			
Méthodes d'inventaire		Éléments attractifs	
A vue			
Multifunnel noir		Mélange phéromones INRAE #8 (eau, sel, détergent)	
Pimul		Aucun (eau, sel, détergent)	

5.1.2 Bilan par site

Tableau 8 : synthèse détaillée par site

	Ensemble des sites	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas
Nb de dispositif (Pimul)	11 (+1 phéro)	5	2 (+ 1 phéro)	2	2
Nb de spécimens de coléoptères	8 685	3385	2581	1141	1472
Nb de spécimens saproxyliques	7 308	2735	2115	1093	1251
Nb espèces coléoptères	242	163	117	114	132
Nb espèces saproxyliques	189	134	95	102	107
Espèces des annexes II et IV de la DHFF	-	0	0	0	0
Espèces protégées à l'échelle nationale	-	0	0	0	0
Nb espèces évaluées liste rouge Europe	52	38	21	29	34
Nb espèces catégorie VU	0	0	0	0	0
Nb espèces saproxyliques rares (IP3 et 4 *)	24	14*	10	14	8
Nb espèces Det. ZNIEFF	26	21	10	18	14
Nb espèces saprox. introduites	1	1	0	0	0
Nb espèces indicatrices de forêts anciennes	2	0	2	1	0
Nb espèces montagnardes/ boréo- alpines	39	27	18	21	22

5.1.3 Liste des espèces

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des 318 espèces observées dans le cadre de cette étude. L'ensemble des observations est fourni en complément de ce rapport et transmises au format ad hoc pour une intégration dans la base de données du parc.

Les intitulés des colonnes sont les suivants :

CD_NOM : code de l'espèce dans le référentiel Taxref V17 de l'INPN.

Nom Famille : nom scientifique de la famille.

Nom scientifique : nom complet valide de l'espèce. Les anciens noms et les synonymes peuvent être retrouvés dans Taxref.

Dénombrement dans chacun des ilots : effectifs observés.

Det. Znieff : valeur Vrai si l'espèce est considérée comme déterminante de Zone d'intérêt écologique, faunistique et floristique pour la région concernée.

Régime trophique : Zoo : Zoophage, Myc : Mycétophage, Sap : Saprophage, Sxy : Saproxylophage, Xyl : Xylophage, Rhizo : Rhizophage (Bouget et al. 2019)

Ip : Indice de patrimonialité des coléoptères saproxyliques sur une échelle de 1 à 4 (§ 3.5.3). Les espèces introduites ne sont pas évaluées (Bouget et al. 2019).

Statut saprox. : indice de patrimonialité exprimé sous forme de 3 catégories : les espèces communes (Ip=1 et Ip=2), les espèces rares (Ip=3 et Ip=4) et les espèces introduites. Les espèces sans note sont à priori des espèces non saproxyliques (Bouget et al. 2019).

Liste rouge Europe : statut UICN des espèces observées selon la liste rouge européenne (Cálix & al. 2018).

Relictuelle : espèce considérée strictement (1) ou plus largement (2) comme caractéristique des vieilles forêts d'Europe centrale (Eckelt et al., 2017).

Boréo alpine : espèce considérée à dire d'expert (Tronquet, 2014, Openobs) comme liée à des conditions montagnardes.

Les espèces mentionnées en gras font l'objet d'une fiche espèce (voir chapitre 6).

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

Tableau 9 : liste des taxons observés sur les sites étudiés

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erable de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det ZhiEFF	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l'Europe de l'Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
238962	Aderidae	Euglenes pygmaeus (De Geer, 1775)	1	0	1	0	0							3	rar		Sxy
234619	Anthribidae	Anthribus nebulosus Forster, 1770	12	12	0	0	0							2	com		Zoo
11323	Buprestidae	Anthaxia godeti Gory & Laporte de Castelnau, 1839	1	0	1	0	0							1	com		Xyl
222190	Byturidae	Byturus ochraceus (Scriba, 1790)	1	1	0	0	0										
11571	Cantharidae	Cantharis nigricans (O.F. Müller, 1776)	1	1	0	0	0										
11578	Cantharidae	Cantharis rustica Fallén, 1807	1	1	0	0	0										
222282	Cantharidae	Cantharis tristis Fabricius, 1798	1	0	0	0	1									X	
11556	Cantharidae	Podabrus alpinus (Paykull, 1798)	2	0	0	2	0									X	
222418	Carabidae	Acupalpus exiguus Dejean, 1829	1	0	1	0	0										
9217	Carabidae	Amara ovata (Fabricius, 1792)	1	0	0	0	1										
8369	Carabidae	Carabus auronitens Fabricius, 1792	5	2	0	3	0										
9423	Carabidae	Dromius agilis (Fabricius, 1787)	4	3	0	0	1							1	com		Zoo
9300	Carabidae	Harpalus attenuatus Stephens, 1828	4	3	1	0	0										
8838	Carabidae	Platynus assimilis (Paykull, 1790)	1	0	0	0	1										
8712	Carabidae	Tachyta nana (Gyllenhal, 1810)	1	1	0	0	0							1	com		Zoo
8254	Carabidae	Trichotichnus nitens (Heer, 1837)	2	0	0	2	0									X	
12236	Cerambycidae	Alosterna tabacicolor (De Geer, 1775)	27	16	4	0	7					LC		1	com		Xyl
11744	Cerambycidae	Anaglyptus mysticus (Linnaeus, 1758)	1	0	1	0	0					LC		2	com		Xyl
12282	Cerambycidae	Anastrangalia dubia (Scopoli, 1763)	1	0	0	0	1					LC		1	com		Xyl
12380	Cerambycidae	Clytus arietis (Linnaeus, 1758)	6	5	0	0	1					LC		1	com		Xyl
12385	Cerambycidae	Clytus lama Mulsant, 1847	2	1	1	0	0	X				LC		2	com	X	Xyl
223179	Cerambycidae	Gaurotes virginea (Linnaeus, 1758)	3	0	0	1	2							2	com	X	Xyl

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
12232	Cerambycidae	Grammoptera ruficornis (Fabricius, 1781)	2	0	0	0	2					LC		1	com		Xyl
223074	Cerambycidae	Leiopus nebulosus (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0	0							1	com		Xyl
223130	Cerambycidae	Molorchus minor (Linnaeus, 1758)	11	0	9	1	1					LC		2	com		Xyl
223132	Cerambycidae	Obrium brunneum (Fabricius, 1792)	60	0	47	1	12					LC		2	com		Xyl
12211	Cerambycidae	Oxymirus cursor (Linnaeus, 1758)	6	1	0	5	0					LC		3	rar		Xyl
12261	Cerambycidae	Pachytodes cerambyciformis (Schrank, 1781)	2	0	0	0	2					LC		1	com		Xyl
12360	Cerambycidae	Phymatodes testaceus (Linnaeus, 1758)	8	1	0	0	0					LC		1	com		Xyl
223174	Cerambycidae	Pidonia lurida (Fabricius, 1792)	4	1	0	1	2					LC		3	rar	X	Xyl
223081	Cerambycidae	Pogonocherus hispidulus (Piller & Mitterpacher, 1783)	1											2	com		Xyl
223079	Cerambycidae	Pogonocherus ovatus (Goeze, 1777)	1											2	com		Xyl
12357	Cerambycidae	Pyrrhidium sanguineum (Linnaeus, 1758)	39	1	0	0	0					LC		1	com		Xyl
12205	Cerambycidae	Rhagium bifasciatum Fabricius, 1775	4	0	1	2	1					LC		2	com		Xyl
12206	Cerambycidae	Rhagium inquisitor (Linnaeus, 1758)	5	5	0	0	0					LC		1	com		Xyl
12207	Cerambycidae	Rhagium mordax (De Geer, 1775)	20	11	2	5	2					LC		2	com		Xyl
223152	Cerambycidae	Rutpela maculata (Poda, 1761)	4	3	1	0	0					LC		1	com		Xyl
12492	Cerambycidae	Stenostola dubia (Laicharting, 1784)	1	0	0	0	1							2	com		Xyl
223151	Cerambycidae	Stenurella sennii Sama, 2002	1	1	0	0	0							2	com		Xyl
794810	Cerambycidae	Stictoleptura maculicornis (De Geer, 1775)	7	6	0	0	1					LC		2	com	X	Xyl
12314	Cerambycidae	Tetropium castaneum (Linnaeus, 1758)	11	3	6	2	0					LC		2	com		Xyl
223148	Cerambycidae	Tetropium fuscum (Fabricius, 1787)	2	1	0	1	0					LC		3	rar		Xyl
223147	Cerambycidae	Tetropium gabrieli Weise, 1905	1	0	0	1	0							3	rar		Xyl
278696	Cerylonidae	Cerylon fagi C. Brisout de Barneville, 1867	49	11	5	17	16							2	com		Myc
223196	Cerylonidae	Cerylon ferrugineum Stephens, 1830	169	35	11	59	64							1	com		Myc

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erable de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l'Europe de l'Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
11096	Cerylonidae	Cerylon histeroides (Fabricius, 1792)	85	13	9	25	38							1	com		Myc
241401	Chrysomelidae	Goniocetena quinquepunctata (Fabricius, 1787)	7	5	0	0	2									X	
306063	Cleridae	Clerus mutillarius Fabricius, 1775	1											1	com		Zoo
11867	Cleridae	Thanasimus formicarius (Linnaeus, 1758)	24	5	15	0	2							1	com		Zoo
11858	Cleridae	Tillus elongatus (Linnaeus, 1758)	10	5	0	0	5							1	com		Zoo
11186	Coccinellidae	Anatis ocellata (Linnaeus, 1758)	2	1	1	0	0										
239131	Coccinellidae	Aphidecta oblitterata (Linnaeus, 1758)	6	0	2	1	3										
239128	Coccinellidae	Calvia quatuordecimguttata (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0	0										
11197	Coccinellidae	Halyzia sedecimguttata (Linnaeus, 1758)	2	0	1	0	1										
459325	Coccinellidae	Harmonia axyridis (Pallas, 1773)	1	0	0	0	1										
234811	Cryptophagidae	Antherophagus pallens (Linnaeus, 1758)	1	0	1	0	0										
234818	Cucujidae	Pediacus dermestoides (Fabricius, 1792)	1	0	0	1	0	X				DD		2	com		Zoo
12942	Curculionidae	Anisandrus dispar (Fabricius, 1792)	2	1	1	0	0							1	com		Xyl
242190	Curculionidae	Cossonus parallelepipedus (Herbst, 1795)	6	0	0	6	0							2	com		Xyl
792965	Curculionidae	Cryphalus asperatus (Gyllenhal, 1813)	57	40	10	2	4							1	com		Xyl
242260	Curculionidae	Cryphalus piceae (Ratzeburg, 1837)	366	241	54	11	59							1	com		Xyl
242261	Curculionidae	Crypturgus cinereus (Herbst, 1793)	134	110	16	5	2							1	com		Xyl
242265	Curculionidae	Crypturgus pusillus (Gyllenhal, 1813)	51	14	26	6	5							1	com		Xyl
12928	Curculionidae	Dendroctonus micans (Kugelann, 1794)	10	0	0	10	0							2	com		Xyl
242272	Curculionidae	Dryocoetes autographus (Ratzeburg, 1837)	260	40	134	25	61							1	com		Xyl
242273	Curculionidae	Dryocoetes hectographus Reitter, 1913	3	2	1	0	0							2	com	X	Xyl
242275	Curculionidae	Dryocoetes villosus (Fabricius, 1792)	2	1	0	0	1							1	com		Xyl
956573	Curculionidae	Eidophelus fagi (Fabricius, 1798)	12	1	9	1	1							1	com		Xyl
242240	Curculionidae	Gnathotrichus materiarius (Fitch, 1858)	4	3	0	1	0							1	com		Xyl

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
14726	Curculionidae	Hexarthrum exiguum (Boheman, 1838)	1	0	1	0	0							2	com		Xyl
12936	Curculionidae	Hylastes ater (Paykull, 1800)	1	0	0	1	0							1	com		Xyl
325426	Curculionidae	Hylastes brunneus Erichson, 1836	7	0	2	5	0							2	com		Xyl
242282	Curculionidae	Hylastes cunicularius Erichson, 1836	165	41	95	28	0							1	com		Xyl
242284	Curculionidae	Hylastes opacus Erichson, 1836	2	0	0	2	0							2	com		Xyl
794878	Curculionidae	Hylesinus varius (Fabricius, 1775)	2	0	0	0	2							1	com		Xyl
242280	Curculionidae	Hylurgops palliatus (Gyllenhal, 1813)	71	18	43	5	4							1	com		Xyl
12961	Curculionidae	Ips sexdentatus (Boerner, 1766)	199	149	46	0	4							1	com		Xyl
242311	Curculionidae	Ips typographus (Linnaeus, 1758)	12	2	7	3	0							1	com		Xyl
14411	Curculionidae	Mitoplinthus caliginosus (Fabricius, 1775)	1	0	0	1	0										
242472	Curculionidae	Orchestes fagi (Linnaeus, 1758)	623	476	54	16	76										
242202	Curculionidae	Phloeophagus lignarius (Marsham, 1802)	6	1	1	4	0							1	com		Xyl
14464	Curculionidae	Pissodes piceae (Illiger, 1807)	8	3	2	0	2							2	com		Xyl
242303	Curculionidae	Pityogenes chalcographus (Linnaeus, 1761)	315	172	125	5	13							1	com		Xyl
242305	Curculionidae	Pityogenes trepanatus (Nördlinger, 1848)	1	1	0	0	0							1	com		Xyl
242298	Curculionidae	Pityokteines curvidens (Germar, 1823)	21	21	0	0	0							1	com		Xyl
242241	Curculionidae	Pityophthorus buyssoni Reitter, 1901	1	1	0	0	0							1	com		Xyl
242249	Curculionidae	Pityophthorus pityographus (Ratzeburg, 1837)	13	7	3	2	1							1	com		Xyl
242250	Curculionidae	Pityophthorus pubescens (Marsham, 1802)	2	0	0	0	2							1	com		Xyl
242195	Curculionidae	Rhyncolus ater (Linnaeus, 1758)	12	0	0	12	0							1	com		Sxy
242196	Curculionidae	Rhyncolus elongatus (Gyllenhal, 1827)	2	0	1	1	0							2	com		Sxy
242197	Curculionidae	Rhyncolus punctatulus Boheman, 1838	1	0	1	0	0							1	com		Sxy
242198	Curculionidae	Rhyncolus sculpturatus Walth, 1839	2	0	0	1	1							3	rar	X	Sxy
242334	Curculionidae	Scolytus laevis Chapuis, 1869	467	386	4	1	76							2	com		Xyl

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
242335	Curculionidae	Scolytus multistriatus (Marsham, 1802)	1	0	0	0	1							2	com		Xyl
242343	Curculionidae	Taphrorychus bicolor (Herbst, 1793)	12	5	0	6	1							1	com		Xyl
242344	Curculionidae	Taphrorychus villifrons (Dufour, 1843)	3	0	2	0	1							1	com		Xyl
242366	Curculionidae	Trypodendron domesticum (Linnaeus, 1758)	76	31	6	7	32							1	com		Xyl
242367	Curculionidae	Trypodendron lineatum (Olivier, 1800)	1576	468	975	54	77							1	com		Xyl
242368	Curculionidae	Trypodendron signatum (Fabricius, 1792)	50	24	5	0	21							1	com		Xyl
242364	Curculionidae	Xyleborinus saxesenii (Ratzeburg, 1837)	1	1	0	0	0							1	com		Xyl
242354	Curculionidae	Xylechinus pilosus (Ratzeburg, 1837)	32	13	8	10	1							2	com	X	Xyl
11853	Dascillidae	Dascillus cervinus (Linnaeus, 1758)	7	2	1	0	4										
279143	Dermostidae	Globicornis corticalis (Eichhoff, 1863)	7	3	3	0	1							3	rar		Sap
223305	Dermostidae	Megatoma undata (Linnaeus, 1758)	5	2	1	0	2							1	com		Sap
319091	Elateridae	Ampedus auripes (Reitter, 1895)	2	0	1	1	0					LC	2	3	rar	X	Zoo
240350	Elateridae	Ampedus erythrogonus (P.W.J. Müller, 1821)	276	37	47	152	39					LC		2	com	X	Zoo
11510	Elateridae	Ampedus nigrinus (Herbst, 1784)	47	29	1	4	13	X				LC		2	com	X	Zoo
240357	Elateridae	Ampedus pomorum (Herbst, 1784)	5	3	0	0	2					LC		1	com		Zoo
11515	Elateridae	Ampedus sanguineus (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	1					LC		1	com		Zoo
240361	Elateridae	Ampedus scrofa Germar, 1844	15	9	1	2	3					LC		2	com	X	Zoo
11423	Elateridae	Anostirus purpureus (Poda, 1761)	1	0	1	0	0										
240368	Elateridae	Anostirus sulphuripennis (Germar, 1843)	1	1	0	0	0									X	
240390	Elateridae	Athous bicolor (Goeze, 1777)	2	0	0	0	2										
11468	Elateridae	Athous haemorrhoidalis (Fabricius, 1801)	8	0	1	0	7										
11469	Elateridae	Athous subfuscus (O.F. Müller, 1764)	40	0	17	14	9										
11467	Elateridae	Athous vittatus (Fabricius, 1792)	30	0	0	0	30										
240422	Elateridae	Cardiophorus nigerrimus Erichson, 1840	1	1	0	0	0							1	com		Zoo?

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
240425	Elateridae	Cardiophorus vestigialis Erichson, 1840	1	0	1	0	0						1	com			Zoo
11416	Elateridae	Ctenicera cuprea (Fabricius, 1775)	2	1	0	0	1	X								X	
240428	Elateridae	Ctenicera pectinicornis (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0	0									X	
240430	Elateridae	Dalopius marginatus (Linnaeus, 1758)	97	38	8	4	47										
11519	Elateridae	Denticollis linearis (Linnaeus, 1758)	31	17	4	1	9					LC	1	com			Zoo
11520	Elateridae	Denticollis rubens Piller & Mitterpacher, 1783	10	6	0	2	2	X				LC	2	com	X		Zoo
240433	Elateridae	Diacanthous undulatus (De Geer, 1774)	1	0	0	0	1					LC	3	rar	X		Zoo
240440	Elateridae	Ectinus aterrimus (Linnaeus, 1761)	1	0	0	0	1										
240444	Elateridae	Hemicrepidius niger (Linnaeus, 1758)	16	6	0	0	10										
240450	Elateridae	Hypoganus inunctus (Lacordaire, 1835)	10	1	2	7	0	X				LC	2	com			Zoo
11501	Elateridae	Idolus picipennis (Bach, 1852)	47	21	21	1	4										
240455	Elateridae	Liotrichus affinis (Paykull, 1800)	1	0	0	0	1	X								X	
240460	Elateridae	Melanotus castanipes (Paykull, 1800)	240	90	40	52	58					LC	1	com	X		Zoo
240463	Elateridae	Melanotus villosus (Geoffroy in Fourcroy, 1785)	2	2	0	0	0					LC	1	com			Zoo
240479	Elateridae	Pheletes aeneoniger (De Geer, 1774)	10	8	1	0	1									X	
240496	Elateridae	Sericus brunneus (Linnaeus, 1758)	4	4	0	0	0										
11099	Endomychidae	Endomychus coccineus (Linnaeus, 1758)	2	1	0	1	0						2	com			Myc
234829	Endomychidae	Mycetina cruciata (Schaller, 1783)	31	6	16	8	1						2	com	X		Myc
234835	Endomychidae	Symbiotes latus L. Redtenbacher, 1847	2	0	0	1	1						3	rar			Myc
234836	Erotylidae	Tritoma bipustulata Fabricius, 1775	2	2	0	0	0					LC	1	com			Myc
234851	Eucnemidae	Dromaeolus barnabita (A. Villa & J.B. Villa, 1838)	2	2	0	0	0	X				LC	2	com			Sxy
11402	Eucnemidae	Eucnemis capucina Ahrens, 1812	5	1	0	0	4	X				LC	2	com			Sxy
234860	Eucnemidae	Hylis cariniceps (Reitter, 1902)	1	0	0	1	0	X				LC	2	com			Sxy

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
234861	Eucnemidae	Hylis foveicollis (C.G. Thomson, 1874)	8	1	1	5	1	X				LC		2	com		Sxy
234862	Eucnemidae	Hylis olexai (Palm, 1955)	6	3	0	1	2					LC		1	com		Sxy
11406	Eucnemidae	Melasis buprestoides (Linnaeus, 1761)	14	1	3	2	8					LC		1	com		Sxy
234855	Eucnemidae	Microrhagus lepidus Rosenhauer, 1847	5	3	0	1	1					LC		1	com		Sxy
10539	Geotrupidae	Anoplotrupes stercorosus (Hartmann in Scriba, 1791)	29	17	6	2	3										
10548	Geotrupidae	Geotrupes stercorarius (Linnaeus, 1758)	1	0	1	0	0										
200629	Geotrupidae	Trypocopris pyrenaeus (Charpentier, 1825)	3	3	0	0	0										
10569	Geotrupidae	Trypocopris vernalis (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0	0										
223562	Histeridae	Abraeus granulum Erichson, 1839	8	1	6	1	0	X						3	rar		Zoo
223591	Histeridae	Paromalus flavicornis (Herbst, 1791)	2	0	0	2	0							1	com		Zoo
223569	Histeridae	Plegaderus saucius Erichson, 1834	1	1	0	0	0							1	com		Zoo
223570	Histeridae	Plegaderus vulneratus (Panzer, 1797)	1	1	0	0	0							2	com		Zoo
223766	Leiodidae	Anisotoma castanea (Herbst, 1791)	55	3	0	51	1							2	com		Myc
223767	Leiodidae	Anisotoma humeralis (Herbst, 1791)	266	16	5	214	31							1	com		Myc
223762	Leiodidae	Liodopria serricorne (Gyllenhal, 1813)	9	2	4	1	2							3	rar		Myc
200542	Lucanidae	Platycerus caprea (De Geer, 1774)	76	54	2	3	17	X				LC		2	com	X	Sxy
10512	Lucanidae	Sinodendron cylindricum (Linnaeus, 1758)	126	33	0	2	87	X				LC		2	com		Sxy
235102	Lycidae	Dictyoptera aurora (Herbst, 1784)	16	2	4	5	5	X						2	com	X	Zoo
235106	Lycidae	Pyropterus nigroruber (De Geer, 1774)	6	2	0	1	3	X						2	com	X	Zoo
718470	Lymexylidae	Elateroides dermestoides (Linnaeus, 1761)	97	37	16	7	37							1	com		Xyl
223973	Melandryidae	Abdera flexuosa (Paykull, 1799)	3	2	0	1	0	X						3	rar		Myc
12071	Melandryidae	Conopalpus testaceus (Olivier, 1790)	3	3	0	0	0	X						2	com		Sxy
223981	Melandryidae	Dolotarsus lividus (C.R. Sahlberg, 1833)	16	13	1	2	0							3	rar	X	Sxy
223988	Melandryidae	Melandrya caraboides (Linnaeus, 1761)	13	3	0	0	10							2	com		Sxy

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
223966	Melandryidae	Orchesia minor Walker, 1837	8	7	0	0	1							2	com		Myc
223967	Melandryidae	Orchesia undulata Kraatz, 1853	1	1	0	0	0							2	com		Myc
223979	Melandryidae	Serropalpus barbatus (Schaller, 1783)	8	5	0	2	1							2	com		Xyl
223980	Melandryidae	Xylita laevigata (Hellenius, 1786)	7	0	1	6	0							3	rar	X	Sxy
11834	Melyridae	Dasytes caeruleus (De Geer, 1774)	34	15	9	9	1							1	com		Zoo
9038	Monotomidae	Rhizophagus bipustulatus (Fabricius, 1792)	3	0	1	1	1							1	com		Zoo
235189	Monotomidae	Rhizophagus cribratus Gyllenhal, 1827	4	2	0	2	0	X						2	com		Zoo
235191	Monotomidae	Rhizophagus depressus (Fabricius, 1792)	43	34	6	2	1							1	com		Zoo
235194	Monotomidae	Rhizophagus dispar (Paykull, 1800)	20	4	1	9	6							1	com		Zoo
235195	Monotomidae	Rhizophagus ferrugineus (Paykull, 1800)	23	2	16	4	1							1	com		Zoo
235192	Monotomidae	Rhizophagus grandis Gyllenhal, 1827	1	0	1	0	0							3	rar	X	Zoo
235196	Monotomidae	Rhizophagus nitidulus (Fabricius, 1798)	79	6	24	14	35	X						2	com		Zoo
235200	Monotomidae	Rhizophagus perforatus Erichson, 1845	79	19	15	1	44							1	com		Zoo
235292	Mordellidae	Curtimorda maculosa (Naezen, 1794)	1	1	0	0	0							3	rar	X	Sxy
235217	Mordellidae	Mordellochroa abdominalis (Fabricius, 1775)	7	4	0	0	3							1	com		Sxy
11663	Mycetophagidae	Litargus connexus (Geoffroy in Fourcroy, 1785)	2	1	0	1	0					LC		1	com		Myc
224037	Mycetophagidae	Mycetophagus atomarius (Fabricius, 1787)	11	2	2	3	4					LC		2	com		Myc
224034	Mycetophagidae	Mycetophagus multipunctatus Fabricius, 1792	1	0	0	0	1					LC		2	com		Myc
239269	Nitidulidae	Cychramus variegatus (Herbst, 1792)	1	0	1	0	0							2	com		Myc
239236	Nitidulidae	Epuraea ocularis Fairmaire, 1849	1	1	0	0	0								NN		Sap
239260	Nitidulidae	Glischrochilus quadripunctatus (Linnaeus, 1758)	6	2	2	0	2							2	com		Sap
239256	Nitidulidae	Pityophagus ferrugineus (Linnaeus, 1761)	33	3	25	4	1							1	com		Zoo

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
239266	Nitidulidae	Pocadius ferrugineus (Fabricius, 1775)	4	2	1	0	1						2	com			Myc
239264	Nitidulidae	Thalycra fervida (Olivier, 1790)	2	2	0	0	0										
12159	Oedemeridae	Ischnomera cinerascens (Pandellé in Grénier, 1867)	1	1	0	0	0	X				LC	3	rar			Sxy
224049	Oedemeridae	Ischnomera sanguinicollis (Fabricius, 1787)	4	2	0	1	1	X				LC	3	rar			Sxy
224075	Oedemeridae	Nacerdes carniolica (Gistel, 1834)	16	0	0	0	16					LC	1	com			Sxy
224099	Phloeostichidae	Phloeostichus denticollis W. Redtenbacher, 1842	4	4	0	0	0						4	rar	X		Zoo
11916	Ptinidae	Anobium punctatum (De Geer, 1774)	9	0	8	1	0						1	com			Sxy
222001	Ptinidae	Dorcatoma dresdensis Herbst, 1791	20	2	0	18	0						2	com			Myc
272997	Ptinidae	Dorcatoma robusta A. Strand, 1938	14	2	0	2	10						2	com			Myc
221920	Ptinidae	Ernobius abietis (Fabricius, 1792)	3	1	0	0	2						2	com			Sxy
221928	Ptinidae	Ernobius laticollis Pic, 1927	1	0	1	0	0					2	3	rar			Sxy
222027	Ptinidae	Hadrobregmus denticollis (Creutzer in Panzer, 1796)	4	0	0	3	1						1	com			Sxy
222023	Ptinidae	Hemicoelus costatus (Aragona, 1830)	8	0	6	1	1						1	com			Sxy
794578	Ptinidae	Hyperisus plumbeum (Illiger, 1801)	1	1	0	0	0						1	com			Sxy
222022	Ptinidae	Microbregma emarginatum (Duftschmid, 1825)	20	7	8	2	1						2	com	X		Sxy
11922	Ptinidae	Ptilinus pectinicornis (Linnaeus, 1758)	353	87	90	37	139						1	com			Sxy
222037	Ptinidae	Ptinomorphus imperialis (Linnaeus, 1767)	24	15	5	0	2						1	com			Sxy
986691	Ptinidae	Ptinus subpilosus Sturm, 1837	31	25	0	4	1						2	com			Sap
12104	Pyrochroidae	Pyrochroa coccinea (Linnaeus, 1761)	9	4	0	0	5						1	com			Zoo
281157	Pyrochroidae	Schizotus pectinicornis (Linnaeus, 1758)	11	2	0	0	9						3	rar	X		Zoo
224113	Salpingidae	Rabocerus foveolatus (Ljungh, 1823)	1	1	0	0	0						1	com			Zoo

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
224102	Salpingidae	Salpingus planirostris (Fabricius, 1787)	64	32	2	2	22							1	com		Zoo
224104	Salpingidae	Salpingus ruficollis (Linnaeus, 1761)	153	54	19	5	36							1	com		Zoo
224106	Salpingidae	Vincenzellus ruficollis (Panzer, 1794)	10	2	1	5	2							1	com		Zoo
200331	Scarabaeidae	Acrossus depressus (Kugelann, 1792)	5	1	1	0	3										
200333	Scarabaeidae	Acrossus luridus (Fabricius, 1775)	39	34	5	0	0										
200334	Scarabaeidae	Acrossus rufipes (Linnaeus, 1758)	2	2	0	0	0										
200344	Scarabaeidae	Agrilinus ater (De Geer, 1774)	2	2	0	0	0										
200473	Scarabaeidae	Limarus zenkeri (Germar, 1813)	1	0	1	0	0										
200513	Scarabaeidae	Oromus alpinus (Scopoli, 1763)	1	1	0	0	0									X	
200527	Scarabaeidae	Parammoecius corvinus (Erichson, 1848)	1	0	0	0	1										
10958	Scarabaeidae	Phyllopertha horticola (Linnaeus, 1758)	8	8	0	0	0										
10990	Scarabaeidae	Trichius fasciatus (Linnaeus, 1758)	1	1	0	0	0					LC		2	com		Sxy
200639	Scarabaeidae	Volinus sticticus (Panzer, 1798)	2	0	1	1	0										
794604	Scirtidae	Odeles marginata (Fabricius, 1798)	341	0	340	1	0										
281235	Scirtidae	Prionocyphon serricornis (P.W.J. Müller, 1821)	1	0	1	0	0							2	com		Sap
235398	Scraphiidae	Cyrtanaspis phalerata (Germar, 1847)	1	1	0	0	0							3	rar	X	Sxy
307288	Scraphiidae	Scraptia fuscata P.W.J. Müller, 1821	1	0	1	0	0							1	com		Sxy
234586	Silphidae	Nicrophorus vespilloides Herbst, 1783	17	6	0	0	11										
224154	Silvanidae	Silvanoprus fagi (Guérin-Méneville, 1844)	1	0	1	0	0							2	com		Zoo
224155	Silvanidae	Silvanus bidentatus (Fabricius, 1792)	1	0	1	0	0							1	com		Zoo
235406	Sphaeritidae	Sphaerites glabratus (Fabricius, 1792)	8	2	4	0	1							2	com	X	Zoo
224161	Sphindidae	Aspidiphorus orbiculatus (Gyllenhal, 1808)	17	7	1	5	4							2	com		Myc
224159	Sphindidae	Sphindus dubius (Gyllenhal, 1808)	26	15	0	3	8							2	com		Myc
243564	Staphylinidae	Oxyporus maxillosus Fabricius, 1792	3	0	0	3	0	X						2	com	X	Zoo

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

CD-Nom	Famille	NOM_COMPLET	Nombre de spécimens capturés	Erablaie de pente	Sentier des Roches	Tourbière du Rothried	Eboulis bas	Det Znieff	protection régionale	protection nationale	directive habitat	Liste rouge Europe	Relictuelle des forêts de l' Europe de l' Est	Indice de patrimonialité	Statut saprox.	Boréo alpine	Régime trophique
244614	Tenebrionidae	Bolitophagus reticulatus (Linnaeus, 1767)	13	5	1	2	5							1	com		Myc
639837	Tenebrionidae	Corticeus unicolor Piller & Mitterpacher, 1783	4	0	0	2	2					LC		1	com		Zoo
224163	Tetratomidae	Hallomenus axillaris (Illiger, 1807)	5	0	2	3	0							3	rar	X	Myc
224164	Tetratomidae	Hallomenus binotatus (Quensel, 1790)	63	4	5	54	0	X						2	com		Myc
235430	Trogossitidae	Nemozoma elongatum (Linnaeus, 1761)	4	3	0	0	1					LC		1	com		Zoo
235421	Trogossitidae	Thymalus limbatus (Fabricius, 1787)	24	8	1	13	2	X				LC		2	com		Myc
224176	Zopheridae	Bitoma crenata (Fabricius, 1775)	1	1	0	0	0							1	com		Zoo
11084	Zopheridae	Colydium elongatum (Fabricius, 1787)	2	2	0	0	0							1	com		Zoo
11075	Zopheridae	Coxelus pictus (Sturm, 1807)	4	1	1	2	0							2	com		Myc
224181	Zopheridae	Synchita variegata Hellwig, 1792	2	0	0	0	2	X						2	com		Myc

5.1.4 Illustration des espèces remarquables

Sont illustrées (Figure 19 ,Figure 21, Figure 22 & Figure 23) les espèces déterminantes de Znieff (Z), saproxyliques rares (lp 3 & 4), nouvelles pour la région et boréo-alpines (b-a).

