

La Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux, un espace d'étude des écosystèmes forestiers hors sylviculture

Terracol J., Blanc G., Micas L.,
Diaz É., Gruhn G. & Voiry H.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Bruno David,
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

RÉDACTEUR EN CHEF / EDITOR-IN-CHIEF : Jean-Philippe Siblet

ASSISTANTS DE RÉDACTION / ASSISTANT EDITORS : Sarah Figuet (naturae@mnhn.fr)

MISE EN PAGE / PAGE LAYOUT : Sarah Figuet

COMITÉ SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC BOARD :

Luc Abbadie (UPMC, Paris)
Luc Barbier (Parc naturel régional des caps et marais d'Opale, Colesbert)
Aurélien Besnard (CEFE, Montpellier)
Vincent Boulet (Expert indépendant flore/végétation, Frugières-le-Pin)
Hervé Brustel (École d'ingénieurs de Purpan, Toulouse)
Audrey Coreau (AgroParis Tech, Paris)
Bernard Deceuninck (LPO, Rochefort)
Thierry Dutoit (UMR CNRS IMBE, Avignon)
Éric Feunteun (MNHN, Dinard)
Grégoire Gautier (Parc national des Cévennes, Florac)
Olivier Gilg (Réserves naturelles de France, Dijon)
Frédéric Gosselin (Irstea, Nogent sur Vernisson)
Frédéric Hendoux (MNHN, Paris)
Xavier Houard (OPIE, Guyancourt)
Isabelle Leviol (MNHN, Paris)
Francis Meunier (Conservatoire d'espaces naturels – Picardie, Amiens)
Serge Muller (MNHN, Paris)
Francis Olivereau (DREAL Centre, Orléans)
Laurent Poncet (MNHN, Paris)
Nicolas Poulet (ONEMA, Toulouse)
Jean-Philippe Siblet (MNHN, Paris)
Laurent Tillon (ONF, Paris)
Julien Touroult (MNHN, Paris)

Naturae est une revue publiée par les Publications scientifiques du Muséum, Paris
Naturae is a journal published by the Museum Science Press, Paris

Naturae est distribuée en Open Access sur le site web des Publications scientifiques du Muséum :
<http://www.revue-naturae.fr>

Les Publications scientifiques du Muséum publient aussi :
The Museum Science Press also publish:

European Journal of Taxonomy
Revue électronique / *Electronic journal* – <http://www.europeanjournaloftaxonomy.eu>

Adansonia
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 71,09 €; Particuliers / *Individuals*: 35,55 €

Anthropozoologica
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 52,13 €; Particuliers / *Individuals*: 26,07 €

Geodiversitas
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 146,91 €; Particuliers / *Individuals*: 73,46 €

Zoosystema
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 146,91 €; Particuliers / *Individuals*: 73,46 €

La Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux, un espace d'étude des écosystèmes forestiers hors sylviculture

Jérémy TERRACOL

Office national des Forêts (ONF), Agence des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse,
1175, chemin du Lavarin, F-84000 Avignon (France)
jeremy.terracol@onf.fr

Gilles BLANC

Conservatoire des Espaces naturels (CEN) de Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Pôle du Vaucluse,
162, rue du Vieil-Hôpital, F-84200 Carpentras (France)
gilles.blanc@cen-paca.org

Lilian MICAS

Office national des Forêts (ONF), Réseau d'entomologie de l'ONF,
Chemin de Bellevue, L'Ergatière, F-04170 Saint-André-les-Alpes (France)
lilian.micas@onf.fr

Éric DIAZ

Office national des Forêts (ONF), Réseau de mycologie de l'ONF,
Maison Forestière des Gentianes, F-15160 Allanche (France)
eric.diaz@onf.fr

Gérald GRUHN

Office national des Forêts (ONF), Réseau de mycologie de l'ONF,
5, avenue de Mirando, F-48000 Mende (France)
gerald.gruhn@onf.fr

Hubert VOIRY

Office national des Forêts (ONF), Réseau de mycologie de l'ONF,
4, rue Andre Vitu, La Colombière, F-88000 Épinal (France)
hubert.voiry@onf.fr

Publié le 29 mars 2017

Terracol J., Blanc G., Micas L., Diaz É., Gruhn G. & Voiry H. 2017. — La Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux, un espace d'étude des écosystèmes forestiers hors sylviculture. *Naturae* 5: 1-28.

RÉSUMÉ

Cet article présente les premiers résultats des inventaires des peuplements forestiers, de l'avifaune nicheuse, des insectes saproxyliques et des champignons (2007-2014). La Réserve biologique intégrale (RBI) du Mont-Ventoux, instituée en 2010, constitue un terrain d'étude privilégié du fait de la variété des milieux qu'elle abrite, à la croisée des influences alpines et méditerranéennes. C'est pourquoi l'Office national des Forêts (ONF) a planifié et appliqué un programme d'études portant sur différents compartiments de la biodiversité parmi lesquels les formations forestières, les Oiseaux, les Coléoptères saproxyliques et les Champignons font l'objet d'un exposé des résultats. L'analyse de l'inventaire des peuplements forestiers fait ressortir la richesse de la RBI en matière de structures forestières; peuplements très âgés (plus de quatre siècles pour les plus vieux), peuplements récents issus de reboisements et milieux ouverts plus ou

moins colonisés sont fortement imbriqués. Cette mosaïque de formations explique l'intérêt écologique du site de la RBI aussi bien en termes de rareté que de diversité des espèces observées que confirment les nombreuses données d'ores et déjà recueillies et traitées. Parmi les espèces les plus rares, on peut citer, entre autres, pour les Oiseaux, la Chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus* (Linnaeus, 1758)) et le Monticole de roche (*Monticola saxatilis* (Linnaeus, 1758)), pour les Coléoptères, *Podeonius acuticornis* (Germar, 1824) de la famille des Elateridae Leach, 1815 et *Drymochares truquii* Mulsant, 1847 de la famille des Cerambycidae Latreille, 1802, et pour les Champignons, *Oligoporus hydnoidea* G. Gaarder & Ryvar-den et *Sidera lunata* (Romell ex Bourdot & Galzin) K.H. Larsson, deux espèces inconnues jusqu'alors en France. Au-delà d'une meilleure connaissance des différents groupes inventoriés, la présente étude a mis en lumière certaines influences des peuplements forestiers ou des facteurs du milieu sur la diversité spécifique. Il apparaît ainsi que la répartition des populations d'oiseaux est fortement conditionnée par l'altitude et par la présence de grandes étendues asylvatiques. Quant aux Coléoptères saproxyliques et aux Champignons, leur diversité peut être reliée à certaines caractéristiques des peuplements forestiers. Les peuplements de Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et de Sapin pectiné (*Abies alba* Mill.), riches en gros bois morts et en gros bois dépérissant, sont très favorables au développement de ces deux groupes. Dans le cas des Champignons, le mélange d'essences et la présence de très gros bois morts (plus de 50 cm de diamètre) constituent des facteurs d'accroissement de la diversité. D'après les volumes de bois mort, la RBI du Mont-Ventoux se trouve actuellement à un seuil entre forêt gérée et forêt subnaturelle. À cette aune, il est vraisemblable que les cortèges d'espèces évolueront dans les décennies à venir, et d'autant plus vite que les changements climatiques, quels qu'ils soient, seront très perceptibles dans ce secteur en limite d'aires biogéographiques. La RBI du Mont-Ventoux doit donc continuer à être un laboratoire pour acquérir, de manière coordonnée, des connaissances sur l'évolution des écosystèmes forestiers laissés hors sylviculture et sur leur fonctionnement.

MOTS CLÉS
Évolution naturelle,
forêt ancienne,
bois mort,
structuration de la
diversité écologique,
évolutions climatiques.

ABSTRACT

The Wilderness Area of Mount Ventoux, a space for studies of forest ecosystems without management – First results of forests, birds, saproxylic beetles and fungi inventories (2007-2014).

The Wilderness Area of Mount Ventoux, established in 2010, is an ideal study site owing to its variety of environments, at the crossroads of alpine and mediterranean influences. For this reason, the French National Forestry Office has planned and implemented an investigation agenda focusing on four fields: forest stands, birds, saproxylic beetles and fungal species. The analysis of the forest stands inventory has highlighted the richness of this reserve regarding forest structures: very old stands (up to four centuries old for the oldest), more recent stands from reforestation, and open areas are closely intermingled. This mosaic of various situations explains the ecological interest of the reserve in terms of both rarity and diversity of the observed species. The huge amount of data already collected and processed confirm this fact. Among the rarest species, we can quote: for birds, Tengmalm owl (*Aegolius funereus* (Linnaeus, 1758)) and blue rock thrush (*Monticola saxatilis* (Linnaeus, 1758)); for beetles, *Podeonius acuticornis* (Germar, 1824) from Elateridae (Leach, 1815) family and *Drymochares truquii* Mulsant, 1847 from Cerambycidae (Latreille, 1802) family; and for fungi, two species previously unknown in France, *Oligoporus hydnoidea* G. Gaarder & Ryvar-den and *Sidera lunata* (Romell ex Bourdot & Galzin) K.H. Larsson. Beyond a better understanding of the different groups surveyed, the study highlighted some influences of forest stands or environmental factors on species diversity. It thus appears that the distribution of bird populations is strongly conditioned by the altitude and the presence of large open areas. As for saproxylic beetles and fungi, diversity can be linked to certain characteristics of forest stands. The stands of beech and silver fir containing many big dead or dying trees are very favorable to the development of these two groups. In the case of fungi, the mixture of species and the presence of very large dead trees (over 50 cm in diameter) are two factors increasing diversity. Judging by the volumes of dead wood, the reserve of Mount Ventoux is currently switching from a managed forest to a sub-natural forest. It is likely that the associations of species will evolve during the coming decades, in the current context of climate change whatever it is; the faster these changes, the more noticeable the forest evolution will be, especially in this situation at the crossing of biogeographical regions. Therefore, the reserve of Mount Ventoux has to be maintained as a laboratory in a view to further improve, in a coordinated manner, the scientific knowledge of evolution and functioning of forest ecosystems out of forestry management.

KEY WORDS
Natural evolution,
old-growth forest,
dead wood,
structuring of ecological
diversity,
climatic evolutions.

INTRODUCTION

Barbacane des Préalpes, solidement campé au milieu de la plaine viticole, le Mont-Ventoux dont la silhouette aisément reconnaissable se détache aux quatre points cardinaux, a depuis des siècles attiré les voyageurs comme en témoignent les écrits de

Pétrarque et des frères Platter. Longtemps lieu spirituel ou simple curiosité naturelle, le Mont-Ventoux devient, au cours du XIX^{ème} siècle, un objet d'observations pour d'éminents scientifiques, tels les botanistes Requier et Martins ou l'entomologiste Fabre, avant de se muer en véritable sujet d'étude pour de nombreux chercheurs à partir de 1950 et, plus encore, de 1970.



Fig. 1. — Vue du versant nord du Mont-Ventoux et de la Réserve biologique intégrale (RBI). Crédit photo : Jérémy Terracol.

La Réserve biologique intégrale (RBI) du Mont-Ventoux s'inscrit dans cette tradition de recherche. En effet, si elle constitue bien un espace protégé dans lequel les milieux sont placés en évolution naturelle, la RBI est davantage encore le site privilégié d'études scientifiques. Pour ce faire, elle bénéficie d'un programme d'études élaboré par le comité de gestion réuni autour de l'Office national des Forêts (ONF) à partir des propositions contenues dans le plan de gestion de la RBI (Terracol 2007). L'application de ce programme a débuté en 2007 par l'inventaire des peuplements forestiers. Au terme de celui-ci, l'analyse des données recueillies a permis de préciser l'objectif principal assigné à la RBI du Mont-Ventoux en matière d'études, à savoir caractériser et évaluer l'intérêt écologique des peuplements forestiers, suivre leur évolution et étudier les cortèges d'espèces associés. Depuis 2010, des suivis scientifiques ont ainsi été menés sur différents groupes d'espèces parmi lesquels ceux relatifs aux Oiseaux nicheurs, aux Coléoptères saproxyliques et aux Champignons font l'objet de la présente restitution.

LA RÉSERVE BIOLOGIQUE INTÉGRALE DU MONT-VENTOUX

Les RBI sont des zones à dominante forestière dans lesquelles les interventions humaines sont limitées au strict minimum et l'exploitation interdite dans le but d'observer scientifiquement les processus d'évolution naturelle d'un milieu laissé à lui-même. Le statut des RBI est défini par le code forestier.

La RBI du Mont-Ventoux a été officiellement créée par l'arrêté interministériel du 10 novembre 2010. Elle occupe une étendue de terrain de 906 ha en ubac du massif (Fig. 1), à cheval sur les forêts domaniales du Mont-Ventoux et du Toulourenc. Le secteur de la RBI est particulièrement abrupt ; la pente varie, en règle générale, de 40 à 80 %.

Couvrant un gradient altitudinal de 1200 m, entre 680 et 1880 m, la RBI englobe tous les étages bioclimatiques du supraméditerranéen (jusqu'à 1 000 m) au subalpin (au-

delà de 1 800 m) en passant par les étages montagnards inférieur (1 000-1 250 m), moyen (1 250-1 600 m) et supérieur (1 600-1 800 m). De ce fait, elle est bien représentative de la complexité de l'étagement de végétation qu'offre le massif du Mont-Ventoux, entité biogéographique placée à la confluence d'influences climatiques contrastées, alpines et méditerranéennes. Cependant, la forte discordance qui existe entre l'adret et l'ubac du Mont-Ventoux, principalement liée à la topographie, résultat de l'histoire géologique du massif, induit une compartimentation des étages bioclimatiques dissemblable entre les deux versants. L'étage mésoméditerranéen (absent de la RBI) est ainsi nettement plus développé en adret qu'en ubac. Il en découle une répartition des cortèges d'espèces tant végétales qu'animales assez différente des deux côtés du Mont-Ventoux. Par exemple, le Sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) bien présent dans les peuplements forestiers constitutifs de la RBI, est quasiment absent en adret.

Lesdits peuplements sont très variés ; les vieilles hêtraies et hêtraies sapinières parmi lesquelles se trouvent les plus vieux arbres connus du Vaucluse (Sapins de plus de quatre siècles et Hêtres de près de 300 ans) côtoient les reboisements résineux de restauration des terrains en montagne (RTM), opérés à la fin du XIX^{ème} siècle, qu'entrecoupent des éboulis, plus nombreux et plus vastes à mesure qu'on approche des crêtes et du sommet du Mont-Ventoux.

De cette hétérogénéité des milieux et des conditions climatiques découle une grande diversité d'espèces sur laquelle les résultats des différentes études, présentés ci-après, offrent un bon aperçu.

INVENTAIRE DES PEUPELEMENTS FORESTIERS (2007-2008)

MÉTHODOLOGIE

Le protocole d'inventaire des peuplements (Bruciamacchie *et al.* 2005) est national et concerne les réserves naturelles nationales et les RBI d'une taille supérieure à cinq hectares. Il

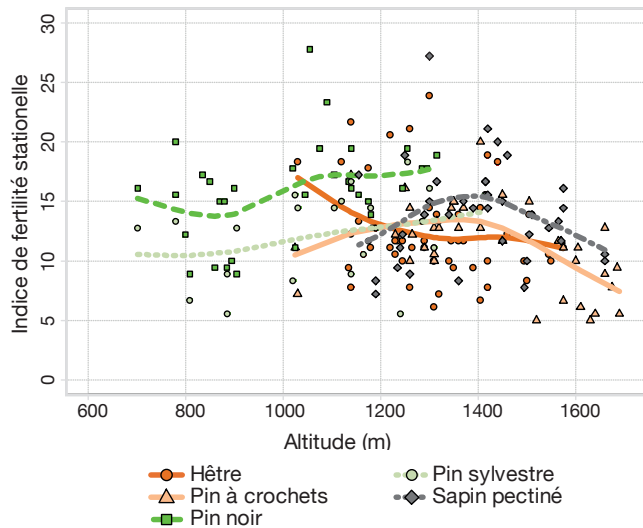


FIG. 2. — Indice de fertilité stationnelle des principales essences forestières de la Réserve biologique intégrale (Terracol & Dreyfus 2008).

définit les informations principales à recueillir. Elles peuvent être complétées par d'autres indications, optionnelles, ou par des éléments que l'observateur juge intéressants.

La mise en œuvre du protocole permet d'établir un état précis des peuplements (composition en essences, capital sur pied, état de la régénération, impact de la faune sur les semis). Le principal objectif du protocole consiste à caractériser le bois mort au sol et sur pied à travers une estimation du volume et à évaluer ses flux. Pour ce faire, il est prévu de passer en inventaire tous les dix ans sur des placettes fixes, chacune composée de plusieurs compartiments, sur lesquels sont relevées diverses informations permettant de caractériser le peuplement forestier.

Dans la RBI du Mont-Ventoux, le protocole a été appliqué sur 256 placettes en 2007. Le nombre de placettes a été déterminé en fixant la précision souhaitée à 5 % et en retenant un coefficient de variation de 40 % (calculé à partir de différents jeux de données issus des aménagements forestiers). Le plan d'échantillonnage a été défini grâce au SIG en retenant une marge de 15 % de points supplémentaires, afin de tenir compte des placettes abandonnées pour des raisons d'accessibilité ou de trop grande proximité avec les limites de la RBI. Ainsi le nombre de points a été porté à 286 (256 placettes de l'échantillon cible et 30 points supplémentaires) soit un point tous les 175 mètres environ, dans les deux directions (nord et est).

Parmi les 256 placettes réalisées, 110 placettes ont été retenues pour des mesures d'âge et de hauteur en 2008. Ces données sont en effet nécessaires pour estimer des potentialités stationnelles (via le couple hauteur dominante/âge), et ainsi la croissance des arbres, voire leur survie. Elles permettent également d'évaluer le volume du compartiment « bois vivant », condition indispensable à une estimation correcte des flux vers le compartiment « bois mort ». Le sous-échantillon de placettes a été formé de la manière suivante. Des familles de placettes ont été constituées à partir de la base de données créée en 2007, en croisant les cinq critères suivants : la densité

à l'hectare par classe (0 à 500, 500 à 1 000, 1 000 à 2 000, > 2 000 tiges/ha) ; la surface terrière à l'hectare par classe (0 à 10, 10 à 20, 20 à 40, > 40 m²/ha) ; l'étage bioclimatique de la placette ; la position topographique et l'essence principale définie comme la plus représentée à la fois en nombre de tiges et en surface terrière. Les familles de placettes ainsi déterminées ont été présumées homogènes du point de vue du peuplement et de la station forestière. Elles sont au nombre de 87. Pour chacune des familles, la première placette par ordre croissant de numérotation a été retenue pour être inventoriée. La liste définitive comprend, outre les placettes sélectionnées selon la méthode indiquée, toutes celles où le Sapin pectiné est l'essence principale. Ce choix procède de l'intérêt de l'étude de cette essence en limite de son aire de répartition naturelle.

Pour en savoir davantage, le lecteur pourra se reporter à l'article de Terracol & Dreyfus (2013).

RÉSULTATS

Les traitements des données de l'inventaire fournissent à la fois des enseignements sur l'état actuel des peuplements forestiers et sur leurs dynamiques d'évolution.

Quelques caractéristiques des peuplements forestiers

L'indice de fertilité stationnelle (Fig. 2) des principales essences en fonction de l'altitude offre une vision de leur répartition plus fine que la seule cartographie des peuplements. De toutes les essences, le Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *nigra* J.F. Arnold) est celle qui paraît le mieux adaptée à un grand nombre de situations stationnelles. Elle seule semble en mesure de se maintenir dans l'étage supraméditerranéen. Au stade adulte, le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et le Sapin pectiné ont une répartition moins large que les pins (lesquels ont été plantés dans des situations très variées). La croissance de toutes les essences, optimale dans la tranche d'altitude 1 300-1 400 m (sauf pour le Hêtre), diminue au-delà de 1 400 m, probablement du fait de conditions climatiques sévères, en hiver (gel, neige) comme en été (sécheresse souvent aggravée par un vent violent), induisant une saison de végétation plus courte.

Au-delà de la variété des essences qui les constituent, la présence de bois mort semble être le facteur le plus évident pour juger de la valeur écologique des peuplements. Le volume moyen à l'hectare avoisine les 20 m³. Il est constitué pour environ un cinquième par des bois de Hêtre, essence souvent considérée comme la plus propice au développement d'un grand nombre d'espèces associées. L'ancienneté de l'abandon de l'exploitation dans la réserve (plus d'un siècle) explique l'importance de la quantité de bois mort, par ailleurs très hétérogène dans ses composantes ; le bois mort au sol représente moins de 10 % du volume total de bois mort et le volume de bois mort sur pied est constitué en majorité de petits bois (environ 70 % du volume). De ce fait, la variété des niches écologiques disponibles est sans doute moindre que dans d'autres RBI.

Du niveau de maturité des peuplements semble découler leur richesse écologique potentielle. Pour évaluer celle-ci, deux indices ont été calculés et croisés : un indice de bois mort et un indice de richesse spécifique et dimensionnelle.

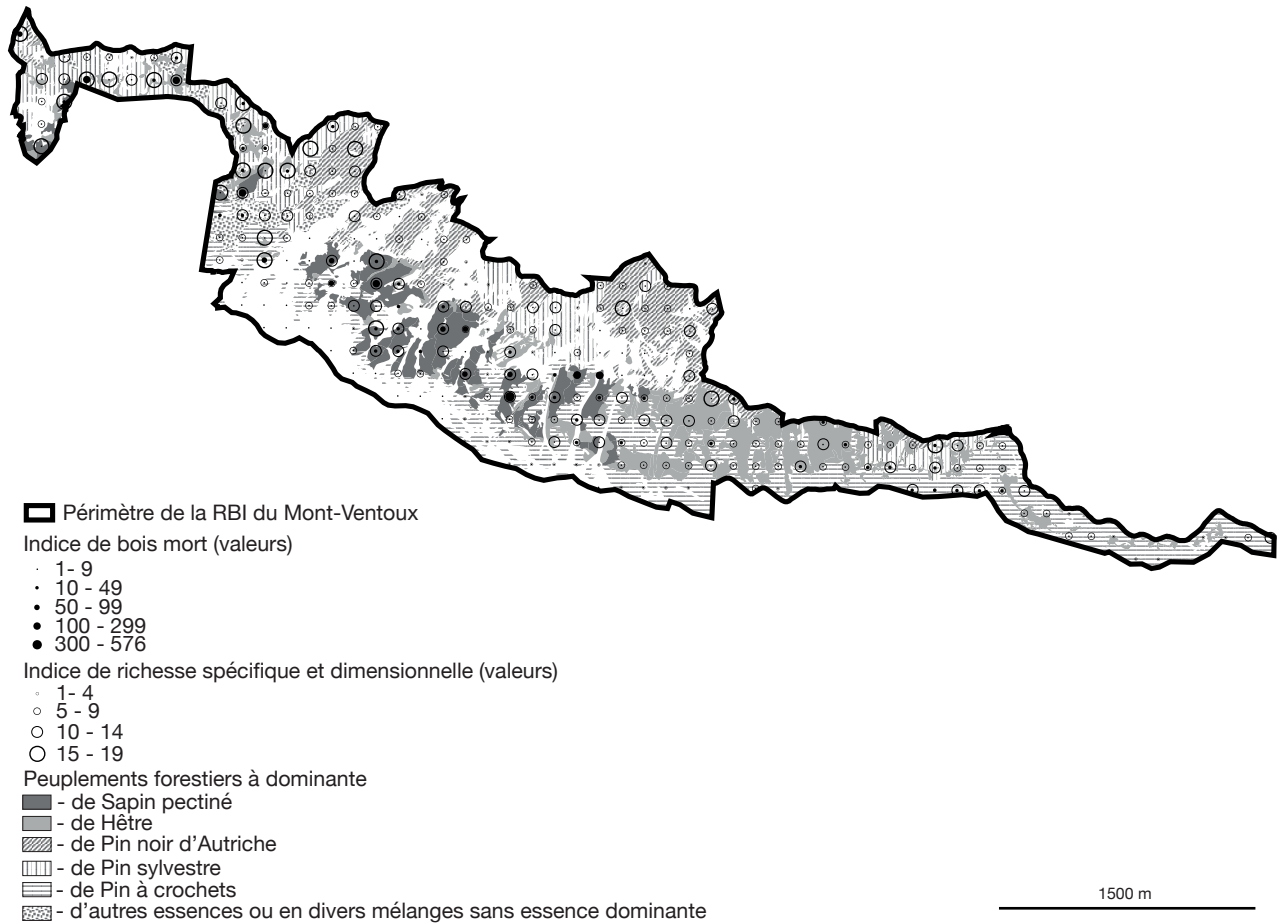


FIG. 3. — Carte de répartition des indices de bois mort et des indices de richesse spécifique et dimensionnelle par placette d'inventaire des peuplements forestiers (ONF Avignon, 2016).

Le premier a été calculé en multipliant différentes valeurs indicatrices, dont chaque niveau a été fixé arbitrairement :

- volume de bois mort : moins 10 m³/ha (1), entre 10 et 20 m³/ha (2), entre 20 et 40 m³/ha (3), plus de 40 m³/ha (4) ;
- rapport entre le volume de bois mort et le volume total : moins de 5 % (1), de 5 à 25 % (2), de 25 à 50 % (3), plus de 50 % (4) ;
- rapport entre le volume de bois mort au sol et celui de bois mort sur pied : moins de 10 % (1), de 10 à 20 % (2), de 20 à 30 % (3), plus de 30 % (4) ;
- volume des arbres morts sur pied de diamètre supérieur à 50 cm : inférieur à 0.1 m³/ha (1), entre 0.1 et 0.5 m³/ha (2), entre 0.5 et 1 m³/ha (3), plus de 1 m³/ha (4) ;
- volume total des arbres à champignons et à cavités : inférieur à 10 m³/ha (1), entre 10 et 20 m³/ha (2), entre 20 et 40 m³/ha (3), plus de 40 m³/ha (4).

La multiplication de ces différentes notes, auxquelles on accorde le même poids, donne un indice global de bois mort par placette, variant de 1 (combinaison de notes 1 uniquement) à 576 (pour un maximum théorique de 1024).

Le second indice a été obtenu en combinant trois sous-indices :

- la richesse spécifique, nombre d'espèces arborées présentes sur la placette ;

- la richesse dimensionnelle, nombre de catégories de dimension présentes sur la placette, définies comme suit : les cinq classes de dimension pour la régénération et les dix classes de diamètres pour les arbres :]5-15 cm],]15-25 cm],]25-35 cm],]35-45 cm],]45-55 cm],]55- 65 cm],]65-75 cm],]75-85 cm],]85-95 cm],]95 cm et plus] ;

- la richesse en termes de nombre de combinaisons « espèces X catégories de dimension. »

Ces indices écologiques, de construction simple, n'utilisent pas de pondération en fonction de l'abondance de chaque espèce ou par catégorie dimensionnelle. Il ressort de la comparaison de ces deux indices que les peuplements potentiellement les plus intéressants sont incontestablement ceux de Hêtre et de Sapin pectiné. Les peuplements à dominante de Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.), en mélange avec du Hêtre, présentent également des valeurs élevées des deux indices (Fig. 3).

Dynamiques d'évolution

L'inventaire statistique des peuplements forestiers de la RBI au moyen de 256 placettes a permis d'établir la composition et la répartition des régénérations, ainsi que la nature et la distribution des mortalités par dépérissement. L'observation de ces données permet de formuler des hypothèses plausibles

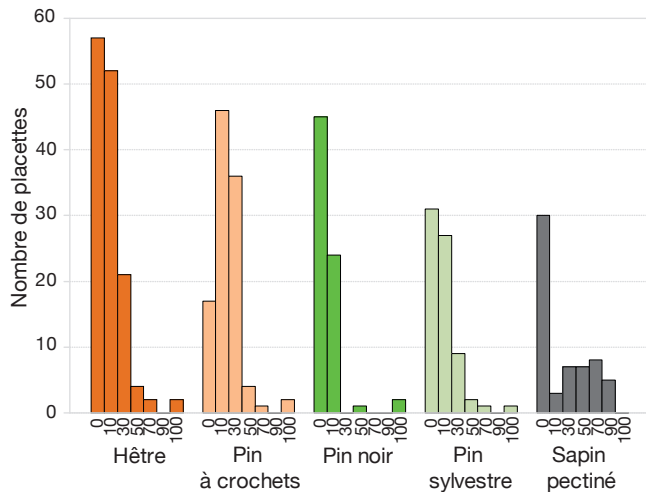


FIG. 4. — Pourcentage de la surface terrière d'arbres morts dans la surface terrière totale (arbres morts et vifs) pour les principales essences forestières de la Réserve biologique intégrale (Terracol & Dreyfus 2008).

quant aux évolutions prochaines des peuplements, sans toutefois aller jusqu'à quantifier ces phénomènes :

- tous les pins devraient régresser au profit du Hêtre, essence la plus abondante en moyenne au stade de la régénération, et de l'Alisier blanc (*Sorbus aria* (L.) Crantz) ou de l'Érable à feuille d'obier (*Acer opalus* Mill.) ; même le Pin noir d'Autriche, jusqu'à présent peu affecté par le dépérissement, semble menacé du fait d'une faible régénération, bien que celle-ci soit ponctuellement abondante, principalement en milieux ouverts ;

- on observe que les peuplements de Pin à crochets (*Pinus mugo* subsp. *uncinata* (Ramond ex DC.) Domin) sont colonisés par le Sapin pectiné, le Hêtre et l'Alisier blanc, ces trois essences formant la majorité des semis trouvés sous lesdits peuplements ; le Pin à crochets semble pouvoir se maintenir dans la partie la plus haute de la RBI où sa régénération est non négligeable ; de façon plus incertaine ailleurs ;

- une forte régression des peuplements de Pin sylvestre est très probable ; cette essence devrait n'être présente à l'avenir que de manière très diffuse, et non plus sous la forme de peuplements constitués ; à moins que le dépérissement d'autres espèces arborées ne produise des zones ouvertes plus favorables à la régénération de cette essence pionnière ;

- le Sapin pectiné, malgré son fort pouvoir de colonisation sous le couvert d'autres essences, pourrait connaître une contraction de son aire de répartition locale sous l'influence des évolutions climatiques (plus grande fréquence de fortes sécheresses), avec une surface de plus en plus limitée de milieux propices à son développement jusqu'au stade adulte ; son devenir dépend aussi de la pression des grands ongulés (Cerf (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758), Chamois (*Rupicapra rupicapra* (Linnaeus, 1758)), Mouflon (*Ovis gmelinii* Blyth, 1841)), qui empêche souvent d'atteindre un niveau de régénération suffisant pour assurer l'avenir des peuplements. D'ores et déjà, des dépérissements importants affectent cette essence dans la RBI comme le montre nettement la Fig. 4 ;

- certains milieux ouverts seront colonisés, selon l'altitude, par le Pin noir d'Autriche, l'Alisier blanc, l'Érable à feuille d'obier ou le Pin à crochets.

En première conclusion, la RBI du Mont-Ventoux est à un stade charnière entre forêt gérée et forêt subnaturelle qui marque le commencement d'une évolution au cours de laquelle l'intérêt écologique du site pourrait s'accroître sensiblement, si toutefois la diversité des essences est conservée. Le déséquilibre général entre petits bois (environ 70 % du volume) et gros bois, que ce soit dans les bois vivants ou dans les bois morts sur pied, dénote en effet un degré de maturité des peuplements encore moyen qui confirme une surface terrière et un volume sur pied relativement faibles : en moyenne 25 m²/ha et 128 m³/ha, respectivement. Naturellement, les volumes et la répartition, tant des arbres vivants que du bois mort, sont fortement liés à la fertilité du milieu. Il serait donc illusoire d'espérer, dans la RBI du Mont-Ventoux, le développement de volumes et de diamètres similaires à ceux constatés dans les régions subatlantiques ou dans les Alpes du Nord. Cependant, de manière générale, le degré de naturalité des peuplements de la RBI devrait augmenter puisque, d'une part, des essences autochtones se substituent peu à peu aux essences allochtones et que, d'autre part, les composantes de bois mort pourraient s'accroître avec les mortalités liées aux évolutions climatiques (si elles se confirment) et à la sénescence. Cela étant, la régression de certaines essences comme le Pin sylvestre pourrait contribuer à une diminution relative de la diversité des peuplements forestiers et des espèces associées.

RÉFLEXIONS POUR UN PROGRAMME D'ÉTUDES COHÉRENT

À l'issue de l'inventaire des peuplements forestiers, les principales interrogations en suspens portent sur la caractérisation de l'intérêt écologique de ceux-ci et, entre autres éléments, sur la validation des deux indices écologiques construits. Le choix des groupes d'espèces étudiés a été opéré pour répondre au mieux à cette problématique. Les cortèges d'espèces inventoriés devraient en effet permettre, à terme, de qualifier l'influence de la nature et de la structure des peuplements forestiers, et de la quantité de bois mort contenus dans ceux-ci, sur la diversité écologique. À cette fin, à partir de 2010, différents suivis ont été initiés. Ils concernent les Insectes saproxyliques et les Champignons. Ces deux études ont été réalisées selon les protocoles nationaux de l'ONF. Un suivi des Oiseaux nicheurs de la RBI, suivant la méthodologie STOC (protocole national de référence), a également été effectué. Enfin, un inventaire phytosociologique (selon la méthode de Braun-Blanquet (1932)) a débuté cette même année afin de caractériser les cortèges floristiques de la RBI. Les résultats de cette dernière étude ne sont pas exposés dans le présent article.

L'ensemble de ces relevés s'appuie sur le réseau de placettes de suivi des peuplements forestiers. Le but est de parvenir à associer à un type de peuplements des données relatives à la flore et à la faune et d'établir des correspondances entre le développement d'une espèce ou d'un groupe d'espèces et les

TABLEAU 1. — Caractéristiques des différentes placettes retenues pour le suivi des Oiseaux, des Insectes et des Champignons (2009-2014). Les types de peuplements forestiers ont été définis en combinant plusieurs critères: l'essence principale (en surface terrière), la densité – quatre classes (0 à 500/ha (1), 500 à 1 000/ha (2), 1 000 à 2 000/ha (3), supérieure à 2 000/ha (4)) et la surface terrière – quatre classes (0 à 10 m²/ha (1), 10 à 20 m²/ha (2), 20 à 40 m²/ha (3) et supérieure à 40 m²/ha (4)). Le nom du peuplement est la combinaison de ces valeurs dans cet ordre: densité (note de 1 à 4), surface terrière (note de 1 à 4) et essence principale (codification nationale de l'ONF - **ALB**, Alisier blanc; **EPC**, Épicéa commun (*Picea abies* (L.) H.Karst); **ERA**, Érables; **HET**, Hêtre; **MEE**, Mélèze d'Europe (*Larix decidua* Mill.); **PO**, Pin noir d'Autriche; **PS**, Pin sylvestre; **PX**, Pin à crochets; **SP**, Sapin pectiné). **GNB**, données incluses dans le programme d'étude « Gestion forestière, Naturalité, Biodiversité », voir aussi Annexe 1.

Placette	Altitude (m)	Type de peuplements forestiers	Nature du mélange	Rapport volume bois mort et volume total		Études (années d'observation)		
				Insectes saproxyliques	Avifaune nicheuse - STOC	Champignons		
8	1055	22PS	P.S, ERA, ALB, présence de PNA	19 %				2014 (nouveau cycle)
11	1215	23PS	P.S, HET, S.P, présence d'ALB, d'ERA	19 %				2014 (nouveau cycle)
14	1175	23HET	HET, P.S, présence d'ALB	12 %				2014 (nouveau cycle)
15	1205	23HET	HET, présence d'ALB, d'ERA	17 %	2010-2011 (GNB) -2012	2012 (GNB)		2010-2011 (GNB) -2012
18	1255	23PS	P.S, PNA, ERA, présence d'ALB, de HET	0 %		2010-2011-2012		
22	1140	23PS	P.S, HET	22 %				2010-2012-2013
26	1300	13S.P	S.P, HET, présence de P.S	2 %	2009-2010-2011			2010-2012-2013
28	1180	12HET	HET, présence de PNA, de P.S	55 %		2010-2011-2012		2010-2012-2013
30	1180	34P.O	PNA pur	2 %		2010-2011-2012		
32	1315	23P.O	PNA, HET, ERA, présence de P.X	7 %				2010-2012-2013
35	1285	34PS	P.S, présence de PNA, de HET	3 %		2010-2011-2012		
38	1415	12S.P	S.P, présence de P.S, de HET	2 %		2010-2011-2012		
39	1400	34S.P	S.P, HET, présence de MEE, d'EPC	11 %	2009-2010-2011 (GNB)	2012 (GNB)		2010-2011 (GNB) -2012
40	1395	33P.X	P.X, présence de P.S	16 %	2012-2013-2014			2010-2012-2013
50	1425	22EPC	EPC, P.X, présence de HET	8 %		2010-2011-2012		
51	1385	34PS	P.S, EPC, P.X, présence de HET, de S.P	19 %				2010-2012-2013
61	1505	34HET	HET, P.X, présence de S.P, d'ALB	10 %	2012-2013-2014			2014 (nouveau cycle)
76	1415	23S.P	S.P, HET	28 %	2011 (GNB) -2012-2013	2012 (GNB)		2010-2011 (GNB) -2012
91	1370	23HET	HET, S.P	49 %				2010-2012-2013
132	1390	23S.P	S.P, HET, présence d'ALB	40 %				2010-2012-2013
151	1450	33P.X	P.X, S.P, CYT	20 %				2010-2012-2013
168	1460	23S.P	S.P, HET	33 %	2011 (GNB)	2012 (GNB)		2010-2011 (GNB) -2012
184	1420	23HET	HET, S.P	35 %		2010-2011-2012		2010-2012-2013
185	1340	22S.P	S.P, HET	50 %	2011 (GNB)	2012 (GNB)		2010-2011 (GNB) -2012
200	1440	33HET	HET, S.P	15 %		2010-2011-2012		
201	1420	33HET	HET, S.P, présence de P.X	0 %				2010-2012-2013
220	1445	34P.X	P.X, présence de S.P	27 %		2010-2011-2012		
233	1160	23HET	HET, P.S	5 %				2014 (nouveau cycle)
235	1165	33HET	HET, présence de MEE, d'ALB	9 %				2014 (nouveau cycle)
246	1420	34HET	HET pur	5 %		2010-2011-2012		2014 (nouveau cycle)
251	1375	33HET	HET, présence de P.X	11 %		2010-2011-2012		
253	1400	32HET	HET, P.X	16 %		2010-2011-2012		2014 (nouveau cycle)
255	1315	34HET	HET, P.X	11 %				2014 (nouveau cycle)
257	1220	34PS	P.S, P.X, présence de HET	17 %				2014 (nouveau cycle)
260	1273	33HET	HET, P.X	10 %				2014 (nouveau cycle)
269	1320	33P.X	P.X pur	15 %		2010-2011-2012		
270	1350	23P.X	P.X, HET, présence de MEE, d'ALB	23 %				2014 (nouveau cycle)
272	1345	34P.X	P.X, HET	29 %				2014 (nouveau cycle)