			
<i>Euglenes pygmaeus</i> Saproxylophage lp=3 2 mm	<i>Cantharis tristis</i> Nom saprox.B-A mm	<i>Podabrus alpinus</i> Nom saprox.B-A mm	<i>Trichotichnus nitens</i> Nom saprox.B-A mm
			
<i>Clytus lama</i> Xylophage Z B-A 11 mm	<i>Carillia virginea</i> XylophageB-A 10 mm	<i>Oxymirus cursor</i> Xylophage lp=3 23 mm	<i>Pidonia lurida</i> Xylophage lp=3 B-A 10 mm
			
<i>Stictoleptura maculicornis</i> XylophageB-A 9 mm	<i>Tetropium fuscum</i> Xylophage lp=3 12 mm	<i>Tetropium gabrieli</i> Xylophage lp=3 12 mm	<i>Goniocetena quinquepunctata</i> Nom saprox. B-A 6 mm

Figure 19 : planche I des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI,sauf G. *quinquepunctata* Lech BOROWIEC, échelle non respectée.

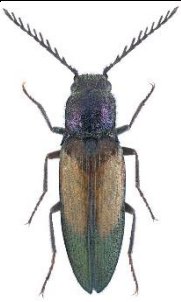
			
<i>Pediacus dermestoides</i> Zoophage Z 4 mm	<i>Dryocoetes hectographus</i> Xylophage B-A 3,5 mm	<i>Rhyncolus sculpturatus</i> Saproxylophage Ip=3 B-A 4 mm	<i>Xylechinus pilosus</i> Xylophage B-A 2,5 mm
			
<i>Globicornis corticalis</i> Saprophage Ip=3 3 mm	<i>Ampedus auripes</i> Zoophage Ip=3 B-A 8,5 mm	<i>Ampedus erythrogonus</i> Zoophage B-A 6,5 mm	<i>Ampedus nigrinus</i> Zoophage Z B-A 7,5 mm
			
<i>Ampedus scrofa</i> Zoophage B-A 11 mm	<i>Anostirus sulphuripennis</i> Nom saprox. B-A 11 mm	<i>Ctenicera cuprea</i> Nom saprox. Z B-A 13 mm	<i>Ctenicera pectinicornis</i> Nom saprox. B-A 17,5 mm
			
<i>Denticollis rubens</i> Zoophage Z B-A 11 mm	<i>Diacanthous undulatus</i> Zoophage Ip=3 B-A 12 mm	<i>Hypoganus inunctus</i> Zoophage Z 9 mm	<i>Liotrichus affinis</i> Nom saprox. Z B-A 12 mm

Figure 20 : planche II des espèces remarquables – clichés P. ZAGATTI sauf *D. hectographus* A. V. PETROV ; *R sculpturatus* A. LOMPE, *X pilosus* ; F. CHEVAILLOT ; *G. corticalis* A. HERRMANN , *A. nigrinus* J MÜLLER *Ampedus auripes* - V. Dušánek, *A. sulphuripennis* A. MERTLIK, *C. cuprea* U. SCHMIDT, *Ctenicera pectinicornis* G. JACQUEMIN *D. undulatus* K. V. MAKAROV échelle non respectée.

			
<i>Melanotus castanipes</i> Zoophage B-A 17 mm	<i>Pheletes aeneoniger</i> Nom saprox. B-A 5,5 mm	<i>Mycetina cruciata</i> Mycétophage B-A 4 mm	<i>Symbiotes latus</i> Mycétophage lp=3 2 mm
			
<i>Dromaeolus barnabita</i> Saproxylophage Z 5 mm	<i>Eucnemis capucina</i> Saproxylophage Z 5,35 mm	<i>Hylis cariniceps</i> Saproxylophage Z 5 mm	<i>Hylis foveicollis</i> Saproxylophage Z 5 mm
			
<i>Abraeus granulum</i> Zoophage Z lp=3 1 mm	<i>Liodopria serricorne</i> Mycétophage lp=3 2,25 mm	<i>Platycerus caprea</i> Saproxylophage Z B-A 14 mm	<i>Sinodendron cylindricum</i> Saproxylophage Z 14 mm

- Figure 21 : planche II des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI sauf *M. castanipes* A. V. PETROV, *P. aeneoniger* A.G. Ponomarev, *Symbiotes latus* U. SCHMIDT – échelle non respectée.

			
<i>Dictyopectera aurora</i> Zoophage Z B-A 10,5 mm	<i>Pyropterus nigroruber</i> Zoophage Z B-A 8 mm	<i>Abdera flexuosa</i> Mycétophage Z lp=3 3 mm	<i>Conopalpus testaceus</i> Saproxylophage Z 6 mm
			
<i>Dolotarsus lividus</i> Saproxylophage lp=3 B-A 5 mm	<i>Xylita laevigata</i> Saproxylophage lp=3 B-A 8 mm	<i>Rhizophagus cribratus</i> Zoophage Z 3 mm	<i>Rhizophagus grandis</i> Zoophage lp=3 B-A 5 mm
			
<i>Rhizophagus nitidulus</i> Zoophage Z 3 mm	<i>Curtimorda maculosa</i> Saproxylophage lp=3 B-A 4 mm	<i>Ischnomera cinerascens</i> Saproxylophage Z lp=3 8 mm	<i>Ischnomera sanguinicollis</i> Saproxylophage Z lp=3 10 mm

Figure 22 : planche III des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI, sauf *R. grandis* U. Schmidt, *C. maculosa* F. CHEVAILLOT échelle non respectée.

			
<i>Phloeostichus denticollis</i> Zoophage Ip=4 B-A 4 mm	<i>Ernobius laticollis</i> Saproxylophage Ip=3 5,3 mm	<i>Microbregma emarginatum</i> Saproxylophage B-A 4,7 mm	<i>Schizotus pectinicornis</i> Zoophage Ip=3 B-A 8 mm
			
<i>Oromus alpinus</i> Nom saprox. B-A 6,1 mm	<i>Cyrtanaspis phalerata</i> Saproxylophage Ip=3 B-A 3,3 mm	<i>Sphaerites glabratus</i> Zoophage B- A 6 mm	<i>Oxyporus maxillosus</i> Zoophage Z B-A 8 mm
			
<i>Hallomenus axillaris</i> Mycétophage Ip=3 B-A 2 mm	<i>Hallomenus binotatus</i> Mycétophage Z 4 mm	<i>Thymalus limbatus</i> Mycétophage Z 6 mm	<i>Synchita variegata</i> Mycétophage Z 2 mm

Figure 23 : planche IV des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI sauf *M. emarginatum* E. GAY , *O. alpinus* U. SCHMIDT *M. fulvicollis* – V.LEFEVRE, *C. phalerata* F. CHEVAILLOT *O. maxillosus* M.E. SMIRNOV, *H. axillaris* K.V. MAKAROV échelle non respectée.

5.2 Qualité de la prospection pour l’ensemble des sites

L’évaluation de la qualité de la prospection est conduite en s’appuyant sur un jeu de données homogène. Nous avons donc utilisé **uniquement les observations de coléoptères saproxyliques réalisées entre 2020 et 2023 à l’aide des pièges d’interception non amorcés** en les regroupant par station, soit 186 taxons pour l’ensemble des ilots. Pour rappel, l’effort d’échantillonnage est réparti en permutant les stations à 2 pièges. Les sites échantillonnés ne sont pas les même d’une année sur l’autre.

La courbe d’accumulation ci-dessous représente l’augmentation du nombre d’espèce en fonction du nombre d’individus capturés, tout sites confondus. Les traits pleins figurent le résultat des observations, les traits pointillés constituent l’extrapolation si l’effort était prolongé (doublement du nombre d’individus).

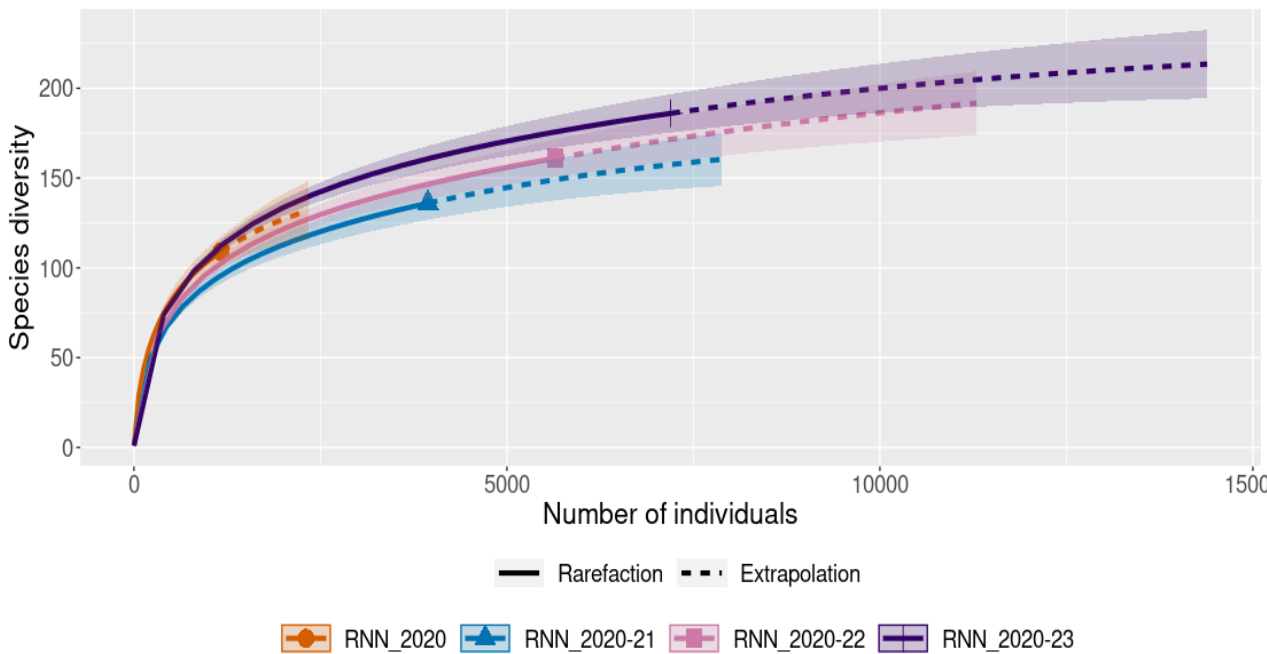


Figure 24 : courbe d'accumulation des observations pour l'ensemble de sites au cours des 4 années

Tableau 10 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 4 années d'inventaire pour l'ensemble de sites

	RNN_2020	RNN_2020-21	RNN_2020-22	RNN_2020-23
Nb spécimen	1168	3941	5647	7194
Nb espèces	109	136	161	186
Apport N+1, N+1+2, N+1+2+3		25%	48%	71%
Couverture d'échantillonnage	0.9718	0.9909	0.9926	0.9940

A l'échelle de l'ensemble des sites étudiés :

- les courbes d'accumulation se superposent imparfaitement, montrant une variation dans les extrapolations successives. Il y a des variations notables dans l'abondance des spécimens collectés. La seconde année a révélé presque 4 fois plus de spécimens que la première année ;
- les différentes années d'inventaire supplémentaire ont permis de détecter respectivement 25%, 18 % et 16 % d'espèces nouvelles chaque année soit au total près de 71% d'espèces en plus par rapport à la première année ;
- la couverture d'échantillonnage (CE) qui nous renseigne sur la probabilité de détecter des espèces déjà connues dans l'écosystème lors d'une séquence de capture (piège ou individus), est l'indicateur que nous retiendrons pour la qualité globale de l'inventaire. La couverture d'échantillonnage est déjà très bonne la première année et augmente au cours du temps pour atteindre 0,994, valeur largement supérieure au seuil minimum de 0,95 pour considérer un échantillonnage comme satisfaisant.

Les indicateurs de la qualité de l'inventaire sont satisfaisants et nous permettent d'analyser sereinement les résultats et de se projeter dans une future analyse temporelle et comparative de la faune de la réserve et des différents sites.

5.3 Comparaison avec les données antérieures

5.3.1 Données régionales

L'évaluation des résultats au regard du territoire régional nécessite l'accès à des connaissances sans cesse réactualisées. Nous nous sommes donc appuyés sur le Catalogue des Coléoptères de France (Tronquet Coord., 2014) actualisé tous les ans, ainsi que sur la base de données de l'INPN consultable en ligne Openobs.

La base de données de l'INPN comprend des données pour 4 270 espèces de coléoptères pour la région Grand-Est et 3 848 espèces pour les seuls départements de montagne. Toutes les espèces observées au cours de l'étude sont déjà connues de la région. Elles ont également toutes été observées après les années 2000. Il n'y a pas d'espèces qui auraient été observées il y a fort longtemps et qui n'auraient pas été revues entre temps.

Parmi les espèces qui sont peu fréquentes, ou rarement signalées, nous retiendrons les espèces suivantes qui font l'objet d'une fiche espèce en fin de rapport.

- *Ampedus auripes* (Reitter, 1895)
- *Anostirus sulphuripennis* (Germar, 1843)
- *Ernobius laticollis* Pic, 1927
- *Symbiotes latus* L. Redtenbacher, 1847
- *Euglenes pygmaeus* (De Geer, 1775)
- *Cyrtanaspis phalerata* (Germar, 1847)
- *Dryocoetes hectographus* Reitter, 1913

5.3.2 Données locales

Une extraction de la base de données de la Réserve concernant les données de coléoptères nous a été remise en 2021. Cette extraction comprenait 415 observations pour 347 taxons, se répartissant entre des données bibliographiques (n=187), des données autres diffusables (n=146), des données non diffusables (n=76), des observations avec un degré de confidentialité (n=1) et des données de PNRBV diffusables (n=6). Les observations ont été réalisées par 14 entomologistes (Tableau 11) ou structures et se répartissent dans 47 familles.

Tableau 11 : liste des détermineurs des données connues préalablement sur la RNN

Déterminateur	Nb d'observations
KOHLER	143
CALLOT	94
ROSE Olivier	75

SOLDATI Fabien	32
SCHOTT	30
GANGLOFF	23
FOLTZER Arnaud	4
RENNWALD Klaus	3
DESPERT Yannick	2
GANGLOFF & MATTER	2
MATT	2
BERNHARDT	1
CALLOT & SCHOTT	1
KUMMERER	1
PNRBV 1991	1
REDINGER Aurore	1

Les 4 familles les plus représentées sont par ordre décroissant les Staphylinidae (n=69), les Curculionidae (n= 45), les Chrysomelidae (n= 31) et les Carabidae (n=30). Ce sont des groupes comprenant des espèces saproxyliques en proportion plus ou moins importantes. En dehors de Curculionidae (comprenant les Scolytes), se sont des familles qui sont peu ou pas étudiées dans le cadre des inventaires de coléoptères saproxyliques.

La liste des espèces observées au cours de la présente étude a été comparée à cette liste de référence et ce sont 100 taxons qui sont à ajouter à la liste des espèces connues de la réserve sur les 242 observées au cours de l'étude.

Afin de rendre compte de l'amélioration des connaissances, la figure ci-dessous représente la comparaison du nombre d'espèces connues antérieurement et celles observées au cours de l'étude. Elle permet de mesure la complémentarité des deux jeux de données.

Les données antérieures n'ont pas été incluses dans la suite des analyses en raison de la très grande hétérogénéité de précision des observations.

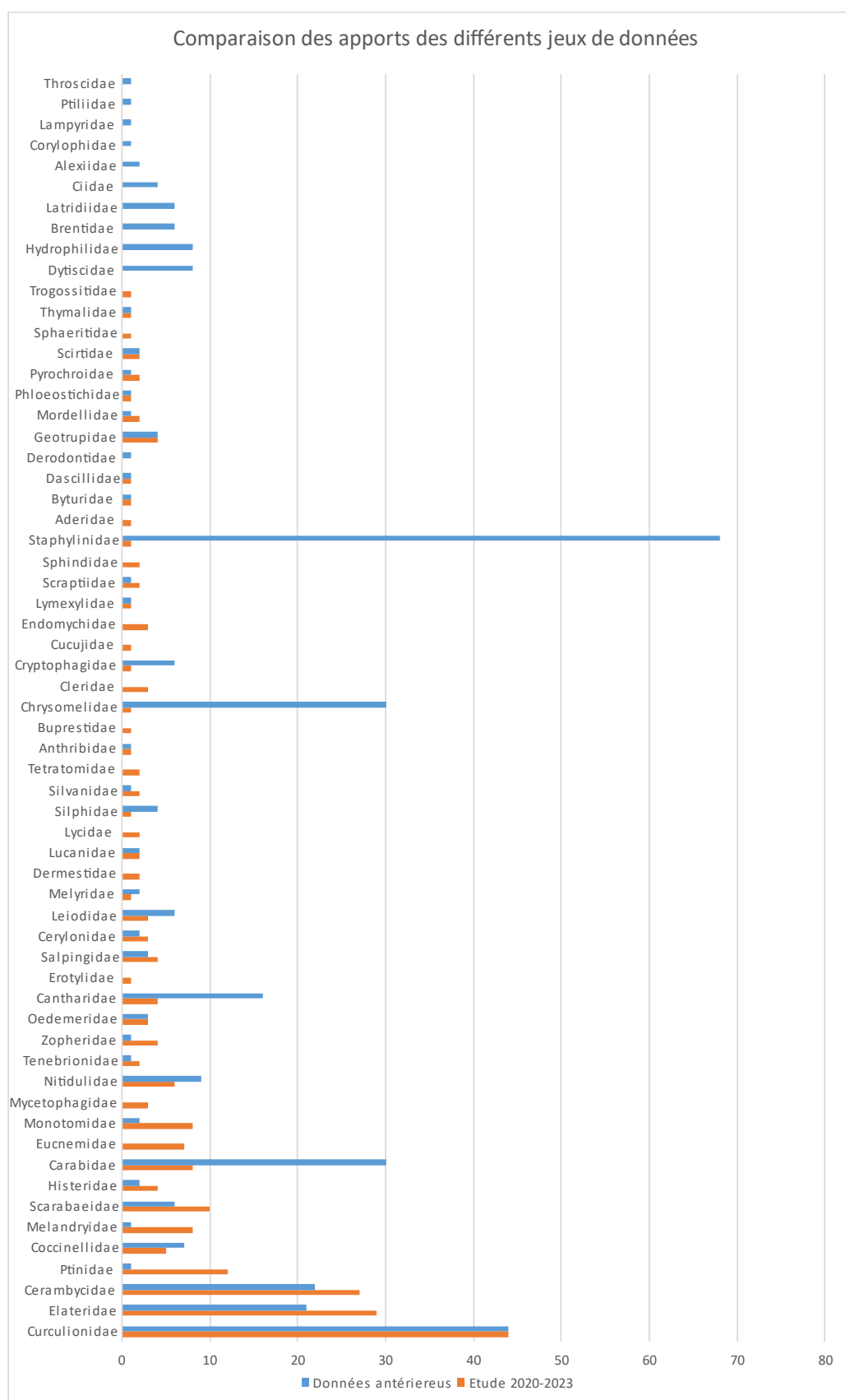


Figure 25 : comparaison des apports des différents jeux de données

5.4 Résultats pour le site n° 1 – Erablaie de pente

5.4.1 Qualité de la prospection pour le site

En compléments des éléments à l'échelle du site, les éléments suivants nous permettent d'apprécier la qualité des résultats obtenus.

La courbe d'accumulation ci-dessous représente l'augmentation du nombre d'espèces en fonction du nombre d'individus capturés. Les traits pleins figurent le résultat des observations, les traits pointillés constituent l'extrapolation si l'effort était prolongé.

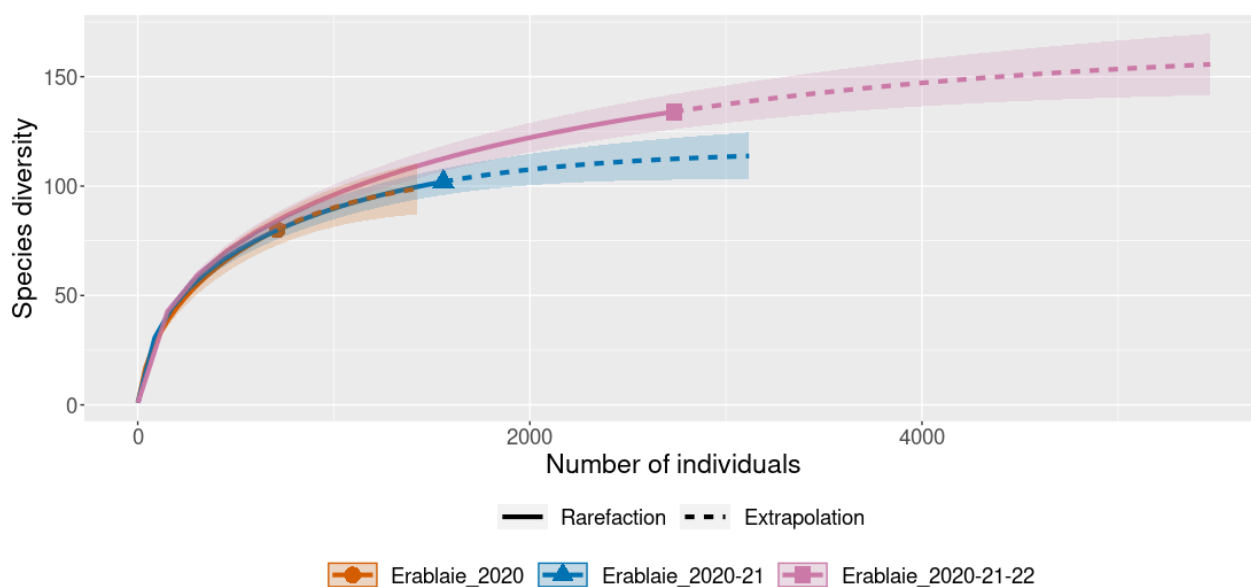


Figure 26 : courbe d'accumulation des observations pour l'Erablaie au cours des 3 années

Tableau 12 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour l'Erablaie

	Erablaie_2020	Erablaie_2020-21	Erablaie_2020-21-22
Nb spécimens	711	1559	2735
Nb espèces	80	102	134
Apport N+1 et N+1&2 / N		28%	68%
CE	0.9565	0.9840	0.9865

Chaque année a permis de détecter de nouvelles espèces :

- 80 espèces la première année et 134 à l'issue des 3 années (soit une amélioration des connaissances de 68 %).

L'estimation du nombre d'espèces saproxyliques potentiellement présentes tend à se stabiliser avec une pente qui diminue lors de chaque campagne d'échantillonnage (Figure 26). Le nombre

d'espèces détectées la dernière année est un peu supérieure à ce qui est proposé par le modèle (zone d'incertitude autour de la courbe) des années précédentes.

Le modèle suggère que la reconduction de l'inventaire sur une période équivalente (3 ans avec un effort identique) permettrait de détecter entre 134 et 176 espèces avec une valeur médiane de 154 espèces.

la couverture d'échantillonnage (CE) est bonne (> 0,95) dès la première année et progresse au fil des années (Tableau 12).

5.4.2 Interprétation

L'amélioration des connaissances sur 3 années est la raison principale pour laquelle ce protocole a été conçu sur ce pas de temps. Réduire l'étude à une seule année aurait limité l'intérêt des données, en particulier la capacité à mener une comparaison temporelle.

Avec les valeurs de la couverture d'échantillonnage et les courbes d'accumulation, la comparaison du nombre d'espèces (diversité observée) entre les sites sera pleinement réalisable tant spatialement que temporellement.

La qualité globale de cet inventaire est satisfaisante.

5.4.3 Espèces typiques et rares

La méthode de répartition dans les classes d'abondance est décrite dans le chapitre « 3.5.2 Espèces typiques et rares ». La diversité de Shannon correspond au nombre effectif d'espèces typiques dans l'assemblage

Le Tableau 13 ci-dessous fait la synthèse des résultats qui sont issus d'un fichier d'analyse des données sous INext (Annexe 1 : données d'abondance ajustées des coléoptères saproxyliques pour les différents sites utilisables avec INext.).

Tableau 13 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondance pour le site 5

Valeurs des estimateurs de biodiversité			Valeurs calculées		Valeurs ajustées	
	Q=0 Diversité spécifique	Q=1 Diversité de Shannon	Typiques	Rares	Typiques	Rares
Érable	134	29,79	30	104	29	105

A partir de ces valeurs, nous avons distribué les espèces dans les catégories en fonction de leur abondance relative décroissante. Dans les figures suivantes, la ligne rouge indique la limite entre

les espèces typiques et les espèces rares. Nous avons dû ajuster le nombre d'espèce typiques pour ne pas séparer des espèces ayant des abondances relatives identiques ou particulièrement proches.

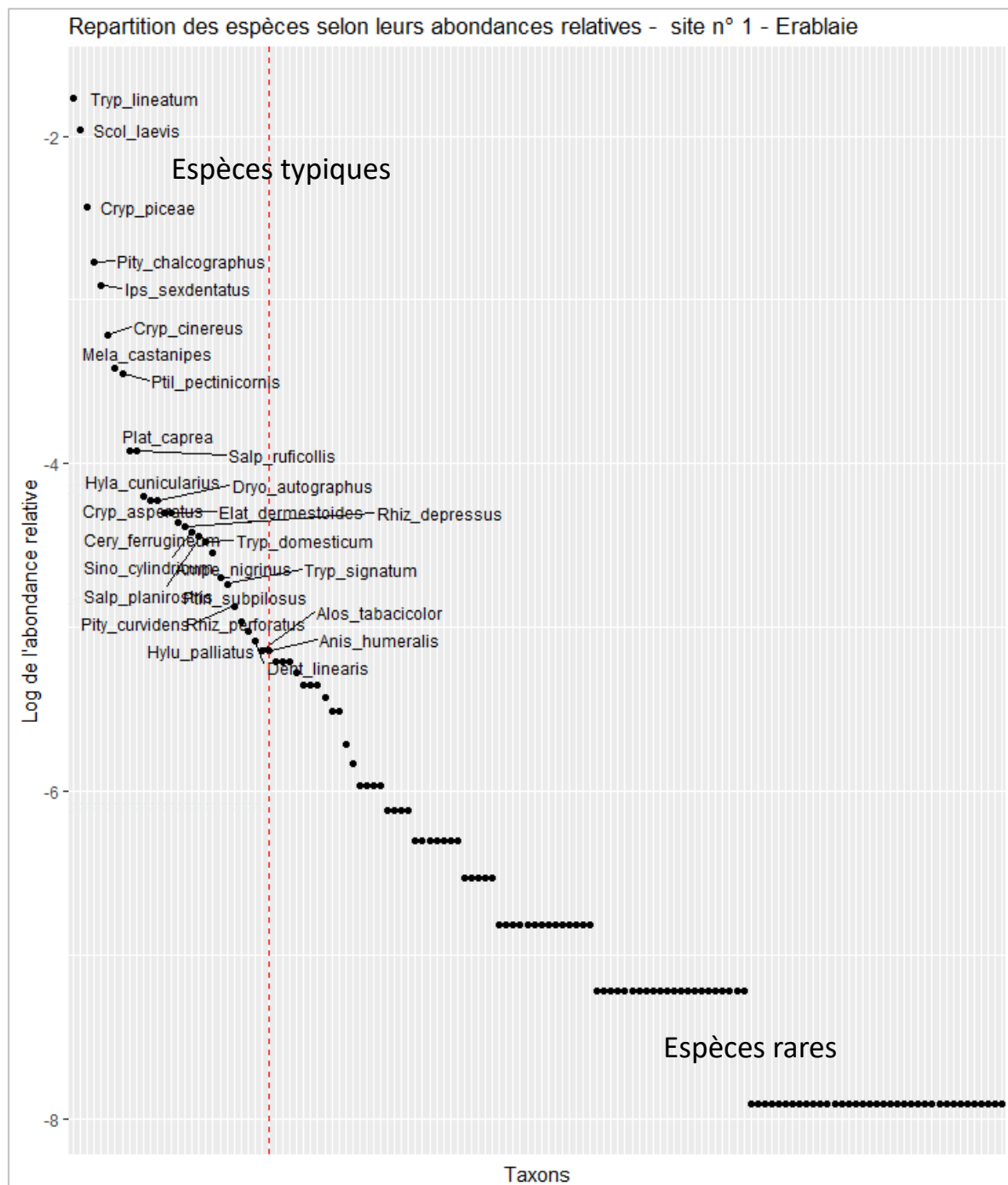


Figure 27 : répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 1.

Le Tableau 14 liste uniquement les espèces typiques dominantes (vert foncé) et non-dominantes (vert clair).

Tableau 14 : espèces dominantes du site 1 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi)

Erablaie		Rang
taxon	Pi	
Tryp_lineatum	0,171115	1
Scol_laevis	0,141133	2
Cryp_piceae	0,088117	3
Pity_chalcographus	0,062888	4
Ips_sexdentatus	0,054479	5
Cryp_cinereus	0,040219	6
Mela_castanipes	0,032907	7
Ptil_pectinicornis	0,03181	8
Plat_caprea	0,019744	9
Salp_ruficollis	0,019744	10
Hyla_cunicularius	0,014991	11
Cryp_asperatus	0,014625	12
Dryo_autographus	0,014625	13
Ampe_erythrogonus	0,013528	14
Elat_dermostoides	0,013528	15
Cery_ferrugineum	0,012797	16
Rhiz_depressus	0,012431	17
Sino_cylindricum	0,012066	18
Salp_planirostris	0,0117	19
Tryp_domesticum	0,011335	20
Ampe_nigrinus	0,010603	21
Ptin_subpilosus	0,009141	22
Tryp_signatum	0,008775	23
Pity_curvidens	0,007678	24
Rhiz_perforatus	0,006947	25
Hylu_palliatu	0,006581	26
Dent_linearis	0,006216	27
Alos_tabacicolor	0,00585	28
Anis_humeralis	0,00585	29

Le nombre d'espèces typiques est élevé. Il traduit un équilibre au moins partiel entre les abondances des différentes espèces.