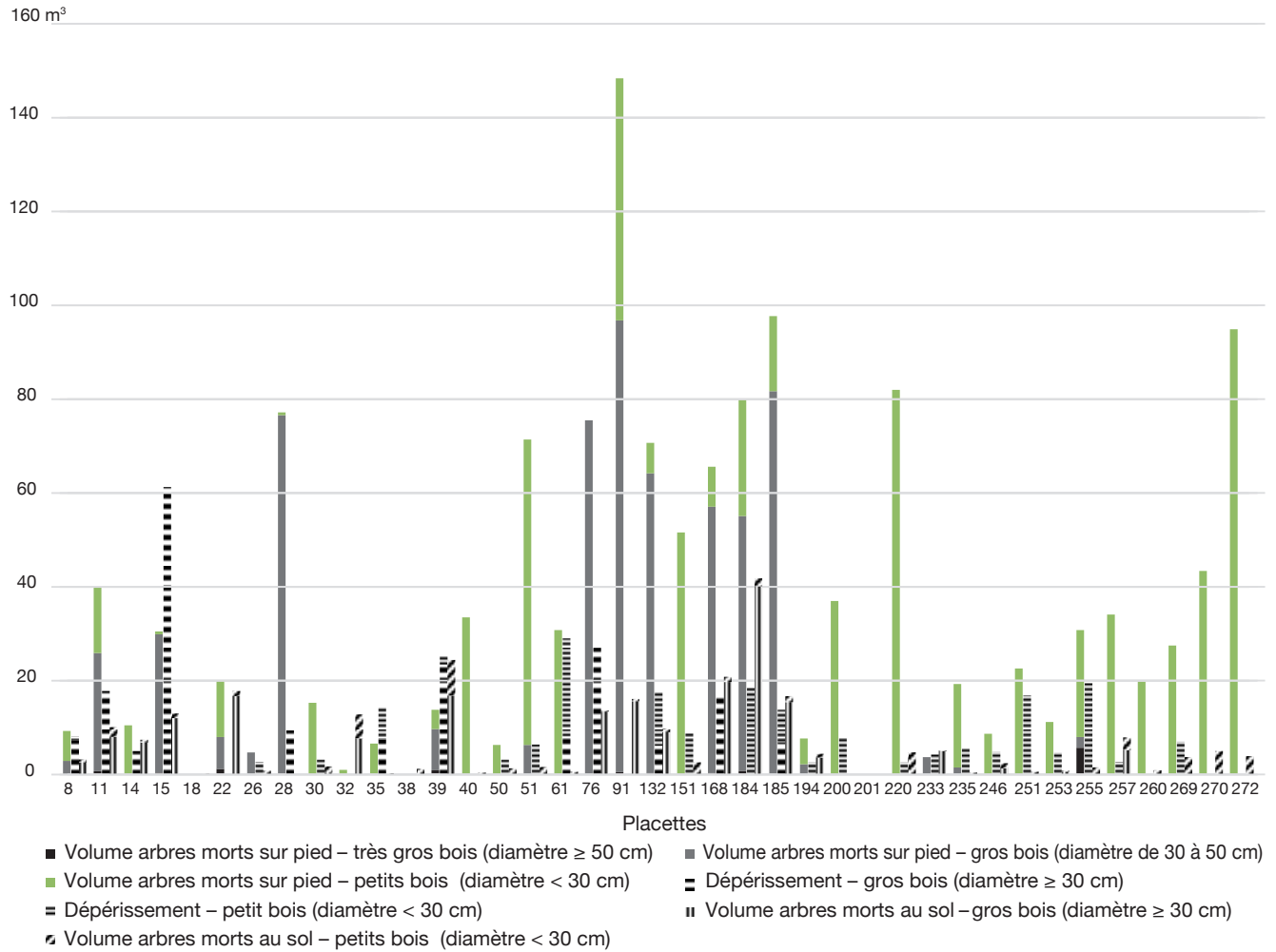


Fig. 5. — Répartition des volumes de bois mort sur pied, de bois dépérissants et de bois morts au sol en m³ par placette.

caractéristiques principales du peuplement (composition, couvert, structure verticale, volume de bois mort, etc.). Dans ce but, les modifications éventuelles des cortèges d'espèces devront pouvoir être confrontées aux évolutions des peuplements forestiers. Pour ce faire, il y a nécessité d'utiliser des protocoles de suivi des espèces faunistiques et floristiques facilement reproductibles à intervalles réguliers, intervalle similaire à celui entre deux passages en inventaire des peuplements forestiers. Par ailleurs, le choix de protocoles validés au plan national permettra, le cas échéant, d'effectuer des comparaisons avec d'autres sites dans lesquels lesdits protocoles auront été mis en œuvre.

De manière plus générale, les données recueillies enrichissent les connaissances des espèces au niveau de la RBI et du massif forestier dans son ensemble. En effet, les différentes composantes écologiques de celui-ci ont été, jusqu'à présent, beaucoup mieux étudiées en adret qu'en ubac. Pour certaines espèces rares ou mal connues, l'intérêt des observations s'apprécie davantage au niveau régional ou national. À ce titre, les échantillons prélevés et les observations réalisées demeurent consultables par des chercheurs ; et ce de deux manières, soit en contactant

directement l'ONF, soit en se connectant à des bases de données nationales. C'est pourquoi, ils sont stockés de différentes façons :

- pour les Insectes, il est conservé un exemplaire dans la collection de références de Lilian Micas. S'il y a plusieurs exemplaires, ils vont enrichir les collections de références du Laboratoire national d'Entomologie forestière de l'ONF à Quillan (Aude) ;
- pour les Champignons, quand il s'agit d'espèces offrant un intérêt particulier, les échantillons récoltés sont conservés en « herbiers », tenus par l'ONF ; pour les Champignons comme pour les Insectes, les observations faites par les réseaux de l'ONF sont transmises à l'Inventaire national du Patrimoine naturel (INPN) ;
- les données relatives à l'avifaune nicheuse recueillies grâce au protocole STOC sont transmises au Centre de Recherches par le Bagueage des Populations d'Oiseaux (CRBPO) qui coordonne, au plan national, le programme STOC au sein du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). Les autres observations ornithologiques sont saisies dans la base SILENE (Système d'Information et de Localisation des Espèces natives et envahissantes).

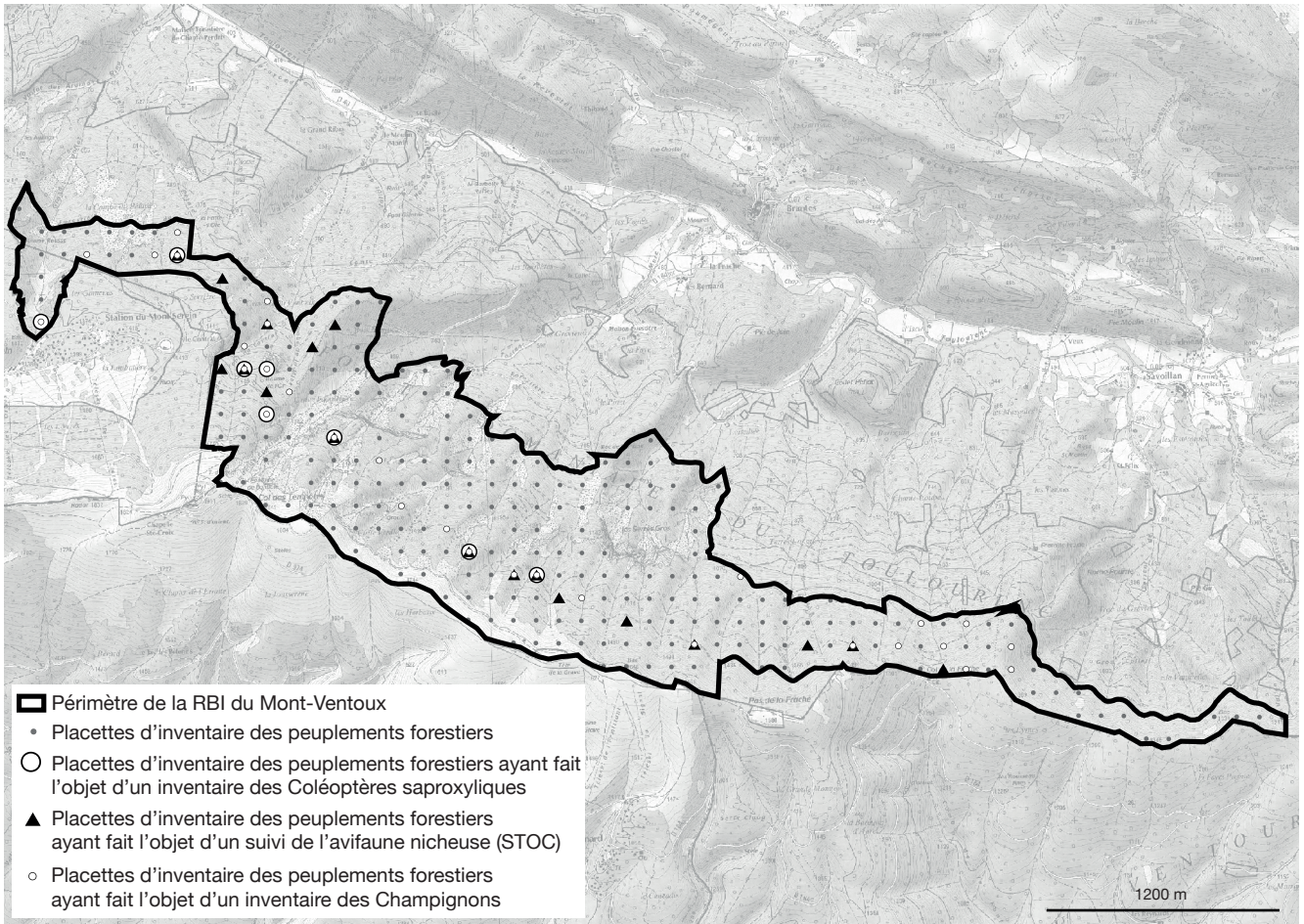


FIG. 6. — Carte des placettes des inventaires des peuplements forestiers, de l'avifaune nicheuse (STOC), des Coléoptères saproxyliques et des Champignons (ONF Avignon – Scan 25000 IGN ©© 2016).

À partir des données recueillies et analysées sur chacune des placettes d'inventaire des peuplements forestiers, il a été défini un panel de placettes pour l'étude de chacun des groupes d'espèces (Oiseaux, Coléoptères saproxyliques, Champignons), panel plus ou moins vaste selon les contraintes de chacune des études. Le choix des placettes a été effectué en retenant les critères suivants (Tableau 1 et Fig. 5 et Fig. 6) :

- diversité des types de peuplements forestiers (essences et structures) ;
- diversité des situations altitudinales (gradient de 450 m) ;
- répartition des placettes dans l'espace afin de couvrir l'ouest, le centre et l'est de la RBI qui présentent des situations assez nettement différentes en matière de bilan hydrique ;
- quantité de bois mort sur pied (variation de 0 à 147,9 m³/ha) et de bois mort au sol (variation de 0 à 41,8 m³/ha), quantité de bois mort de plus de 50 cm de diamètre (variation de 0 à 5,7 m³/ha) ;
- présence de bois dépérissant (variation de 0 à 61,3 m³/ha) ;
- optimisation des déplacements dans un contexte accidenté ;
- possibilité de conduire différentes études sur une même placette.

INVENTAIRE DE L'AVIFAUNE NICHEUSE (2010-2015)

Depuis 2010, l'ONF a confié l'objectif d'améliorer les connaissances sur l'avifaune nicheuse dans la RBI au Conservatoire d'Espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur (CEN-PACA représenté par Gilles BLANC), notamment en mettant en place un protocole simple et reproductible permettant de suivre l'évolution de l'avifaune nicheuse sur le long terme.

MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE

Mise en place d'un protocole de suivi de l'évolution de l'avifaune nicheuse

La mise en place de ce protocole repose sur une méthodologie, initiée en liaison avec Jacques BLONDEL (Directeur de recherche au CEFÉ-CNRS de Montpellier) et issue du programme STOC-EPS (Suivi temporel des Oiseaux communs par Échantillonnages ponctuels simples) élaboré par le MNHN. Le protocole STOC complet est téléchargeable à l'adresse électronique suivante : http://vigienature.mnhn.fr/sites/vigienature.mnhn.fr/files/uploads/protocoleSTOC_EPS.doc (dernière consultation le 12 décembre 2016).

TABLEAU 2. — Nombre de contacts et d'espèces d'Oiseaux contactées – protocole STOC, 2010-2012.

STOC-EPS RBI du Mont-Ventoux	2010	2011	2012	Bilan 2010-2012
Nombre total de contacts sur l'ensemble des points	342	342	372	Moyenne: 352
Nombre moyen de contacts par point	12,2	12,2	13,3	Moyenne: 12,6
Nombre total d'espèces contactées	33	34	32	Total: 37

Un EPS est un dénombrement de l'avifaune en un point donné où un observateur reste stationnaire pendant cinq minutes exactement. Il note tous les oiseaux qu'il entend ou voit, posés ou en vol, pendant cette durée. Tous les oiseaux potentiellement nicheurs sont répertoriés et comptabilisés.

Quatorze points EPS ont été choisis pour les besoins de cette étude et localisés sur deux secteurs de la réserve, « Mont-Serein – Contrat » à l'ouest et « La Frache – Serres-Gros » à l'est. Ils s'échelonnent de 1180 à 1450 m d'altitude. L'ensemble des points se situent aux étages bioclimatiques montagnards inférieurs et moyens tels que définis par l'ONF (service de recherche et de développement) en ubac du Mont-Ventoux. Ils sont répartis sur onze types de peuplements forestiers différents, jugés représentatifs de la RBI.

Sur les trois années d'étude, de 2010 à 2012, chaque point EPS a été suivi deux fois par saison de nidification, en adaptant les dates de passage aux particularités d'un site de montagne (hivers prolongés, gelées tardives). Le premier passage a lieu en début de saison de reproduction entre le 15 avril et le 15 mai pour recenser les nicheurs précoces, le second entre le 15 mai et le 30 juin pour les nicheurs tardifs. Comme recommandé par le MNHN, les deux passages ont été séparés par quatre à six semaines d'intervalle.

Une matinée a été nécessaire pour chaque passage par circuit, soit un temps de prospection de quatre demi-journées par an. Chaque relevé, d'une durée moyenne de trois heures, commence au lever du soleil. Tous les relevés sont réalisés par le même observateur dans de bonnes conditions météorologiques d'observation (absence de pluie et de vent).

Amélioration des connaissances de l'avifaune nicheuse

Durant la période de l'étude, de 2010 à 2015, une caractérisation du cortège des espèces nicheuses présentes a été réalisée au niveau des différents étages bioclimatiques présents dans la RBI.

Les étages montagnards inférieur et moyen ont été étudiés dans le cadre de la mise en place du protocole de suivi de l'évolution de l'avifaune (2010-2012). Les étages montagnards supérieur et subalpin et l'étage supraméditerranéen ont fait l'objet de prospections spécifiques en 2013 et 2014 : une méthodologie simplifiée du protocole STOC-EPS a été appliquée sur 20 points EPS pour chaque

zone, avec un seul passage par point au cours de la saison de nidification centrée sur la date du 15 mai pour l'étage supraméditerranéen et du 10 juin pour les étages montagnard supérieur et subalpin.

En 2014 et 2015, des prospections spécifiques ont été réalisées afin d'actualiser le statut de deux espèces à fort enjeu de conservation pour la RBI, l'Aigle royal (*Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758)) et la Chouette de Tengmalm (*Aegolius funereus* (Linnaeus, 1758)).

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Validation du protocole de suivi de l'évolution de l'avifaune nicheuse

L'application du protocole, relativement simple, n'a pas posé de difficultés particulières.

L'analyse comparative des résultats interannuels (Tableau 2), montre que le nombre de contacts par point d'écoute ainsi que la diversité du peuplement mesuré est stable sur les trois années d'étude. La méthodologie appliquée apparaît comme parfaitement reproductible sous réserve de respecter le protocole tel que défini dans le cadre de cette étude.

La localisation des points EPS, centrée sur les étages bioclimatiques montagnards inférieur et moyen, permet d'obtenir une représentation très satisfaisante du cortège de l'avifaune nicheuse forestière. Ce positionnement médian a en effet permis d'évaluer la présence d'espèces liées à l'étage bioclimatique supraméditerranéen comme le Pouillot de Bonelli (*Phylloscopus bonelli* (Vieillot, 1819)) ou montagnard supérieur comme le Merle à plastron (*Turdus torquatus* Linnaeus, 1758). L'apport des différents points d'écoute est assez équivalent, le nombre d'espèces contactées variant de 13 à 24 (médiane à 20).

Bien que le protocole soit moins adapté au suivi des espèces à grand canton, des données intéressantes ont pu être obtenues sur la présence de rapaces diurnes comme l'Autour des palombes (*Accipiter gentilis* (Linnaeus, 1758)), l'Épervier d'Europe (*Accipiter nisus* (Linnaeus, 1758)) ou la Buse variable (*Buteo buteo* (Linnaeus, 1758)) ainsi que sur la population de Pic noir (*Dryocopus martius* (Linnaeus, 1758)).

Caractérisation de l'avifaune nicheuse par type de peuplements forestiers

Les données récoltées (nombre de contacts), croisées avec la nature du couvert forestier, ne permettent pas de mettre clairement en évidence une logique dans la répartition des espèces d'Oiseaux. Ainsi, si l'on examine la répartition des espèces les plus inféodées aux peuplements de conifères (Fig. 7), on constate que ces espèces se retrouvent aussi bien sur les placettes situées dans un peuplement de feuillus (15, 28, 184, 200) que sur celles localisées dans une formation de résineux (18, 30, 35, 50). La conclusion est grossièrement la même pour les espèces inféodées aux peuplements feuillus (Fig. 8) bien qu'elles semblent légèrement plus nombreuses sur les placettes situées dans les hêtraies (15, 28, 200). Il se révèle par ailleurs impossible d'établir une corrélation entre le volume et la nature du bois mort présent sur les placettes

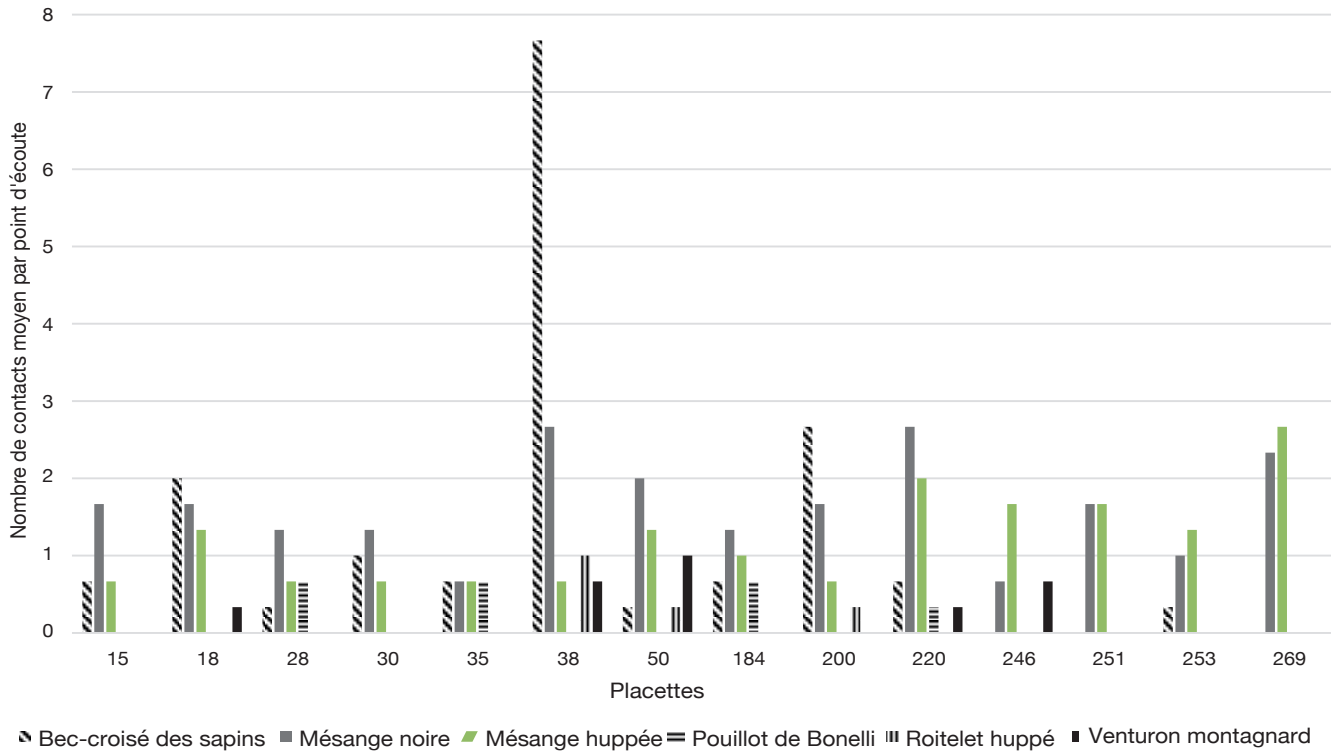


FIG. 7. — Répartition par point d'écoute (placette) des espèces d'Oiseaux liées aux peuplements de conifères.

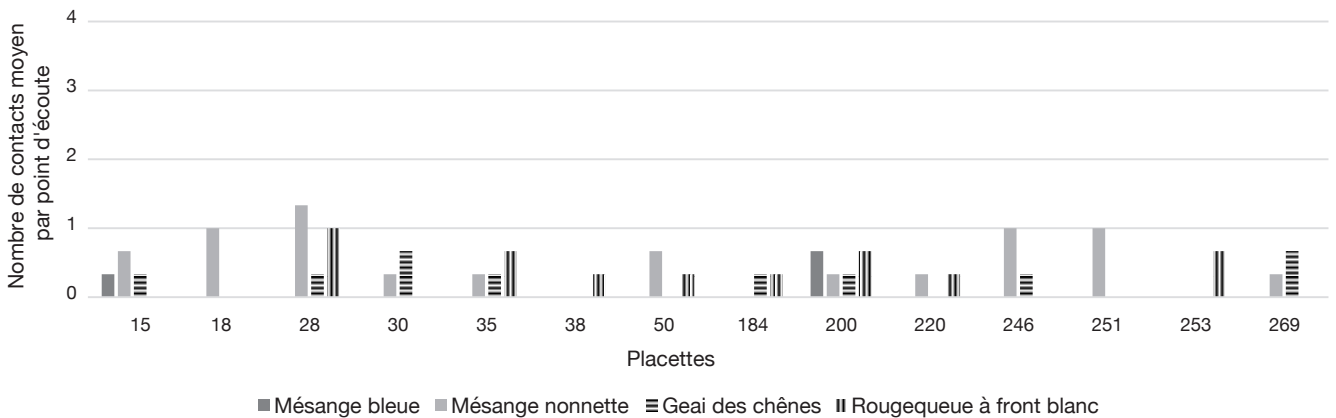


FIG. 8. — Répartition par point d'écoute (placette) des espèces d'Oiseaux liées aux peuplements de feuillus.

et l'importance d'espèces réputées pour être liées aux forêts anciennes comme la Mésange huppée (*Parus cristatus* Linnaeus, 1758), la Mésange nonnette (*Parus palustris* Linnaeus, 1758) ou le Grimpereau des bois (*Certhia familiaris* Linnaeus, 1758). Enfin, nombre d'espèces occupent des habitats très variés ce qui ne laisse aucune possibilité d'analyse quant à leur répartition par type de peuplements forestiers.

La répartition des différentes espèces d'Oiseaux sur l'ensemble de la RBI est la traduction logique de l'hétérogénéité des peuplements forestiers et de la mosaïque qu'ils constituent, offrant des habitats variés sur toute la surface de la réserve. Plus que la nature (composition) du peuplement forestier, c'est la structure verticale de celui-ci qui explique la répartition des cortèges d'oiseaux (Blondel 2007). Or, la juxtapo-

sition de formations forestières variées induit, à l'échelle de la RBI, une structuration verticale complexe, propre à permettre le développement d'une avifaune diversifiée, bien répartie sur l'ensemble de la réserve. *In fine*, davantage que les peuplements forestiers, c'est l'altitude qui semble être le déterminant majeur de la répartition des communautés d'oiseaux au sein de la RBI.

Caractérisation de l'avifaune nicheuse par étage bioclimatique
Au final, 56 espèces nicheuses ont été contactées durant la période d'étude, entre 2010 et 2015. L'analyse de leur répartition par étage bioclimatique (Tableau 3) a permis une caractérisation relativement précise des différents cortèges d'oiseaux de la RBI.

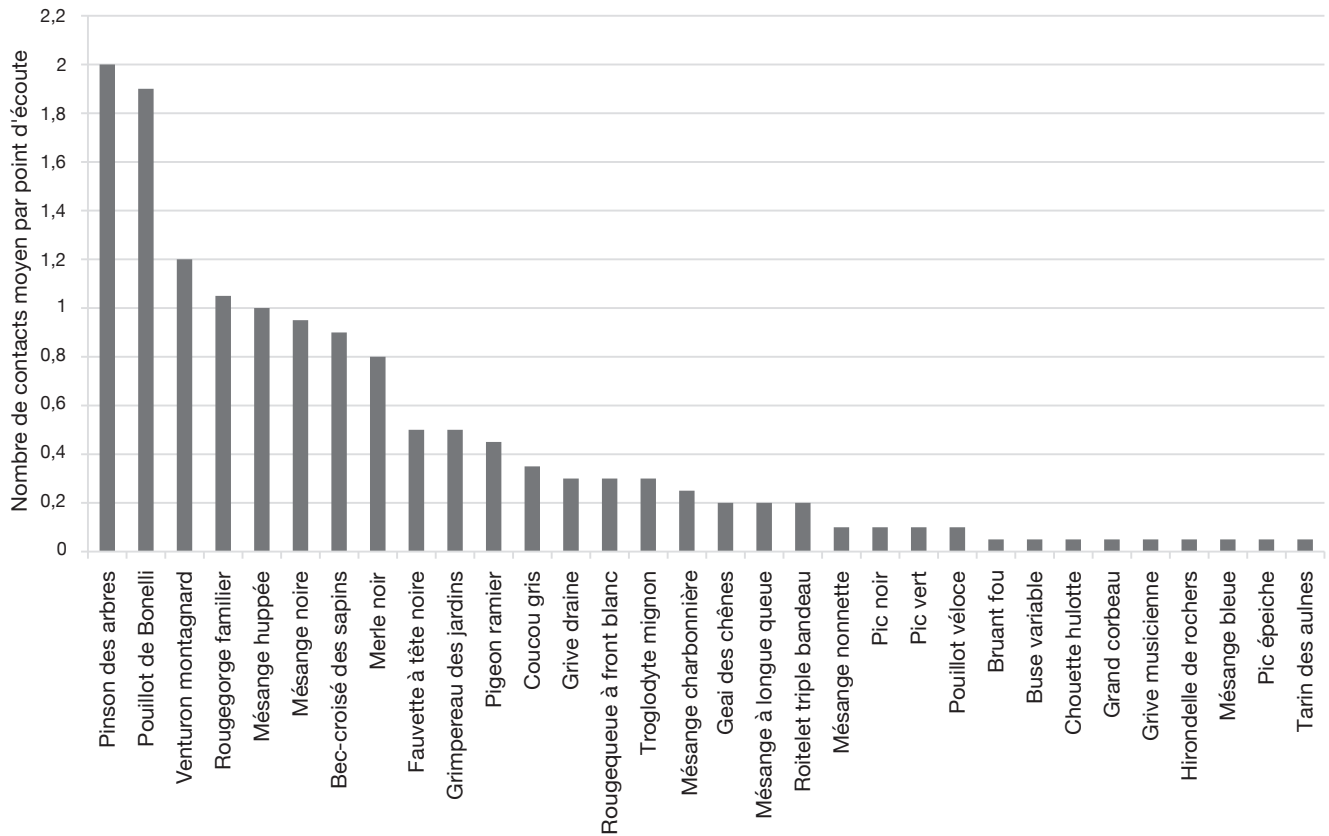


Fig. 9. — Répartition de l'avifaune nicheuse à l'étage supraméditerranéen de la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux.

TABLEAU 3. — Nombre de points d'écoute par étages bioclimatiques.

Date du suivi	2010-2012	2013	2014
Étages bioclimatiques couverts	Montagnards inférieur et moyen	Supra méditerranéen	Montagnard supérieur et subalpin
Nombre de points d'écoute	14	20	20

L'avifaune de l'étage supraméditerranéen (32 espèces recensées, Fig. 9) se caractérise par la dominance des espèces ubiquistes tout en conservant une composante forestière montagnarde relativement diversifiée (huit espèces). Si le Pinson des arbres (*Fringilla coelebs* Linnaeus, 1758) reste l'espèce dominante, le Pouillot de Bonelli ressort comme l'espèce caractéristique, en particulier dans les boisements mixtes feuillus-résineux. De façon étonnante, une forte population de Venturon montagnard (*Carduelis citrinella* (Pallas, 1764)) occupe les futaies de Pin noir d'Autriche entre 800 et 1 000 m d'altitude et c'est dans ce type de milieu qu'a été observée la nidification exceptionnelle d'un couple de Tarin des aulnes (*Carduelis spinus* (Linnaeus, 1758)). Les espèces à affinité collinéenne ou méditerranéenne restent rares. Tout au plus peut-on signaler la reproduction ponctuelle de la Mésange à longue queue (*Aegithalos caudatus* (Linnaeus, 1758)), ainsi que la présence en limite de la réserve

de la Fauvette passerinette (*Sylvia cantillans* (Pallas, 1764)) dans les landes à buis et du Pic épeichette (*Dendrocopos minor* (Linnaeus, 1758)) dans une chênaie pubescente de fond de vallon. Les espèces à affinité montagnarde, comme la Mésange nonnette ou la Grive musicienne (*Turdus philomelos* C. L. Brehm, 1831), atteignent dans l'étage supraméditerranéen leur limite altitudinale basse.

Les étages montagnards inférieur et moyen offrent une diversité plus importante avec un total de 37 espèces nicheuses (Fig. 10). Si le Pinson des arbres et le Rougegorge familier (*Erithacus rubecula* (Linnaeus, 1758)) représentent 25 % des contacts enregistrés, la dominance des oiseaux forestiers, avec 20 espèces répertoriées, demeure néanmoins l'élément caractéristique de cet étage.

Le cortège est dominé par cinq espèces : la Mésange noire (*Parus ater* Linnaeus, 1758), le Roitelet à triple bandeau (*Regulus ignicapilla* (Temminck, 1820)), la Mésange huppée, le Bec-croisé des sapins (*Loxia curvirostra* Linnaeus, 1758) et la Sittelle torchepot (*Sitta europaea* Linnaeus, 1758). Il est caractérisé par la présence d'espèces à affinité montagnarde marquée comme le Pic noir, la Mésange nonnette et la Grive musicienne. On note également la présence d'espèces très localisées et en limite de répartition méridionale comme le Bouvreuil pivoine (*Pyrrhula pyrrhula* (Linnaeus, 1758)), uniquement noté dans le secteur du Mont-Serein, le Pipit des arbres (*Anthus trivialis* (Linnaeus, 1758)) ou le Roitelet huppé (*Regulus regulus* (Linnaeus, 1758)), espèce probablement en diminution, dont la présence est très faible.

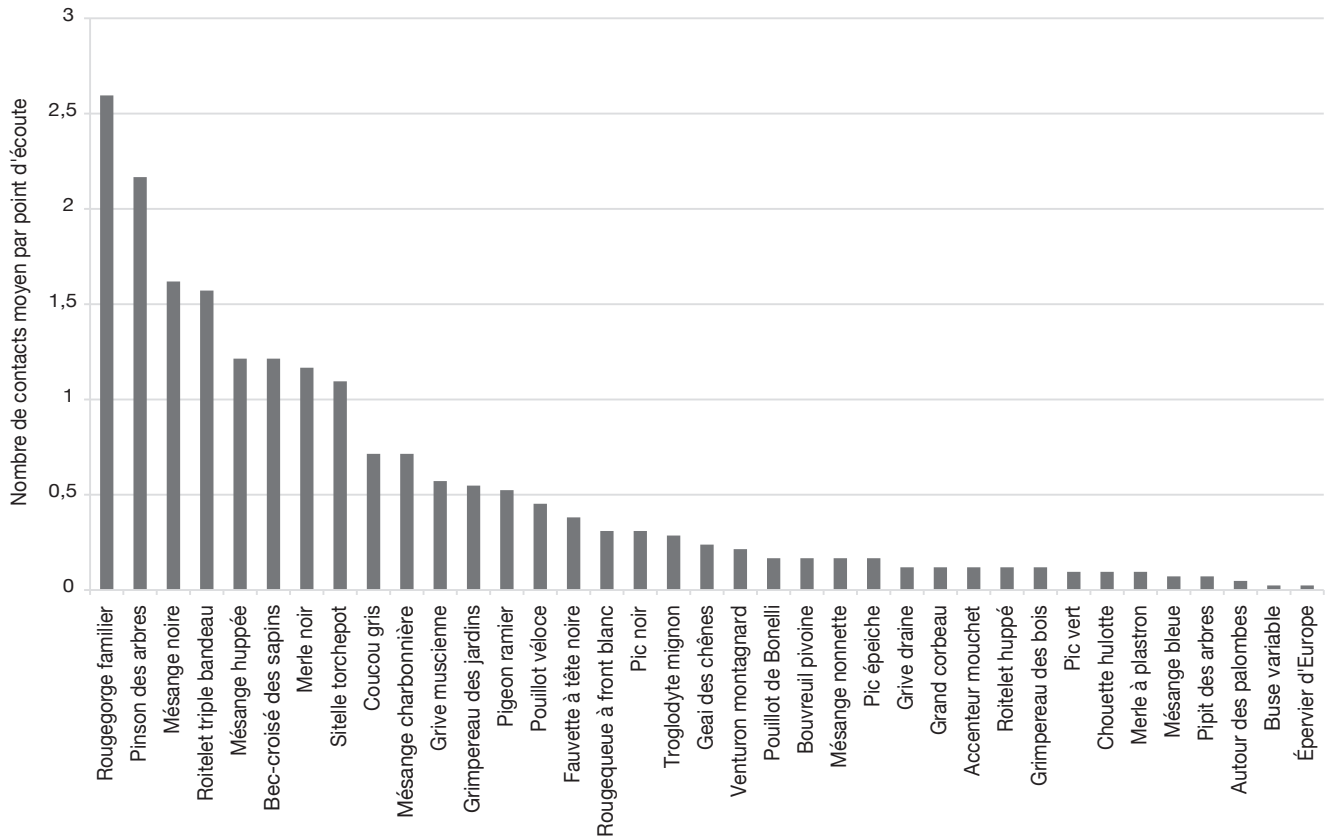


Fig. 10. — Répartition de l'avifaune nicheuse aux étages montagnards inférieur et moyen de la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux.

À noter la confirmation de la présence du Grimpereau des bois, espèce non répertoriée jusqu'alors dans le massif (Blondel *et al.* 1978 ; Flitti *et al.* 2009). Sa présence, suspectée depuis quelques années, a pu être confirmée au cours cette étude. Nouvelle espèce nicheuse pour le Mont-Ventoux et pour le département du Vaucluse, le Grimpereau des bois a été contacté à cinq reprises sur trois points différents, dans des formations forestières variées : vieille futaie de résineux, taillis et futaie-sur-souches de Hêtre, toujours au-dessus de 1400 m d'altitude. La présence des trois espèces de rapaces diurnes suivantes a également été établie durant les écoutes : l'Autour des palombes, l'Épervier d'Europe et la Buse variable.

Avec 24 espèces nicheuses répertoriées (Fig. 11), la diversité des étages montagnard supérieur et subalpin est plus faible mais largement compensée par la présence de tout un cortège d'oiseaux très rares, en limite occidentale méridionale de leur aire de répartition.

Espèce dominante avec le Bec-croisé des sapins, le Venturon montagnard semble trouver dans les futaies claires de Pin à crochets un biotope idéal pour sa reproduction. La population nicheuse de cette espèce semi-coloniale est probablement constituée de plusieurs centaines de couples. Il est également à noter la forte présence du Rougequeue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus* (Linnaeus, 1758)), espèce caractéristique des secteurs rupestres, habituellement dominés par le Rougequeue noir (*Phoenicurus ochruros* (S.G. Gmelin, 1774)). À l'inverse, le Bruant fou (*Emberiza cia*

Linnaeus, 1766) reste étonnamment rare avec seulement deux couples localisés.

Le Merle à plastron est une des espèces rares de ces étages bioclimatiques. Deux secteurs sont occupés, le secteur du col de la Frache, à l'est de la RBI, et celui de la combe de Fontfiole, à l'ouest. L'installation du Merle à plastron sur le Mont-Ventoux semble récente ; la première preuve de nidification a été obtenue en 1996. La population nicheuse, la seule connue en Vaucluse, est isolée par rapport aux populations alpines et reste très fragile avec probablement moins d'une vingtaine de couples. L'autre espèce rare est le Monticole de roche (*Monticola saxatilis* (Linnaeus, 1758)). Moins de cinq couples ont été localisés au niveau des secteurs sommitaux de la RBI.

Enfin, les zones de pelouses abritent la Linotte mélodieuse (*Carduelis cannabina* (Linnaeus, 1758)) et le Traquet motteux (*Oenanthe oenanthe* (Linnaeus, 1758)) ainsi que le très rare Pipit spioncelle (*Anthus spinoletta* (Linnaeus, 1758)), dont deux chanteurs ont été entendus. Le Mont-Ventoux constitue le point le plus occidental et le plus méridional de la population alpine de Pipit spioncelle. La présence remarquable, à plus de 1500 m d'altitude, de l'Alouette lulu (*Lullula arborea* (Linnaeus, 1758)) et celle du Pipit rousseline (*Anthus campestris* (Linnaeus, 1758)), espèce peu répandue sont également à signaler.