Les espèces typiques sont en majorité des espèces xylophages, les prédateurs présentent un petit tiers des espèces ; les saproxylophages et les mycétophages moins nombreux constituent le reste de la cohorte (tableau suivant).

Tableau 15 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques

Régime trophique	Nb de taxons	%
Zoo	8	28%
Sxy	3	10%
Myc	2	7%
Xyl	15	52%
Sap	1	3%

5.4.4 Patrimonialité du site

5.4.4.1 Espèces déterminantes au titre des Znieff

Les espèces déterminantes au titre des Znieff sont caractéristiques de leurs habitats. Elles doivent permettre d'identifier des zones naturelles pour leur intérêt, leur patrimonialité ou leur fonctionnalité écologique.

Au cours de l'inventaire, 21 espèces déterminantes au titre des Znieff ont été mises en évidence.

Conopalpus testaceus (Olivier, 1790), *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787), *Hallomenus binotatus* (Quensel, 1790), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Ischnomera cinerascens* (Pandellé in Grénier, 1867), *Clytus lama* Mulsant, 1847, *Abraeus granulum* Erichson, 1839, *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Ctenicera cuprea* (Fabricius, 1775), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Hypoganus inunctus* (Lacordaire, 1835), *Dromaeolus barnabita* (A. Villa & J.B. Villa, 1838), *Rhizophagus nitidulus* (Fabricius, 1798), *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Rhizophagus cribratus* Gyllenhal, 1827, *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784), *Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774), *Abdera flexuosa* (Paykull, 1799), *Eucnemis capucina* Ahrens, 1812. Les espèces déterminantes observées sont toutes des espèces saproxyliques.

Les enjeux identifiés sur la base des espèces déterminantes de Znieff font ressortir un cortège significatif d'espèces saproxyliques. L'îlot étudié est inclus dans la Znieff de type I (ZNIEFF 420030128 - Cirque glaciaire du Frankenthal). Une communication au service régional en charge du suivi des Znieff afin d'actualiser la fiche de la Znieff est nécessaire.

5.4.4.2 Espèces inscrites sur la Liste rouge européenne des Coléoptères saproxyliques

La première Liste rouge des Coléoptères saproxyliques a été établie en 2010 et actualisée en 2018 à l'initiative d'un collège d'entomologistes européens (NIETO & ALEXANDER, 2010 ; CALIX et al. 2018).

C'est un outil de conservation qui ne couvre qu'une partie des espèces de Coléoptères saproxyliques présents sur le vaste territoire de l'Europe des 27. Son examen est informatif et cependant pas entièrement suffisant à l'échelle de la région.

55 espèces sont concernées par l'évaluation européenne.

Aucune espèce n'est évaluée comme « vulnérable » (VU – Vulnérable) :

Aucune espèce n'est évaluée comme « quasi-menacée » (NT – Near Threatened) à l'échelle européenne :

38 espèces sont considérées comme présentant une « préoccupation mineure » (LC – Least concerned) : *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Trichius fasciatus* (Linnaeus, 1758), *Eucnemis capucina* Ahrens, 1812, *Melasis buprestoides* (Linnaeus, 1761), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Denticollis linearis* (Linnaeus, 1758), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Litargus connexus* (Geoffroy in Fourcroy, 1785), *Ischnomera cinerascens* (Pandellé in Grénier, 1867), *Rhagium inquisitor* (Linnaeus, 1758), *Rhagium mordax* (De Geer, 1775), *Oxymirus cursor* (Linnaeus, 1758), *Alosterna tabacicolor* (De Geer, 1775), *Tetropium castaneum* (Linnaeus, 1758), *Pyrrhidium sanguineum* (Linnaeus, 1758), *Phymatodes testaceus* (Linnaeus, 1758), *Clytus arietis* (Linnaeus, 1758), *Clytus lama* Mulsant, 1847, *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Tetropium fuscum* (Fabricius, 1787), *Rutpela maculata* (Poda, 1761), *Pidonía lurida* (Fabricius, 1792), *Mycetophagus atomarius* (Fabricius, 1787), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Tritoma bipustulata* Fabricius, 1775, *Dromaeolus barnabita* (A. Villa & J.B. Villa, 1838), *Microrhagus lepidus* Rosenhauer, 1847, *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Hylis olexai* (Palm, 1955), *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787), *Nemozoma elongatum* (Linnaeus, 1761), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus pomorum* (Herbst, 1784), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Hypoganus inunctus* (Lacordaire, 1835), *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Melanotus villosus* (Geoffroy in Fourcroy, 1785), *Stictoleptura maculicornis* (De Geer, 1775).

Les enjeux patrimoniaux pour ces espèces sont donc modérés au regard du seul éclairage apporté par la liste rouge européenne.

5.4.4.3 Espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers

Nous vous renvoyons au paragraphe 3.5.3 pour les explications

Sur les 134 espèces saproxyliques observées (Tableau 9), 13 sont considérées comme rares (lp=3) : *Ischnomera cinerascens* (Pandellé in Grénier, 1867), *Oxymirus cursor* (Linnaeus, 1758), *Tetropium fuscum* (Fabricius, 1787), *Pidonía lurida* (Fabricius, 1792), *Abraeus granulum* Erichson, 1839, *Liodopria serricornis* (Gyllenhal, 1813), *Abdera flexuosa* (Paykull, 1799), *Dolotarsus lividus* (C.R. Sahlberg, 1833), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Curtimorda maculosa* (Naezen, 1794), *Cyrtanaspis phalerata* (Germar, 1847), *Globicornis corticalis* (Eichhoff, 1863), *Schizotus pectinicornis* (Linnaeus, 1758).

Une espèce très rare (lp=4) a été également identifiée : *Phloeostichus denticollis* W. Redtenbacher, 1842.

La présence d'un grand nombre d'espèces lp3 et 4 est un gage d'un site à enjeux dont la préservation est satisfaisante.

5.4.4.4 Espèces indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est

Aucune espèce observée ici n'est considérée comme indicatrices des forêts anciennes au sens large par Eckelt en 2017. Cette absence est compatible avec la dynamique très particulière des éboulis de pente qui ne sont pas propices au maintien du bois mort sur place.

Cette liste est très restrictive. Les espèces observées ici soutiennent le fait que le boisement présente un enjeu de conservation certain.

5.4.4.5 Espèces boréo-alpines

27 espèces sont typiquement dépendantes du contexte montagnard, elles marquent un aspect particulier dans la composition faunistique du site :

Clytus lama Mulsant, 1847, *Pidonia lurida* (Fabricius, 1792), *Stictoleptura maculicornis* (De Geer, 1775), *Gonioctena quinquepunctata* (Fabricius, 1787), *Dryocoetes hectographus* Reitter, 1913, *Xylechinus pilosus* (Ratzeburg, 1837), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Anostirus sulphuripennis* (Germar, 1843), *Ctenicera cuprea* (Fabricius, 1775), *Ctenicera pectinicornis* (Linnaeus, 1758), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Pheletes aeneoniger* (De Geer, 1774), *Mycetina cruciata* (Schaller, 1783), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784), *Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774), *Dolotarsus lividus* (C.R. Sahlberg, 1833), *Curtimorda maculosa* (Naezen, 1794), *Phloeostichus denticollis* W. Redtenbacher, 1842, *Microbregma emarginatum* (Duftschmid, 1825), *Schizotus pectinicornis* (Linnaeus, 1758), *Oromus alpinus* (Scopoli, 1763), *Cyrtanaspis phalerata* (Germar, 1847), *Sphaerites glabratus* (Fabricius, 1792).

La faune observée présente donc une signature montagnarde typique.

5.4.4.6 Espèces introduites

Certaines espèces saproxyliques ont été introduites en France depuis moins d'un siècle, l'examen de la liste de ces espèces permet d'apprécier l'influence de ces espèces dans l'écosystème et la « résistance /résilience » de ce dernier à leur présence.

Une seule espèce : *Epuraea ocularis* Fairmaire, 1849, un petit coléoptère saprophage a été observé sur le site 1 en 1 seul exemplaire. C'est une espèce largement répartie en France dont la présence ne pose pas de soucis particuliers, mais illustre la sensibilité potentielle de certains milieux à l'évolution de l'aire de répartition des espèces.

5.4.4.7 Espèces originales pour le site

Dans le cadre de cet inventaire, nous avons extrait la liste des 29 espèces qui n'ont été observées que sur le site 1. Elles ont toutes été observées en moins de 5 exemplaires à l'exception de *Anthribus nebulosus* Forster, 1770 et *Pityokteines curvidens* (Germar, 1823). Au vu de la pression d'échantillonnage et de la couverture observée, si elles sont présentes sur d'autres sites de l'étude, elles constitueront également des espèces rares.

Tachyta nana (Gyllenhal, 1810), *Trichius fasciatus* (Linnaeus, 1758), *Colydium elongatum* (Fabricius, 1787), *Conopalpus testaceus* (Olivier, 1790), *Ischnomera cinerascens* (Pandellé in Grénier, 1867), *Rhagium inquisitor* (Linnaeus, 1758), *Pyrrhidium sanguineum* (Linnaeus, 1758), *Phymatodes testaceus* (Linnaeus, 1758), *Leiopus nebulosus* (Linnaeus, 1758), *Stenurella sennii* Sama, 2002, *Plegaderus saucius* Erichson, 1834, *Plegaderus vulneratus* (Panzer, 1797), *Orchesia undulata* Kraatz, 1853, *Phloeostichus denticollis* W. Redtenbacher, 1842, *Rabocerus foveolatus* (Ljungh, 1823), *Bitoma crenata* (Fabricius, 1775), *Anthribus nebulosus* Forster, 1770, *Tritoma bipustulata* Fabricius, 1775, *Dromaeolus barnabita* (A. Villa & J.B. Villa, 1838), *Curtimorda maculosa* (Naezen, 1794), *Cyrtanaspis phalerata* (Germar, 1847), *Epuraea ocularis* Fairmaire, 1849, *Cardiophorus nigerrimus* Erichson, 1840, *Melanotus villosus* (Geoffroy in Fourcroy, 1785), *Pityophthorus buyssoni* Reitter, 1901, *Pityokteines curvidens* (Germar, 1823), *Pityogenes trepanatus* (Nördlinger, 1848), *Xyleborinus saxesenii* (Ratzeburg, 1837), *Hyperisus plumbeum* (Illiger, 1801).

5.4.5 Valeur patrimoniale du site

Tableau 16 : synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers de l'érablaie.

Nombre d'espèces saproxyliques 133 ³		Erablaie
Nb espèces saproxyliques communes et largement distribuées (Ip1)		70
Nb espèces saproxyliques communes et localisées ou à faible densité et large répartition (Ip2)		49
Nb espèces saproxyliques rares et sporadiques, localisées et jamais abondantes (Ip3)		13
Nb espèces saproxyliques très rares, moins de cinq localités ou un seul département en France (Ip4)		1
Classe de patrimonialité		2
Valeur patrimoniale		207

Le profil de patrimonialité est classique avec de nombreuses espèces communes (Ip 1 & 2). Une mise en perspective des différents sites sera réalisée à l'issue de la présentation de chaque site.

5.4.6 Classe de patrimonialité du site

La présence d'une espèce Ip=4 place pour l'instant le site étudié comme un site d'intérêt patrimonial régional à national.

5.4.7 Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés

Le site révèle des espèces inscrites dans différents registres de patrimonialité, notamment 134 espèces de Coléoptères saproxyliques sont recensées dont 21 déterminantes au titre des Znieff, 14 considérées comme particulièrement rares (Ip=3 ou 4).

Les espèces observées témoignent d'une composition faunistique caractéristique de peuplement de montagne avec des espèces liées aux feuillus et aux conifères.

³ 1 espèce saproxylique est considérée comme introduite et à ce titre ne possède pas de valeur patrimoniale

Le nombre d'espèces déterminantes de Znieff et d'espèces patrimoniales pour les coléoptères saproxyliques témoigne des enjeux associés à ces milieux.

Les éléments qui constituent pour nous des indicateurs d'un équilibre écologique des milieux qui semble satisfaisant sont : le nombre d'espèces typiques (29), la répartition des régimes alimentaires entre les différentes espèces typiques avec une majorité de xylophages (liés aux conditions climatiques et stationnelles), ainsi que la diversité spécifique des scolytes.

Ce site présente toutes les caractéristiques d'un boisement fonctionnel avec des espèces associées à des arbres habitats sénescents. La surface étudiée est restreinte mais elle héberge une diversité notable et caractéristique des vieux boisements. Ils abritent des populations d'espèces qui seront à même de coloniser d'autre boisements afin de maintenir la complexité et la résilience des écosystèmes faces aux changements d'origines anthropiques.

5.5 Résultats pour le site n° 2 – Sentier des Roches

5.5.1 Qualité de la prospection pour le site

Les éléments suivants nous permettent d'apprécier la qualité des résultats obtenus.

La courbe d'accumulation ci-dessous représente l'augmentation du nombre d'espèces en fonction du nombre d'individus capturés. Les traits pleins figurent le résultat des observations, les traits pointillés constituent l'extrapolation si l'effort était doublé.

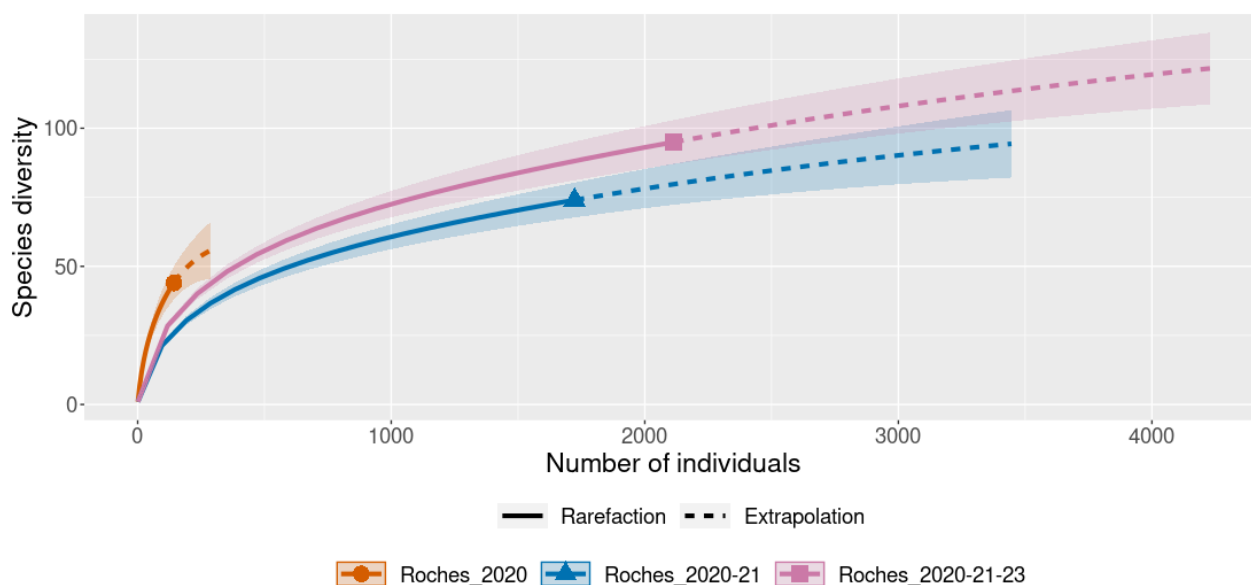


Figure 28 : courbe d'accumulation des observations pour le sentier des Roches au cours des 3 années

Tableau 17 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour le sentier des Roches

	Roches_2020	Roches_2020-21	Roches_2020-21-23
Nb spécimens	143	1723	2115
Nb espèces	44	74	95
Apport N+1 et N+1&2		68%	116%
CE	0.8681	0.9843	0.9835

Chaque année a permis de détecter de nouvelles espèces :

- 44 espèces la première année et 95 à l'issue des 3 années (soit une amélioration des connaissances de 116%)

L'estimation du nombre d'espèces saproxyliques potentiellement présentes est assez variable selon les années, les résultats s'éloignant de manière significative du modèle (zone ombrée autour des courbes) des années précédentes. La pente du taux de détection diminue lors de chaque campagne d'échantillonnage (Figure 28).

La courbe de la seconde année est inférieure à celles des autres années. Son tracé s'explique par la présence de très nombreux scolytes détectés, en particulier, un scolyte *Trypodendron lineatum* dont 930 spécimens ont été capturés en 2021. Leur abondance a infléchi la courbe de raréfaction.

A noter la variation du nombre d'individus collectés au cours du temps. En 2021 ce sont presque 10 fois plus de spécimens qui ont été collectés qu'au cours de l'année 2020 et deux fois plus qu'en 2023. Ce phénomène est représentatif des variations des populations d'insectes.

Le modèle suggère que la reconduction de l'inventaire sur une période équivalente (3 ans avec un effort identique) permettrait de détecter entre 95 et 151 espèces avec une valeur médiane de 121 espèces.

La couverture d'échantillonnage (CE) n'est pas suffisante la première année (0,86). Elle augmente sur l'année suivante au-delà du seuil minimal (Tableau 17) et de manière paradoxale et infime elle diminue l'année suivante.

5.5.2 Interprétation

L'amélioration des connaissances sur 3 années est la raison principale pour laquelle ce protocole a été conçu sur ce pas de temps. Réduire l'étude à une seule année aurait limité l'intérêt des données, en particulier la capacité à mener une comparaison temporelle.

Avec les valeurs de la couverture d'échantillonnage et les courbes d'accumulation, la comparaison du nombre d'espèces (diversité observée) entre les sites sera pleinement réalisable tant spatialement que temporellement.

La qualité globale de cet inventaire est satisfaisante. Il faudra prendre en compte l'abondance ponctuellement forte de *Trypodendron lineatum* qui va peser particulièrement lourd dans les analyses.

La charge de pièges, ici 2, sera également à prendre en compte.

5.5.3 Espèces typiques et rares

La méthode de répartition dans les classes d'abondance est décrite dans le chapitre « 3.5.2 *Espèces typiques et rares* ».

Le Tableau 13 ci-dessous fait la synthèse des résultats qui sont issus d'un fichier d'analyse des données sous INext (Annexe 1 : données d'abondance ajustées des coléoptères saproxyliques pour les différents sites utilisables avec INext.).

Tableau 18 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondance pour le site 2

Valeurs des estimateurs de biodiversité			Valeurs calculées		Valeurs ajustées	
	Q=0 Diversité spécifique	Q=1 Diversité de Shannon	Typiques	Rares	Typiques	Rares
Roches	95	13	13	82	14	81
Roches ajusté	95	33,08	33	62	31	64

A partir de ces valeurs, nous avons distribué les espèces dans les catégories en fonction de leur abondance relative décroissante. Dans les figures suivantes, la ligne rouge indique la limite entre les espèces typiques et les espèces rares. Nous avons dû ajuster le nombre d'espèces typiques pour ne pas séparer des espèces ayant des abondances relatives identiques ou particulièrement proches.

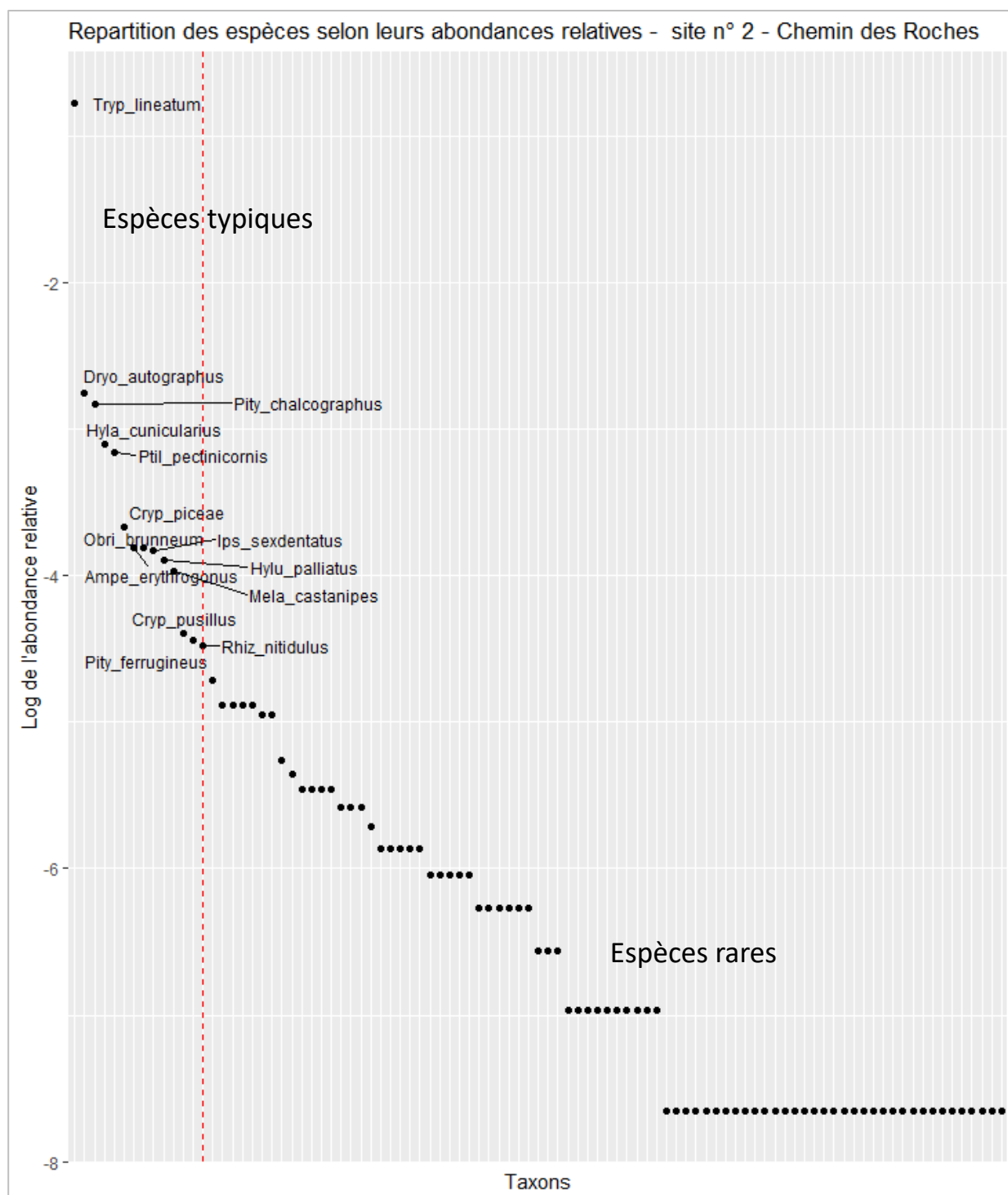


Figure 29 : répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 6.

Le nombre d'espèces typiques est ici faible, en particulier à cause de d'une espèce très dominante (*Trypodendron lineatum*), qui représente 53 % des individus collectés (Tableau 17). Le déséquilibre observé se traduit par une plus faible valeur de la diversité de Shannon.

Une telle répartition suggère que le milieu présente également un déséquilibre notable du point de vue écologique. Nous savons que ce déséquilibre est lié au choix d'un arbre support en situation physiologique critique (comme beaucoup d'arbres dans le secteur). C'est donc un phénomène micro-local dans l'écosystème qui est représentatif d'un fonctionnement passager dans l'écosystème.

Il sera donc nécessaire de prendre des précautions particulières lors d'une comparaison au cours du suivi temporel de ce site. Un examen de l'abondance dans les deux dispositifs durant les 3 années montre que c'est au cours de la seconde année et sur le même piège (2-2) que la très grande majorité des spécimens ont été capturés et leur présence serait donc bien liée au phénomène de stress physiologique. 698 spécimens ayant été capturés entre le 1^{er} et le 15 juin 2022, dans ledit piège.

Nous avons réalisé une version du jeu de données pour comparer les profils, où l'abondance de cette espèce pourrait être pondérée de manière à rendre compte du fonctionnement du reste de l'écosystème dans sa globalité.

En plus du jeu de données initial, nous proposons une liste ajustée où l'espèce dominante est ramenée à une abondance moyenne ((abondance-2020 + abondance 2023) /2) X3).

$$\textit{Trypodendron lineatum} = (3+42) * 1,5=68$$

Les valeurs recalculées sont figurées dans la seconde ligne du Tableau 18, le nombre d'espèces typiques passe alors à 31 taxons.

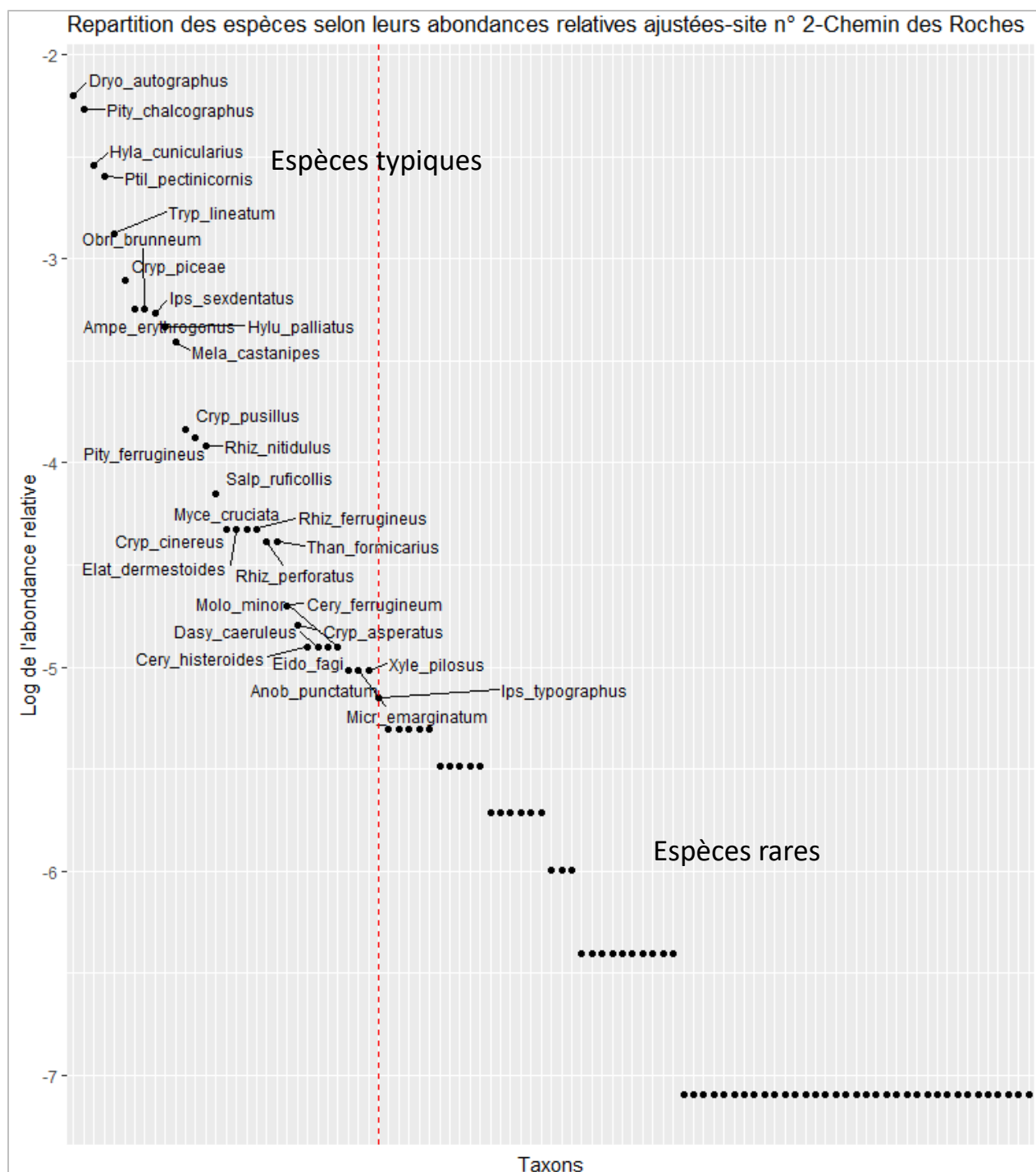


Figure 30 : répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 2 avec des valeurs ajustées pour 1 espèce.

Le tableau ci-dessous présente les espèces typiques dominantes (vert foncé) et non-dominantes (vert clair) ainsi que leur fréquence relative sur le site selon les deux jeux de données (initial et ajusté).

Tableau 19 : espèces dominantes de l'îlot n°7 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi)

Sentier des Roches- valeurs initiales		Rang	Sentier des Roches- valeurs ajustées	
taxon	Pi		taxon	Pi
Tryp_lineatum	0,460993	1	Dryo_autographus	0,110927
Dryo_autographus	0,063357	2	Pity_chalcographus	0,103477
Pity_chalcographus	0,059102	3	Hyla_cunicularius	0,078642
Hyla_cunicularius	0,044917	4	Ptil_pectinicornis	0,074503
Ptil_pectinicornis	0,042553	5	Tryp_lineatum	0,056291
Cryp_piceae	0,025532	6	Cryp_piceae	0,044702
Ampe_erythrogonus	0,022222	7	Ampe_erythrogonus	0,038907
Obri_brunneum	0,022222	8	Obri_brunneum	0,038907
Ips_sexdentatus	0,021749	9	Ips_sexdentatus	0,038079
Hylu_palliatus	0,020331	10	Hylu_palliatus	0,035596
Mela_castanipes	0,018913	11	Mela_castanipes	0,033113
Cryp_pusillus	0,012293	12	Cryp_pusillus	0,021523
Pity_ferrugineus	0,01182	13	Pity_ferrugineus	0,020695
Rhiz_nitidulus	0,011348	14	Rhiz_nitidulus	0,019868
		15	Salp_ruficollis	0,015728
		16	Cryp_cinereus	0,013245
		17	Elat_dermestoides	0,013245
		18	Myce_cruciata	0,013245
		19	Rhiz_ferrugineus	0,013245
		20	Rhiz_perforatus	0,012417
		21	Than_formicarius	0,012417
		22	Cery_ferrugineum	0,009106
		23	Cryp_asperatus	0,008278
		24	Cery_histeroides	0,00745
		25	Dasy_caeruleus	0,00745
		26	Eido_fagi	0,00745
		27	Molo_minor	0,00745
		28	Anob_punctatum	0,006623
		29	Micr_emarginatum	0,006623
		30	Xyle_pilosus	0,006623
		31	Ips_typographus	0,005795

Tableau 20 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques

Régime trophique	Nb de taxons liste initiale	Nb de taxons liste ajustée	% liste ajustée
Zoo	4	9	29%
Sxy	1	3	10%
Myc	0	3	10%
Xyl	9	16	52%

Ces deux listes avec leur répartition en termes de régimes trophiques sont 2 versions de la parcelle étudiée. L'utilisation de la liste ajustée nous semble pertinente, associée aux précautions d'usage.