Pour l'anecdote, le Rougequeue noir devient l'espèce nichant le plus haut dans le Mont-Ventoux, et par con-

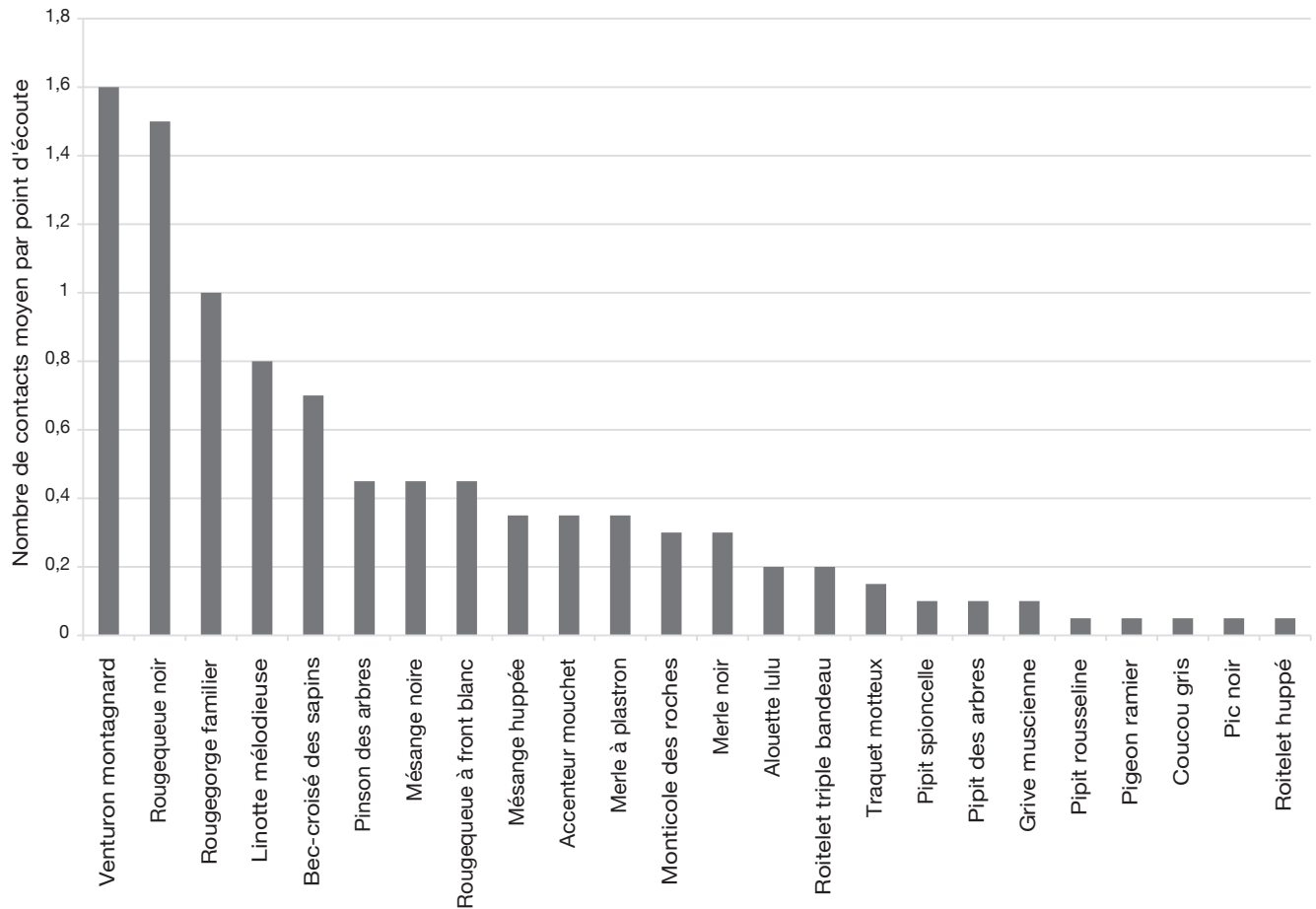


Fig. 11. — Répartition de l'avifaune nicheuse aux étages montagnards supérieur et subalpin de la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux.

séquent dans le Vaucluse, du fait de la présence d'un nid occupé sur la tour de télécommunication à plus de 1930 m d'altitude.

Statut écologique de l'Aigle royal et de la Chouette de Tengmalm

En complément des données ponctuelles disponibles dans la base SILENE, brièvement exposées ci-après, des recherches spécifiques ont été réalisées sur la présence de l'Aigle royal en 2014 et sur celle de la Chouette de Tengmalm en 2015. Pour information, SILENE est une plateforme publique d'échange de connaissances. Conçue au niveau de la région PACA puis étendue à l'ancienne région Languedoc-Roussillon, elle permet d'accéder aux données de répartition des espèces de la faune et de la flore. Elle est développée et administrée par les Conservatoires botaniques et par le Conservatoire des espaces naturels de PACA en liaison avec de nombreux partenaires.

La présence de l'Aigle royal dans la RBI est signalée à partir de 1989 (Olios 1996) avec une reproduction irrégulière jusqu'en 2004 et l'envol confirmé de seulement trois jeunes en quinze ans. Durant cette période, le couple semble occuper une deuxième aire située dans le département de la Drôme (massif des Baronnies). À partir de 2005, la nidification devient annuelle avec l'envol

confirmé de six jeunes en dix ans dont deux en 2014, événement exceptionnel, jamais observé jusqu'alors sur le Mont-Ventoux et extrêmement rare en Vaucluse (un seul cas connu, en 1994). Avec un succès de reproduction de 0,9 jeune à l'envol, les conditions de reproduction de l'Aigle royal sont très satisfaisantes.

Les observations montrent une présence des aigles tout au long de l'année, avec des dates de ponte classiques, à partir de fin mars, et des dates d'envol à partir de fin juillet. La zone rupestre des Caves de Dieu est le principal site de nidification avec au moins trois aires connues. Au sein du secteur protégé de la RBI, ce site d'une accessibilité très difficile, ne présente aucun risque de dérangement. De manière générale, la population vauclusienne semble en augmentation cette dernière décennie. Trois couples sont en effet installés dans le massif du Mont-Ventoux.

En 2014, les prospections de l'ensemble des zones rupestres de la RBI ont également permis de préciser les effectifs des populations nicheuses de Grand corbeau (*Corvus corax* Linnaeus, 1758), deux couples recensés, et d'Hirondelle de rochers (*Ptyonoprogne rupestris* (Scopoli, 1769)), dix couples comptabilisés. Malgré l'observation ponctuelle d'un mâle adulte durant la période de reproduction, le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus* Tunstall, 1771) ne semble, quant

à lui, plus nicher dans la RBI (la dernière nidification connue remonte à 1997).

Quant à la Chouette de Tengmalm (Fig. 12), sa présence dans la réserve n'est connue que de façon très fragmentaire puisque trois observations seulement ont été répertoriées depuis 1965 (Oliosio 1996) dont deux en période de reproduction dans le secteur du Mont-Serein.

En 2015, deux sessions de prospection nocturne ont été réalisées en mars, en utilisant la méthode de la repasse. Le 20 mars 2015, un mâle chanteur a pu être localisé dans le secteur du Mont-Serein, avec la présence à proximité d'un deuxième individu (cris entendus), probablement la femelle. Une deuxième prospection, le 16 avril, a permis d'apporter des indices d'une reproduction probable avec l'écoute et l'observation d'un oiseau alarmant. Malgré une recherche ciblée au niveau des cavités des arbres, la reproduction n'a pu être confirmée avec certitude.

Le peuplement forestier du site d'observation est principalement composé d'une futaie de Sapin pectiné qui abrite des Hêtres et des Sapins reliques, isolés ou en bouquets, sénescents ou morts, offrant de nombreuses cavités naturelles ou présentant des loges à Pic noir. L'ensemble de ces éléments constitue un environnement particulièrement favorable à la reproduction de la Chouette de Tengmalm. Le Mont-Ventoux reste le seul site occupé par ce rapace nocturne en Vaucluse mais son statut et ses effectifs sur ce massif mériteraient d'être encore précisés.

Discussion sur les caractéristiques de l'avifaune nicheuse de la RBI

Les études menées durant six années sur l'avifaune nicheuse de la RBI permettent de tirer d'ores et déjà quelques conclusions quant aux caractéristiques du peuplement d'oiseaux de ce secteur du Mont-Ventoux. Il nous a semblé judicieux de comparer celles-ci avec les résultats des études conduites par M. Blondel dans le massif du Mont-Ventoux en 1975 et 1976.

Sur les 100 espèces d'Oiseaux du Mont-Ventoux (Blondel *et al.* 1978), la moitié (48) sont présentes dans la RBI. Sont principalement absentes les espèces de l'étage mésoméditerranéen, Bruant zizi (*Emberiza cirius* Linnaeus, 1758) et Serin cini (*Serinus serinus* (Linnaeus, 1766)), par exemple. Cet étage est en effet non couvert par la RBI et peu représenté en ubac du massif. Par conséquent, tous les passereaux inféodés aux garrigues, bien présents en versant sud, comme la Fauvette pitchou (*Sylvia undata* (Boddaert, 1783)) ou la Fauvette mélanocéphale (*Sylvia melanocephala* (Gmelin, 1789)), ne se trouvent pas dans la RBI. Par ailleurs, une bonne part des espèces recensées ont un comportement ubiquiste ainsi que le notait déjà M. Blondel au terme de son étude (Blondel *et al.* 1978). Sur 48 espèces répertoriées, 13 (27 %) se trouvent dans tous les étages bioclimatiques étudiés et 28 (58 %) dans les étages supraméditerranéen, montagnard inférieur et montagnard moyen. Seules sept espèces ne se trouvent que dans les étages montagnard supérieur et subalpin, cinq dans les étages montagnards inférieur et moyen (à



FIG. 12. — Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* (Linnaeus, 1758). Crédit photo : Sabrina Malange et Guillaume Foli.

l'exclusion de tous les autres étages) et quatre dans le seul étage supraméditerranéen. Globalement, la composition des cortèges n'a pas évolué significativement depuis la fin des années 1970 (Blondel *et al.* 1978).

Si l'on se réfère maintenant à la liste des espèces caractéristiques d'un type de milieu établie par Blondel *et al.* (1978), il apparaît que celles inféodées aux formations forestières dominant (neuf espèces) dans la RBI. Celles liées aux formations ligneuses basses à très basses (arbustives) sont moins bien représentées (six espèces) tandis que celles typiques des milieux herbacés sont marginales (trois espèces). Les espèces caractéristiques des milieux herbacés et arbustifs se rencontrent principalement dans les étages montagnard supérieur et subalpin (six espèces) et, dans une moindre mesure, dans l'étage supraméditerranéen (deux espèces) où l'ambiance forestière est estompée (vastes éboulis et pelouses de la partie sommitale, landes et grands ensembles rocheux de la zone supraméditerranéenne). La rareté des pelouses provoque l'apparition dans la partie sommitale d'espèces inféodées à ces milieux et habituellement cantonnées aux zones basses du massif, comme l'Alouette lulu.



Fig. 13. — Piège à interception posé dans la Réserve biologique intégrale. Crédit photo : JérémY Terracol.

Une autre caractéristique de l'avifaune du Mont-Ventoux est la présence d'espèces appartenant aux cortèges des régions montagnarde, méditerranéenne et tempérée (Blondel *et al.* 1978). Les études réalisées dans la RBI illustrent bien ce propos. On note en particulier la présence de plusieurs espèces en limite d'aire de répartition qui ont trouvé dans le massif du Mont-Ventoux, en raison de l'altitude et du positionnement géographique particulier de celui-ci, un refuge bioclimatique. Dans les forêts des étages montagnards moyen et supérieur, ce rôle de zone refuge est défini par la présence de la Chouette de Tengmalm, du Merle à plastron, du Roitelet huppé, du Grimpereau des bois et du Bouvreuil pivoine. Plus haut, au niveau des pelouses et des zones rupestres sommitales, dans l'étage subalpin, se trouvent les dernières populations connues en Vaucluse de Monticole de roche et de Pipit spioncelle.

Souvent réduites à moins de dix couples, les populations de ces différentes espèces restent très fragiles. Leur maintien pourrait être rapidement compromis par les évolutions climatiques actuellement observées. Le suivi de l'évolution de ces espèces est assurément un enjeu majeur des études à poursuivre dans la RBI. Ainsi, en parallèle du protocole de suivi des peuplements forestiers, dont l'application est prévue tous les dix ans, la reconduction du protocole STOC-EPS permettra de disposer d'un suivi précis de l'avifaune, de déceler des changements dans la composition de la population d'oiseaux et de comparer ceux-ci avec les transformations des peuplements forestiers.

INVENTAIRE DES INSECTES SAPROXYLIQUES (2009-2014)

Cet inventaire, conduit par le réseau d'entomologie de l'ONF (Lilian MICAS), a débuté en 2009 sur deux sites. Cette première année de piégeage peut être considérée comme une pré-étude, une phase de test. Un site a été ajouté en 2010 puis les pièges ont été décalés sur d'autres sites, une fois la période triennale d'étude écoulée. Une nouvelle phase d'étude a débuté en 2015 sur la partie est de la RBI ; elle se poursuivra jusqu'en 2017.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Méthodes d'échantillonnage

Du choix du groupe d'espèces cible, les Coléoptères saproxyliques, a découlé le choix de la technique de piégeage. Une étude, sous forme de synthèse, a comparé l'efficacité des différents modèles de pièges pour la capture des Coléoptères saproxyliques, en rapport avec leur facilité d'utilisation et leur prix. Elle conclut que le piège à interception de type Polytrap™ est le plus efficace et le plus sélectif pour la capture des Coléoptères saproxyliques (Bouget 2006). En effet, les captures au Polytrap™ sont toujours corrélées à l'environnement immédiat du piège, notamment aux caractéristiques de l'arbre support du piège, comme le souligne l'étude de Sirami *et al.* (2008) : « le nombre et le diamètre des troncs, le nombre de cavités et la quantité de bois mort visible [sont] positivement corrélés soit avec le nombre total de taxons, soit avec l'observation de taxons spécifiques. » Ce type de piège permet aussi de capturer des insectes d'autres groupes et, ce faisant, de compléter les informations sur l'entomofaune forestière. Ils peuvent être employés avec ou sans attractif (éthanol).

Les pièges de type Polytrap™, dits « pièges-vitres », constituent des dispositifs d'interception multidirectionnelle formés de deux plaques transparentes en Plexiglas, disposées verticalement et perpendiculairement l'une à l'autre, qui surmontent un entonnoir et un récipient de collecte (Fig. 13). Ce dernier est rempli d'un liquide conservateur composé d'un mélange d'eau et de sel, à la dose de 1 kg pour 5 litres. Le seul inconvénient de ces pièges est une certaine difficulté de transport en contexte montagnard, difficulté due à la taille et à la fragilité (vitres) du dispositif.

Même si, le plus souvent, les échantillonnages de Coléoptères saproxyliques en milieu forestier sont réalisés à l'aide de pièges Polytrap™ « amorcés » à l'éthanol à 20 % (attractif), conformément aux préconisations de Bouget & Brustel (2009a), il arrive que, dans certains cas précis, où l'on veut absolument corréler les captures avec le milieu proche, il soit plus pertinent de ne pas utiliser d'éthanol. C'est la solution qui a été retenue pour cette étude.

Afin d'améliorer l'échantillonnage de la RBI du Mont-Ventoux, d'autres méthodes de capture ont été utilisées en complément des pièges-vitres. Il s'agit des pièges à émergence (étude ONF), des pièges à fosses (étude GNB, voir Annexe 1), des pièges-bouteilles amorcés à la bière, des fauchages et des prospections à vue (étude de M. Masseur, voir Annexe 1). Mais leur utilisation est restée marginale.

Pose et durée du piégeage

Dans chaque site, le dispositif est composé de deux pièges Polytrap™ espacés d'une distance comprise entre 15 et 30 m afin qu'ils soient considérés comme des répliqués indépendants. L'utilisation d'une paire de pièges par site permet également de limiter le nombre de données nulles en cas de dysfonctionnement d'un piège (Bouget & Brustel 2009b).

Lors de la mise en place du dispositif, une grande attention est apportée à la hauteur, à l'orientation ainsi qu'à l'exposition (ensoleillée ou non) des pièges (Stork *et al.* 2001; Vance *et al.* 2003; Bouget 2006; Dodelin 2007). Pour limiter les captures d'espèces vagabondes, les pièges sont placés le plus près possible des troncs, sans toutefois être accolés à ceux-ci. Ce positionnement permet de mieux relier les pièges à leur environnement immédiat (Sverdrup-Thygeson & Birkemore 2008). Les deux pièges sont positionnés sur des faces différentes des arbres, toujours dans des couloirs permettant la circulation des Insectes. La hauteur des vitres par rapport au sol varie en fonction de la végétation du sous-bois. Elle se situe grossièrement à hauteur d'homme.

Martikainen & Kaila (2004) ont démontré, quant à eux, que plus de 75 % des espèces communes, récoltées en dix années, sont capturées dès les trois premières années de piégeage, alors que la détection des espèces rares est beaucoup plus lente. Un échantillonnage sur trois années consécutives est donc un strict minimum pour avoir un bon aperçu de l'entomofaune d'un site. C'est donc la durée qui a été retenue pour l'étude de chacun des sites de la RBI. De même, Bouget *et al.* (2009) ont démontré que le maximum de richesse globale est atteint lors d'un piégeage continu centré sur la période d'activité maximale (juin) et qu'une période de trois mois consécutifs (mai-juin-juillet) donne, en moyenne, les meilleurs résultats. Lors de l'étude, ces trois mois (allant de fin avril à début août) ont été couverts bien qu'il y ait eu quelques ajustements en fonction des conditions météorologiques annuelles (enneigement, froids tardifs). Les pièges ont été récoltés tous les 15 jours. Cette fréquence de récolte semble un bon compromis pour espérer capturer le maximum d'espèces tout en minimisant le temps de récolte (Parmain 2010).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Espèces capturées

Sur les six années d'échantillonnage, 5 854 spécimens de coléoptères ont été capturés appartenant à 56 familles parmi lesquelles 48 ont pu faire l'objet d'une détermination détaillée au niveau de l'espèce. La répartition du nombre de spécimens par famille est très variable. 59 % des spécimens récoltés appartiennent à cinq familles : les Ptinidae Latreille, 1802 (n = 1006), les Curculionidae Latreille, 1802 (n = 712), les Latridiidae Erichson, 1842 (n = 618), les Staphylinidae Latreille, 1802 (n = 553) et les Elateridae Leach, 1815 (n = 551); tandis que pour 27 familles, 20 spécimens ou moins ont été capturés, représentant moins de 3 % de l'abondance totale.

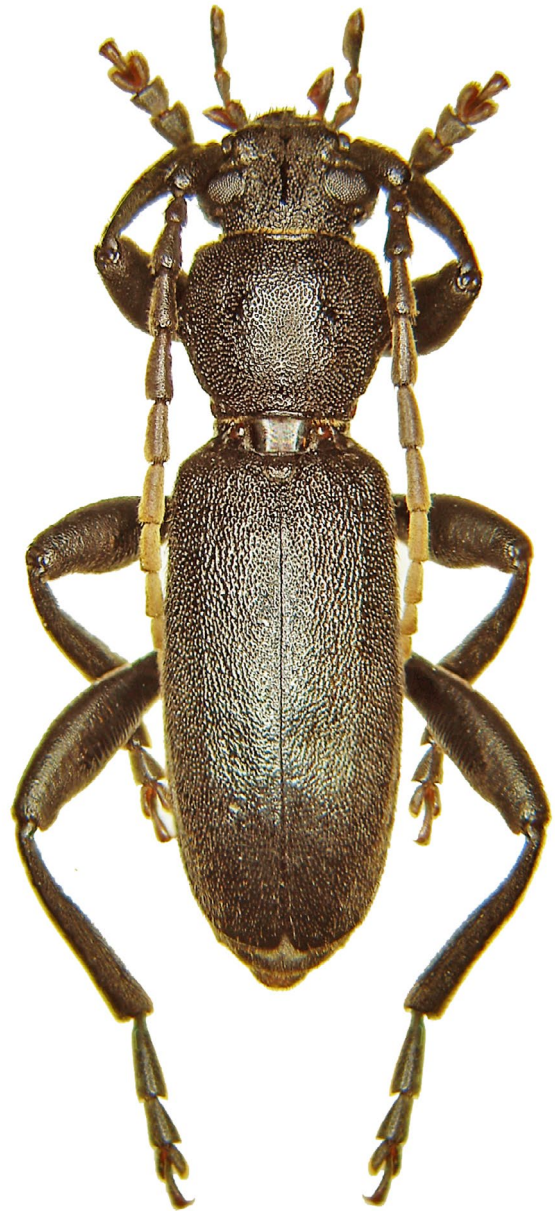


FIG. 14. — *Drymochares truquii* Mulsant, 1847. Crédit photo: Fabien Soldati.

Au total, ce sont 222 espèces (3 515 spécimens) qui ont été identifiées dont 160 espèces saproxyliques. Parmi ces dernières, 31 (Tableau 4) font partie de la liste des espèces de Coléoptères bioindicateurs de qualité des forêts établie par Brustel (2001). À noter que treize de ces espèces n'ont été prises qu'en un seul exemplaire.

Les espèces très localisées à très rares, comme *Drymochares truquii* Mulsant, 1847 (Fig. 14), représentent pratiquement la moitié des bioindicateurs (15 sur 31) contactés au cours de cet échantillonnage, faisant de la RBI du Mont-Ventoux un site d'intérêt patrimonial d'importance régionale ou nationale pour les Coléoptères saproxyliques, selon la méthode proposée par Parmain (2009). On peut estimer que son intérêt est sans doute même plus important, si l'on considère deux éléments qui empêchent d'en faire une évaluation plus

TABLEAU 4. — Liste des 31 espèces de Coléoptères bioindicateurs capturées dans la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux.

Famille	Espèce	Rareté	Exigence écologique
Elateridae	<i>Ampedus brunnicornis</i> Germar, 1844	Très localisée	Très exigeante
Elateridae	<i>Ampedus erythrogonus</i> (P.W.J. Müller, 1821)	Très localisée	Très exigeante
Elateridae	<i>Ampedus melanurus</i> Mulsant & Guillebeau, 1855	Très localisée	Très exigeante
Elateridae	<i>Ampedus praestus</i> (Fabricius, 1792)	Très localisée	Très exigeante
Cerambycidae	<i>Anaglyptus mysticus</i> (Linnaeus, 1758)	Localisée	Peu exigeante
Cerambycidae	<i>Arhopalus syriacus</i> (Reitter, 1895)	Très localisée	Peu exigeante
Cerambycidae	<i>Callidium aeneum</i> (De Geer, 1775)	Très localisée	Peu exigeante
Cerambycidae	<i>Cerambyx cerdo</i> Linnaeus, 1758	Commune	Peu exigeante
Cerambycidae	<i>Clytus tropicus</i> (Panzer, 1795)	Très localisée	Peu exigeante
Lycidae	<i>Dictyoptera aurora</i> (Herbst, 1784)	Localisée	Très exigeante
Melandryidae	<i>Dolotarsus lividus</i> (C.R. Sahlberg, 1833)	Très localisée	Exigeante
Cerambycidae	<i>Drymochares truquii</i> Mulsant, 1847 (Fig. 14)	Très rare	Peu exigeante
Eucnemidae	<i>Eucnemis capucina</i> Ahrens, 1812	Très localisée	Exigeante
Cetoniidae	<i>Gnorimus variabilis</i> (Linnaeus, 1758)	Localisée	Exigeante
Elateridae	<i>Ischnodes sanguinicollis</i> (Panzer, 1793)	Très localisée	Très exigeante
Oedemeridae	<i>Ischnomera caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	Localisée	Exigeante
Mycetophagidae	<i>Mycetophagus piceus</i> (Fabricius, 1777)	Localisée	Très exigeante
Oedemeridae	<i>Nacerdes gracilis</i> (W.L.E. Schmidt, 1846)	Très localisée	Exigeante
Cleridae	<i>Opilo mollis</i> (Linnaeus, 1758)	Localisée	Exigeante
Cerambycidae	<i>Oxymirus cursor</i> Linnaeus, 1758	Localisée	Exigeante
Lucanidae	<i>Platycerus caprea</i> (De Geer, 1774)	Localisée	Exigeante
Elateridae	<i>Podeonius acuticornis</i> (Germar, 1824)	Très rare	Très exigeante
Tenebrionidae	<i>Prionychus ater</i> (Fabricius, 1775)	Localisée	Très exigeante
Tenebrionidae	<i>Pseudocistela ceramboides</i> (Linnaeus, 1758)	Localisée	Très exigeante
Cerambycidae	<i>Rhagium mordax</i> (De Geer, 1775)	Localisée	Peu exigeante
Cerambycidae	<i>Ropalopus insubricus</i> (Germar, 1824)	Très localisée	Peu exigeante
Cerambycidae	<i>Rosalia alpina</i> (Linnaeus, 1758) (Fig. 15)	Localisée	Peu exigeante
Lucanidae	<i>Sinodendron cylindricum</i> (Linnaeus, 1758)	Localisée	Exigeante
Trogossitidae	<i>Thymalus limbatus</i> (Fabricius, 1787)	Localisée	Très exigeante
Cleridae	<i>Tillus elongatus</i> (Linnaeus, 1758)	Localisée	Exigeante
Melandryidae	<i>Zilora obscura</i> (Fabricius, 1794)	Très localisée	Exigeante

complète : d'une part, le niveau de prospection des espèces de Coléoptères saproxyliques dans la RBI du Mont-Ventoux est encore faible, en comparaison de celui d'autres grandes forêts françaises telles que Fontainebleau (Seine-et-Marne) ou Sare (Pyrénées-Atlantiques) ; d'autre part, les difficultés de déplacement à l'intérieur de la RBI rendent l'exploration de l'ensemble des micro-habitats très difficile.

Courbe de richesse cumulée annuelle

Ont été prises en compte pour les calculs suivants toutes les espèces capturées à l'aide des différents modes de piégeage entre 2009 et 2014. La pré-étude de 2009 et la campagne de 2010 ont été assemblées pour former la première année. Sur cinq ans d'échantillonnage, les courbes de richesse cumulée des Coléoptères saproxyliques et des Coléoptères saproxyliques bioindicateurs progressent de manières assez différentes (Fig. 16). La courbe de richesse cumulée des Coléoptères saproxyliques bioindicateurs semble atteindre un plateau dès la troisième année, alors que celle des Coléoptères saproxyliques est en progression jusqu'à la quatrième année et semble stagner ensuite. Toutefois, il faut être prudent sur ce constat car l'année 2014 a été très défavorable du point de vue météorologique ; les captures ont été beaucoup moins abondantes que les années précédentes. On observe une augmentation du nombre d'espèces de 62 % la seconde année par rapport à la première (l'apport de nouveaux sites, notamment liés

au projet GNB est sûrement en partie responsable de cette forte augmentation) et de seulement 5 % pour la troisième année. Une légère reprise est observée la quatrième saison avec une augmentation de 13 % suivie d'une hausse de 2,5 % pour la cinquième. Pour les Coléoptères bioindicateurs, l'augmentation est de 60 % la seconde année. Elle dépasse à peine 3 % la troisième saison, avant de marquer le pas les deux dernières années.

Tout d'abord, ces résultats nous renseignent sur le niveau d'exhaustivité de l'échantillonnage. Les courbes des Coléoptères saproxyliques et des Coléoptères saproxyliques bioindicateurs semblent atteindre un plateau ; on peut donc estimer que le niveau de connaissance du site prospecté est correct même s'il demeure incomplet. En analysant les résultats d'une étude menée sur les bois parisiens avec le même dispositif (Noblecourt *et al.* 2009), on estime commencer à obtenir une bonne connaissance de la faune des Coléoptères saproxyliques à partir de la cinquième année d'échantillonnage. Cela semble se vérifier dans la présente étude. De plus, on sait que la diversification des méthodes de capture est nécessaire pour obtenir une vision plus exhaustive de l'entomofaune (Brustel 2001). C'est pour cela que nous avons employé d'autres méthodes que les seuls pièges Polytrap™.

Ensuite, ces résultats montrent l'intérêt de réaliser un échantillonnage pluriannuel pour obtenir une meilleure représentativité de la diversité d'un site. En effet, bon nombre de Coléoptères



FIG. 15. — Rosalie des Alpes, *Rosalia alpina* (Linnaeus, 1758). Crédit photo: Lilian Micas.

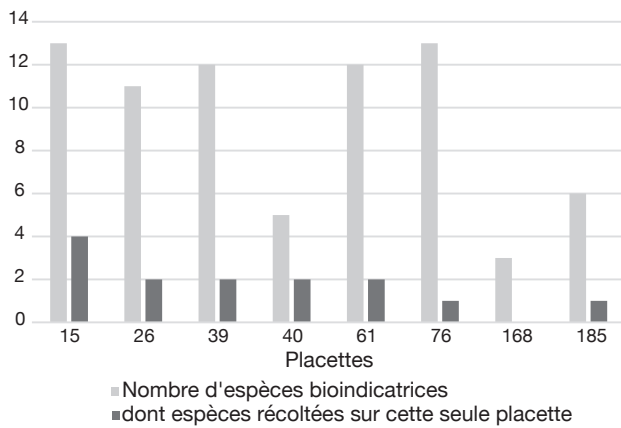


FIG. 17. — Nombre d'espèces de Coléoptères saproxyliques bioindicateurs capturées de 2009 à 2014 pour chacun des sites de la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux.

saproxyliques ont des cycles larvaires de deux ou trois ans voire plus (Bense 1995 ; Dajoz 1998). Certains d'entre eux peuvent également rentrer en diapause larvaire ou nymphale lorsque les conditions du milieu sont défavorables, rallongeant ainsi leur cycle d'une ou plusieurs années. Ces comportements pourraient expliquer des phénomènes de « pullulations cycliques », comme celles observées (Paulian & Baraud 1982) chez le Hanneton commun (*Melolontha melolontha* (Linnaeus, 1758)). Le piège à interception étant basé sur la capture d'individus adultes en déplacement aérien, l'échantillonnage pluriannuel permet vraisemblablement d'augmenter les probabilités de captures d'espèces rares ou moins rares pouvant adopter ce type de comportement.

Similarité et contribution des sites

La contribution à la richesse en saproxyliques bioindicateurs est à peu près équivalente (entre 11 et 13 espèces) pour cinq des huit sites et elle est inférieure pour trois sites (Fig. 17).

Les résultats obtenus montrent la complémentarité de l'ensemble des sites inventoriés depuis 2009 pour la connaissance

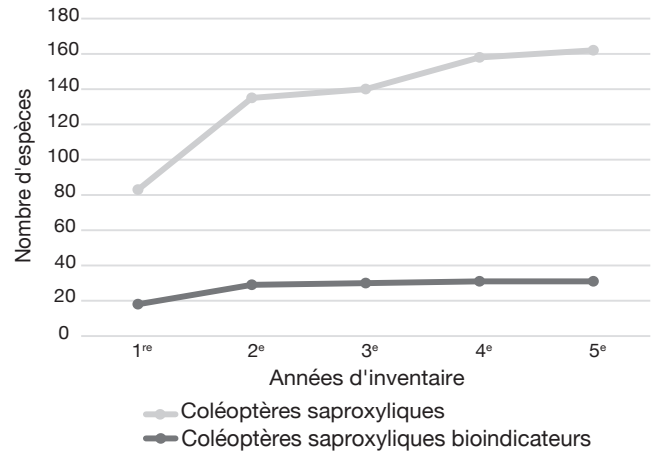


FIG. 16. — Courbe de richesse cumulée annuelle de l'ensemble des Coléoptères saproxyliques et de ceux considérés comme bioindicateurs capturés de 2009 à 2014 dans la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux.

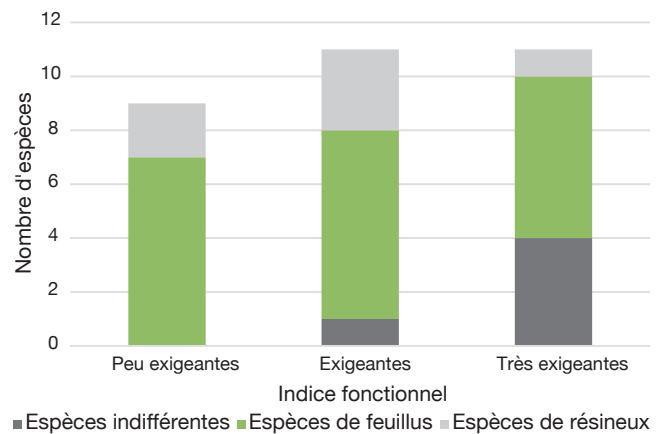


FIG. 18. — Répartition en fonction de l'indice fonctionnel (If) des 31 espèces de Coléoptères saproxyliques bioindicateurs capturées de 2009 à 2014 dans la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux.

de la diversité des Coléoptères saproxyliques de la RBI (Fig. 17). En effet, malgré le manque de connaissances exactes concernant la portée de capture des pièges à interception, on sait que la faune contactée à l'aide de ce type de piège est fortement liée aux micro-habitats se trouvant à proximité (Kaila 1993). Ces micro-habitats agiraient comme des attractifs naturels permettant à la fois la capture d'organismes émigrants et immigrants (Kaila 1993). Ainsi, la multiplication du nombre de pièges permet-elle une diversification des micro-habitats échantillonnés donnant une meilleure représentativité à l'échantillonnage. Par exemple la placette 40, globalement pauvre en espèces, en apporte deux nouvelles tandis que la placette 76, très riche, n'en fournit qu'une seule.

Diversité fonctionnelle

Pour cette partie, seules les 31 espèces bioindicatrices, capturées sur l'ensemble des sites, ont été prises en compte. Parmi celles-ci, 25 espèces bioindicatrices sont associées aux feuillus ou sont indifférentes quant à leur essence hôte et six espèces sont inféodées aux résineux. Ces espèces sont pour plus des

deux-tiers exigeantes (If2) à très exigeantes (If3) en termes d'habitat (Fig. 18).

Il est intéressant de constater la nette domination d'espèces inféodées aux feuillus alors que les résineux sont majoritaires dans six placettes sur huit (Tableau 1). On peut avancer une explication principale à ce constat : la liste des bioindicateurs (Brustel 2001) comporte une proportion d'espèces liées aux feuillus très nettement supérieure (64,7 %) à celle des espèces des résineux (22,3 % et 13,0 % d'espèces indifférentes quant à leur essence hôte). Cette répartition est en correspondance avec la couverture boisée de notre pays où les feuillus dominent nettement les résineux ($\approx 2/3$ pour $1/3$).

Au stade larvaire, sur les onze espèces très exigeantes qui ont été capturées, une seule est polyphage et associée aux cavités basses des arbres, *Ischnodes sanguinicollis* (Panzer, 1793) ; deux d'entre elles sont des mycétophages (*Mycetophagus piceus* (Fabricius, 1777) ; *Thymalus limbatus* (Fabricius, 1787)) et deux sont des saproxylophages (*Prionychus ater* (Fabricius, 1775) ; *Pseudocistela ceramboides* (Linnaeus, 1758)). Les six espèces restantes (*Ampedus brunnicornis* Germar, 1844 ; *Ampedus erythrogonus* (P.W.J. Müller, 1821) ; *Ampedus melanurus* Mulsant & Guillebeau, 1855 ; *Ampedus praeustus* (Fabricius, 1792) ; *Dictyoptera aurora* (Herbst, 1784) ; *Podeonius acuticornis* (Germar, 1824)) se développent dans les bois cariés de diverses essences (feuillues pour certaines, résineuses pour d'autres) où leurs larves sont prédatrices. Pour rappel, une carie est une dégradation du bois par des champignons et d'autres micro-organismes provoquant des changements de texture et de couleur.

Parmi les 31 espèces bioindicatrices capturées, on peut s'étonner de la faiblesse du nombre d'espèces au régime alimentaire « mycétophage » au stade larvaire, surtout si l'on se réfère à d'autres inventaires effectués dans la région. Ce constat est moins surprenant dès lors que l'on consulte les premiers résultats de l'inventaire mycologique de la RBI (voir paragraphe « Inventaire mycologique (2010-2014) – Résultats – Répartition des espèces ») et que l'on constate l'absence de l'Amadouvier (*Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr.). En effet, l'Amadouvier est connu pour abriter une faune considérée comme l'une des plus riches parmi celle des Polyporaceae (Rose 2011).

En matière de Coléoptères saproxyliques, ces premiers résultats, très encourageants (du fait, notamment, de la récolte de deux espèces très rares), laissent à penser qu'il y a encore de nombreuses découvertes à faire dans la RBI du Mont-Ventoux, secteur jusqu'à présent peu étudié. Nous espérons donc que les suivis en cours apporteront un complément non négligeable à la connaissance de l'entomofaune saproxylique du Mont-Ventoux.

INVENTAIRE MYCOLOGIQUE (2010-2014)

De 2010 à 2013, un inventaire complet des Champignons a porté sur seize placettes situées au centre et à l'ouest de la RBI. En 2014, un nouvel échantillon de treize placettes a été sélectionné pour un cycle d'inventaire triennal afin de compléter

les connaissances mycologiques dans la partie est de la RBI et à son extrémité ouest. Ces deux phases d'inventaires ont été conduites par le réseau de mycologie de l'ONF (Gérald GRUHN puis Éric DIAZ).

MÉTHODOLOGIE

Les inventaires portent principalement sur les pièces de bois mort présentes sur chacune des placettes d'inventaire des peuplements sélectionnées, dans un rayon de 20 m autour du piquet central, qu'il s'agisse de bois mort au sol ou sur pied, l'objectif étant de dresser la liste des macromycètes lignicoles (champignons se développant sur le bois). Les champignons dont les principaux caractères morphologiques sont visibles à l'œil nu sont identifiés sur place. Ceux nécessitant l'usage d'un microscope pour leur identification sont récoltés et déterminés ultérieurement en laboratoire. Les macromycètes autres que saproxyliques, présents sur les placettes d'inventaire, sont également relevés afin d'améliorer les connaissances sur les cortèges fongiques. Enfin, le cas échéant, les champignons parasitant les bois vivants de la placette sont notés.

Les grosses pièces de bois mort au sol sont repérées (distance et orientation par rapport au centre de la placette) au cours du premier passage afin de pouvoir être facilement retrouvées lors des passages suivants. En effet, chacune des placettes retenues est parcourue en inventaire pendant trois années consécutives afin de limiter les biais liés à des conditions climatiques très défavorables durant une saison d'inventaire et afin d'optimiser les observations sur des espèces dont l'apparition est très aléatoire.

La méthode utilisée permet une reproduction et une comparaison des inventaires à plusieurs années ou décennies d'écart.

RÉSULTATS

Espèces récoltées

Durant les cinq années d'inventaire, les conditions météorologiques ont été globalement peu favorables au développement des Champignons (déficits hydriques avant les périodes d'inventaire, gelées nocturnes). Malgré tout, au cours des différents inventaires (celui de 2014 inclus), 253 espèces ont été identifiées pour 718 échantillons. Elles se répartissent en 64 familles parmi lesquelles 16 familles rassemblent 65 % des espèces recensées. Ce sont, par ordre d'importance, les suivantes : Tricholomataceae (16 espèces), Russulaceae (14), Atheliaceae (13), Sistotremataceae (13), Hyphodermataceae (12), Mycenaceae (12), Polyporaceae (12), Meruliaceae (11), Marasmiaceae (9), Hapalopilaceae (8), Schizoporaceae (8), Stereaceae (8), Cortinariaceae (7), Fomitopsidaceae (7), Hymenochaetaceae (7), Tubulicrinaceae (7).

S'il n'existe pas à ce jour de liste rouge nationale pour les Champignons, des données issues de l'inventaire national ont été compilées dans le cadre d'une étude conduite par M. Courtecuisse (Université Lille-II) et commandée par l'ONF à la Société mycologique de France (Courtecuisse 2009). Elles ont conduit à pressentir un statut patrimonial du type UICN (Union internationale pour la Conservation de la Nature) pour les espèces de basidiomycètes recensées sur le territoire national métropolitain. Parmi les 253 espèces

TABLEAU 5. — Listes des espèces de Champignons menacées (statuts patrimoniaux provisoires).