Les espèces xylophages représentent la moitié des taxons, suivies par les prédateurs qui représentent un peu plus d'un quart des taxons. La situation n'est pas entièrement équilibrée mais elle semble plus représentative de la diversité observée. Dans la version ajustée, les espèces saproxylophages et mycétophages sont mieux représentées que dans la version initiale.

5.5.4 Patrimonialité du site

5.5.4.1 Espèces déterminantes au titre des Znieff

Les espèces déterminantes au titre des Znieff sont caractéristiques de leurs habitats. Elles doivent permettre d'identifier des zones naturelles pour leur intérêt, leur patrimonialité ou leur fonctionnalité écologique.

Au cours de l'inventaire, 10 espèces déterminantes au titre des Znieff ont été mises en évidence.

Hallomenus binotatus (Quensel, 1790), *Rhizophagus nitidulus* (Fabricius, 1798), *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Abraeus granulum* Erichson, 1839, *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Hypoganus inunctus* (Lacordaire, 1835), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Clytus lama* Mulsant, 1847, *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787). Les espèces déterminantes observées sont toutes des espèces saproxyliques. Ce sont en majorité des prédateurs et des saproxylophages (bois dégradés).

Les enjeux identifiés sur la base des espèces déterminantes de Znieff font ressortir un cortège significatif d'espèces saproxyliques. L'ilot étudié est mitoyen de la Znieff de type I (ZNIEFF 420030109 Cirque glaciaire du Sentier des Roches). Une communication au service régional en charge du suivi des Znieff afin d'actualiser la fiche de la Znieff semble pertinente.

5.5.4.2 Espèces inscrites sur la Liste rouge européenne des Coléoptères saproxyliques

21 espèces sont concernées par l'évaluation européenne.

21 espèces sont considérées comme présentant une « préoccupation mineure » (LC – Least concerned) : *Melasis buprestoides* (Linnaeus, 1761), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Denticollis linearis* (Linnaeus, 1758), *Anaglyptus mysticus* (Linnaeus, 1758), *Rhagium bifasciatum* Fabricius, 1775, *Rhagium mordax* (De Geer, 1775), *Alosterna tabacicolor* (De Geer, 1775), *Tetropium castaneum* (Linnaeus, 1758), *Clytus lama* Mulsant, 1847, *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Molorchus minor* (Linnaeus, 1758), *Obrium brunneum* (Fabricius, 1792), *Rutpela maculata* (Poda, 1761), *Mycetophagus atomarius* (Fabricius, 1787), *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Hypogonus inunctus* (Lacordaire, 1835), *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Ampedus auripes* (Reitter, 1895).

Les enjeux patrimoniaux pour ces espèces sont donc modérés au regard du seul éclairage apporté par la liste rouge européenne.

5.5.4.3 Espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers

Sur les 95 espèces saproxyliques observées (Tableau 9), 10 sont considérées comme rares (Ip=3) : *Ernobius laticollis* Pic, 1927, *Abraeus granulum* Erichson, 1839, *Liodopria serricornis* (Gyllenhal, 1813), *Xylita laevigata* (Hellenius, 1786), *Dolotarsus lividus* (C.R. Sahlberg, 1833), *Hallomenus axillaris* (Illiger, 1807), *Rhizophagus grandis* Gyllenhal, 1827, *Euglenes pygmaeus* (De Geer, 1775), *Globicornis corticalis* (Eichhoff, 1863), *Ampedus auripes* (Reitter, 1895).

Aucune espèce très rare (Ip=4) n'a été identifiée.

La présence d'un nombre d'espèces Ip3 est un indicateur d'un site à enjeux.

5.5.4.4 Espèces indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est

2 espèces observées ici sont considérées comme indicatrices des forêts anciennes au sens large (plus grande tolérance aux perturbations) par Eckelt en 2017. Il s'agit de :

Ampedus auripes (Reitter, 1895) ; *Ernobius laticollis* Pic, 1927

Cette liste est très restrictive. Les espèces observées ici soutiennent le fait que le boisement présente un enjeu de conservation certain.

5.5.4.5 Espèces boréo-alpines

18 espèces sont typiquement dépendantes du contexte montagnard, elles marquent un aspect particulier de la composition faunistique du site :

Clytus lama Mulsant, 1847, *Dryocoetes hectographus* Reitter, 1913, *Xylechinus pilosus* (Ratzeburg, 1837), *Ampedus auripes* (Reitter, 1895), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Pheletes aeneoniger* (De Geer, 1774), *Mycetina cruciata* (Schaller, 1783), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784), *Dolotarsus lividus* (C.R. Sahlberg, 1833), *Xylita laevigata* (Hellenius, 1786), *Rhizophagus grandis* Gyllenhal, 1827, *Microbregma emarginatum* (Duftschmid, 1825), *Sphaerites glabratus* (Fabricius, 1792), *Hallomenus axillaris* (Illiger, 1807).

La faune observée présente donc une signature montagnarde typique.

5.5.4.6 Espèces introduites

Aucune espèce identifiée sur le site n'apparaît dans la liste des espèces de coléoptères saproxyliques introduites.

5.5.4.7 Espèces originales pour le site

Dans le cadre de cet inventaire, nous avons extrait la liste des 13 espèces qui n'ont été observées que sur le site 2. Elles ont toutes été observées qu'en un seul exemplaire. Au vu de la pression d'échantillonnage et de la couverture observée, si elles sont présentes sur d'autres sites de l'étude, elles constitueront également des espèces rares.

Anthaxia godeti Gory & Laporte de Castelnau, 1839, *Anaglyptus mysticus* (Linnaeus, 1758), *Hexarthrum exiguum* (Boheman, 1838), *Ernobius laticollis* Pic, 1927, *Silvanoprus fagi* (Guérin-Méneville, 1844), *Silvanus bidentatus* (Fabricius, 1792), *Rhizophagus grandis* Gyllenhal, 1827, *Euglenes pygmaeus* (De Geer, 1775), *Cychramus variegatus* (Herbst, 1792), *Cardiophorus vestigialis* Erichson, 1840, *Rhyncolus punctatulus* Boheman, 1838, *Prionocyphon serricornis* (P.W.J. Müller, 1821), *Scaptia fuscula* P.W.J. Müller, 1821.

5.5.5 Valeur patrimoniale du site

Tableau 21 : synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers du site 2.

Nombre d'espèces saproxyliques 95	Sentier des Roches
Nb espèces saproxyliques communes et largement distribuées (Ip1)	49
Nb espèces saproxyliques communes et localisées ou à faible densité et large répartition (Ip2)	36
Nb espèces saproxyliques rares et sporadiques, localisées et jamais abondantes (Ip3)	10
Nb espèces saproxyliques très rares, moins de cinq localités ou un seul département en France (Ip4)	0
Classe de patrimonialité	1
Valeur patrimoniale	151

Le profil de patrimonialité est classique avec de nombreuses espèces communes (Ip 1 & 2).

5.5.6 Classe de patrimonialité du site

La patrimonialité de ce site est la plus faible observée et relativement proches de celle des sites de la tourbière et de l'éboulis bas.

5.5.7 Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés

Le site révèle des espèces inscrites dans différents registres de patrimonialité, notamment 95 espèces de Coléoptères saproxyliques sont recensées dont 10 déterminantes au titre des Znieff, 10 considérées comme particulièrement rares (Ip=3 ou 4), 2 indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est.

Les espèces observées témoignent d'une composition faunistique caractéristique de peuplement de montagne avec des espèces liées aux feuillus et aux conifères, ainsi qu'aux boisements présentant une continuité temporelle de l'état.

Le nombre d'espèces déterminantes de Znieff et d'espèces patrimoniales pour les coléoptères saproxyliques témoigne des enjeux associés à ces milieux.

Trois éléments constituent pour nous des indicateurs d'une dynamique écologique du milieu : le nombre d'espèces typiques (31) dans la version ajustée du jeu de données, le profil des régimes alimentaires avec des xylophages dominants, mais également des prédateurs. La grande diversité spécifique des scolytes constitue un autre élément notable.

Le site du sentier des roches présente un aspect très particulier de « cimetière » des éléphants avec les gros bois tombés et accumulés ici. Le profil du site laissait espérer qu'il serait possible de trouver plus d'espèces un peu remarquables. L'accès du site n'est pas particulièrement simple (ce qui limite le choix et une certaine optimisation de l'emplacement des dispositifs) et le site reste particulièrement exposé et dynamique, limitant peut-être les espèces qui peuvent se développer. Ce site est l'une des facettes de la réserve et constitue un élément remarquable en tant que tel.

5.6 Résultats pour le site n° 3 – Tourbière du Rothried

5.6.1 Qualité de la prospection pour le site

Les éléments suivant nous permettent d’apprécier la qualité des résultats obtenus.

La courbe d’accumulation ci-dessous représente l’augmentation du nombre d’espèces en fonction du nombre d’individus capturés. Les traits pleins figurent le résultat des observations, les traits pointillés constituent l’extrapolation si l’effort était doublé.

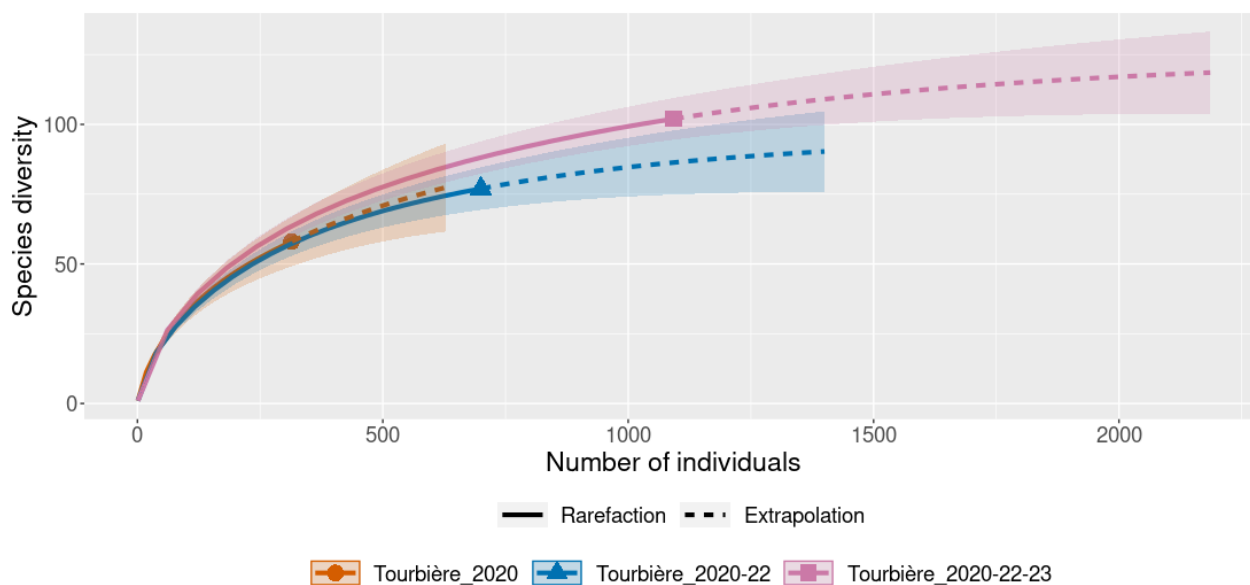


Figure 31 : courbe d'accumulation des observations pour la tourbière du Rothried au cours des 3 années

Tableau 22 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour la tourbière du Rothried

	Tourbière_2020	Tourbière_2020-22	Tourbière_2020-22-23
Nb spécimens	314	700	1093
Nb espèces	58	77	102
Apport N+1 et N+1&2		33%	76%
CE	0.9174	0.9672	0.9726

Chaque année a permis de détecter de nouvelles espèces :

- 58 espèces la première année et 102 à l’issue des 3 années (soit une amélioration des connaissances de 76%)

Les courbes de chaque année présentent des profils qui se superposent bien. La première année a révélé un peu plus de la moitié des espèces. La pente de la courbe est bien stabilisée à la fin de la troisième année.

La courbe de la dernière année est un peu supérieure à celles des années précédentes, révélant une amélioration du nombre d'espèces détectées.

Le modèle suggère que la reconduction de l'inventaire sur une période équivalente (3 ans avec un effort identique) permettrait de détecter entre 102 et 144 espèces avec une valeur médiane de 118 espèces. Ce seront essentiellement des espèces rares dont la détection se fera sur la base d'un faible nombre d'individus.

La couverture d'échantillonnage est proche de 0,9 la première année. La seconde année, elle franchit le seuil de référence minimal (0,95). Les trois années auront été très nécessaires pour cet inventaire (Tableau 22).

5.6.2 Interprétation

Avec les valeurs de la couverture d'échantillonnage et les courbes d'accumulation, la comparaison du nombre d'espèces (diversité observée) entre les sites sera pleinement réalisable tant spatialement que temporellement. La charge de pièges, ici 2, sera également à prendre en compte. La qualité globale de cet inventaire est satisfaisante.

5.6.3 Espèces typiques et rares

La méthode de répartition dans les classes d'abondance est décrite dans le chapitre « 3.5.2 *Espèces typiques et rares* ». Deux jeux de données sont analysés à la suite des résultats avec les valeurs initiales.

Le Tableau 13 ci-dessous fait la synthèse des résultats qui sont issus d'un fichier d'analyse des données sous INext (Annexe 1 : données d'abondance ajustées des coléoptères saproxyliques pour les différents sites utilisables avec INext.).

Tableau 23 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondance pour le site 3

Valeurs des estimateurs de biodiversité	Valeurs calculées	Valeurs ajustées
---	-------------------	------------------

	Q=0 Diversité spécifique	Q=1 Diversité de Shannon	Typiques	Rares	Typiques	Rares
Tourbière	102	29,26	29	73	29	73

Nous avons distribué les espèces dans les catégories en fonction de leur abondance relative décroissante. Nous n'avons pas eu à ajuster le nombre d'espèces typiques pour ne pas séparer des espèces ayant des abondances relatives identiques ou particulièrement proches. Dans les figures suivantes, la ligne rouge indique la limite entre les espèces typiques et les espèces rares.

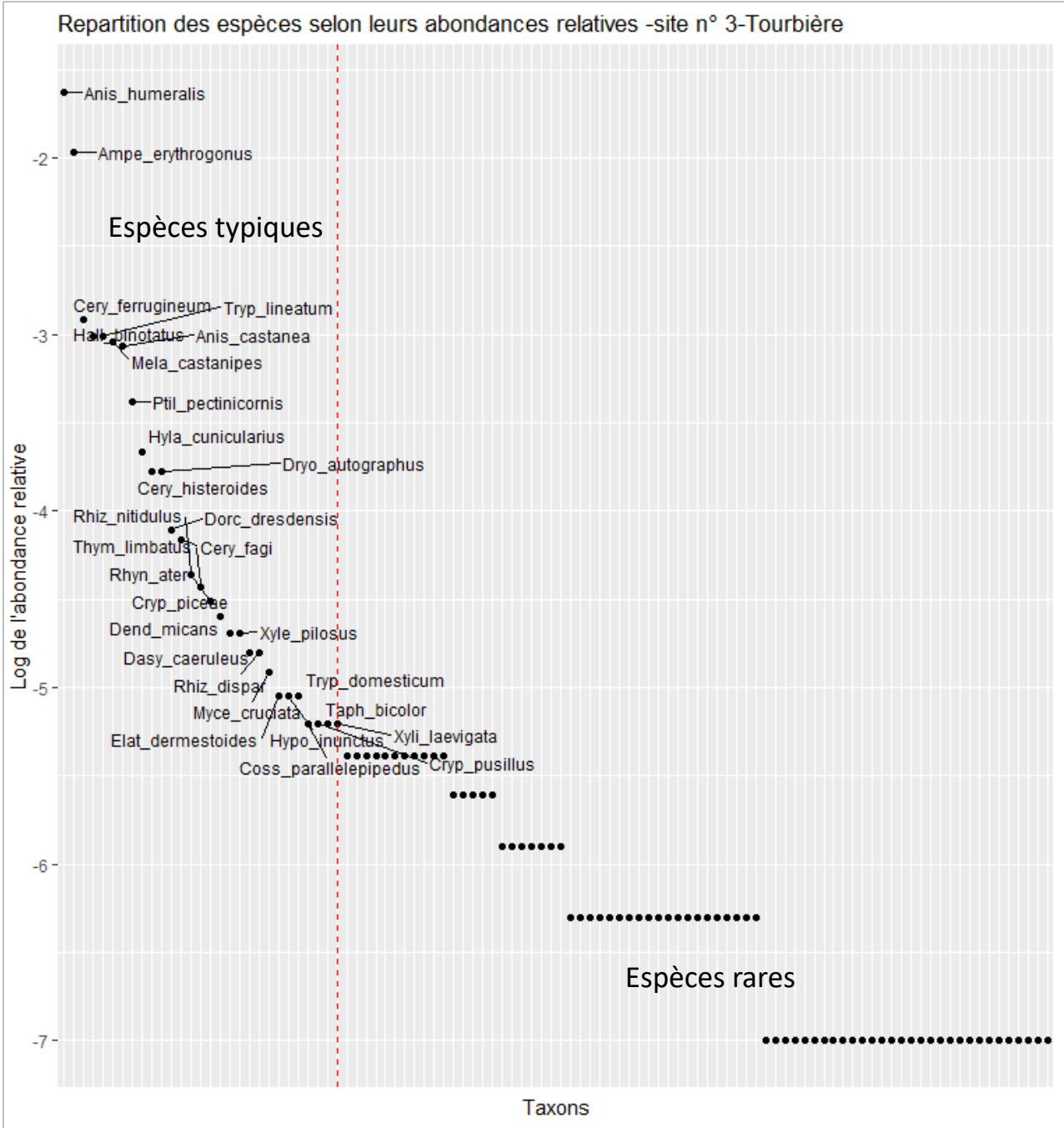


Figure 32 : répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 3.

Le nombre d'espèces typiques est relativement élevé, et traduit un équilibre dans l'écosystème tel que nous le percevons à l'aide des dispositifs mis en place.

Le tableau ci-dessous (Tableau 24) présente les espèces typiques dominantes (vert foncé) et non-dominantes (vert clair) ainsi que leur fréquence relative sur le site selon les deux jeux de données (initial et ajusté).

Tableau 24 : espèces dominantes du site n°3 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi)

Tourbière		Rang
taxon	Pi	
Anis_humeralis	0,195791	1
Ampe_erythrogonus	0,139067	2
Cery_ferrugineum	0,05398	3
Hall_binotatus	0,049405	4
Tryp_lineatum	0,049405	5
Mela_castanipes	0,047575	6
Anis_castanea	0,046661	7
Ptil_pectinicornis	0,033852	8
Hyla_cunicularius	0,025618	9
Cery_histeroides	0,022873	10
Dryo_autographus	0,022873	11
Dorc_dresdensis	0,016468	12
Cery_fagi	0,015554	13
Rhiz_nitidulus	0,012809	14
Thym_limbatus	0,011894	15
Rhyn_ater	0,010979	16
Cryp_piceae	0,010064	17
Dend_micans	0,009149	18
Xyle_pilosus	0,009149	19
Dasy_caeruleus	0,008234	20
Rhiz_dispar	0,008234	21
Myce_cruciata	0,007319	22
Elat_dermostoides	0,006404	23
Hypo_inunctus	0,006404	24
Tryp_domesticum	0,006404	25
Coss_parallelepipedus	0,005489	26
Cryp_pusillus	0,005489	27
Taph_bicolor	0,005489	28
Xyli_laevigata	0,005489	29
Aspi_orbiculatus	0,004575	30
Cryp_cinereus	0,004575	31

Les espèces typiques sont en majorité des espèces xylophages suivies de près par des espèces mycétophages, contrairement aux autres sites étudiés au sein de la réserve et dans le PNRBV. Les prédateurs présentent un cinquième des espèces ; les saproxylophages moins nombreux constituent le reste de la cohorte (Tableau 25).

Tableau 25 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques

Régime trophique	Nb de taxons liste initiale	%
Zoo	6	19%
Sxy	3	10%
Myc	10	32%
Xyl	12	39%

Cette abondance des espèces mycétophages est à mettre en relation avec le profil très particulier du site. Cette richesse suggère une abondance de ressource liée aux champignons lignivores et à une abondance/diversité de bois fraîchement mort.

5.6.4 Patrimonialité du site

5.6.4.1 Espèces déterminantes au titre des Znieff

Au cours de l'inventaire, 18 espèces déterminantes au titre des Znieff ont été mises en évidence.

Ampedus nigrinus (Herbst, 1784), *Hallomenus binotatus* (Quensel, 1790), *Oxyporus maxillosus* Fabricius, 1792, *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Hypoganus inunctus* (Lacordaire, 1835), *Hylis cariniceps* (Reitter, 1902), *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Pediacus dermestoides* (Fabricius, 1792), *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784), *Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774), *Abdera flexuosa* (Paykull, 1799), *Rhizophagus cribratus* Gyllenhal, 1827, *Rhizophagus nitidulus* (Fabricius, 1798), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Abraeus granulum* Erichson, 1839.

Les espèces déterminantes observées sont toutes des espèces saproxyliques.

Les enjeux identifiés sur la base des espèces déterminantes de Znieff font ressortir un cortège significatif d'espèces saproxyliques. L'îlot étudié est inclus dans la Znieff de type I (ZNIEFF 420030128 - Cirque glaciaire du Frankenthal). Une communication au service régional en charge du suivi des Znieff afin d'actualiser la fiche de la Znieff est pertinente, pour l'actualisation de la Znieff.

5.6.4.2 Espèces inscrites sur la Liste rouge européenne des Coléoptères saproxyliques

29 espèces sont concernées par l'évaluation européenne.

29 espèces sont considérées comme présentant une « préoccupation mineure » (LC – Least concerned) : *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Melasis buprestoides* (Linnaeus, 1761), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Denticollis linearis* (Linnaeus, 1758), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Litargus connexus* (Geoffroy in Fourcroy, 1785), *Rhagium bifasciatum* Fabricius, 1775, *Rhagium mordax* (De Geer, 1775), *Oxymirus cursor* (Linnaeus, 1758), *Tetropium castaneum* (Linnaeus, 1758), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Molorchus minor* (Linnaeus, 1758), *Obrium brunneum* (Fabricius, 1792), *Tetropium fuscum* (Fabricius, 1787), *Pidonia lurida* (Fabricius, 1792), *Mycetophagus atomarius* (Fabricius, 1787), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Pediacus dermestoides* (Fabricius, 1792), *Microrhagus lepidus* Rosenhauer, 1847, *Hylis cariniceps* (Reitter, 1902), *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Hylis olexai* (Palm, 1955), *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Hypoganus inunctus* (Lacordaire, 1835), *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Ampedus auripes* (Reitter, 1895), *Corticeus unicolor* Piller & Mitterpacher, 1783.

Les enjeux patrimoniaux pour ces espèces sont donc modérés à faible au regard du seul éclairage apporté par la liste rouge européenne.

5.6.4.3 Espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers

Sur les 102 espèces saproxyliques observées (Tableau 9), 14 sont considérées comme rares (Ip=3) : *Oxymirus cursor* (Linnaeus, 1758), *Tetropium gabrieli* Weise, 1905, *Tetropium fuscum* (Fabricius, 1787), *Pidonia lurida* (Fabricius, 1792), *Abraeus granulum* Erichson, 1839, *Liodopria serricornis* (Gyllenhal, 1813), *Abdera flexuosa* (Paykull, 1799), *Xylita laevigata* (Hellenius, 1786), *Dolotarsus lividus* (C.R. Sahlberg, 1833), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Hallomenus axillaris* (Illiger, 1807), *Symbiotes latus* L. Redtenbacher, 1847, *Rhyncolus sculpturatus* Waltl, 1839, *Ampedus auripes* (Reitter, 1895).

Au regard de l'effort de prospection et du nombre d'espèces total, la présence d'autant d'espèces Ip 3 est un gage de la qualité globale du milieu.

5.6.4.4 Espèces indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est

1 espèce observée ici est considérée comme indicatrice des forêts anciennes au sens large (plus grande tolérance aux perturbations) par Eckelt en 2017. Il s'agit de :

Ampedus auripes (Reitter, 1895).

Cette liste est très restrictive, 168 espèces au total. L'espèce observée ici soutient le fait que le boisement présente un enjeu de conservation en plus des autres aspects de la faune présente.

5.6.4.5 Espèces boréo-alpines

21 espèces de coléoptères dont 19 saproxyliques et 1 carabidae sont typiquement dépendantes du contexte montagnard. Elles marquent un aspect particulier de la composition faunistique du site :

Podabrus alpinus (Paykull, 1798), *Trichotichnus nitens* (Heer, 1837), *Gaurotes virginea* (Linnaeus, 1758), *Pidonia lurida* (Fabricius, 1792), *Rhyncolus sculpturatus* Waltl, 1839, *Xylechinus pilosus* (Ratzeburg, 1837), *Ampedus auripes* (Reitter, 1895), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Mycetina cruciata* (Schaller, 1783), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Dictyopectera aurora* (Herbst, 1784), *Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774), *Dolotarsus lividus* (C.R. Sahlberg, 1833), *Xylita laevigata* (Hellenius, 1786), *Microbregma emarginatum* (Duftschmid, 1825), *Oxyporus maxillosus* Fabricius, 1792, *Hallomenus axillaris* (Illiger, 1807),

La faune observée présente donc une signature montagnarde typique.

5.6.4.6 Espèces introduites

Aucune espèce identifiée sur le site n'apparaît dans la liste des espèces de coléoptères saproxyliques introduites.

5.6.4.7 Espèces originales pour le site

Dans le cadre de cet inventaire, nous avons extrait la liste des 10 espèces qui n'ont été observées que sur le site 3. Elles ont été identifiées en moins de 5 exemplaires sauf *Dendroctonus micans* (Kugelann, 1794) et *Rhyncolus ater* (Linnaeus, 1758). Il s'agit donc d'espèces rares dans le site. À la vue de la pression d'échantillonnage et de la couverture observée, si elles sont présentes sur d'autres sites de l'étude, elles constitueront également des espèces rares.

Dendroctonus micans (Kugelann, 1794), *Hylastes ater* (Paykull, 1800), *Tetropium gabrieli* Weise, 1905, *Paromalus flavicornis* (Herbst, 1791), *Pediacus dermestoides* (Fabricius, 1792), *Hylis cariniceps* (Reitter, 1902), *Cossonus parallelepipedus* (Herbst, 1795), *Rhyncolus ater* (Linnaeus, 1758), *Hylastes opacus* Erichson, 1836, *Oxyporus maxillosus* Fabricius, 1792,

5.6.5 Valeur patrimoniale du site

Tableau 26 : synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers de la tourbière n°3.

Nombre d'espèces saproxyliques 128	Tourbière
Nb espèces saproxyliques communes et largement distribuées (Ip1)	45
Nb espèces saproxyliques communes et localisées ou à faible densité et large répartition (Ip2)	43
Nb espèces saproxyliques rares et sporadiques, localisées et jamais abondantes (Ip3)	14
Nb espèces saproxyliques très rares, moins de cinq localités ou un seul département en France (Ip4)	0
Classe de patrimonialité	1
Valeur patrimoniale	173

Le profil de patrimonialité est classique avec de nombreuses espèces communes (Ip 1 & 2).

La patrimonialité de ce site est la seconde plus forte observée et relativement proche de celle des sites du sentier des Roches et de l'éboulis bas.

5.6.6 Classe de patrimonialité du site

L'absence d'espèce Ip=4 place pour l'instant le site étudié comme un site d'intérêt patrimonial local à régional.

5.6.7 Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés

Le site révèle des espèces inscrites dans différents registres de patrimonialité, notamment 102 espèces de Coléoptères saproxyliques sont recensées dont 18 déterminantes au titre des Znieff, 1 carabidae déterminant de Znieff (non saproxylique), aucune espèce Vulnérable au niveau européen, 14 considérées comme particulièrement rares (Ip=3 ou 4), 1 indicatrice des forêts anciennes de l'Europe de l'Est.

Les espèces observées témoignent d'une composition faunistique caractéristique de peuplement de montagne avec des espèces boréo-alpines, ainsi qu'aux boisements présentant une continuité temporelle de l'état boisé.

Le nombre d'espèces déterminantes de Znieff et d'espèces patrimoniales pour les coléoptères saproxyliques témoigne des enjeux associés à ces milieux.

Les indicateurs suggèrent une situation écologique relativement équilibrée avec un nombre d'espèces typiques élevé (29). Une part importante des espèces typiques est composée d'espèces xylophages, ce qui est assez classique, mais les espèces mycétophages dont le développement est dépendant de champignons lignivores sont présentes en même proportion. C'est une composition atypique par rapport à l'ensemble des sites qu'il nous a été donné d'étudier.

La diversité spécifique des scolytes dans ce milieu est également importante et constitue un autre indicateur de la fonctionnalité écologique du site.

Atypique par sa structure et son histoire, le boisement de la tourbière du Rothried est une composante essentielle des milieux de la réserve.

5.7 Résultats pour le site n° 4 – Eboulis bas

5.7.1 Qualité de la prospection pour le site

Les éléments suivant nous permettent d’apprécier la qualité des résultats obtenus.

La courbe d’accumulation ci-dessous représente l’augmentation du nombre d’espèces en fonction du nombre d’individus capturés. Les traits pleins figurent le résultat des observations, les traits pointillés constituent l’extrapolation si l’effort était doublé.

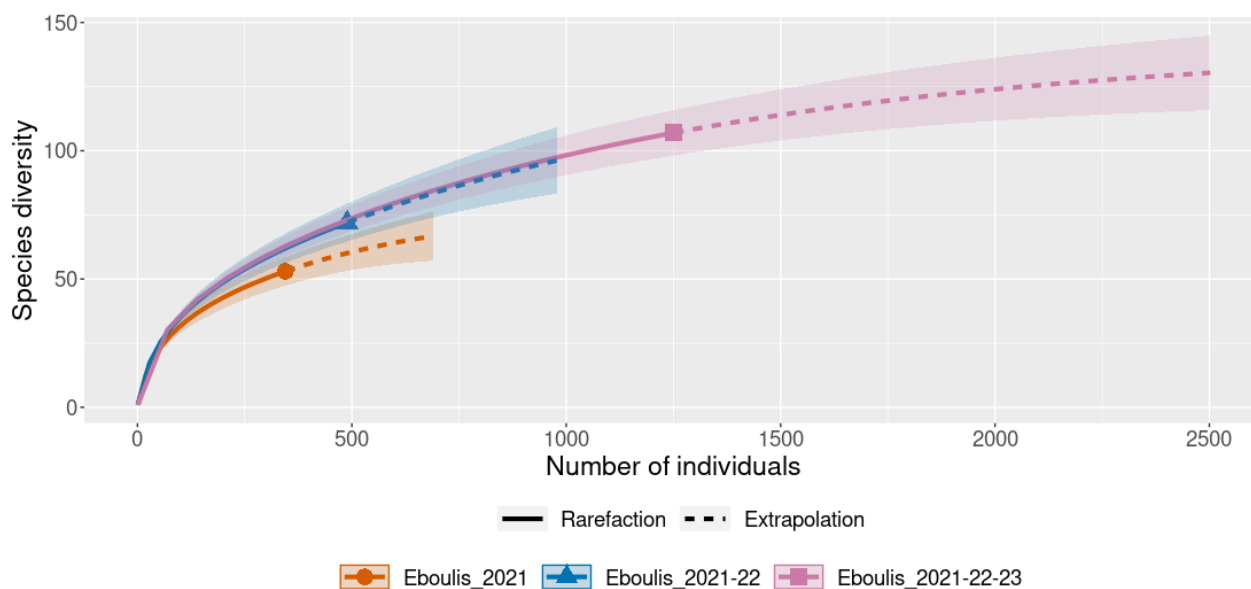


Figure 33 : courbe d'accumulation des observations pour l'éboulis bas au cours des 3 années

Tableau 27 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour l'éboulis bas

	Eboulis_2021	Eboulis_2021-22	Eboulis_2021-22-23
Nb spécimens	345	489	1251
Nb espèces	53	72	107
Apport N+1 et N+1&2		36%	102%
CE	0.9422	0.9367	0.9689

Chaque année a permis de détecter de nouvelles espèces :

- 53 espèces la première année et 107 à l'issue des 3 années (soit une amélioration des connaissances de 102%)

L'estimation du nombre d'espèces saproxyliques potentiellement présentes tend à se stabiliser avec une pente qui diminue lors de chaque campagne d'échantillonnage (Figure 33). Le nombre d'espèces détectées chaque année est conforme à ce qui est proposé par le modèle (zone ombrée autour des courbes) des années précédentes.