Famille	Espèce	Statut patrimonial
Atheliaceae	<i>Amyloathelia amylacea</i> (Bourdot & Galzin) Hjortstam & Ryvarde	En danger, risque d'extinction
Secotiaceae	<i>Chamaemyces fracidus</i> (Fr.) Donk	Presque menacée
Pleurotaceae	<i>Hohenbuehelia auriscalpium</i> (R. Maire) Singer	En danger
Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe spadicea</i> (Scop. : Fr.) P. Karsten	Vulnérable
Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus penarius</i> Fr.	Presque menacée
Hymenochaetaceae	<i>Hymenochaete cinnamomea</i> (Pers. : Fr.) Bresadola	Presque menacée
Hyphodermataceae	<i>Hyphoderma guttuliferum</i> (P. Karsten) Donk	Vulnérable
Atheliaceae	<i>Hypochniciellum molle</i> (Fr.) Hjortstam	Vulnérable
Lyophyllaceae	<i>Hypsizygus tessulatus</i> (Bull. : Fr.) Singer	En danger, risque d'extinction
Beenakiaceae	<i>Kavinia himantia</i> (Schw. : Fr.) J. Eriksson	En danger
Tricholomataceae	<i>Melanoleuca kuehneri</i> var. <i>iris</i> (Kühner) Bon	Vulnérable
Hymenochaetaceae	<i>Phellinus hartigii</i> (Allescher & Schnabl) Patouillard	Presque menacée
Xenasmataceae	<i>Phlebiella tulasnelloidea</i> (von Höhnel & Litschauer) Oberwinkler	Presque menacée
Fomitopsidaceae	<i>Postia placenta</i> (Fr.) M.J. Larsen & Lombard	Vulnérable
Pleurotaceae	<i>Resupinatus conspersus</i> (Pers. : Fr.) Thorn, Moncalvo & Redhead	Vulnérable
Lachnocladiaceae	<i>Scytinostroma hemidichophyticum</i> Pouzar	Presque menacée
Sistotremataceae	<i>Sistotrema confluens</i> Pers. : Fr.	Presque menacée
Sistotremataceae	<i>Sistotrema diademiferum</i> (Bourdot & Galzin) Donk	Presque menacée
Thelephoraceae	<i>Tomentella galzinii</i> Bourdot	Vulnérable
Tricholomataceae	<i>Tricholoma batschii</i> G. Gulden ex M. Christensen & Noordeloos	Presque menacée
Tricholomataceae	<i>Tricholoma sulfurescens</i> Bresadola	Presque menacée
Tubulicrinaceae	<i>Tubulicrinis medius</i> (Bourdot & Galzin) Oberwinkler	En danger
Lachnocladiaceae	<i>Vararia investiens</i> (Schw.) P. Karsten	Presque menacée
Lachnocladiaceae	<i>Vararia ochroleuca</i> (Bourdot & Galzin) Donk	En danger
Mycenaceae	<i>Xeromphalina caudicinalis</i> (Withering) Kühner & R. Maire	Presque menacée

identifiées dans la RBI, 25 (dont quatre ont été découvertes hors placettes) relèvent de la liste des espèces menacées établie en regard des statuts patrimoniaux provisoires (Tableau 5). Ces statuts seront prochainement confirmés ou modulés, suite aux travaux en cours d'un groupe dédié, constitué sous l'égide de la Société mycologique de France, qui agit en collaboration avec l'UICN, avec le soutien du ministère de l'Environnement.

Ce tableau peut être complété par la liste des espèces bioindicatrices recensées dans la RBI. Christensen *et al.* (2005) proposent une liste européenne de 21 espèces de Champignons lignivores des hêtraies, indicatrices de continuité forestière et/ou de naturalité dont deux sont présentes dans la RBI : *Ceriporiopsis pannocinctus* (Romell) Gilbertson & Ryvarde et *Hohenbuehelia auriscalpium* (R. Maire) Singer. Ces deux espèces sont également référencées dans les listes de Boidin et Corriol (non publiées) comme rares à très rares. Elles sont rencontrées essentiellement dans les vieilles forêts à fort volume de bois mort. Dans ces mêmes listes, se trouvent des espèces (communes à rares) présentes dans la RBI dont la répartition est plus fréquente dans les vieilles forêts à forte nécromasse ligneuse : *Ischnoderma benzoinum* (Wahlenberg : Fr.) P. Karsten, *Phellinus hartigii* (Allescher & Schnabl) Patouillard, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. : Fr.) Kummer. Dans une référence plus récente, Blaschke *et al.* (2009) établissent une liste d'espèces indicatrices de naturalité des forêts dont cinq apparaissent dans l'inventaire de la RBI : *Ceriporiopsis pannocinctus*, *Hyphoderma guttuliferum* (P. Karsten) Donk, *Kavinia himantia* (Schw. : Fr.) J. Eriksson, *Phellinus hartigii* et *Porodaedalea pini* (Thore : FR.) Murill.

Les espèces récoltées peuvent aussi être classées en fonction de leur statut trophique. Dans leur majorité (74 %), ce

sont des saprotrophes (Fig. 19). La faible présence d'espèces à statut ectomycorhizien (20 %) s'explique par les conditions météorologiques défavorables à chacun des passages en inventaire. En effet, le développement de ces champignons fructifiant au sol est, en grande partie, conditionné par le degré d'humidité des horizons superficiels du sol.

L'étude des Champignons de la RBI a permis d'identifier deux nouvelles espèces pour la France : *Oligoporus hydnoidea* G. Gaarder & Ryvarde et *Sidera lunata* (Romell ex Bourdot & Galzin) K.H. Larsson, cette dernière ayant fait l'objet d'une étude par Trichies & Gruhn en 2013 (voir aussi Fig. 20).

Enfin, deux espèces méritent une attention particulière :
– *Amyloathelia amylacea* (Bourdot & Galzin) Hjortstam & Ryvarde, corticié d'apparence macroscopique quelconque qui était localement commun dans les formations à genévriers (dans les causses du Larzac par exemple) et qui est noté aujourd'hui en danger d'extinction (statut UICN). Cette récolte est étonnante car elle a été réalisée sur Sapin pectiné. Elle est semblable en tout point à *Amyloathelia amylaceae* mais cette déviance écologique (développement sur Sapin pectiné) pourrait justifier une analyse biomoléculaire ultérieure permettant de confirmer l'identification. Il est à noter que la littérature signale une variété *ericaecola* (Bourdot & Galzin 1911). Cela signifie soit qu'il existe une variabilité importante des supports, soit qu'une révision critique du groupe est à envisager ;

– *Paullicorticium ansatum* Liberta, cette espèce (Fig. 21) a été trouvée durant deux années consécutives dans le même tas de bois très pourri de résineux indifférenciés (probablement du Pin noir ou du Pin à crochets) accumulé au bas d'un couloir d'avalanches. Il s'agirait de la seconde récolte française (Boidin & Gilles 1994).

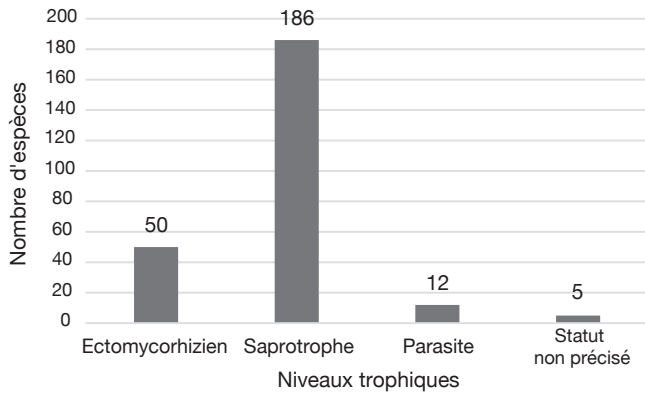


FIG. 19. — Répartition des espèces de champignons par grand niveau trophique (récoltes 2010-2014).



FIG. 20. — *Sidera lunata* (Romell ex Bourdot & Galzin) K.H. Larsson, 2011. Crédit photo : Gérald Gruhn.

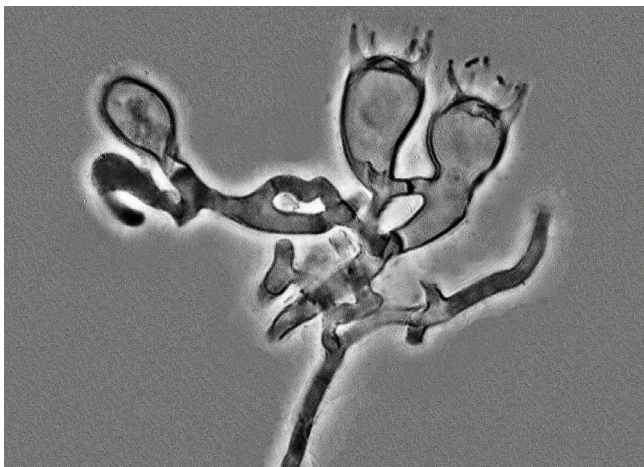


FIG. 21. — *Paulliticium ansatum* Liberta, 1962. Crédit photo : Gérard Trichies.

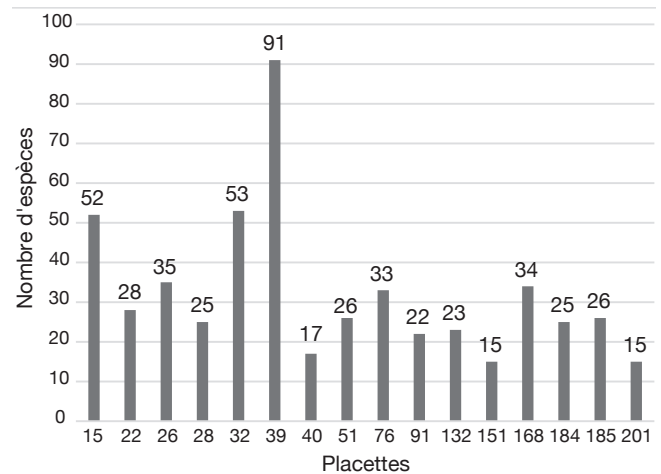


FIG. 22. — Nombre d'espèces de champignons par placette (récoltes 2010-2013).

Contribution des sites

Les placettes n'ayant fait l'objet que d'un passage en inventaire, en 2014, n'ont pas été retenues dans cette analyse car elles offrent des résultats trop incomplets pour être détaillés placette par placette. La majorité des placettes contribuent de manière équivalente à l'échantillonnage de la diversité spécifique à l'exception des placettes 40, 151 et 201 qui comportent moins d'espèces et des placettes 15, 32 et 39 qui présentent, de façon nette, une diversité plus grande (Fig. 22). D'emblée, nous pouvons conclure que la liste importante d'espèces inventoriées, si elle n'est pas exhaustive, est bien représentative de la diversité des milieux de la RBI puisque l'étude a porté sur onze types de peuplements forestiers différents, constitués des cinq principales essences de la RBI (Sapin pectiné, Hêtre, Pin noir d'Autriche, Pin sylvestre, Pin à crochets).

Répartition des espèces

En zone tempérée, la répartition des espèces lignicoles dépend de nombreux facteurs : essence, bois mort ou bois vivant, grosseur et dimension des bois, position par rapport au sol, situation en milieu ouvert ou en milieu fermé.

Certaines espèces apparaissent dans un deuxième temps et ont peu d'activité de dégradation. Elles dépendent du champignon qui a en premier colonisé le bois, différenciant schématiquement le type de pourriture du bois hôte entre carie blanche ou carie rouge cubique. Les connaissances sur les traits de vie des espèces lignicoles sont récentes (Boddy *et al.* 2008). L'auteur distingue trois grandes catégories :
 – primaire : les espèces impliquées en premier dans la décomposition du bois, parmi lesquelles on peut citer *Phellinus hartigii*, *Fomitopsis pinicola* (Swartz : Fr.) P. Karsten, *Ustulina deusta* (Hoffmann ex Fries) Petrak et *Oudemansiella mucida* (Schrad. : Fr.) von Höhnel, présentes dans la RBI ;
 – secondaire : les champignons impliqués dans la décomposition du bois mais après la colonisation par d'autres espèces telles que *Bisporella citrina* (Batsch ex Fr.) Korf & Carp., *Phlebia rufa* (Pers. : Fr.) M.P. Christiansen, *Pluteus cervinus* (J.C. Sch. ?) Kummer et *Trametes versicolor* (L. : Fr.) Lloyd qui ont été recensées dans la RBI ;
 – tertiaire : les espèces non ou très peu impliquées dans la décomposition du bois dont *Amphinema byssoides* (Pers. : Fr.) J. Eriksson, *Kavinia himantia*, *Tomentella galzinii* Bourdot et *Trechispora laevis* K.H. Larsson (inventoriées

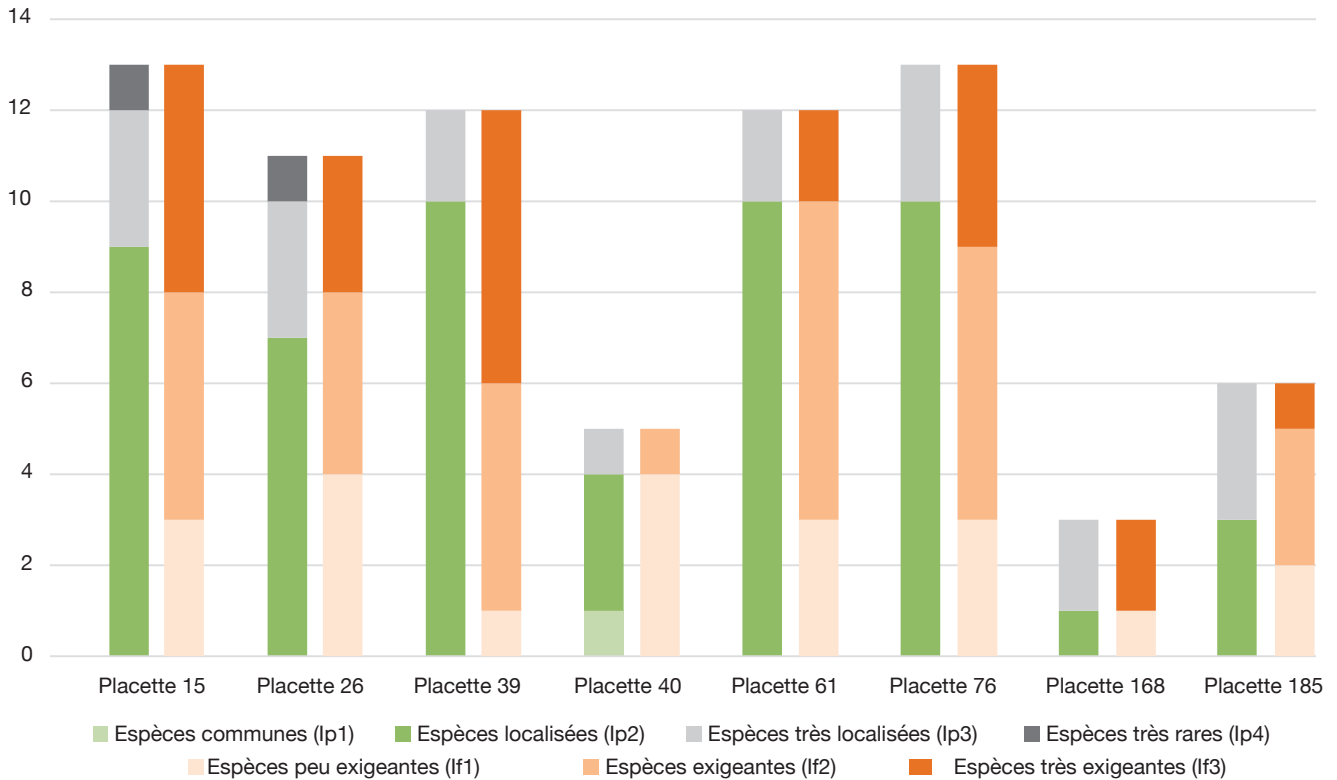


FIG. 23. — Répartition des espèces de Coléoptères saproxyliques bioindicateurs par placette en fonction de leur rareté et de leur exigence écologique.

dans la RBI) ; elles peuvent avoir un statut trophique mixte entre ectomycorhizien et saprotrophe.

Dans la catégorie primaire, les espèces dont les traits de vie sont le mieux connus sont les polypores pérennes qui colonisent en premier les arbres. Ils constituent en quelque sorte une porte d'entrée de la biodiversité saproxylique. Certaines espèces sont spécifiques comme *Phellinus hartigii*, inféodé au Sapin, parasite sur arbre vivant, qui provoque une pourriture fibreuse. D'autres ont un spectre plus large comme *Fomitopsis pinicola*, autre polypore pérenne, beaucoup plus répandu ; il colonise tous les résineux et aussi le Hêtre, provoque une pourriture cubique et induit un autre cortège saproxylique. Par ailleurs, il est à souligner combien l'absence de *Fomes fomentarius* ou de *Ganoderma* sp., dans les relevés effectués, est surprenante. En effet, ce sont des polypores pérennes (de catégorie primaire) habituellement recensés dans les hêtraies-sapinières, en présence de pièces de bois mort de fort volume. L'influence méditerranéenne ne permet pas d'expliquer cette absence de façon satisfaisante car les deux genres sont représentés en Italie dans des situations écologiques comparables.

En conclusion, les différentes récoltes ont prouvé l'intérêt de la RBI en matière de cortège fongique puisqu'au total 25 espèces rares ou menacées ont été recensées. La nouvelle prospection (2014-2016) devrait permettre de confirmer la richesse du site et de compléter la liste des espèces en explorant la partie Est de la RBI (autres peuplements forestiers et autres conditions stationnelles). Enfin, lorsque les travaux

des commissions inscrivant les espèces fongiques sur les listes rouges seront rendus, une réévaluation de l'importance des récoltes réalisées pourrait confirmer l'importance de la RBI du Mont-Ventoux dans la préservation des espèces menacées.

COMPARAISON DES DIFFÉRENTS SITES D'ÉTUDE ET VALIDITÉ DES INDICES DE RICHESSE ÉCOLOGIQUE POTENTIELLE

COLÉOPTÈRES SAPROXYLIQUES ET CHAMPIGNONS *Répartition des espèces rares*

Il est possible de hiérarchiser plus finement que précédemment la contribution des différents sites à l'étude des Coléoptères saproxyliques (Fig. 23). En combinant les indices de rareté et d'exigence écologique, les placettes 15, 39 et 76 apparaissent nettement plus riches que les autres ; la placette 39 constitue le site le plus riche parmi ceux prospectés avec un indice de rareté mais surtout d'exigence très fort (90 % d'espèces exigeantes à très exigeantes) ; les placettes 15 et 76 ont à la fois des espèces moins rares et moins exigeantes mais possèdent une espèce de plus. Les placettes 26 et 61 semblent représentatives de la valeur moyenne des huit placettes étudiées. La placette 40, composée de vieux pins à crochets issus des reboisements de restauration des terrains en montagne (RTM), est quant à elle nettement plus pauvre en nombre et en « qualité » d'espèces, malgré trois années d'inventaire. Les placettes 168

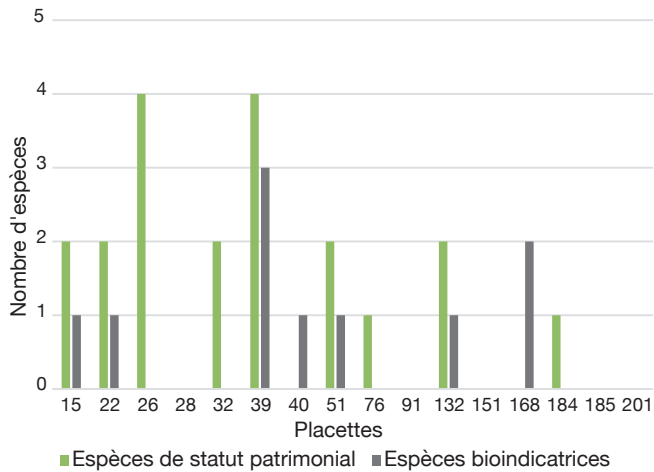


FIG. 24. — Répartition des espèces de champignons à statut patrimonial et de champignons bioindicateurs par placette (récoltes 2010-2013).

et 185 n'ont eu qu'une année de piégeage et ne sont pas, de ce fait, directement comparables. Mais on peut penser, à effort de prospection constant, que la 185 se trouverait classée entre les meilleures placettes et les médianes tandis que la 168 serait dans la moyenne.