A noter la variation du nombre d'individus collectés au cours du temps : en 2023 le nombre de spécimens collectés est plus de 2 fois plus important qu'au cours des années 2021 & 2022 réunies. Ce phénomène est représentatif des variations des populations d'insectes.

Le modèle suggère que la reconduction de l'inventaire sur une période équivalente (3 ans avec un effort identique) permettrait de détecter entre 111 et 149 espèces avec une valeur médiane de 130 espèces.

La couverture d'échantillonnage est presque bonne dès la première année (0,94). Elle diminue un peu la seconde année (peu de spécimens capturés et de nouvelles espèces). Elle augmente pour franchir le seuil minimal la troisième année (Tableau 27).

5.7.2 Interprétation

Avec les valeurs de la couverture d'échantillonnage et les courbes d'accumulation, la comparaison du nombre d'espèces (diversité observée) entre les sites sera pleinement réalisable tant spatialement que temporellement.

La qualité globale de cet inventaire est satisfaisante.

5.7.3 Espèces typiques et rares

Le Tableau 13 ci-dessous fait la synthèse des résultats qui sont issus d'un fichier d'analyse des données sous INext (Annexe 1 : données d'abondance ajustées des coléoptères saproxyliques pour les différents sites utilisables avec INext.).

Tableau 28 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondance pour le site 4

Valeurs des estimateurs de biodiversité	Valeurs calculées	Valeurs ajustées
---	-------------------	------------------

	Q=0 Diversité spécifique	Q=1 Diversité de Shannon	Typiques	Rares	Typiques	Rares
Eboulis	107	36,97	37	70	37	70

A partir de ces valeurs nous avons distribué les espèces dans les catégories en fonction de leur abondance relative décroissante. Dans les figures suivantes, la ligne rouge indique la limite entre les espèces typiques et les espèces rares.

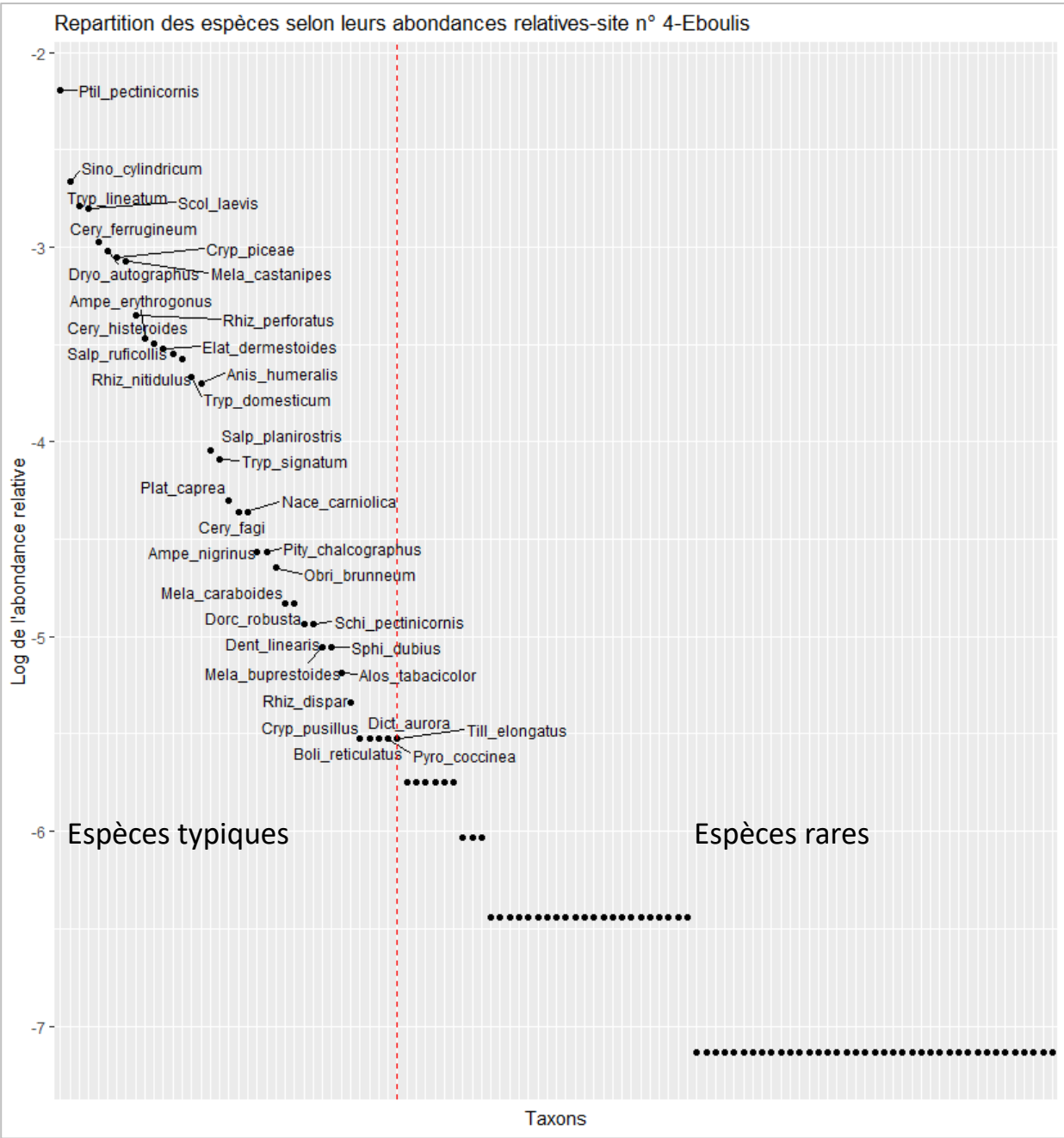


Figure 34 : répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 4.

Le nombre d'espèces typiques est très élevé et traduit un équilibre dans l'écosystème tel que nous le percevons à l'aide des dispositifs mis en place.

Le Tableau 29, regroupe les espèces typiques dominantes (vert foncé) et non-dominantes (vert clair).

Tableau 29 : espèces dominantes de la stations 4 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi)

Eboulis bas		Rang
taxon	Pi	
Ptil_pectinicornis	0,111111	1
Sino_cylindricum	0,069544	2
Tryp_lineatum	0,061551	3
Scol_laevis	0,060751	4
Cery_ferrugineum	0,051159	5
Dryo_autographus	0,048761	6
Cryp_piceae	0,047162	7
Mela_castanipes	0,046363	8
Rhiz_perforatus	0,035172	9
Ampe_erythrogonus	0,031175	10
Cery_histeroides	0,030376	11
Elat_dermostoides	0,029576	12
Salp_ruficollis	0,028777	13
Rhiz_nitidulus	0,027978	14
Tryp_domesticum	0,02558	15
Anis_humeralis	0,02478	16
Salp_planirostris	0,017586	17
Tryp_signatum	0,016787	18
Plat_caprea	0,013589	19
Cery_fagi	0,01279	20
Nace_carniolica	0,01279	21
Ampe_nigrinus	0,010392	22
Pity_chalcographus	0,010392	23
Obri_brunneum	0,009592	24
Dorc_robusta	0,007994	25
Mela_caraboides	0,007994	26
Dent_linearis	0,007194	27
Schi_pectinicornis	0,007194	28
Mela_buprestoides	0,006395	29
Sphi_dubius	0,006395	30
Alos_tabacicolor	0,005596	31

Rhiz_dispar	0,004796	32
Boli_reticulatus	0,003997	33
Cryp_pusillus	0,003997	34
Dict_aurora	0,003997	35
Pyro_coccinea	0,003997	36
Till_elongatus	0,003997	37

Le nombre d'espèces typiques est très élevé. Il est lié à une relative uniformité dans les abondances observées. Les espèces typiques sont réparties entre 2 principaux régimes trophiques de manière déséquilibré (tableau suivant). Les prédateurs et les xylophages dominent le cortège, suggérant une abondance de ressource liée aux champignons lignivores et à une abondance/diversité de proies importante. Les xylophages et saproxylophages ne représentent qu'un tiers des espèces qui pourrait être liées à un niveau de ressource en bois limité. Une telle répartition soutient l'idée que le milieu présente également un déséquilibre notable du point de vue écologique.

Tableau 30 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques

Régime trophique	Nb de taxons	%
Zoo	13	35%
Sxy	6	16%
Myc	7	19%
Xyl	11	30%

5.7.4 Patrimonialité du site

5.7.4.1 Espèces déterminantes au titre des Znieff

Au cours de l'inventaire, 14 espèces déterminantes au titre des Znieff ont été mises en évidence.

Platycerus caprea (De Geer, 1774), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Ctenicera cuprea* (Fabricius, 1775), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Liotrichus affinis* (Paykull, 1800), *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784), *Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774), *Rhizophagus nitidulus* (Fabricius, 1798), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787), *Eucnemis capucina* Ahrens, 1812, *Synchita variegata* Hellwig, 1792.

Les espèces déterminantes observées sont toutes des espèces saproxyliques. Ce sont en majorité des prédateurs, des saproxylophages (bois dégradés) et des mycétophages.

Les enjeux identifiés sur la base des espèces déterminantes de Znieff font ressortir un cortège significatif d'espèces saproxyliques. Le site étudié est inclus dans la Znieff de type I (ZNIEFF 420030128 - Cirque glaciaire du Frankenthal). Une communication au service régional en charge du suivi des Znieff afin d'actualiser la fiche de la Znieff est pertinente.

5.7.4.2 Espèces inscrites sur la Liste rouge européenne des Coléoptères saproxyliques

34 espèces sont concernées par l'évaluation européenne.

32 espèces sont considérées comme présentant une « préoccupation mineure » (LC – Least concerned) : *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Eucnemis capucina* Ahrens, 1812, *Melasis buprestoides* (Linnaeus, 1761), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Ampedus sanguineus* (Linnaeus, 1758), *Denticollis linearis* (Linnaeus, 1758), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Rhagium bifasciatum* Fabricius, 1775, *Rhagium mordax* (De Geer, 1775), *Grammoptera ruficornis* (Fabricius, 1781), *Alosterna tabacicolor* (De Geer, 1775), *Pachytodes cerambyciformis* (Schrank, 1781), *Anastrangalia dubia* (Scopoli, 1763), *Clytus arietis* (Linnaeus, 1758), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Molorchus minor* (Linnaeus, 1758), *Obrium brunneum* (Fabricius, 1792), *Pidonia lurida* (Fabricius, 1792), *Mycetophagus multipunctatus* Fabricius, 1792, *Mycetophagus atomarius* (Fabricius, 1787), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Nacerdes carniolica* (Gistel, 1834), *Microrhagus lepidus* Rosenhauer, 1847, *Hylis foveicollis* (C.G. Thomson, 1874), *Hylis olexai* (Palm, 1955), *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787), *Nemozoma elongatum* (Linnaeus, 1761), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus pomorum* (Herbst, 1784), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Diacanthous undulatus* (De Geer, 1774), *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Corticeus unicolor* Piller & Mitterpacher, 1783, *Stictoleptura maculicornis* (De Geer, 1775).

Les enjeux patrimoniaux pour ces espèces sont donc très modérés au regard du seul éclairage apporté par la liste rouge européenne.

5.7.4.3 Espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers

Sur les 107 espèces saproxyliques observées (Tableau 9), 8 sont considérées comme rares (lp=3) : *Pidonia lurida* (Fabricius, 1792), *Liodopria serricorne* (Gyllenhal, 1813), *Ischnomera sanguinicollis* (Fabricius, 1787), *Symbiotes latus* L. Redtenbacher, 1847, *Diacanthous undulatus* (De Geer, 1774), *Rhyncolus sculpturatus* Waltl, 1839, *Globicornis corticalis* (Eichhoff, 1863), *Schizotus pectinicornis* (Linnaeus, 1758),

Aucune espèce très rare (lp=4) n'a été identifiée.

Au vu de l'effort produit et du contexte avec une densité d'arbre relativement faible, le nombre d'espèces rares nous paraît honnête, et illustre une part des enjeux écologiques liés à la conservation des vieux arbres dans tous les contextes.

5.7.4.4 Espèces indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est

Aucune espèce observée ici n'est considérée comme indicatrice des forêts anciennes par Eckelt en 2017. Cette absence est compatible avec la dynamique très particulière des éboulis de pente qui ne sont pas propices au maintien du bois mort sur place.

5.7.4.5 Espèces boréo-alpines

23 espèces sont typiquement dépendantes du contexte montagnard, elles marquent un aspect particulier de la composition faunistique du site :

Cantharis tristis Fabricius, 1798, *Gaurotes virginea* (Linnaeus, 1758), *Pidonia lurida* (Fabricius, 1792), *Stictoleptura maculicornis* (De Geer, 1775), *Gonioctena quinquepunctata* (Fabricius, 1787), *Rhyncolus sculpturatus* Waltl, 1839, *Xylechinus pilosus* (Ratzeburg, 1837), *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821), *Ampedus nigrinus* (Herbst, 1784), *Ampedus scrofa* Germar, 1844, *Ctenicera cuprea* (Fabricius, 1775), *Denticollis rubens* Piller & Mitterpacher, 1783, *Diacanthous undulatus* (De Geer, 1774), *Liotrichus affinis* (Paykull, 1800), *Melanotus castanipes* (Paykull, 1800), *Pheletes aeneoniger* (De Geer, 1774), *Mycetina cruciata* (Schaller, 1783), *Platycerus caprea* (De Geer, 1774), *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784), *Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774), *Microbregma emarginatum* (Duftschmid, 1825), *Schizotus pectinicornis* (Linnaeus, 1758), *Sphaerites glabratus* (Fabricius, 1792).

La faune observée présente donc une signature montagnarde typique.

5.7.4.6 Espèces introduites

Aucune espèce identifiée sur le site n'apparaît dans la liste des espèces de coléoptères saproxyliques introduites.

5.7.4.7 Espèces originales pour le site

Dans le cadre de cet inventaire, nous avons extrait la liste des 12 espèces qui n'ont été observées que sur le site 4. Seul *Nacerdes carniolica* a été capturé en nombre (n=1-) les autres espèces ont été identifiées par 1 ou 2 spécimens. Au vu de la pression d'échantillonnage et de la couverture observée, si ces espèces sont présentes sur d'autres sites de l'étude, elles constitueront des également des espèces rares.

Ampedus sanguineus (Linnaeus, 1758), *Grammoptera ruficornis* (Fabricius, 1781), *Pachytodes cerambyciformis* (Schränk, 1781), *Anastrangalia dubia* (Scopoli, 1763), *Stenostola dubia* (Laicharting, 1784), *Mycetophagus multipunctatus* Fabricius, 1792, *Nacerdes carniolica* (Gistel, 1834), *Synchita variegata* Hellwig, 1792, *Diacanthous undulatus* (De Geer, 1774), *Pityophthorus pubescens* (Marsham, 1802), *Scolytus multistriatus* (Marsham, 1802), *Hylesinus varius* (Fabricius, 1775).

5.7.5 Valeur patrimoniale du site

Tableau 31 : synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestiers du site n°4.

Nombre d'espèces saproxyliques 107	Eboulis bas
Nb espèces saproxyliques commune et largement distribuées (Ip1)	58
Nb espèces saproxyliques communes et localisées ou à faible densité et large répartition (Ip2)	41
Nb espèces saproxyliques rares et sporadiques, localisées et jamais abondantes (Ip3)	8
Nb espèces saproxyliques très rares, moins de cinq localités ou un seul département en France (Ip4)	0
Classe de patrimonialité	1
Valeur patrimoniale	164

Le profil de patrimonialité est classique avec de nombreuses espèces communes (Ip 1 & 2).

La patrimonialité de ce site est proche de celui de la tourbière et du sentier des Roches avec un nombre d'espèces à patrimonialité élevée (2 et 3) équivalent.

5.7.6 Classe de patrimonialité du site

L'absence d'espèce Ip=4 place pour l'instant le site étudié comme un site d'intérêt patrimonial régional.

5.7.7 Conclusions en termes de patrimonialité et enjeux associés

Le site révèle des espèces inscrites dans différents registres de patrimonialité, notamment 107 espèces de Coléoptères saproxyliques sont recensées dont 14 déterminantes au titre des Znieff, aucune espèce Vulnérable au niveau européen, 8 considérées comme particulièrement rare (Ip=3 ou 4), aucune indicatrice des forêts anciennes de l'Europe de l'Est.

Les espèces observées témoignent d'une composition faunistique caractéristique de peuplement de montagne avec des espèces liées aux feuillus. Les observations ne permettent pas de confirmer que les boisements présentent une continuité temporelle de l'état boisé ce qui est cohérent avec la situation en éboulis de pente.

Le nombre d'espèces déterminantes de Znieff et d'espèces patrimoniales pour les coléoptères saproxyliques confirme tout de même la présence d'enjeux associés à ces milieux.

Différents éléments constituent pour nous des indicateurs d'un équilibre écologique marqué des milieux : le nombre d'espèces typiques (37), la répartition relativement équilibrée des régimes alimentaires entre les différentes espèces typiques (xylophages et prédateurs dominant, saproxylophages et mycétophages moins nombreux) et une diversité spécifique des scolytes relativement élevées (2/3 des espèces connues sur la réserve).

L'éboulis bas semble relativement similaire à l'érablaie (station 1) mais avec un nombre d'espèces patrimoniales et à enjeu plus réduit, s'expliquant en partie par la pression d'échantillonnage bien plus faible. Une comparaison raisonnée est présentée dans les chapitres suivants.

5.8 Diversité des scolytes, un indicateur de fonctionnalité

Les scolytes forment une sous-famille de coléoptères au sein de la famille des Curculionidae (Charançons). Ils sont essentiellement connus pour les dégâts occasionnés par quelques espèces xylophages primaires qui s'attaquent, dans des circonstances particulières, à des arbres vivants. Sans revenir sur les conditions de pullulations et les mécanismes qui entraînent des mortalités très importantes dans les forêts et dans les plantations de résineux en particulier, nous souhaitons éclairer un autre aspect de ce groupe de coléoptères : leur diversité.

L'abondance des scolytes et leur diversité illustrent 2 aspects de la « biodiversité » forestière. Ce groupe est souvent connu pour abriter des espèces pouvant poser des problèmes aux peuplements forestiers. Le terme même de scolyte est uniquement entendu comme un danger pour les forêts alors que c'est un peu moins de 2% des 135 espèces présentes en France qui peuvent être problématiques pour l'exploitation forestière. Il n'y a aucune inquiétude à avoir dans le cas présent.

A l'inverse, le nombre d'espèces observées est, de notre point de vue, un indicateur de bonne fonctionnalité écologique, illustrant la diversité des situations favorables à ce groupe.

Nous renvoyons le lecteur qui souhaiterait en apprendre plus sur les scolytes à l'ouvrage d'Éric De Laclos concernant les scolytes de Bourgogne (DE LACLOS *et al.*, 2003) qui, au-delà de l'aspect identification, relate de manière très agréable de nombreux faits et informations sur ce groupe d'insectes.

Des scolytes ont été observés dans tous les sites (tableau ci-dessous) au cours de l'étude. C'est de l'ordre d'un cinquième de la faune de France des scolytes qui a été observée ici.

Tableau 32 : diversité des scolytes et de leurs prédateurs par site

Sites	Nb d'espèces de scolytes	Nb d'espèces de prédateurs
Erablaie	26	19
Sentier des Roches	21	13
Tourbière du Rothried	21	15
Eboulis bas	21	14
RNN	34	24

Les prédateurs des scolytes sont des espèces qui vont pouvoir se glisser dans les galeries ou sous les écorces pour venir prédater les œufs, les larves ou les adultes. Nous avons identifié les espèces suivantes :

Colydium elongatum (Fabricius, 1787), *Tillus elongatus* (Linnaeus, 1758), *Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758), *Abraeus granulum* Erichson, 1839, *Plegaderus saucius* Erichson, 1834, *Plegaderus vulneratus* (Panzer, 1797), *Paromalus flavicornis* (Herbst, 1791), *Phloeostichus denticollis* W. Redtenbacher, 1842, *Salpingus planirostris* (Fabricius, 1787), *Salpingus ruficollis* (Linnaeus, 1761), *Vincenzellus ruficollis* (Panzer, 1794), *Rabocerus foveolatus* (Ljungh, 1823), *Pediacus dermestoides* (Fabricius, 1792), *Rhizophagus bipustulatus* (Fabricius, 1792), *Rhizophagus cribratus* Gyllenhal, 1827, *Rhizophagus depressus* (Fabricius, 1792), *Rhizophagus grandis* Gyllenhal, 1827, *Rhizophagus dispar* (Paykull, 1800), *Rhizophagus ferrugineus* (Paykull, 1800), *Rhizophagus nitidulus* (Fabricius, 1798), *Rhizophagus perforatus* Erichson, 1845, *Nemozoma elongatum* (Linnaeus, 1761), *Pityophagus ferrugineus* (Linnaeus, 1761), *Corticeus unicolor* Piller & Mitterpacher, 1783.

Les scolytes constituent pour nous un indicateur de diversité fonctionnelle complémentaire des autres indicateurs classiques.

Pour chaque site, nous avons examiné le profil de la faune des scolytes.

5.8.1.1 Les scolytes de l'érable

Certaines espèces de scolytes sont représentées par quelques rares spécimens, d'autre sont très abondantes comme *Scolytus laevis* Chapuis, 1869 (n= 386), *Trypodendron lineatum* (Olivier, 1800) (n= 468) ou *Cryphalus piceae* (Ratzeburg, 1837) (n= 241). Ces abondances sont très raisonnables même si elle témoigne de ressources importantes pour le développement de ces espèces sur site. Il s'agit à chaque fois d'espèces qui ne sont pas des xylophages primaires et qui ont besoin d'arbres ou de branches en situation de stress.

5.8.1.2 Les scolytes du sentier des Roches

21 des 34 espèces de scolytes recensés au cours de l'étude sont présentes dans la station du sentier des Roches. Certaines espèces sont représentées par quelques rares spécimens, une seule est très abondante *Trypodendron lineatum* (Olivier, 1800) (n= 957).

Il n'y a aucune inquiétude à avoir dans le cas présent, l'espèce la plus abondante est un scolyte qui se développe en cultivant des champignons dans les galeries qu'il a foré dans le cœur du bois. Ce n'est pas un xylophage primaire mais plutôt un parasite de faiblesse qui a besoin que l'arbre (un résineux) soit suffisamment faible pour que la femelle puisse creuser sa galerie dans le cœur du bois sans se faire engluer de résine. D'autre part, le nombre d'espèces observées est de notre point de vue un indicateur de bonne fonctionnalité écologique, illustrant la diversité des situations favorables à ce groupe.

5.8.1.3 Les scolytes de la tourbière

Aucune espèce ne présente une abondance élevée dépassant plus de 55 individus !

Il n'y a aucune inquiétude à avoir dans le cas présent, l'espèce la plus abondante est un scolyte *Cryphalus piceae* qui se développe dans les petites branches mortes d'*Abies sp.* Il n'est pas connu pour être à l'origine d'attaques primaires. D'autre part, le nombre d'espèces observées est de notre point de vue un indicateur de bonne fonctionnalité écologique, illustrant la diversité des situations favorable à ce groupe.

5.8.1.4 Les scolytes de l'éboulis bas

Certaines espèces rencontrées sont représentées par quelques rares spécimens, d'autres sont un peu plus abondantes comme *Scolytus laevis* Chapuis, 1869 (n= 76), *Trypodendron lineatum* (Olivier, 1800) (n= 76) ou *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg, 1837) (n= 61). Comme pour les autres sites, il n'y a pas d'inquiétudes particulières à avoir.

5.8.1.5 Conclusion concernant les scolytes de la RNN

Les espèces sont ici très diversifiées et peu abondantes, un bruit de fond écologique qui témoigne de la diversité des micro-habitats disponibles sans menace sur l'ensemble de l'écosystème.

Le nombre d'espèces observées est de notre point de vue un indicateur de bonne fonctionnalité écologique, illustrant la diversité des situations favorables à ce groupe (Laclos et al. 2004). La richesse spécifique des prédateurs est également forte et illustre un aspect de l'équilibre qui règne dans les sites étudiés entre proies et prédateurs.

Différentes études suggèrent (BOUGET, 2019 – page 42) que la présence des prédateurs dans les écosystèmes est à même de participer à la régulation des espèces xylophages primaires qui pourraient voir leurs populations exploser dans des situations catastrophiques (tempêtes, fortes chaleurs, ...). De même, dans d'autres études (ib.), la richesse spécifique des prédateurs est plus forte dans les peuplements de feuillus non exploités depuis au moins trente ans que dans les parcelles récemment exploitées.

Cette richesse est en lien direct avec les dynamiques écologiques et une gestion contrôlée (diversité des essences, diversité des habitats et des pratiques, ...).

5.9 Mise en perspective nationale et régionale

5.9.1 Comparaison inter-sites

L'approche INext permet de comparer des inventaires n'ayant pas nécessairement la même puissance d'inventaire, ce qui est notre cas. La comparaison peut s'effectuer en examinant les courbes d'accumulation (Figure 35) et de manière plus précise en comparant la richesse spécifique des sites pour une même valeur de couverture d'échantillonnage (Tableau 33) (CHAO & JOST, 2012).

Nous pouvons légitimement comparer les différents sites entre eux et apprécier le résultat d'un inventaire plus intensif. Nous utilisons les données ajustées pour le site du sentier des Roches. Le graphique avec les valeurs non ajusté est disponible en annexe 2.

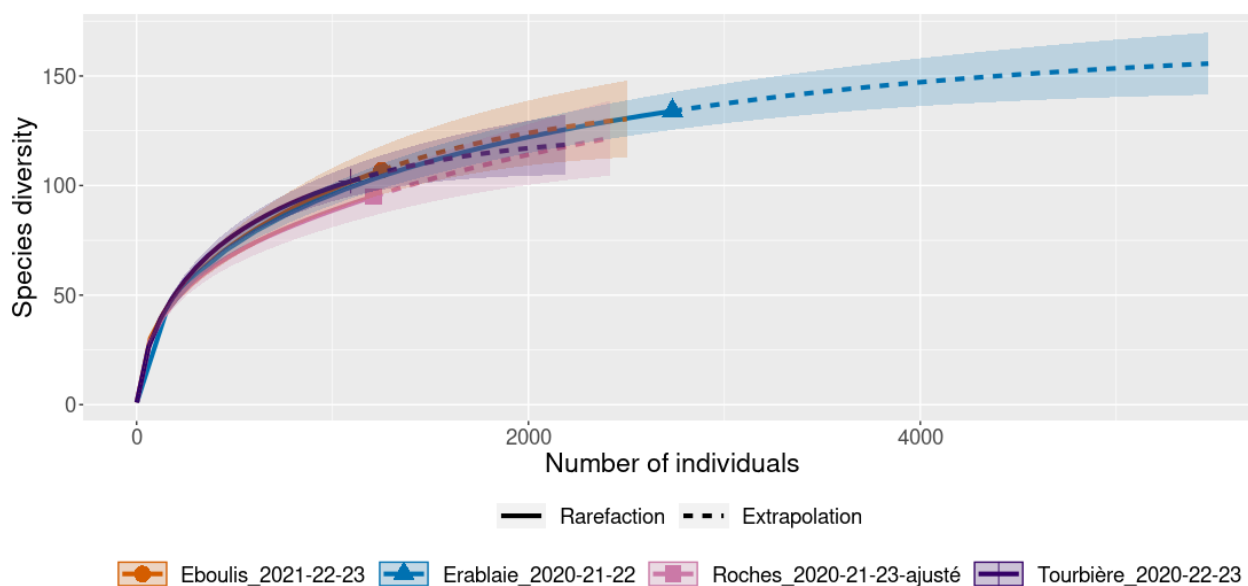


Figure 35 : comparaison inter-sites des profils de diversité spécifique

Les courbes d'accumulation se superposent largement sur la partie interpolation et semble continuer à se suivre de près à l'exception peut-être de la tourbière dont la pente semble s'infléchir de manière plus marquée. Ces résultats suggèrent que les profils d'acquisition de la richesse spécifique sont similaires et la richesse apparente de l'érablaie est largement due à une pression d'échantillonnage plus importante. La principale différence observée réside dans l'effort consenti sur les sites pour la réalisation de l'inventaire.

En comparant la richesse spécifique pour une même couverture d'échantillonnage pour l'ensemble de sites nous permet d'avoir un indicateur unifié de richesse spécifique comparable (Tableau 33).

Tableau 33 : richesse spécifique à couverture d'échantillonnage équivalente

Sites	Couverture (CE)	Richesse spécifique et intervalle de confiance	Méthode
Erablaie de pente	0,983	127 (117,43 - 136,84)	Raréfaction
Sentier des Roches (ajusté)	0,983	110 (97,12 - 124,34)	Extrapolation
Tourbière du Rothried	0,983	122 (105,57 - 139,35)	Extrapolation
Eboulis bas	0,983	120 (79,29 - 159,7)	Extrapolation

Cet examen des données nous confirme la proximité des différents sites en termes de profils de richesse spécifique. Les différences sont minimales. A couverture d'échantillonnage équivalente, l'érablaie est un peu plus riche que les autres sites et la tourbière serait un peu moins riche. Les deux autres sites sont particulièrement similaires, l'éboulis bas présentant une incertitude plus importante. Cette évaluation de la richesse n'est qu'un indicateur qui ne se substitue pas aux caractéristiques écologiques de chacun des sites.

Les sites étudiés à l'aide de 2 dispositifs ont relevé moins d'espèces dans l'absolu, mais à couverture d'échantillonnage équivalente, et selon les sites il s'agit d'un biais de perception liée à la pression d'échantillonnage ou d'un élément constitutif des sites. Les pressions d'inventaire plus élevées ont permis de détecter les espèces rares, de les faire émerger en tant qu'espèces associées à des sites et non en tant que simple richesse spécifique potentielle.

5.9.2 Contexte local élargi

Une première mise en perspective est possible dans le cadre du contexte local du PNR des Ballons des Vosges, l'examen des données issues de l'étude menée sur les coléoptères saproxyliques de 4 ilots de sénescence en contexte Natura 2000, permet de mettre en comparaison les résultats obtenus avec des méthodes similaires.

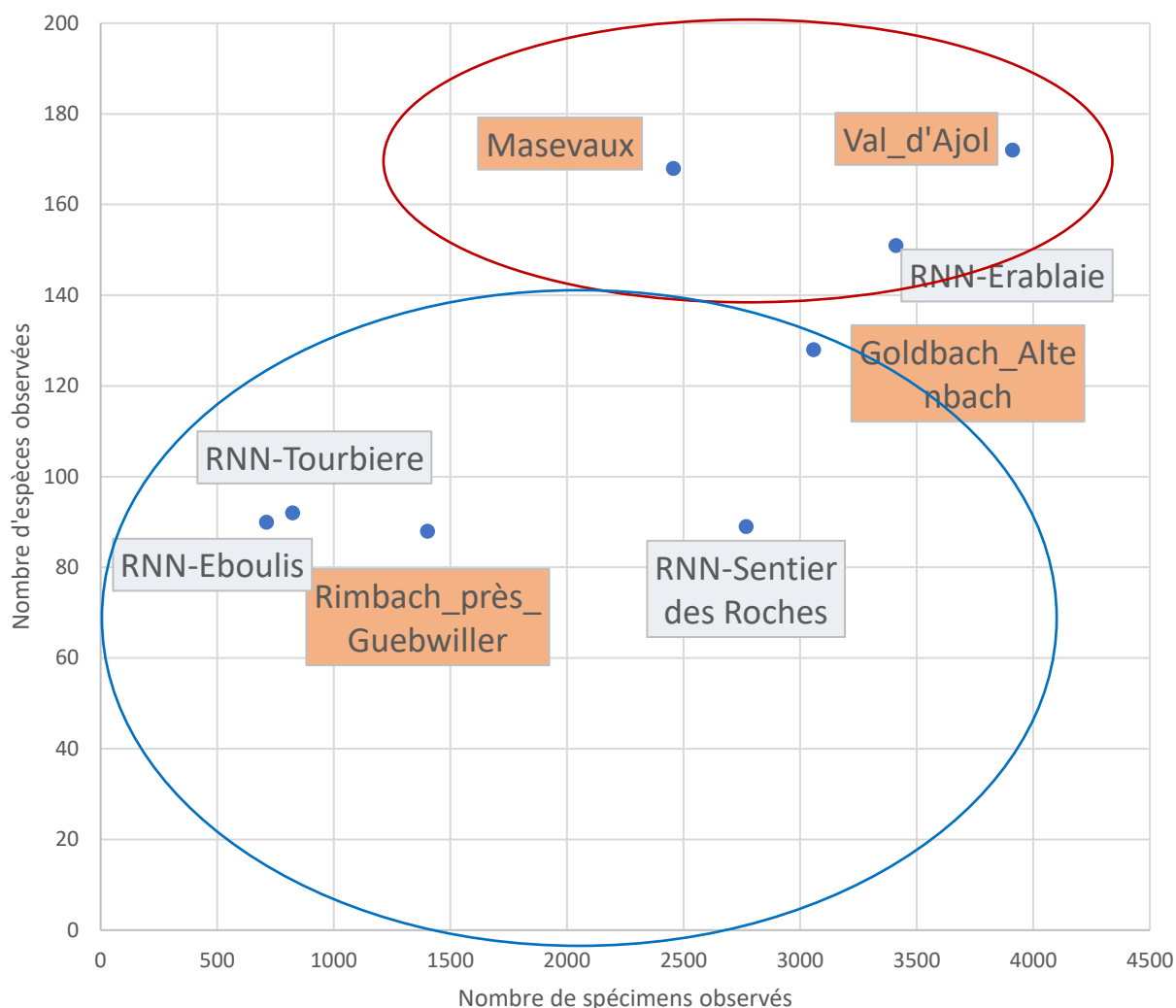


Figure 36 : comparaison de l'abondance et de la richesse spécifique observées dans les ilots de sénescence et 4 sites de la RNN du Frankenthal-Missheimle - le cercle rouge désigne les sites suivis 3 années avec 5 pièges et en bleu ceux suivis avec 2 dispositifs

Les sites suivis avec 5 dispositifs révèlent une plus grande diversité et une plus grande abondance quel que soit le site étudié.

Les sites suivis avec deux dispositifs ont révélé entre 80 et 100 taxons saproxyliques au cours de l'étude.

Un site des ilots, celui de Goldbach-Altenbach, présente une richesse intermédiaire entre les sites les plus riches et ceux suivis par 2 dispositifs.

En termes d'abondance à partir des jeux de données bruts, le contraste n'est pas aussi franc, certaines paires de dispositifs ayant collecté de très nombreux individus (RNN-sentier des Roches et ilot de Goldbach-Altenbach). Cependant ces deux sites ont fait l'objet chacun dans les rapports

qui les concernent d'un ajustement des effectifs pour rendre compte du fonctionnement écologique et non d'un phénomène micro-local.

La richesse et l'abondance observée sur les différents sites présentent des variations qui tout en restant cohérentes sont significatives. La pression d'échantillonnage entraîne des conséquences sur la connaissance de la faune. Le choix de la pression d'inventaire a pu être influencée par la connaissance antérieure des sites, en privilégiant consciemment ou non les sites pressentis comme ceux à plus fort potentiel.

5.9.3 Comparaison de la valeur patrimoniale au niveau national

Il existe différents projets en France qui sont réalisés ou en cours pour établir un état initial de la faune des coléoptères saproxyliques avec des pressions d'inventaire proche (3 années et 5 dispositifs). Nous avons retenu ceux qui nous semblent les plus pertinents :

- Les parcs départementaux de Seine-Saint-Denis (en vert),
- la réserve naturelle régionale des Iles-de-Chelles (en vert),
- Les sites d'îlots de sénescence en contexte Natura 2000 dans le territoire du Parc naturel régional des Ballons des Vosges (en bleu), La réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle (en rouge),

La carte de localisation de ces sites est disponible en annexe 3.

Le graphique ci-dessous représente la valeur patrimoniale des sites au regard des sites de référence.

La pression d'échantillonnage influence fortement la vision de la valeur patrimoniale. Il n'est pas possible de se servir de outils d'interpolation (INext) pour améliorer la comparabilité des sites entre eux, la valeur patrimoniale étant calculée sur les Ip propre à chaque espèce et que l'outil Inext ne nous permet pas d'évaluer leur évolution.

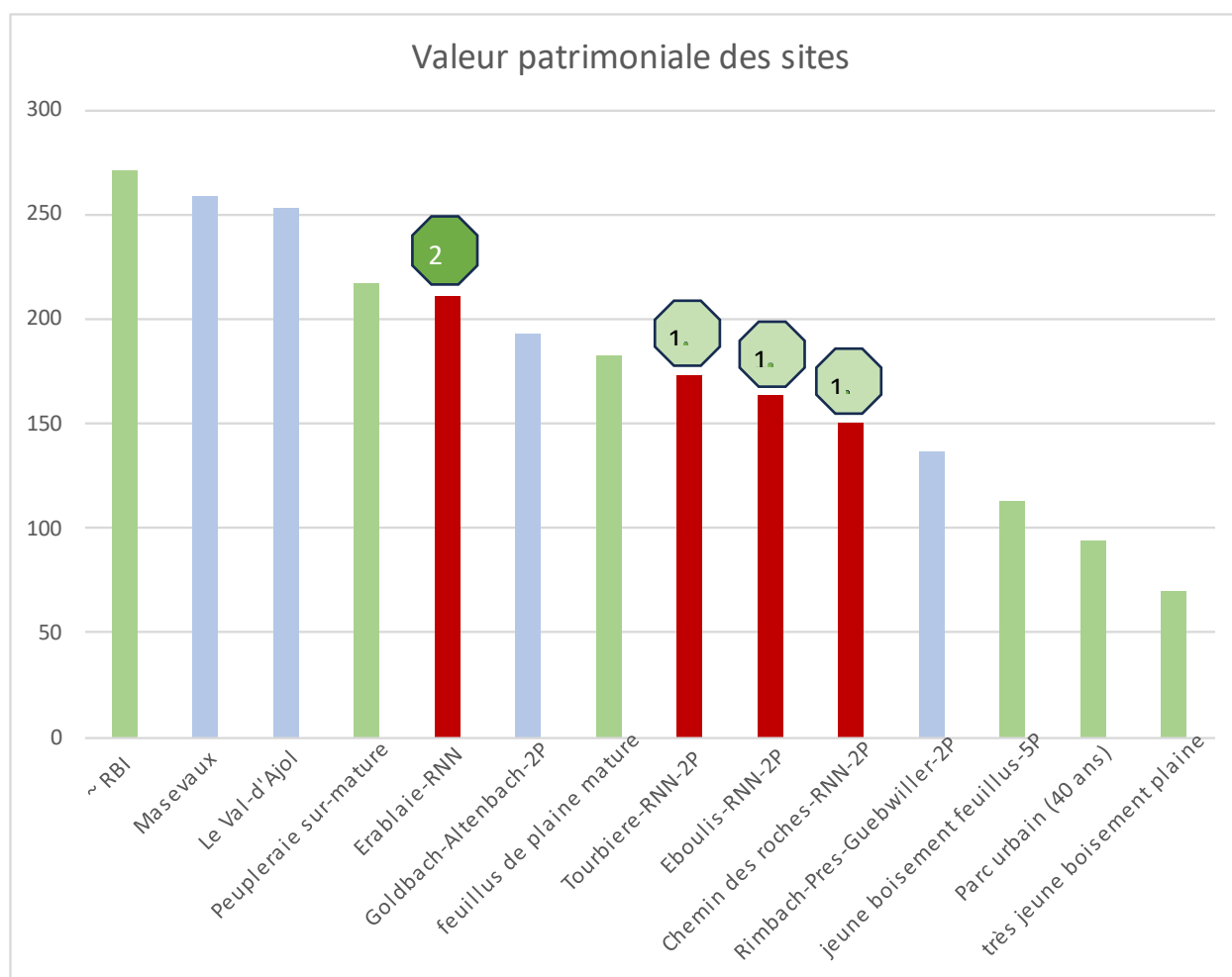


Figure 37 : comparaison des valeurs patrimoniales entre des sites présentant un état initial réalisé ou en cours. La classe de patrimonialité des sites est indiquée au-dessus.

Les différents sites se distribuent le long du gradient des sites de référence. Le site de l'érable présente la plus forte valeur patrimoniale, proche de ce qui a été observé dans des boisements sur-mature de boisements de plaine, mais inférieur à ce qui a été trouvé dans les ilots de sénescence du Val d'Ajol et de Masevaux qui, bien que situés sur le territoire du PNRBV, sont à des altitudes plus faibles. Les 3 autres sites de la réserve sont proches entre eux et encadrés par l'îlot de Goldbach-Altenbach et l'îlot de Rimbach-Pres-Guebwiller. Ces deux ilots de sénescence sont situés à des altitudes proches ou plus élevées que la réserve. Leur valeur patrimoniale est supérieure à de jeunes boisements de plaine échantillonnés avec des efforts plus conséquents.

Nous nous attendions éventuellement à trouver une valeur patrimoniale plus élevée pour ces boisements à l'histoire forestière ancienne. L'influence de l'altitude et de l'exposition n'est pas facile à apprécier, elle est susceptible de favoriser les espèces à caractère montagnard mais moins nombreuses en termes de diversité spécifique.

5.10 Comparaison temporelle et spatiale des sites

5.10.1 Représentation graphique des compositions faunistiques

La méthodologie est présentée dans le chapitre 3.5.7.

La figure suivante est une représentation visuelle de la proximité de composition faunistique des différents sites par la méthode NMDS. Chaque site est représenté par une couleur. Le symbole au centre correspond à la représentation moyenne (barycentre) des dispositifs-années de chaque site. Chaque petit symbole correspondant à la position d'un dispositif-année soit – 6 dispositifs-années pour les sites suivis par 2 pièges et 15 pour l'érablaie suivis par 5 pièges.

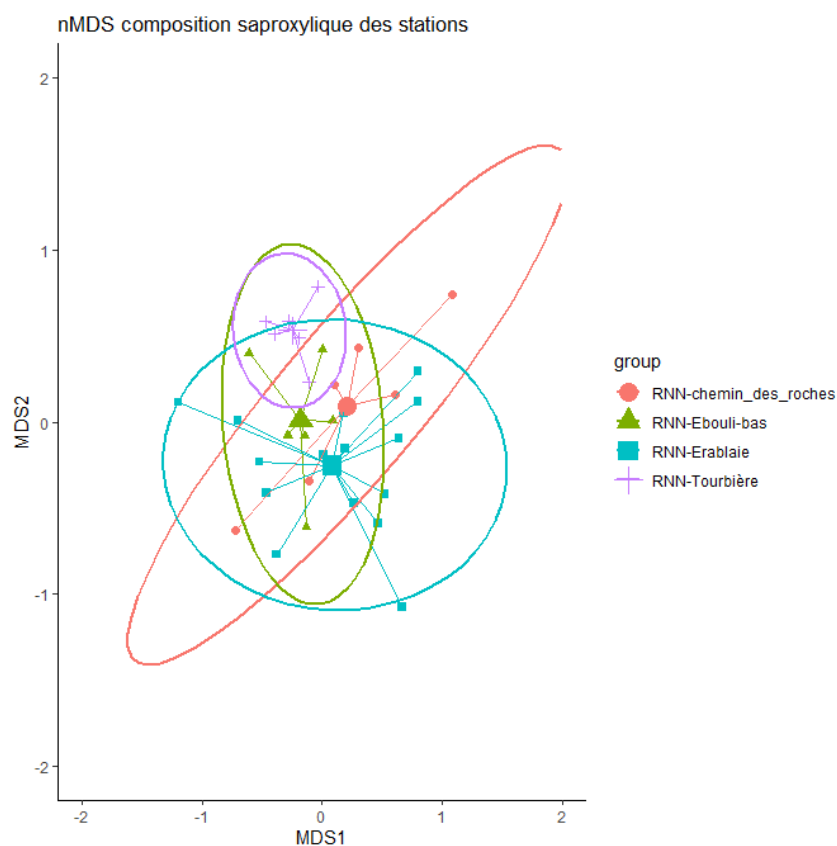


Figure 38 : représentation graphique de la proximité de composition faunistique des différents sites de la réserve (NMDS)

Les différents sites présentent une relativement grande homogénéité globale dans leur composition ; leurs barycentres sont relativement proches au regard de l'étalement total de la figure. L'érablaie, le sentier des Roches et l'éboulis bas sont plus proches l'un de l'autre que la tourbière. Celle-ci est extérieure avec une emprise plus réduite et très circulaire. Le sentier des Roches présente un étalement important et une déformation de l'emprise, qui traduit selon nous une très forte variation de la composition faunistique au cours de la période de l'étude. Le site a connu un épisode de dépérissement massif qui avait commencé avant 2020. L'inventaire s'étant étalé sur quatre années, il est vraisemblable que la composition faunistique cours des différentes

années ait évolué en lien avec ce phénomène qui a rendu des ressources disponibles certaines années et qui a également modifié le paysage.

Cette approche confirme à la fois la singularité de la tourbière (faune mycétophage et xylophage dominante) et la proximité faunistique des 3 autres stations.

Il est possible d'effectuer la même représentation en incluant les données des îlots de sénescence. Le schéma obtenu est plus complexe et demande une lecture plus minutieuse. Le trait noir pointillé sépare les sites de la réserve des îlots de sénescence.

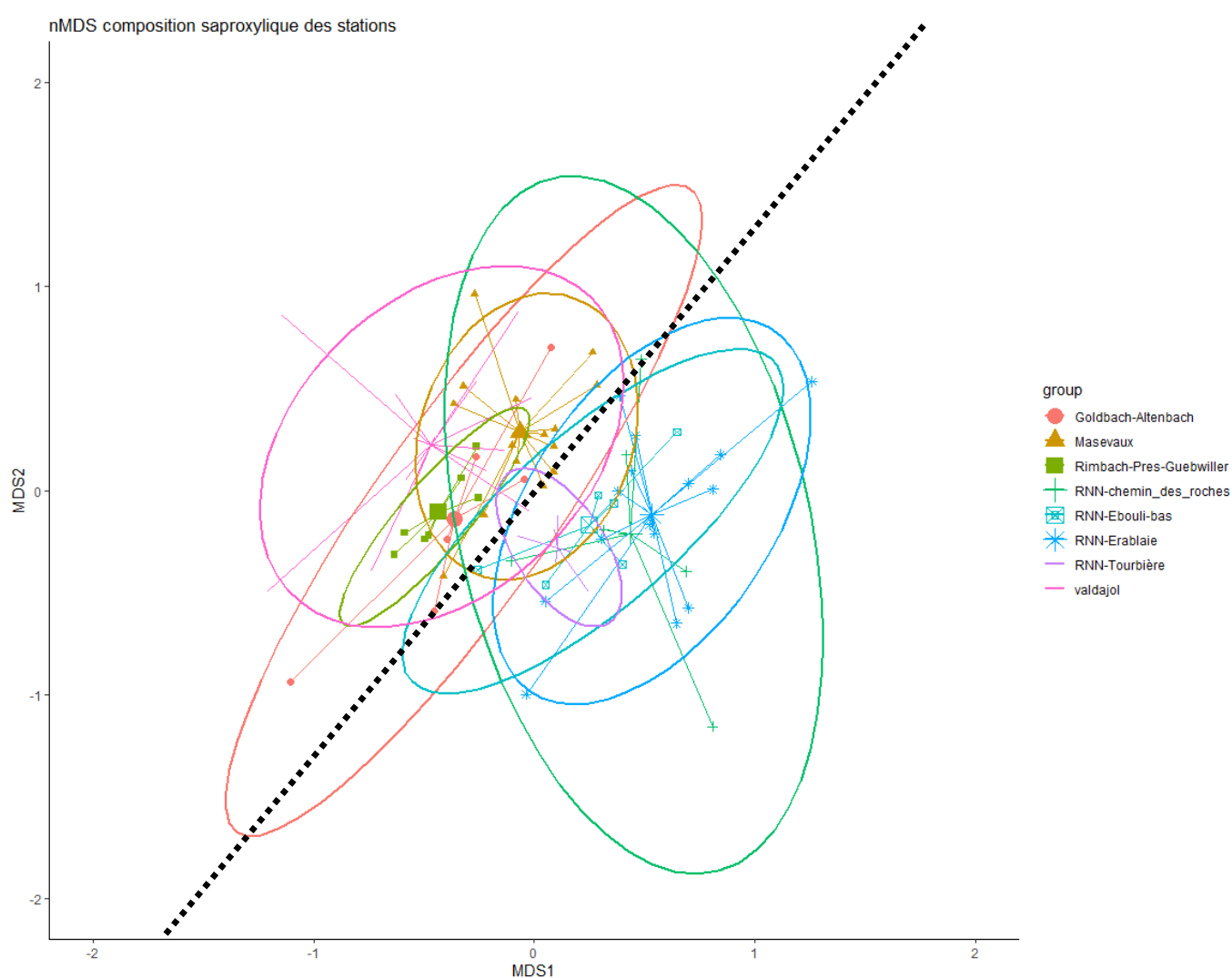


Figure 39 : représentation graphique de la proximité de composition faunistique des sites de la réserve et des îlots (NMDS)

Cette représentation montre qu'il existe des différences de composition faunistique plus importante entre les ilots et la RNN qu'entre les ilots entre eux et les différents sites de la réserve entre eux.

5.10.2 Comparaison de fonctionnalité écologique intersites

Lorsque la qualité de l'échantillonnage est satisfaisante et que l'effort de prospection est comparable, il est possible de s'appuyer sur les différences de composition faunistique pour inférer des différences de capacité d'accueil des milieux en se basant sur les traits de vie des espèces observées. Cette approche est en premier lieu pertinente pour un même site à deux périodes différentes. En l'absence de données temporelles sur un même site, nous proposons à titre de démonstration de la méthode, une comparaison spatiale intersites qui est un peu moins puissante pour illustrer la méthode de comparaison.

Nous allons comparer les traits de vie des espèces typiques des deux sites pour mettre en évidence la capacité d'accueil des sites. Nous avons retenu comme élément significatif l'évolution des traits de vie qui concernent le plus d'espèces pour chaque situation. Si les espèces qui dominent le milieu n'ont plus les mêmes besoins, les mêmes traits de vie, c'est que la capacité d'accueil a changé et qu'une partie de cette différence se situe dans les milieux eux même.

L'ensemble de ces traits de vie permettent d'apprécier les exigences des espèces. En se concentrant sur les espèces typiques, nous examinons le fonctionnement de l'écosystème qui est en mesure de les accueillir. La comparaison intersites permet une mise en perspective des différences de fonctionnement des écosystèmes saproxyliques.

Nous comparons donc l'érablaie et l'éboulis bas qui sont susceptibles d'avoir un profil écologique relativement proche et nous tâcherons de faire ressortir des différences. Nous ne conduirons pas la comparaison entre le sentier des Roches et la tourbière qui ne nous semble pas pertinente.

5.10.2.1 Comparaison composition faunistique érablaie - éboulis

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des paramètres obtenus avant et au cours de la comparaison des faunes typiques des deux stations.

Tableau 34 : tableau récapitulatif des variables de comparaison entre les sites de l'érablaie et l'éboulis bas

Tableau récapitulatif		Station 1	Station 4
Descriptif	Nb sp. total	163	132
	Nb saproxyliques	134	107
Groupes d'abondance	Nb sp. typiques	29	37
	Nb sp. rares	144	70
Comparaison	Nb sp. connues uniquement de l'érablaie	8	
	Nb sp. communes aux deux sites	21	
	Nb sp. connues uniquement de l'éboulis bas	18	

Nous examinons l'évolution des différents traits de vie suivants tels que documentés (Bouget et al. 2029) :

Régime trophique : les grandes classes de régimes alimentaires au stade larvaire

Cavicolie : le lien avec les cavités se développant dans les arbres

Fongicolie : le lien avec les carpophores de champignons lignivores

Essences hôtes : la typologie des bois occupés de manière préférentielle (feuillus ou résineux)

Héliophilie : l'affinité avec la lumière

Hygrophilie : l'affinité avec le degré d'humidité

Myrmécophilie : le développement en relation avec les fourmis

Floricolie : la fréquentation des fleurs à l'état adulte

Classe de diamètre de bois : la typologie des pièces de bois exploitées (gros bois ou petites branches).

Certaines espèces peuvent être indifférents à un aspect ou un autre des catégories étudiées.

Tableau 35 : tableau descriptif des différences mises en évidence entre les communautés d'espèces typiques de l'érablaie et de l'éboulis bas (Myc=mycétophage ; Zoo=zoophage ; Sxy=saproxylophage ; Xyl=xylophage ; ncav=non-cavicole ; nfon=non-fongicole ; Feu=feuillu ; Res=résineux ; Hel=héliophile ; Hyg=hygrophile ; Nfl=non-floricole ; GBM=gros bois mort>40cm ; NA = espèce indifférente au critère évalué).

Résultats de la comparaison (entre station 1 et station 4) Analyses effectuées sur les espèces typiques dominantes et non dominantes sont signalés les groupes majoritaires dans chaque catégorie			
Trait de vie	Espèces uniques à l'érablaie (8)	Espèces communes (21)	Espèces uniques à l'éboulis (18)
Régime trophique	Sap (1), Xyl (6), Zoo (1)	Myc (2), Sxy (3), Xyl (9), Zoo (7)	Myc (6) , Sxy (3), Xyl (3), Zoo (6)
Cavicolie	ncav (7)	(Cav) (6), ncav (15)	(Cav) (4), ncav (14)
Fongicolie	nfon (7)	(Fon) (6), Fon (3), nfon (12)	(Fon) (5), Fon (7) , nfon (6)
Essences hôtes	Res (6), Feu/Res (2)	Res (5), Feu (8) , Feu/Res (8)	Res (2), Feu (6) , Feu/Res (10)
Héliophilie	Hel (7)	Hel (13), Sci (2)	Hel (15), Sci (3)
Hygrophilie		Hyg (4), Xer (1)	Hyg (5) ,
Myrmecophilie	(Myr) (1)		Myr (1)
Floricolie	Nfl (8)	(Flo) (4), Flo (1), Nfl (16)	(Flo) (1), Flo (2), Nfl (15)
Classe de dégradation du bois	BMc (1), BMf (7)	BMc (9) , BMf (11)	BMc (13) , BMf (3)
Classe de diamètre de bois	GBM (1), NA (6), PBM (1)	GBM (3), NA (15), PBM (3)	GBM (7) , NA (8), PBM (3)
Indice de patrimonialité	1 (7), 2 (1)	1 (16), 2 (5)	1 (10), 2 (7) , 3 (1)

Mode de lecture

La lecture de ce tableau est conduite en appréciant les évolutions significatives (ou la stabilité des traits de vie présentés) entre les 2 sites étudiés. Ainsi, dans le tableau, sur la ligne traitant des régimes trophiques, les espèces xylophages, saproxylophages et prédatrices sont présentes sur les deux sites et un certain nombre d'espèces sont communes. L'élément qui peut être considéré comme un changement, une transition, est la présence de 6 espèces mycétophages dans l'éboulis bas et de 6 espèces zoophages. Ces éléments seront interprétés comme la présence de ressources pour les principaux groupes trophiques dans les 2 sites et la présence de conditions favorables aux espèces mycétophages et de nombreuses proies favorables aux prédateurs dans l'éboulis bas.

C'est une lecture dans la nuance.

Interprétation

Les interprétations présentées ici se basent sur la seule comparaison des espèces typiques. La prise en compte d'autres paramètres comme le nombre d'espèces rares, la richesse spécifique totale ou la présence d'espèces de Znieff peut venir nuancer la description, si besoin était.

L'objectif est de décrire les différences majeures entre les 2 sites.

La lecture du tableau fait apparaître les éléments suivants :

- Il y a plus d'espèces typiques dans l'éboulis bas que dans l'érablaie, témoignage d'un équilibre dans les abondances d'espèces observées dans l'éboulis bas ;
- Les principaux régimes sont représentés sur les deux sites de manière assez équitable, l'élément notable c'est la présence dans l'éboulis bas, de 6 espèces mycétophages (se nourrissant de carpophores de champignons ou de leur mycéliums) et d'un nombre important (n=6) de prédateurs originaux qui viennent se cumuler avec les espèces communes aux deux sites ;
- Les traits de vie examinés ne font pas ressortir de différences significatives, suggérant une similitude entre les sites, c'est le cas des traits de vie suivants :
 - il n'y a pas beaucoup d'espèces liées aux cavités et celles qui le sont le sont de manière facultative ;
 - la majorité des espèces présentes sur les deux sites sont peu ou pas en relation avec les fourmis ;
 - la majorité des espèces présentes sur les deux sites sont peu ou pas floricoles.

- Les traits de vie qui présentent des différences qui peuvent être légères mais pertinentes à signaler sont :
 - Bon nombre d'espèces ne sont pas liées aux carpophores de champignon (espèces vivant dans les carpophores de champignons en tant que consommateurs, saprophages ou prédateurs) mais celles qui en dépendent sont soit des espèces communes aux 2 sites (n=3) ou uniquement présentes dans l'éboulis bas (n=7) ;
 - la faune observée est liée particulièrement aux résineux mais également aux feuillus. De nombreuses espèces sont en mesure de se développer sur les deux groupes d'essences en particulier lorsqu'elles se développent sur des bois dégradés par des champignons. Les espèces liées aux feuillus sont plus présentes dans l'éboulis bas ;
 - les espèces héliophiles sont dominantes dans les deux sites par rapport aux espèces sciaphiles qui sont présentes dans les deux sites de manière marginale et avec quelques espèces de plus dans l'éboulis bas (n=3). Les profils sont presque similaires ;
 - présence d'espèce hygrophiles (espèces recherchant des environnements humides) dans les deux sites avec essentiellement des espèces indifférentes à ce paramètre dans l'érablaie et un nombre important dans l'éboulis bas, suggérant une affinité des espèces présentes pour les bois imprégnés d'humidité ;
 - Les espèces typiques sont liées aussi bien aux bois morts frais qu'aux bois cariés, cependant l'éboulis bas présente une plus grande diversité d'espèces liées aux bois morts cariés. Les espèces liées aux bois morts frais sont essentiellement des espèces communes aux deux sites avec peut-être un « avantage » pour l'érablaie ;
 - Il existe sur les deux sites des espèces liées au gros bois mort pour la réalisation de leur cycle biologique et ici également, c'est dans l'éboulis bas que l'on retrouve de manière significative un nombre important d'espèces ayant ce trait de vie ;
 - La patrimonialité des espèces typiques est délicatement nuancée entre les sites puisque l'érablaie présente plusieurs espèces Ip=1 ou 2 parmi les espèces typiques alors que l'éboulis bas présente une espèce Ip3 et abrite de manière durable (dans le sens où il s'agit d'espèce typique) une espèce patrimoniale.

Il ressort de cette comparaison que les sites de l'érablaie et l'éboulis bas présentent des profils relativement similaires sur beaucoup d'aspect lié à l'écologie des espèces typiques. La diversité de Shannon (nombre d'espèce typique) est plus élevée dans l'éboulis bas.

L'éboulis bas présente des capacités d'accueil un peu plus marquées pour les espèces qui se développent en relation avec des champignons lignivores (vraisemblablement en lien avec la proximité immédiate de la tourbière dont on a vu qu'elle abritait également de nombreuses espèces mycétophages n=7), pour les espèces liées aux feuillus, les espèces sciaphiles dans une

proportion très modérée, pour les espèces hygrophiles, pour les espèces liées aux bois morts cariés et aux gros bois morts. Ce profil écologique se traduit de manière très modérée dans la patrimonialité des espèces typiques puisqu'une seule espèce Ip3 est présente dans l'éboulis bas.

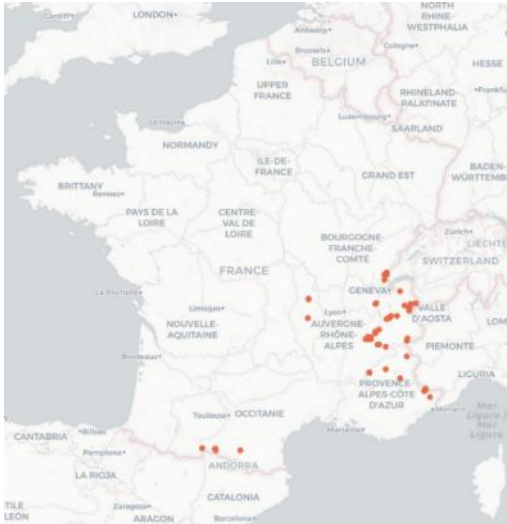
Le profil écologique de l'érablaie présente des éléments caractéristiques moins prononcés. La faune est plus liée aux résineux (qui sont présents en bordure de l'éboulis). L'érablaie semble offrir des conditions plus favorables pour les espèces se développant dans du bois mort frais.

Une comparaison entre l'éboulis bas et la tourbière pourrait être menée et éclairerait sur les relations qui existe entre les faunes de ces deux milieux et dans quelle mesure ces milieux juxtaposés contribuent à la diversité locale.

6. Fiches espèces

Les cartes de répartition sont issues du site Openobs (<https://openobs.mnhn.fr>) en date de juin 2024. Les photos de spécimens préparés ont été réalisées par Pierre Zagatti et mis à disposition de l’Opie.

6.1 *Ampedus auripes* (Reitter, 1895)

Famille : Elateridae Taille moyenne : 8,5 mm	CD Nom : 319091 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/319091/
Statuts : Least concerned LC (liste rouge européenne) – Ip3 – Ind. des forêts anciennes	
Morphologie de l’adulte	Photo en milieu naturel
 Crédit photo V. Dušánek	 Crédit Photo <i>in situ</i> : V. Dušánek
Répartition en France	Élément de biologie
	Biologie : Prédateur obligatoire, se développant dans le bois dégradé de résineux et spécifiquement Pinus spp. (Bouget et al, 2019). L’adulte est ailé et non floricole. Il semble indifférent à de nombreux paramètres écologiques hors ceux exprimés. Cette espèce est localisée en France et présente un profil de répartition boréo-alpin.
Commentaire dans le contexte de l’étude : Cette espèce était confondue avec une autre espèce Ampedus nigerrimus jusqu’aux années 2010. La distinction est particulièrement délicate et pourrait expliquer les lacunes dans la répartition connue de cette espèce. Elle n’a été rencontrée que dans le sentier des Roches et la tourbière. Ses différents statuts (IP=3, indicateurs des forêts anciennes de l’Europe de l’Est) en font une espèce remarquable de l’étude.	

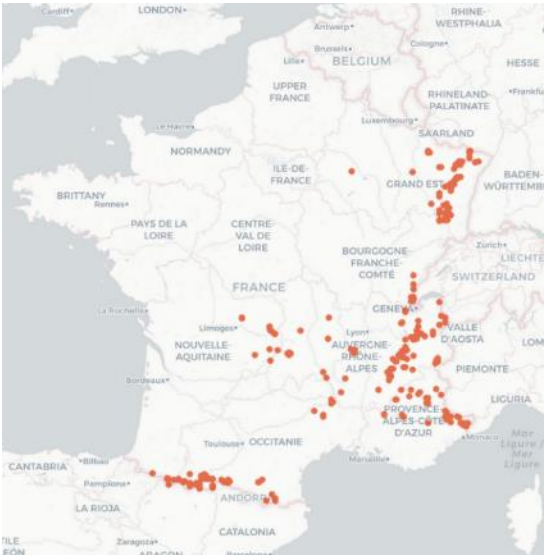
6.2 *Diacanthus undulatus* (Reitter, 1895)

Famille : Elateridae Taille moyenne : 12 mm	CD Nom : 240433 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/240433/
Statuts : non évalué (liste rouge européenne) – Ip3	
Morphologie de l'adulte	Photo en milieu naturel
 Crédit photo : Pascal Deschamps	 Crédit Photo <i>in situ</i> : Arnaud Jean-Pierre
Répartition en France	Élément de biologie
	Biologie : Prédateur obligatoire, se développant dans le bois dégradé de résineux (Abies, Picea, Pinus) et parfois de feuillus. (Bouget et al, 2019). La larve se développe sur quatre années, dans la carie rouge de résineux voire du Hêtre (pourriture cubique, essentiellement produite par l'activité de <i>Fomitopsis pinicola</i>, dans les hêtraies-sapinières fraîches de montagne, autour de 700-800 m d'altitude (LESEIGNEUR, 1972)). C'est une espèce considérée comme sciaphile. L'adulte est ailé et non floricole. Cette espèce est localisée en France et présente un profil de répartition boréo-alpin.
Commentaire dans le contexte de l'étude : déjà signalée des Vosges (ROSE <i>et al.</i>, 2009), elle n'a été rencontrée que dans l'éboulis bas. Ses exigences écologiques et sa répartition très localisée en font une espèce remarquable de l'étude.	

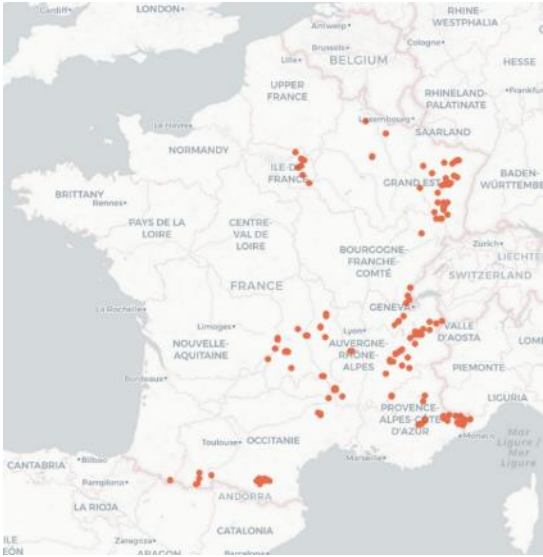
6.3 *Liodopria serricornis* (Gyllenhal, 1813)

Famille : Leiodidae Taille moyenne : 2 mm	CD Nom : 223762 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/223762
Statuts : non évalué (liste rouge européenne) – Ip3	
Morphologie de l'adulte	Photo en milieu naturel
	 crédit photo – Calmont B. CCBYNN
Répartition en France	Elément de biologie
	Biologie : Mycétophage obligatoire, se développant sur bois mort de feuillus où se développent des champignons. L'adulte semble ombrophile et hygrophile. Elle est indifférente au volume du bois dans lequel elle se développe. Cette espèce ne semble pas cavicole. L'adulte n'est pas connu pour être floricole.
Commentaire dans le contexte de l'étude : Cette espèce est assez simple à identifier. Elle semble cependant signalée que très ponctuellement dans la région. L'aire de répartition couvre plutôt la face Est du territoire. Elle a été observée dans tous les sites de la réserve.	

6.4 Dictyoptera aurora (Herbst, 1784)

Famille : Lycidae Taille moyenne : 10,5 mm	CD Nom : 235102 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/235102/
Statuts : non évalué (liste rouge européenne) – Det. Znieff - Ip2	
Morphologie de l'adulte	Photo en milieu naturel
	 Crédit Photo <i>in situ</i> : Danièle Tixier-Inrep CC-BY-NC
Répartition en France	Elément de biologie
	Biologie : Prédateur obligatoire, se développant dans le bois de gros diamètre, dégradé de résineux ou ponctuellement de feuillus, parfois dans des cavités et facultativement en association avec des champignons xylophages. La bonne exposition du bois à l'ensoleillement est un facteur important pour le développement de cette espèce (Bouget et al, 2019). L'adulte est ailé. Cette espèce est localisée en France et présente un profil de répartition boréo-alpin.
Commentaire dans le contexte de l'étude : Cette espèce peut être confondue avec d'autres espèces de Lycidae toutes rares à l'exception de <i>Lygistopterus sanguineus</i>. Elle a été rencontrée dans tous les sites étudiés. Elle est un bon marqueur des boisements boréo-alpins.	

6.5 *Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774)

Famille : Lycidae Taille moyenne : 8 mm	CD Nom : 235106 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/235106/
Statuts : non évalué (liste rouge européenne) – Det. Znieff - Ip2	
Morphologie de l'adulte	Photo en milieu naturel
	 Crédit Photo <i>in situ</i> : Pierre Bornand CC-BY-NC
Répartition en France	Élément de biologie
	Biologie : Prédateur obligatoire, se développant dans le bois carié de gros diamètre, bien exposé, essentiellement de résineux <i>Abies</i>, <i>Pinus</i>, mais également de feuillus <i>Alnus</i>, <i>Betula</i>, <i>Fagus</i>. Cette espèce se retrouve facultativement dans les cavités mais n'est pas connue pour se nourrir de champignon (Bouget et al, 2019). L'adulte est ailé. Cette espèce est localisée en France et présente un profil de répartition boréo-alpin.
Commentaire dans le contexte de l'étude : Cette espèce peut être confondue avec d'autres espèces de Lycidae toutes rares à l'exception de <i>Lygistopterus sanguineus</i>. Elle a été rencontrée dans tous les sites à l'exception du sentier des Roches. Ses différents statuts (IP=2, det. Znieff, écologie) en font un bon marqueur des boisements boréo-alpins.	

6.6 Dolotarsus lividus (C.R. Sahlberg, 1833)

Famille : Melandryidae Taille moyenne : 5 mm	CD Nom : 223981 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/223981/
Statuts : non évalué (liste rouge européenne) –Ip3	
Morphologie de l'adulte	Photo en milieu naturel
	 Crédit Photo <i>in situ</i> : Pierre Bornand CC-BY-NC
Répartition en France	Élément de biologie
	Biologie : Saproxylophage obligatoire, se développant dans le bois mort carié de résineux particulièrement <i>Picea</i>, <i>Pinus</i>, <i>Abies</i>, <i>Larix</i>. Elle est indifférente au diamètre du bois mort qui doit cependant être exposé à la lumière (Bouget et al, 2019). L'adulte est ailé. Cette espèce est localisée en France, absente des Pyrénées elle présente un profil de répartition boréo-alpin.
Commentaire dans le contexte de l'étude : Cette petite espèce est d'identification moyennement complexe. Elle a été rencontrée dans tous les sites à l'exception de l'éboulis bas Elle était particulièrement abondante dans l'érablaie. Ses différents statuts (IP=3, écologie) en font une espèce remarquable de l'étude.	

6.7 *Phloeostichus denticollis* W. Redtenbacher, 1842

Famille : Phloeostichidae Taille moyenne : 4 mm	CD Nom : 224099 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/224099/
Statuts : non évalué (liste rouge européenne) –Ip4	
Morphologie de l'adulte	Photo en milieu naturel
	 Crédit Photo <i>in situ</i> : Hervé Bouyon ©
Répartition en France	Élément de biologie
	Biologie : Prédateur obligatoire, se développant sous l'écorce des gros bois fraîchement morts en particulier des érables et des saules, où des champignons initient le travail de dégradation. Le micro-habitat sera idéalement en situation exposée et sec (Bouget et al, 2019). L'adulte est ailé. Cette espèce est très localisée (Ip4) en France et présente un profil de répartition boréo-alpin.
Commentaire dans le contexte de l'étude : Cette espèce ne peut être confondue avec aucune autre. Elle est dépendant de la présence des érablaies de montagne pour assurer son maintien. Elle n'a été rencontrée que dans l'érablaie par 4 exemplaires. Ses différents statuts (IP=4, écologie) en font une espèce remarquable de l'étude.	

6.8 *Cyrtanaspis phalerata* (Germar, 1847)

Famille : Scraptiidae Taille moyenne : 3,3 mm	CD Nom : 235398 https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/235398/
Statuts : non évalué (liste rouge européenne) –Ip3	
Morphologie de l'adulte	
Crédit Photo : Fred Chevaillot CC-BY-NC	
Répartition en France	Élément de biologie
	Biologie : Saproxylophage obligatoire, se développant dans le bois carié de feuillus (<i>Corylus</i>, <i>Fagus</i>, <i>Quercus</i>), indifféremment du diamètre du bois qui doit être en situation exposé au soleil (Bouget et al, 2019). L'adulte est ailé. Cette espèce est localisée en France et présente un profil de répartition boréo-alpin et ne semble pas dépasser dans sa répartition une ligne La Rochelle – Chalon-sur-Saône.
Commentaire dans le contexte de l'étude : le marquage chromatique de cette espèce la rend facilement identifiable, et pourrait être confondue avec des espèces appartenant à d'autre familles (Melandryidae, Mycetophagidae,). Elle n'a été rencontrée que dans l'érablaie, site qui constitue pour l'instant l'une des rares stations connues de l'espèce avec l'ilot de sénescence de Masevaux.	

7. Conclusion

Cette étude clôturait la mise en place d'un état initial sur quatre sites de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle dans le Parc naturel régional des Ballons des Vosges. Cette étude conduite sur 4 années avait pour objectifs :

- d'acquérir des connaissances sur le groupe fonctionnel des coléoptères saproxyliques dans le contexte de forêts très anciennes (continuité temporelle de l'état boisé) ;
- de poser les bases d'un suivi sur le long terme de l'entomofaune saproxylique associée à la réserve ;
- d'identifier les espèces patrimoniales (protégée, inscrites sur la Directive Habitat Faune Flore (DHFF), indicatrices des forêts anciennes, indicatrices de la qualité des milieux forestiers, déterminantes de Znieff,) ou caractéristiques du contexte écologique ;
- de mettre en perspective les connaissances antérieures obtenues sur le territoire de la réserve ;
- de favoriser les conditions d'un transfert de compétence entre gestionnaires et experts naturalistes.

L'ensemble des objectifs est atteint.

Les quatre sites ont pu être inventoriés dans de bonnes conditions grâce à la participation de l'équipe de la Réserve impliquée dans le projet.

Les 4 années ont été nécessaires pour obtenir ces résultats. Chaque site a finalement été suivi sur 3 années. L'amélioration des connaissances a été significative d'une année sur l'autre pour chacun des sites. La réalisation d'un état initial dans l'objectif d'un suivi à long terme nécessite vraiment 3 années pour avoir une bonne vision de la faune d'un site.

Ce sont près de 8 600 spécimens qui ont été identifiés au cours des 4 années d'inventaire, révélant la présence de 242 espèces dont 189 espèces de coléoptères saproxyliques, parmi lesquelles 26 espèces déterminantes au titre des Znieff, 24 espèces rares de coléoptères saproxyliques (sensu Bouget et al. 2019), 39 espèces boréo-alpines, 2 espèces indicatrices des forêts anciennes de l'Europe de l'Est.

La diversité particulièrement élevée des espèces de scolytes est le témoignage supplémentaire d'une fonctionnalité opérationnelle des sites étudiés. Les prédateurs associés aux scolytes sont présents proportionnellement au nombre d'espèces de scolytes.

Le degré de connaissance des sites évalués à l'aide de la couverture d'échantillonnage est satisfaisant pour poser les bases d'un suivi à long terme de l'évolution de la faune. Les sites étudiés à l'aide de 2 dispositifs ont relevé moins d'espèces dans l'absolu, mais à couverture d'échantillonnage équivalente, et selon les sites, il s'agit d'un biais de perception liée à la pression d'échantillonnage ou d'un élément constitutif des sites. Le site de la tourbière serait peut-être un peu moins riche que les autres avec des espèces uniques qui ne présentent pas une signature

caractéristique des tourbières, cependant parmi les espèces typiques dominantes il y a une très forte proportion de coléoptères mycétophages (32%) alors que cet indicateur oscille entre 7 et 19 % pour les autres sites. Le sentier des Roches et l'éboulis bas présentent des profils relativement proches de celui de l'érablaie.

Les pressions d'inventaire plus élevées ont permis de détecter les espèces rares, de les faire émerger en tant qu'espèces associées à des sites et non en tant que simple richesse spécifique potentielle.

Les différents sites ont fait l'objet d'une analyse individuelle des profils patrimoniaux et écologiques afin de mettre en avant les spécificités de chacun. Les différents sites abritent une faune de coléoptères saproxyliques de haute valeur écologique et jouent le rôle de population source pour les autres boisements proches. La valorisation de la présence des espèces déterminantes de Znieff pour les 2 Znieff concernées auprès des services en charge du suivi des Znieff nous paraît pertinent.

Une méthodologie d'analyse de l'évolution de la composition faunistique est présentée. Elle peut être déclinée dans le cadre d'une comparaison temporelle ou spatiale. L'objectif est de décrire les changements/différences majeurs de composition faunistique entre les 2 états/pas de temps en utilisant comme descripteurs les changements d'espèces dominantes entre les 2 états. La description des glissements de traits de vie est interprétée comme une évolution de la capacité d'accueil (et de colonisation) de milieux. Les traits de vie des espèces qui n'évoluent pas illustrent également la stabilité de certaines ressources. Cette méthode nous semble adaptée pour produire des résultats compréhensibles par le gestionnaire en termes d'évolution des ressources, de structure des boisements, et micro-habitats.

Les coléoptères saproxyliques constituent un groupe écologiquement fonctionnel et sont de bons indicateurs de la complexité des écosystèmes boisés. Des espèces liées aux gros bois (morts ou vivants), des espèces à répartition boréo-alpine, des espèces indicatrices de l'ancienneté des forêts ont été identifiées dans tous les sites de la réserve.

Les sites étudiés ici et leur faune témoignent de différents niveaux de fonctionnalité, de complexité des écosystèmes. Ils sont complémentaires entre eux et constituent un enjeu environnemental majeur dans un contexte où la pression sur les milieux naturels augmente.

Remerciements

Il nous est agréable de remercier ici, l'équipe de la Réserve, Emmanuelle Hans et Arnaud Foltzer qui ont activement participé à la mise en œuvre de l'étude et ainsi permis de recueillir des données de qualité et de mener à bien ce projet.

Bibliographie

- ARROYO-RODRIGUEZ V., RÖS M., ESCOBAR F., MELO F. P. L., SANTOS B. A., TABARELLI M. & CHAZDON R., 2013. – Plant β -diversity in fragmented rain forests : testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. *Journal of Ecology*, **101** (6) : 1449-1458 doi : [10.1111/1365-2745.12153](https://doi.org/10.1111/1365-2745.12153).
- BOUGET C., BRUSTEL H. & NAGELEISEN L. M., 2005a. Nomenclature of wood-inhabiting groups in forest entomology : synthesis and semantic adjustments. *Comptes Rendus Biologies*, 328, pp. 936-948.
- BOUGET C., 2005b. – Short-term effect of windstorm disturbance on saproxylic beetles in broadleaved temperate forests. *Forest Ecology and Management*, **216** (1-3) : 15-27 doi : [10.1016/j.foreco.2005.05.036](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.05.036).
- BOUGET C., BRUSTEL H. & ZAGATTI P., 2008. The French Information System on Saproxylic BEetle Ecology (FRISBEE) : an ecological and taxonomical database to help with the assessment of forest conservation status. *Revue d'Ecologie – Terre et Vie*, Suppl. 10, pp. 33-36.
- BOUGET C., NAGELEISEN, L.-M. & coord. 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.*) (Vol. 19). ONF.
- BOUGET C., BRUSTEL H., NOBLECOURT T. & ZAGATTI P. 2019. *Les Coléoptères saproxyliques de France : Catalogue écologique illustré*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 744 p. (Patrimoines naturels ; 79).
- BRUSTEL, H., 2004. Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises., Collection dossiers forestiers n° 13 – ONF. 287 p. [\(disponible en téléchargement\)](#)
- CALIX M., ALEXANDER K.N.A., NIETO A., DODELIN B., SOLDATI F., TELNOV D., VAZQUEZ-ALBALATE X., ALEKSANDROWICZ O., AUDISIO P., ISTRATE P., JANSSON N., LEGAKIS A., LIBERTO A., MAKRISS C., MERKL O., MUGERWA PETERSSON R., SCHLAGHAMERSKY J., BOLOGNA M.A., BRUSTEL H., BUSE J., NOVAK V. & PURCHART L., 2018. *European Red List of Saproxylic Beetles*. Brussels, Belgium : IUCN, 24p.
- CATEAU E., LARRIEU L., VALLAURI D., SAVOIE J. -M., TOUROULT J. & BRUSTEL H., 2015. – Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. *Comptes Rendus Biologies*, 338 (1) : 58-73 doi : 10.1016/j.crv.2014.10.004.
- CHAO A., CHIU C.-H. & JOST L., 2014. – Unifying Species Diversity, Phylogenetic Diversity, Functional Diversity, and Related Similarity and Differentiation Measures Through Hill Numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45 (1) : 297-324 doi : 10.1146/annurev-ecolsys-120213-091540.
- CHAO, A., MA, K. H., & HSIEH, T. C. 2016. *iNEXT Online : iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online. Program and User's Guide published at* http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/

DAJOZ R., 1998. *Les insectes et la forêt* (Lavoisier, Tec & Doc.). Paris, 648p.

DE LACLOS E., MOUY CHRISTOPHE., STRENN L. & AGOU PIERRE., 2003. – *Les Scolytes de Bourgogne (Coléoptères : Scolytidae - Platypodidae)*. Société d'Histoire naturelle et des Amis du Muséum d'Autun, 240 p.

ECKELT A., MÜLLER J., BENNE U., BRUSTEL H., BUßLER H., CHITTARO Y., CIZEK L., FREI A., HOLZER E., KADEJ M., KAHLEN M., KÖHLER F., MÖLLER G., MÜHLE H., SANCHEZ A. et al., 2017. – “Primeval forest relict beetles” of Central Europe : a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. *Journal of Insect Conservation*, doi : 10.1007/s10841-017-0028-6.

Ellison A.M., 2010. Partitioning diversity. *Ecology*, 91, 1962–1963.

EMBERGER C., LARRIEU L., & GONIN P. 2013. *Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP)*. Document technique. Institut pour le développement forestier.

GOOD, I. J. 2000. Turing's anticipation of empirical bayes in connection with the cryptanalysis of the naval enigma. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 66 :101111.

GOOD, I. J., AND G. H. TOULMIN. 1956. The number of new species, and the increase in population coverage, when a sample is increased. *Biometrika* 43 :45–63.

HILL M. O., 1973. Diversity and Evenness : A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, Vol. 54 (2), pp. 427-432.

HOUARD X., 2010. « La prise en compte de l'entomofaune dans la gestion quotidienne des pelouses calcicoles. Cas des coteaux calcaires de la vallée de la Seine en Haute-Normandie ». In LUMARET J. P. (dir.), 2010. « Pastoralisme et entomofaune ». *Pastum*, hors-série. Ed. AFP, CEFÉ et Cardère, 128pp.

HSIEH T. C., MA K. H. & CHAO A., 2016. – iNEXT : an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, Vol. 7 (12) : 1451-1456 doi : 10.1111/2041-210X.12613.

JOCELYN C. & VANAPPELGHEM C. 2017 Syrph the Net : une méthode d'évaluation mesurant l'impact de la gestion d'espaces naturels testée par un réseau de questionnaires p.105-110 In book : Les invertébrés dans la -conservation et la gestion des espaces naturels : Actes du colloque de Toulouse du 13 au 16 mai 2015 Edition : Patrimoines naturels 76 Publisher : Muséum national d'Histoire naturelle Editors : Muséum national d'Histoire naturelle.

LESEIGNEUR L., 1972. – Coléoptères Elateridae de la faune de France continentale et de Corse. *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, : 379.

MERIGUET B. & SPECKENS V., 2023. – Etude des coléoptères saproxyliques de deux hêtraies de référence en contexte Natura 2000 : FR7200722 - Réseau hydrographique des affluents de la Midouze & FR7200693 - Vallée du Ciron. Rapport 2019-2022 Rapport d'étude. 131 p + annexes.

MERIGUET B., GOUIRAND M., FERRIOT L., DUQUESNE T. & SPECKENS V., 2022. – Inventaire des Coléoptères saproxyliques de vallée de l'Orge – vers une trame écologique « vieux bois » - rapport final. Office pour les insectes et leur environnement – Syndicat de l'Orge. Région Île-de-France - Département de l'Essonne. 111 p + annexes.

MORENO C. E., CALDERON-PATRON J. M., ARROYO-RODRIGUEZ V., BARRAGAN F., ESCOBAR F., GOMEZ-ORTIZ Y., MARTIN-REGALADO N., MARTINEZ-FALCON A. P., MARTINEZ-MORALES M. Á., MENDOZA E., ORTEGA-MARTINEZ I. J., PEREZ-HERNANDEZ C. X., PINEDA E., PINEDA-LOPEZ R., RIOS-DIAZ C. L. ET AL., 2017. – Measuring biodiversity in the Anthropocene : a simple guide to helpful methods. *Biodiversity and Conservation*, **26** (12) : 2993-2998 doi : [10.1007/s10531-017-1401-1](https://doi.org/10.1007/s10531-017-1401-1).

PARMAIN G., 2009. *Évaluation de la qualité des forêts de feuillus françaises. Une nouvelle méthode basée sur l'utilisation des coléoptères saproxyliques*. Master « Environnements Méditerranéens et Développement Durable », 37 pp.

PARMAIN G., DUFRENE M., BRIN A. & BOUGET C., 2013. Influence of sampling effort on saproxylic beetle diversity assessment : implications for insect monitoring studies in European temperate forests. *Agricultural and Forest Entomology*, Vol. 15 (2), pp.135-145.

POUVREAU A., 2004. – *Les insectes pollinisateurs.*, Delachaux Et Niestlé, 190 p.

QUINTO J., DIAZ-CASTELAZO C., RAMIREZ-HERNANDEZ A., PADILLA A., SANCHEZ-ALMODOVAR E., GALANTE E. & MICO E., 2023. – Interaction Networks Help to Infer the Vulnerability of the Saproxylic Beetle Communities That Inhabit Tree Hollows in Mediterranean Forests. *Insects*, **14** (5) : 446 doi : [10.3390/insects14050446](https://doi.org/10.3390/insects14050446).

ROSE O., NOBLECOURT T. & BARNOUIN T., 2009. – Découverte de *Diacanthous undulatus* (DeGeer, 1774) dans la réserve naturelle des Ballons comtois (Vosges), en forêt communale de Gex (Ain) et en forêt domaniale de l'Altier (Lozère) (Coleoptera Elateridae). *L'Entomologiste*, **65** (4) : 161-162.

SCHVESTER D., 1985. « Les insectes et la forêt française ». *Revue forestière française*, AgroParisTech, 37(S), 45-64.

SPEIGHT, M. C. D., 1989 – Les invertébrés saproxyliques et leur protection. Sauvegarde de la nature. Conseil de l'Europe. 78 p.

STOKLAND J., 2001. The Coarse Woody debris Profile : an archive of recent forest history and an important biodiversity indicator. *Ecological Bulletins*, 49, pp. 71-83.

STOKLAND J., SIITONEN J. & JONSSON B.G, 2012. Biodiversity in deadwood. Ed. Cambridge University press, 495p.

STOKLAND J., TOMTER S. & SÖDERBERG U., 2004. Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring : experiences from Scandinavia. In Marchetti M. (Eds), *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operational- ity*, EFI, pp. 207-226.

TRONQUET M., 2014 (coord.) – Catalogue des coléoptères de France -Supplément au Tome XXIII – R.A.R.E. – Mai 2014 ISSN : 1288-5509. – 1052 p.

TRIPLET P. 2016. *Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature*. 936 p. ISBN 978-2-9552171-0-8.

ULYSSEN M., 2018. « *Saproxylic Insects : Diversity, Ecology and Conservation*. ». *Zoological Monographs*, Ed : Springer International Publishing, p.51.

VALLAURI D. ANDRE J. DODELIN B. EYNARD-MACHET R. & RAMBAUD D. (coord.), 2005. *Bois mort et à cavité - Une clé pour des forêts vivantes* (Lavoisier, Tec & Doc.). Paris.

VANAPPELGHEM C., VANDEWEGHE R., DEBAIVE N., CLAUDE J., DUSSAIX C., GARRIGUE J., GAUDET S., LANGLOIS D., MAILLET G., SARTHOU V., SARTHOU J.P., SOISSONS A., SPEIGHT M., TISSOT B., TOURDIAT S. & VALLET A., 2020. Guide technique de mise en œuvre d'une étude Syrph the Net. *Cahier RNF*, 8, 124 p.

Sitographie

INext online : <https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>

Openobs : <https://openobs.mnhn.fr/>

Liste des figures

Figure 1 : localisation du site étudié	9
Figure 2 : Les ravageurs ne sont pas dominants parmi les coléoptères saproxyliques (extrait d'EMBERGER et <i>al.</i> 2013).....	11
Figure 3 : Illustration d'une chandelle avec des micro-habitats (à gauche) et illustration d'un arbre à micro-habitats et les groupes zoologiques associées (à droite) décrivant la relation entre les coléoptères saproxyliques et les arbres (Extrait d'EMBERGER et <i>al.</i> , 2013).....	12
Figure 4 : Diversité des micro-habitats sur un arbre vivant, d'après EMBERGER et <i>al.</i> 2013.....	13
Figure 5 : Schéma du réseau trophique autour de la ressource bois mort. D'après STOKLAND et <i>al.</i> , 2012.....	14
Figure 6 : Schéma de la priorité à l'exhaustivité ou à la comparabilité de l'échantillonnage selon l'objectif de l'inventaire. D'après NAGELEISEN & BOUGET, 2009 – p.18.....	17
Figure 7 : Schéma de l'intégration de la prise en compte de l'entomofaune dans la gestion des milieux. D'après HOUARD, 2010.....	18
Figure 8 : photographie d'un Pimul en situation.	19
Figure 9 : photographie d'un piège à phéromone de longicorne en situation.....	20
Figure 10 : Etiquette d'un sachet de récolte possédant toutes les informations accompagnant un échantillon.....	20
Figure 11 : localisation des dispositifs.....	21
Figure 12 : Ambiance forestière et brumeuse lors du choix et de la mise en place des dispositifs.....	22
Figure 13 : Equation définissant la mesure D de HILL (1973). S correspond au nombre d'espèces, P à l'abondance relative d'une espèce i donnée dans le système étudié et q est un coefficient entier compris entre 0 et 2.	25
Figure 14 : Organigramme de comparaison de l'évolution de la composition faunistique à t0+x.	31
Figure 15 : localisation des 4 sites étudiés.....	32
Figure 16 : situation et localisation des dispositifs du site 1.....	33
Figure 17 : situation et localisation des dispositifs de la station 2	36
Figure 18 : situation et localisation des dispositifs des sites 3 et 4	39
Figure 19 : planche I des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI, échelle non respectée.	57
-Figure 20 : planche II des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI – échelle non respectée sauf <i>Ampedus auripes</i> - V. Dušánek, échelle non respectée.	58

-Figure 21 : planche II des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI – échelle non respectée.
59

Figure 22 : planche III des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI, échelle non respectée.
..... 60

Figure 23 : planche IV des espèces remarquables – clichés Pierre ZAGATTI sauf *Mycetophagus fulvicollis* – Vincent Lefevre et *Cyrtanaspis phalerata* Fred Chevaillot (CC BY NC), échelle non respectée..... 61

Figure 24 : courbe d'accumulation des observations pour l'ensemble de sites au cours des 4 années
..... 62

Figure 25 : comparaison des apports des différents jeux de données 66

Figure 26 : courbe d'accumulation des observations pour l'Erablaie au cours des 3 années 67

Figure 27 : Répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 1..... 69

Figure 28 : courbe d'accumulation des observations pour Le chemin des Roches au cours des 3 années 76

Figure 29 : Répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 6..... 79

Figure 30 : Répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 2 avec des valeurs ajustées pour 1 espèce. 81

Figure 31 : courbe d'accumulation des observations pour La tourbière du Rothried au cours des 3 années 89

Figure 32 : Répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 3..... 92

Figure 33 : courbe d'accumulation des observations pour l'éboulis bas au cours des 3 années . 101

Figure 34 : Répartition des espèces selon leur abondance relative décroissante (échelle logarithmique) - station 4..... 103

Figure 35 : comparaison inter-sites des profils de diversité spécifique..... 115

Figure 36 : comparaison de l'abondance et de la richesse spécifique observées dans les ilots de sénescence et 4 sites de la RNN du Frankenthal-Missheimle - le cercle rouge désigne les sites suivis 3 années avec 5 pièges et en bleu ceux suivis avec 2 dispositifs..... 117

Figure 37 : comparaison des valeurs patrimoniales entre des sites présentant un état initial réalisé ou en cours. La classe de patrimonialité des sites est indiquée au dessus. 119

Figure 38 : représentation graphique de la proximité de composition faunistique des différents sites de la réserve (NMDS) 120

Figure 38 : représentation graphique de la proximité de composition faunistique des sites de la réserve et des ilots (NMDS)..... 121

Figure 45 : comparaison inter-ilots des profils de diversité spécifique 154

Liste des tableaux

Tableau 1 : familles identifiées dans le cadre de cette étude.	16
Tableau 2 : liste des stations et effort d'échantillonnage	22
Tableau 3 localisation des dispositifs de l'érablaie.	33
Tableau 4 localisation des dispositifs du chemin des Roches	36
Tableau 5 localisation des dispositifs de la tourbière	39
Tableau 6 localisation des dispositifs de l'éboulis bas	41
Tableau 7 : synthèse de la campagne entomologique 2020-2023 pour l'ensemble des sites de la réserve.....	42
Tableau 8 : synthèse détaillée par sites	43
Tableau 9 : liste des taxons observés sur les sites étudiés.	45
Tableau 10 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 4 années d'inventaire pour l'ensemble de sites	62
Tableau 11 : liste des déterminateurs des données connues préalablement sur la RNN	64
Tableau 12 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour l'Erablaie	67
Tableau 13 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondances pour le site 5	68
Tableau 14 : Espèces dominantes du site 1 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi)	70
Tableau 15 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques	71
Tableau 16 : Synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestier de l'érablaie.....	75
Tableau 17 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour le chemin des Roches.....	77
Tableau 18 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondances pour le site 2	78
Tableau 19 : Espèces dominantes de l'ilot n°7 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi).....	82
Tableau 20 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques	83
Tableau 21 : Synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestier du site 2.	87
Tableau 22 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour la tourbière du Rothried	89

Tableau 23 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondances pour le site 7	90
Tableau 24 : Espèces dominantes du site n°3 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi)	93
Tableau 25 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques	94
Tableau 26 : Synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestier de l'ilot n°5.	99
Tableau 27 : évolution des indicateurs de l'étude au cours des 3 années d'inventaire pour l'éboulis bas	101
Tableau 28 : répartition des espèces dans les différentes classes d'abondances pour le site 4 ..	102
Tableau 29 : Espèces dominantes de la stations 4 classées par ordre d'abondance moyenne relative (Pi).....	104
Tableau 30 : répartition des régimes trophiques des espèces typiques	105
Tableau 31 : Synthèse des données sur les espèces indicatrices de la qualité des milieux forestier du site n°4.....	110
Tableau 40 : diversité des scolytes et de leurs prédateurs par site	112
Tableau 32 : Richesse spécifique a couverture d'échantillonnage équivalente	116
Tableau 33 : tableau récapitulatif des variables la comparaison entre les site de l'érablaie et l'éboulis bas.....	123
Tableau 34 : tableau descriptif des différences mises en évidence entre les communautés d'espèces typique de l'érablaie et de l'éboulis bas (Myc=mycétophage ; Zoo=zoophage ; Sxy=saproxylophage ; Xyl=xylophage ; ncav=non-cavicole ; nfon=non-fongicole ; Feu=feuillu ; Res=résineux ; Hel=héliophile ; Hyg=hygrophile ; Nfl=non-floricole ; GBM=gros bois mort>40cm ; NA = espèce indifférente au critère évalué).	125

Lexique

Coléoptère : insectes dont les larves et les adultes ont des morphologies très différentes (contrairement aux punaises par exemple). Leurs ailes antérieures sont transformées en étui pour protéger les ailes postérieures qui se rangent dessous, pliées en deux grâce à une articulation au milieu de cette aile, articulation qui n'existe chez aucun autre ordre d'insecte. Les adultes se caractérisent par des pièces buccales broyeuses, des antennes (généralement à 11 segments) et une cuticule fortement durcie (dite "sclérifiée"). Les larves sont généralement vermiformes, molles, à régimes alimentaires ou mobilité très variées. Les coléoptères sont l'ordre avec le plus grand nombre d'espèces décrites. Celui-ci est estimé à 387 000 espèces. Ainsi, une espèce animale sur quatre dans le monde est un coléoptère (INPN⁴).

Connectivité : qualifie le degré des relations physiques entre les éléments du paysage terrestre (et marin) favorisant une gamme complète de processus naturels, comme la migration des espèces ou tout simplement les échanges entre sous-populations. Il s'agit également du degré avec lequel des processus naturels sont maintenus au travers des paysages. La connectivité est un paramètre [...] qui mesure les processus par lesquels les sous-populations des organismes sont interconnectées dans une unité démographique fonctionnelle (TRIPLÉ, 2022).

Corridor : espace reliant des taches d'habitats situés dans un environnement moins hospitalier pour les espèces concernées (TRIPLÉ, 2022).

Données d'observation : pour qu'une observation soit valorisée, celle-ci doit obligatoirement être accompagnée du nom d'espèce (si possible), du nom des personnes l'ayant vu, de la date au jour près de l'observation et du lieu (commune avec code INSEE ou données GPS). Ces données peuvent être accompagnées de données complémentaires (comportement de l'individu, le milieu dans lequel il se trouvait, son support s'il y en avait un, son sexe, s'il était vivant ou mort et la température ressentie) très utiles si l'individu n'a pas été identifié ou pour améliorer les connaissances autour de la biologie de l'espèce.

Micro-habitat : habitat de faible étendue et présentant des caractéristiques différentes des habitats contigus (TRIPLÉ, 2022).

Patrimonial : qui accorde de la valeur à ce qui est rare ou risque de le devenir. La valeur patrimoniale d'un site est estimée en fonction du nombre d'espèces animales et végétales et du nombre d'habitats hébergés par ce site. Elle est la résultante de la patrimonialité cumulée de chacune de ces composantes (TRIPLÉ, 2022).

Réservoir de biodiversité : espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement en ayant notamment une taille suffisante, qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces (TRIPLÉ, 2022).

Saproxylique : toute espèce qui dépend, pendant une partie de son cycle de vie, du bois mort provenant d'arbres vivants, affaiblis ou morts (BOUGET *et al.*, 2019 ; STOKLAND *et al.*, 2012).

⁴ https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/184612

Taxon : Unité de classification dénommée et regroupant des individus ou des ensembles d'espèces. On appelle taxons (ou taxa) supérieurs ceux qui sont au-dessus du niveau de l'espèce (TRIPLET, 2023).

Trame « verte et bleue » : réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique ainsi que par les documents de planification de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements. Elle contribue à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces et au bon état écologique des masses d'eau. Elle s'applique à l'ensemble du territoire national à l'exception du milieu marin (Site du Centre de ressources pour la mise en œuvre de la Trame verte et bleue⁵).

Trame « vieux bois » : afin d'assurer la conservation de la biodiversité liée aux vieux bois, il est progressivement mis en place une trame de vieux bois. Elle est constituée d'arbres vieillissants ou sénescents, isolés, en îlots ou sur de larges surfaces, répartis et contrôlés à différentes échelles géographiques, et menés ou conservés volontairement au-delà de l'âge d'exploitabilité habituellement retenu en sylviculture de production⁶.

Abréviations

ABC	Atlas de la biodiversité communale	Opie	Office pour les insectes et leur environnement
etc.	Et cætera (et les autres)	p-value	Risque de se tromper
e.g.	Par exemple	SINP	Système d'information sur la nature et le paysage
DHFF	Directive habitat faune flore	TGB	Très gros bois
Docob	Document d'objectifs	TVB	Trame verte et bleue
MNHN	Muséum national d'Histoire naturelle	UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
IBP	Indice de biodiversité potentielle	Vp	Valeur patrimoniale
INPN	Inventaire national du patrimoine naturel	Znieff	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique
Ip	Indice de patrimonialité		

⁵ <https://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/definitions-trame-verte-bleue?language%25253Den=fr&language%253Den=fr>

⁶ http://www1.onf.fr/enforet/hourtin/approfondir/faune_flore_biodiversite/20111027-124204-736127/@@index.html

Annexes

Annexe 1 : données d'abondance ajustées des coléoptères saproxyliques pour les différents sites utilisables avec INext.

Les espaces sont des séparateurs de colonne. Données à transposer avant de soumettre à INext online

```
Nom_taxon RNN_2020 Erablaie_2020 Roches_2020 Tourbière_2020 RNN_2020-21 Erablaie_2020-21 Roches_2020-21 Eboulis_2021 RNN_2020-22 Erablaie_2020-21-22 Tourbière_2020-22
Eboulis_2021-22 RNN_2020-23 Roches_2020-21-23 Tourbière_2020-22-23 Eboulis_2021-22-23 RNN_2020-23-ajustée Roches_2020-21-23-ajusté
Tach_nana 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0
Rhiz_bipustulatus 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 3 1 1 1 3 1
Drom_agilis 0 0 0 0 0 0 0 0 4 3 0 1 4 0 0 1 4 0
Sino_cylindricum 16 16 0 0 59 25 0 34 71 33 0 38 122 0 2 87 122 0
Tric_fasciatus 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Coxe_pictus 2 1 0 1 3 1 1 0 3 1 1 0 4 1 2 0 4 1
Coly_elongatum 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 0 0 2 0 0 0 2 0
Cery_histeroides 15 4 0 1 1 40 8 7 14 58 13 17 21 85 9 25 38 85 9
Endo_coccineus 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 2 0 1 0 2 0
Anth_godeti 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Eucn_capucina 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 5 0 0 4 5 0
Mela_buprestoides 0 0 0 0 2 0 1 1 3 1 0 1 14 3 2 8 14 3
Ampe_nigrinus 12 10 1 1 19 15 1 2 35 29 2 3 47 1 4 13 47 1
Ampe_sanguineus 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0
Dent_linearis 7 5 2 0 15 10 3 2 25 17 1 4 31 4 19 31 4
Dent_rubens 1 1 0 0 3 3 0 0 8 6 1 1 10 0 2 2 10 0
Lita_connexus 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 2 0 1 0 2 0
Anag_mysticus 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Dasy_caeruleus 19 15 0 4 19 15 0 0 19 15 4 0 34 9 9 1 34 9
Till_elongatus 4 4 0 0 4 4 0 0 5 5 0 0 10 0 5 10 0
Than_formicarius 3 0 3 0 16 2 14 0 19 5 0 0 22 15 0 2 22 15
Anob_punctatum 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 9 8 1 0 9 8
Ptil_pectinicornis 42 36 5 1 51 40 6 4 102 87 3 6 353 90 37 139 353 90
Cono_testaceus 2 2 0 0 2 2 0 0 3 3 0 0 3 0 0 0 3 0
Pyro_coccinea 0 0 0 0 2 2 0 0 4 4 0 0 9 0 0 5 9 0
Isch_cinereus 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Rhag_bifasciatum 1 0 0 1 2 0 1 0 2 0 1 0 4 1 2 1 4 1
Rhag_inquisitor 0 0 0 0 0 0 0 0 5 5 0 0 5 0 0 0 5 0
Rhag_mordax 8 7 0 1 13 9 2 1 17 11 3 1 20 2 5 2 20 2
Oxym_cursor 3 0 0 3 3 0 0 0 5 1 4 0 6 0 5 0 6 0
Gram_ruficornis 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 2 2 0
Alos_tabacicolor 13 12 1 0 17 15 1 1 18 16 0 1 27 4 0 7 27 4
Pach_cerambyciformis 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 2 2 0
Anas_dubia 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0
Tetr_castaneum 1 1 0 0 8 2 6 0 9 3 0 0 11 6 2 0 11 6
Pyrr_sanguineum 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Phym_testaceus 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Clyt_arietis 2 2 0 0 5 5 0 0 5 5 0 0 6 0 0 1 6 0
Clyt_lama 1 0 1 0 1 0 1 0 2 1 0 0 2 1 0 0 2 1
Sten_dubia 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0
Dend_micans 2 0 0 2 2 0 0 0 7 0 7 0 10 0 10 0 10 0
Hyla_ater 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0
Anis_dispar 1 0 1 0 1 0 1 0 2 1 0 0 2 1 0 0 2 1
Ips_sexdentatus 0 0 0 0 158 109 46 3 199 149 0 4 199 46 0 4 199 46
Piss_piceae 0 0 0 0 5 2 2 1 7 3 0 2 7 2 0 2 7 2
Hexa_exiguum 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Plat_caprea 33 32 0 1 52 46 0 5 65 54 2 9 76 2 3 17 76 2
Erno_abietis 0 0 0 0 2 1 0 1 3 1 0 2 3 0 0 2 3 0
Erno_laticollis 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Dorc_dresdensis 8 2 0 6 8 2 0 0 19 2 17 0 20 0 18 0 20 0
Micr_emarginatum 10 2 7 1 11 2 8 0 18 7 2 1 18 8 2 1 18 8
Hemi_costatus 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 8 6 1 1 8 6
Hadr_denticollis 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 4 0 3 1 4 0
Ptin_imperialis 9 9 0 0 16 12 3 1 19 15 0 1 22 5 0 2 22 5
Leio_nebulosus 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Molo_minor 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 11 9 1 11 9
Obri_brunneum 3 0 2 1 6 0 5 0 8 0 1 2 60 47 1 12 60 47
Tetr_gabrieli 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
Tetr_fuscum 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 2 0 1 0 2 0
Sten_sennii 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Rutp_maculata 3 3 0 0 3 3 0 0 3 3 0 0 4 1 0 0 4 1
Pido_lurida 0 0 0 0 1 0 0 1 3 1 1 1 4 0 1 2 4 0
Gaur_virginea 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 3 0 1 2 3 0
Cery_ferrugineum 32 9 3 20 62 17 8 17 98 35 34 21 169 11 59 64 169 11
Mega_undata 1 1 0 0 1 1 0 0 2 0 0 5 1 0 2 5 1
Abra_granulum 3 0 2 1 7 0 6 0 8 1 1 0 8 6 1 0 8 6
Pleg_saucius 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Pleg_vulneratus 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Paro_flavicornis 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 2 0 2 0 2 0
Liod_serricornis 3 2 0 1 6 2 2 1 7 2 1 2 9 4 1 2 9 4
Anis_castanea 31 3 0 28 32 3 0 15 5 3 51 1 55 0 51 1 55 0
Anis_humeralis 48 4 2 42 54 5 4 3 167 16 143 4 266 5 214 31 266 5
Orch_minor 2 2 0 0 5 5 0 0 7 7 0 0 8 0 0 18 0
Orch_undulata 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Abde_flexuosa 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 0 0 3 0 1 0 3 0
Serr_barbatus 1 0 0 1 1 0 0 0 7 5 2 0 8 0 2 1 8 0
Xyli_laevigata 4 0 0 4 5 0 1 0 5 0 4 0 7 1 6 0 7 1
Dolo_lividus 0 0 0 0 8 8 0 0 13 13 0 0 16 1 2 0 16 1
Mela_caraboides 2 2 0 0 8 3 0 5 9 3 0 6 13 0 0 10 13 0
Myce_multipunctatus 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0
```

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

Myce_atomarius 3 0 1 2 8 2 2 2 10 2 3 3 11 2 3 4 11 2
Isch_sanguinicollis 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 0 0 4 0 1 1 4 0
Nace_carniolica 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 16 0 0 16 16 0
Phlo_denticollis 1 1 0 0 4 4 0 0 4 4 0 0 4 0 0 0 4 0
Salp_planirostris 12 11 0 1 25 21 0 3 38 32 1 5 58 2 2 22 58 2
Salp_ruficollis 27 22 2 3 54 31 11 9 80 54 4 11 114 19 5 36 114 19
Vinc_ruficollis 4 0 0 4 5 0 1 0 9 2 5 1 10 1 5 2 10 1
Rabo_foveolatus 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Silv_fagi 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Silv_bidentatus 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Sphi_dubius 14 11 0 3 24 15 0 6 24 15 3 6 26 0 3 8 26 0
Aspi_orbiculatus 8 5 1 2 11 6 1 2 16 7 5 3 17 1 5 4 17 1
Hall_axillaris 0 0 0 0 0 0 0 0 3 0 3 0 5 2 3 0 5 2
Hall_binotatus 19 2 2 15 21 3 3 0 56 4 49 0 63 5 54 0 63 5
Bito_crenata 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Sync_variegata 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 2 2 0
Anth_nebulosus 3 3 0 0 4 4 0 0 12 12 0 0 12 0 0 0 12 0
Pedi_dermestoides 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0
Myce_cruciata 5 1 3 1 16 4 11 0 24 6 7 0 31 16 8 1 31 16
Symb_latus 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 1 1 2 0 1 1 2 0
Trit_bipustulata 2 2 0 0 2 2 0 0 2 2 0 0 2 0 0 0 2 0
Drom_barnabita 1 1 0 0 1 1 0 0 2 2 0 0 2 0 0 0 2 0
Micr_lepidus 3 3 0 0 3 3 0 0 3 3 0 0 5 0 1 1 5 0
Hylli_cariniceps 1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
Hylli_foveicollis 1 0 0 1 1 0 0 0 4 1 2 1 8 1 5 1 8 1
Hylli_olexai 0 0 0 0 0 0 0 0 6 3 1 2 6 0 1 2 6 0
Dict_aurora 3 1 2 0 5 1 3 1 12 2 4 3 16 4 5 5 16 4
Pyro_nigroruber 3 2 0 1 3 2 0 0 4 2 1 1 6 0 1 3 6 0
Rhiz_cribratus 2 2 0 0 2 2 0 0 4 2 2 0 4 0 2 0 4 0
Rhiz_depressus 0 0 0 0 12 7 5 0 40 34 1 0 43 6 2 1 43 6
Rhiz_grandis 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Rhiz_dispar 0 0 0 0 1 0 1 0 9 4 4 0 20 1 9 6 20 1
Rhiz_ferrugineus 1 0 0 1 14 2 10 1 16 2 3 1 23 16 4 1 23 16
Rhiz_nitidulus 8 1 2 5 38 3 21 9 43 6 6 10 79 24 14 35 79 24
Rhiz_perforatus 5 4 10 43 16 14 13 48 19 0 15 79 15 1 44 79 15
Mord_abdominalis 0 0 0 0 1 1 0 0 6 4 0 2 7 0 0 3 7 0
Curt_maculosa 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Cyrt_phalerata 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Spha_glabratus 0 0 0 0 5 0 4 1 7 2 0 1 7 4 0 1 7 4
Thym_limbatus 8 3 0 5 13 7 0 1 17 8 8 1 24 1 13 2 24 1
Nemo_elongatum 0 0 0 0 2 1 0 1 4 3 0 1 4 0 0 1 4 0
Eugl_pygmaeus 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Epur_ocularis 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Pity_ferrugineus 3 0 2 1 23 0 22 0 29 3 3 1 33 25 4 1 33 25
Glis_quadripunctatus 0 0 0 0 2 0 2 0 4 2 0 0 6 2 0 2 6 2
Poca_ferrugineus 1 1 0 0 3 2 1 0 3 2 0 0 4 1 0 1 4 1
Cych_variegatus 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Ampe_erythrogonus 103 18 17 68 130 27 29 6 181 37 101 14 275 47 152 39 275 47
Ampe_pomorum 1 1 0 0 2 2 0 0 3 3 0 0 5 0 0 2 5 0
Ampe_scrofa 2 1 0 1 8 4 1 2 15 9 2 3 15 1 2 3 15 1
Card_nigerrimus 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Card_vestigialis 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Diac_undulatus 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0
Hypo_inunctus 3 0 1 2 4 0 2 0 9 1 6 0 10 2 7 0 10 2
Mela_castanipes 56 28 12 16 110 51 33 10 179 90 33 23 240 40 52 58 240 40
Mela_villosus 2 2 0 0 2 2 0 0 2 2 0 0 2 0 0 0 2 0
Coss_parallelepipedus 3 0 0 3 3 0 0 0 4 0 4 0 6 0 6 0 6 0
Rhyn_ater 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 12 0 12 0 12 0
Rhyn_elongatus 1 0 1 0 1 0 1 0 2 0 1 0 2 1 1 0 2 1
Rhyn_punctatulus 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Rhyn_sculpturatus 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 1 1 2 0
Phlo_lignarius 5 0 1 4 5 0 1 0 6 1 4 0 6 1 4 0 6 1
Gnat_materiarius 0 0 0 0 0 0 0 0 4 3 1 0 4 0 1 0 4 0
Pity_buyssoni 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Pity_pityographus 3 1 1 1 10 6 2 1 12 7 2 1 13 3 2 1 13 3
Pity_pubescens 0 0 0 0 2 0 0 2 2 0 0 2 2 0 0 2 2 0
Cryp_piceae 10 0 6 4 318 220 38 56 340 241 4 57 365 54 11 59 365 54
Cryp_cinereus 3 1 2 0 29 14 14 1 127 110 2 1 133 16 5 2 133 16
Cryp_pusillus 19 1 17 1 28 1 26 0 43 14 2 1 51 26 6 5 51 26
Dryo_autographus 21 7 8 6 138 22 100 10 170 40 12 18 260 134 25 61 260 134
Dryo_hectographus 3 2 1 0 3 2 1 0 3 2 0 0 3 1 0 0 3 1
Dryo_villosus 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 2 0 0 1 2 0
Hyllu_palliatu 1 0 1 0 58 14 41 3 63 18 1 3 70 43 5 4 70 43
Hyla_cunicularius 12 2 1 9 104 10 85 0 146 41 20 0 164 95 28 0 164 95
Hyla_opacus 2 0 0 2 2 0 0 0 2 0 2 0 2 0 2 0 2 0
Pity_curvidens 0 0 0 0 7 7 0 0 21 21 0 0 21 0 0 21 0
Pity_chalcographus 11 6 4 1 230 93 125 11 311 172 2 12 315 125 5 13 315 125
Pity_trepanatus 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Ips_tytopographus 12 2 7 3 12 2 7 0 12 2 3 0 12 7 3 0 12 7
Scol_laevis 320 319 0 1 379 342 1 35 433 386 1 45 467 4 176 467 4
Scol_multistriatus 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0
Taph_bicolor 5 2 0 3 5 2 0 0 11 5 6 0 12 0 6 1 12 0
Taph_villifrons 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 3 2 0 1 3 2
Xyle_pilosus 7 1 4 2 11 4 4 1 21 13 3 1 32 8 10 1 32 8
Xyle_saxesenii 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Tryp_domesticum 4 4 0 0 35 20 3 12 53 31 3 16 76 6 7 32 76 6
Tryp_lineatum 5 1 3 1 1054 97 930 26 1479 468 36 45 1574 975 54 77 667 68
Tryp_signatum 0 0 0 0 11 8 2 1 31 24 0 5 50 5 0 21 50 5
Oxyp_maxillosus 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 3 0 3 0 3 0
Boli_reticulatus 0 0 0 0 3 2 1 0 7 5 1 0 13 1 2 5 13 1
Dorc_robusta 2 1 0 1 5 2 0 2 5 2 1 2 14 0 2 10 14 0
Cery_fagi 6 2 1 3 17 5 4 5 45 11 16 14 49 5 17 16 49 5
Glob_corticalis 1 1 0 0 2 1 1 0 4 3 0 0 7 3 0 1 7 3
Schi_pectinicornis 1 1 0 0 6 2 0 4 6 2 0 4 11 0 9 11 0
Prio_serriicornis 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1

Étude des coléoptères saproxyliques de la Réserve naturelle nationale du Frankenthal-Missheimle

Scra_fuscula 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1
Ampe_auripes 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 1 1 0 2 1
Hyla_brunneus 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 7 2 5 0 7 2
Cort_unicolor 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 4 0 2 2 4 0
Elat_dermestoides 24 22 0 2 37 25 4 6 52 37 4 7 97 16 7 37 97 16
Cryp_asperatus 2 0 0 2 32 18 10 2 56 40 2 4 56 10 2 4 56 10
Hype_plumbeum 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0
Stic_maculicornis 6 6 0 0 6 6 0 0 7 6 0 1 7 0 0 1 7 0
Hyle_varius 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 2 2 0
Eido_fagi 6 0 5 1 8 0 7 0 10 1 1 1 12 9 1 1 12 9
Ptin_subpilosus 5 5 0 0 14 13 0 1 28 25 2 1 30 0 4 1 30 0

Annexe 2 : comparaison inter-sites des profils de diversité spécifique avec les jeux de données bruts et ajustés pour le sentier des Roches

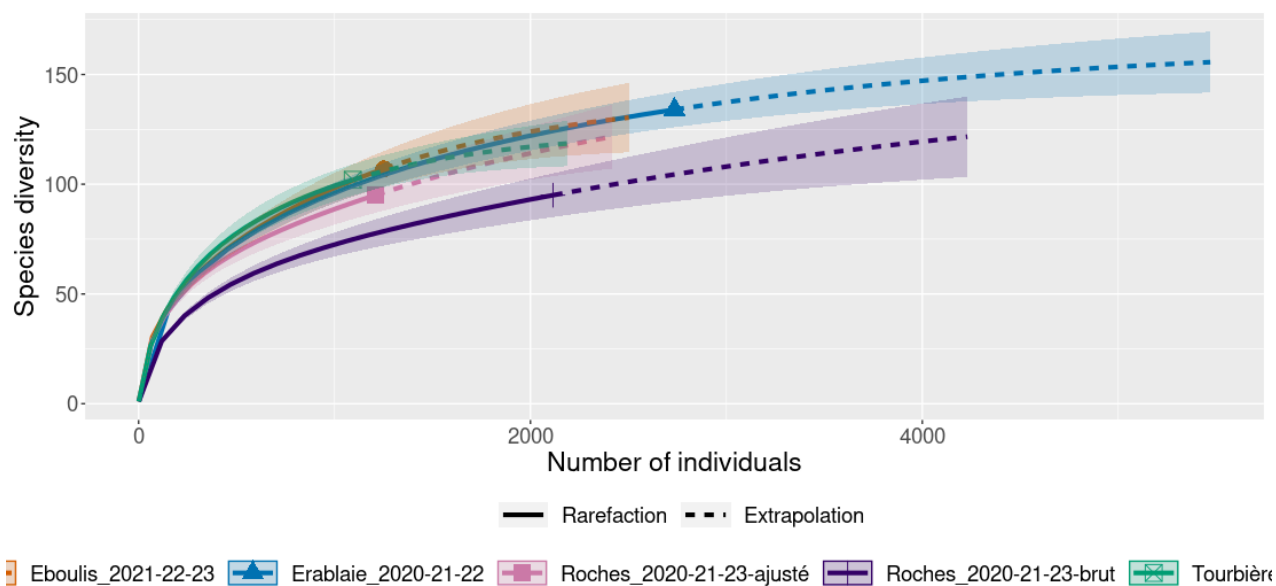
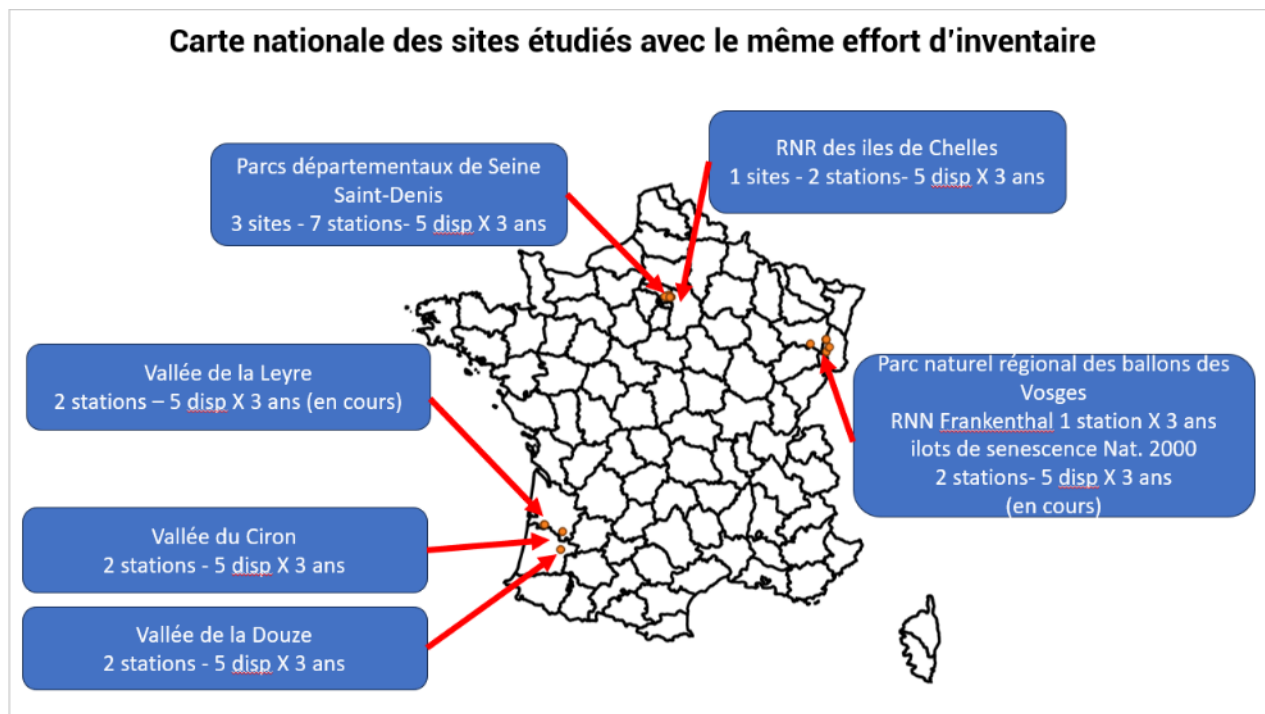
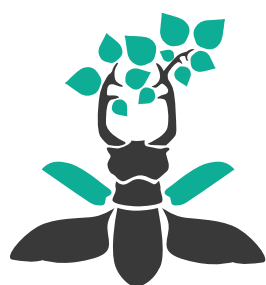


Figure 40 : comparaison inter-sites des profils de diversité spécifique

La courbe brute inclut de très nombreux spécimens de *T. lineatum*. La projection de l'effort pour détecter de nouvelles espèces et améliorer les connaissances est donc plus importante. Avec l'ajustement la courbe se place quasiment en parallèle des autres sites étudiés.

Annexe 3 : carte nationale de localisation des sites étudiés avec la même pression d'échantillonnage





OPIE

OFFICE POUR
LES INSECTES ET
LEUR ENVIRONNEMENT



Réserve Naturelle
FRANKENTHAL-MISSHEIMLE



SIÈGE SOCIAL

chemin rural n°7 – la Minière
BP30 – 78041 Guyancourt cedex

MAISON DES INSECTES

718 av du Dr Marcel Touboul
78955 Carrières-sous-Poissy

ANTENNE OCCITANIE

Centre de Biologie pour la Gestion des Populations
755, Av. du Campus Agropolis
CS 30016 – 34988 Montpellier / Lez cedex

Association
agrée par les ministères
chargés de l'environnement
et de l'éducation nationale

Membre de FNE et de l'UICN

SIRET : 318 223 666 000 13

L'Office pour les insectes et leur environnement agit en faveur de la biodiversité. L'association étudie et fait connaître ces animaux sous tous leurs aspects en rassemblant curieux, passionnés et experts.
Elle œuvre pour une meilleure prise en compte des insectes dans les politiques publiques.