En étudiant la Fig. 5 (caractéristiques des différentes placettes) et la Fig. 23, il est possible de dégager plusieurs conclusions :

- il apparaît que les sites comportant les plus forts volumes de gros bois dépourvus (placettes 15, 39 et 76) sont les plus riches en Coléoptères saproxyliques ;
- l'absence de gros bois dépourvus ou de gros bois morts semble préjudiciable au développement des Coléoptères saproxyliques si l'on en croit les résultats obtenus sur la placette 40 ;
- les hêtraies et les hêtraies-sapinières (placettes 15, 26, 39 et 76) seraient plus favorables aux Coléoptères saproxyliques que les peuplements de Pin à crochets (placette 40) ou les mélanges de Hêtre et de Pin à crochets (placette 61).

Une analyse similaire a été réalisée pour la fonge (Fig. 24). L'intérêt des placettes en matière d'espèces rares et bioindicatrices apparaît très variable. En effet, seules neuf placettes sur seize comportent des espèces menacées. Sept placettes présentent des espèces bioindicatrices. Cinq placettes incluent à la fois des espèces menacées et bioindicatrices.

Il est également possible de tirer quelques conclusions quant à la répartition de la diversité fongique par type de peuplements forestiers à partir des Fig. 5 et Fig. 24 :

- à l'exception des placettes 40 et 185, les placettes dépourvues de gros bois morts sur pied et au sol ne comportent ni espèce rare, ni espèce bioindicatrice ;
- cinq des sept placettes abritant des espèces bioindicatrices possèdent des gros bois morts sur pied et au sol, et parmi les gros bois morts sur pied des individus de plus de 50 cm de diamètre ;
- un stock important d'arbres vivants de gros diamètre, dépourvus, contribue visiblement à accroître la diversité spécifique (cas des placettes 15, 76 et 168) ;

– la présence d'un mélange d'essences augmente la richesse spécifique à la fois en champignons du sol (ectomycorhiziens et saprotrophes de litière) et en champignons lignicoles comme le montrent les placettes 32 et 39.

Il semble aussi que l'accumulation de bois mort au sol sous une forme très décomposée (débris, humus) induise une diversité d'espèces importante. C'est en tout cas ce que tendrait à montrer les résultats obtenus sur la placette 32. Celle-ci est en effet située sur l'aire d'atterrissement d'une avalanche survenue durant l'hiver 1962 et ayant entraîné une grande quantité de bois, en majorité de pin, qui s'est entassé à cet endroit. L'importance des gros bois morts ou celle de l'accumulation de bois mort, comme dans ce dernier cas, pour le développement des cortèges fongiques s'explique sans doute en partie par le climat régnant au Mont-Ventoux. En effet, les grosses pièces de bois mort ont la capacité de conserver longtemps l'humidité. En période de sécheresse, elles offrent donc des conditions favorables à la conservation et à la reproduction des Champignons.

Si les critères présidant à l'apparition d'espèces rares apparaissent très similaires pour les deux groupes d'espèces étudiés, les liens existant entre eux ne sont pas aisés à mettre en lumière. Pour autant, il est possible de constater que la placette 39, comprenant le plus d'espèces de champignons tant primaires que secondaires, est celle où l'on trouve le maximum de coléoptères très exigeants se développant, au stade larvaire, sur champignons (deux espèces sur deux) ou sur bois cariés (trois espèces sur six). Il s'agit d'une simple observation qui ne saurait aucunement être considérée comme une généralité, en considération de l'échantillon réduit sur lequel nous avons travaillé. Elle ouvre cependant la voie à des comparaisons ultérieures, sur des jeux de données plus importants.

Si la continuité temporelle du boisement permet d'assurer la conservation d'Insectes (comme *Podeonius acuticornis*) et de Champignons (comme *Phellinus hartigii*) liés aux formations forestières anciennes, la taille des peuplements forestiers semble en revanche assez peu influencer sur le maintien des espèces en question. En effet, la placette 39, située dans un secteur où ne demeuraient plus, à la fin du XIX^{ème} siècle que des pieds isolés de Hêtre et de Sapin pectiné, offre une richesse comparable à celle de la placette 15, localisée dans un îlot de vieux bois de moins d'un hectare, ou que les placettes 26 et 76 au cœur d'îlots de 4 ha. Ces surfaces sont connues grâce à la cartographie des peuplements forestiers restant à la fin du XIX^{ème} siècle dans le périmètre de la RBI. Cette cartographie a été établie à partir des photographies du versant nord prises en 1888 et en 1903 et à partir des mesures d'âges opérées dans la RBI en 2008. Affiner cette première analyse de l'influence des surfaces boisées (conservées dans le temps) sur la répartition des espèces rares ou patrimoniales, nécessiterait toutefois un échantillon de données plus important que celui dont nous disposons à l'heure actuelle.

Indices de richesse écologique

Seules les placettes ayant fait l'objet d'une étude complète (trois années) des Coléoptères ou des Champignons ont été retenues pour évaluer les indices de richesse écologique

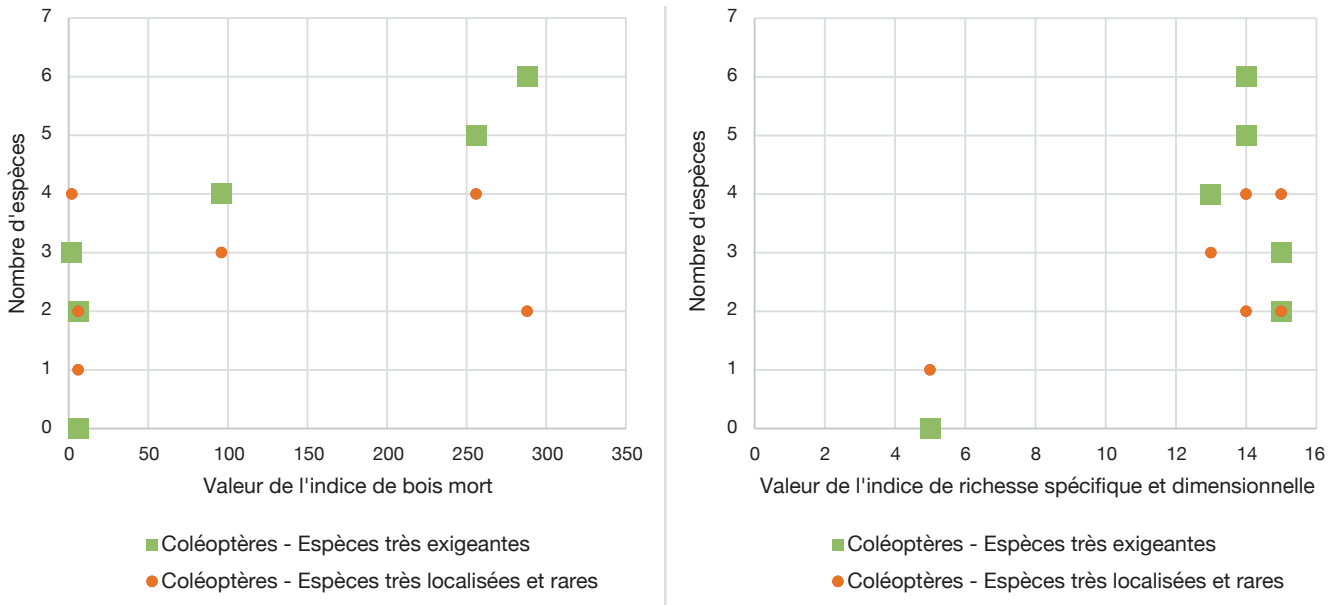


FIG. 25. — Répartition des espèces patrimoniales et bioindicatrices de Coléoptères saproxyliques en fonction des valeurs de l'indice de bois mort et de l'indice de richesse spécifique et dimensionnelle.

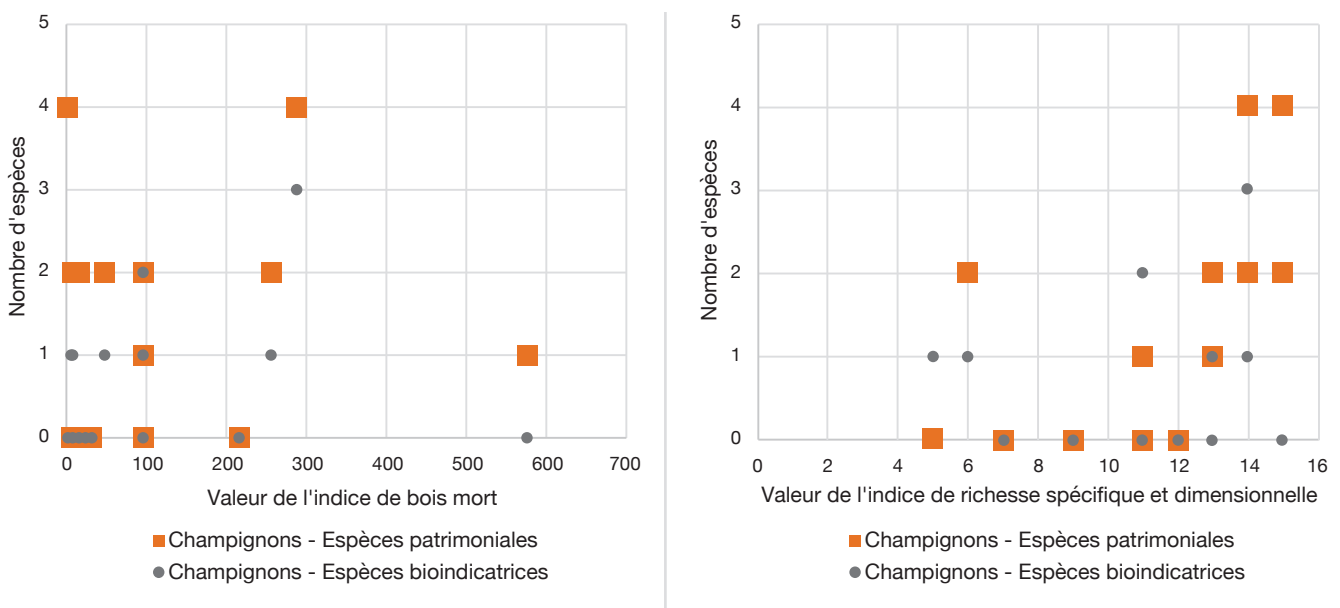


FIG. 26. — Répartition des espèces patrimoniales et bioindicatrices de Champignons en fonction des valeurs de l'indice de bois mort et de l'indice de richesse spécifique et dimensionnelle.

potentielle (bois mort et richesse spécifique et dimensionnelle).

Les données présentées dans les Fig. 25 et Fig. 26 valident grossièrement le lien entre les deux indices et la richesse écologique des placettes. La corrélation apparaît globalement meilleure pour les Coléoptères saproxyliques que pour les Champignons. La structure et la diversité spécifique des peuplements forestiers semblent être des facteurs plus

déterminants de la richesse en Champignons que la quantité et la nature du bois mort. Il serait sans doute judicieux d'affiner la construction des deux indices, particulièrement celui du bois mort, en pondérant leurs composantes.

OISEAUX

S'il n'a pas été possible de rattacher des oiseaux ou des groupes d'oiseaux à tel ou tel peuplement forestier ou à

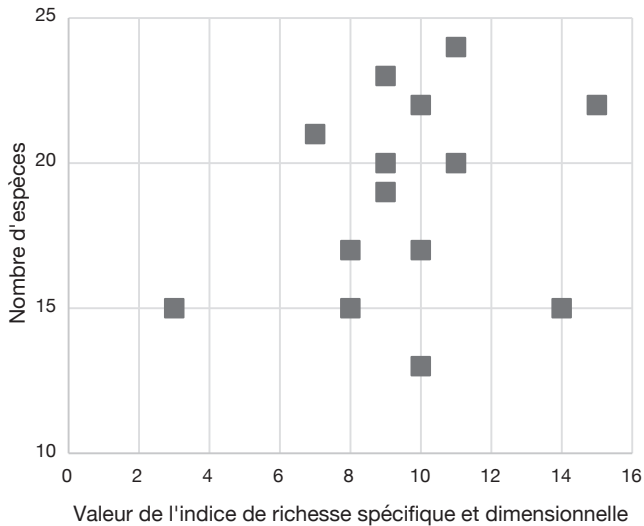


FIG. 27. — Répartition du nombre total d'espèces d'oiseaux en fonction des valeurs de l'indice de richesse spécifique et dimensionnelle.

telle ou telle composante des peuplements forestiers, il n'a pas non plus été permis d'établir une corrélation entre la diversité des espèces recensées et la valeur de l'indice de richesse spécifique et dimensionnelle (Fig. 27). Il en découle que les cortèges d'oiseaux ne sauraient être analysés à l'échelle d'une formation forestière mais qu'il convient bel et bien d'observer leur structuration à l'échelle du massif ou d'un versant entier.

À une telle échelle, il est ainsi possible de formuler une hypothèse quant à la diminution du nombre d'espèces inventoriées aux deux extrémités de la RBI (Fig. 28). Celle-ci découle vraisemblablement de l'absence de peuplements de Sapin pectiné à proximité des points d'écoute situés le plus à l'ouest et le plus à l'est de la RBI ce qui réduit la mosaïque de milieux et la structure verticale de ceux-ci d'autant plus que les peuplements de Sapin pectiné présentent souvent un faciès irrégulier.

PEUPELEMENTS FORESTIERS ET DIVERSITÉ ÉCOLOGIQUE

Au plan spatial, la mosaïque de peuplements forestiers dissemblables, à des degrés de maturité variés, est un gage de diversité écologique comme le prouve l'étude de l'avifaune, d'autant plus que l'hétérogénéité intrinsèque de chacun des types de peuplements est souvent importante.

Au sein de cette imbrication de peuplements forestiers, ceux les plus riches écologiquement, à l'aune des différentes analyses réalisées, sont ceux de Hêtre et de Sapin pectiné. Leur haute valeur écologique ne doit cependant pas conduire à ignorer les peuplements résultant de la colonisation naturelle des milieux ouverts, dont l'évolution est un des enjeux importants de la réserve, non plus que les peuplements issus des reboisements comme l'exemple de la placette 40 ne saurait trop le rappeler. La diversité écologique provient en l'occurrence aussi de l'action humaine, notamment à travers l'introduction de nouvelles essences au XIX^{ème} siècle. Celle-ci a vraisemblablement modifié en

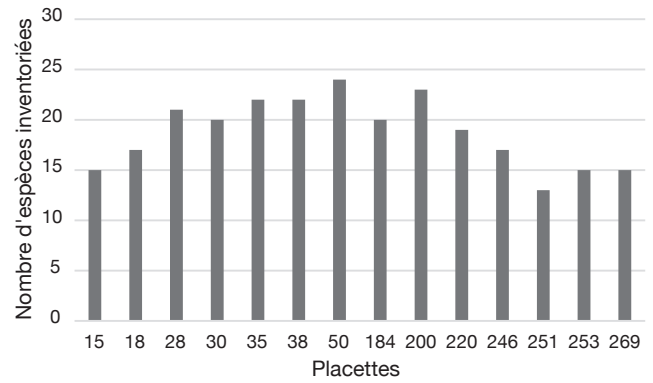


FIG. 28. — Répartition du nombre total d'espèces d'oiseaux par placettes (d'ouest en est).

profondeur la composition des différents cortèges d'espèces (Blondel *et al.* 1978).

De la même manière, les futures et importantes modifications de la composition des peuplements forestiers, telles qu'elles ont été envisagées au paragraphe « Inventaire des peuplements forestiers (2007-2008) – Résultats – Dynamiques d'évolution », influeraient sans doute notablement sur la répartition et la structure des différents groupes d'espèces étudiés. Les évolutions pressenties sont fortement liées aux changements climatiques. De l'orientation, de la constance et de l'intensité de ceux-ci dépend le devenir des peuplements forestiers de la RBI. Ces derniers étant placés en libre évolution, la gestion ne pourra aucunement corriger ou atténuer d'éventuels phénomènes régressifs qui pourraient, à terme, se révéler préjudiciables à la biodiversité. Par exemple, la disparition ou la réduction à l'extrême des peuplements de Sapin pectiné conduirait à un appauvrissement de différents cortèges auxquels appartiennent des espèces inféodées aux sapinières. Cet exemple, qui n'a rien de farfelu au regard des niveaux de mortalité observés actuellement dans les peuplements de Sapin pectiné, illustre bien que naturalité et biodiversité ne sauraient être confondues.

Quoi qu'il en soit la reconduction des études, à un pas de temps régulier, permettra d'observer et de quantifier les évolutions des peuplements forestiers et des cortèges d'espèces associées, en lien avec les modifications environnementales.

CONCLUSION

Les études conduites dans la RBI du Mont-Ventoux depuis 2007 ont permis d'acquérir plusieurs jeux de données précises, quantifiées, obtenues selon des protocoles reproductibles, permettant donc des remesures ultérieures et une étude des évolutions ainsi enregistrées. Cette première étude de différents compartiments écologiques de la RBI constitue l'état zéro de ce secteur du Mont-Ventoux pour lequel il n'existait jusqu'alors que peu de connaissances naturalistes structurées et localisées précisément.

Outre un enrichissement des dites connaissances au plan local et la confirmation de l'intérêt écologique du site de la RBI (de nombreuses espèces rares ont été répertoriées), les éléments recueillis viennent augmenter et compléter des bases nationales (suivi STOC) et des collections de référence (Champignons, Insectes) de l'ONF et du MNHN.

Les relations entre les diverses composantes des peuplements forestiers (structure dimensionnelle, richesse spécifique, bois mort) et la diversité écologique observée se révèlent complexes et pas toujours aisées à appréhender. Pour autant, quelques conclusions peuvent déjà être tirées. La répartition des populations d'oiseaux est peu liée à la composition et à la structure des peuplements forestiers dans un contexte où ceux-ci sont juxtaposés sous forme de parquets fortement imbriqués les uns dans les autres. C'est davantage l'altitude et la disparition de l'ambiance forestière (présence de grandes étendues asylvatiques) qui structurent l'organisation de l'avifaune dans l'espace. Il est en revanche plus facile d'associer certaines caractéristiques des peuplements forestiers à la diversité en Coléoptères saproxyliques et en Champignons. Les peuplements de Hêtre et de Sapin pectiné riches en gros bois morts et en gros bois déperissants sont très favorables aux deux groupes. Dans le cas des Champignons, le mélange d'essences et la présence de très gros bois morts (plus de 50 cm de diamètre) ou l'accumulation de bois mort dans la litière constituent des facteurs d'accroissement de la diversité. L'étude conjointe de l'évolution des peuplements forestiers et des groupes permettra vraisemblablement de compléter et d'affiner les relations assez grossières que nous avons exposées.

Du fait de sa position occidentale extrême par rapport au massif alpin, le Mont-Ventoux est un site d'études privilégié pour la compréhension des changements environnementaux, et notamment climatiques, en cours et à venir, affectant aussi bien la végétation (déperissement du Sapin pectiné, par exemple) que les cortèges d'espèces qui lui sont associés dont plusieurs trouvent dans le massif du Mont-Ventoux la limite de leur aire de répartition écologique. Dans ce cadre, la RBI doit continuer à être un laboratoire pour acquérir, de manière coordonnée, des connaissances sur les écosystèmes et leur fonctionnement. Ces connaissances permettront à terme de modéliser l'évolution des peuplements forestiers laissés hors sylviculture, du fait de leur difficile exploitabilité, dans de nombreux massifs des Alpes du Sud.

Remerciements

Nous remercions M. Philippe Dreyfus, Office national des Forêts (ONF), Pôle de recherche et de développement d'Avignon, pour son aimable concours ainsi que MM. Jacques Blondel, Régis Courteuisse et un rapporteur anonyme pour leur attentive relecture. Nos remerciements vont également à M^{me} Sabrina Malange, M. Guillaume Foli, M. Fabien Soldati et M. Gérard Trichies pour avoir mis gracieusement à notre disposition certaines des photographies illustrant l'article.

RÉFÉRENCES

AVIFAUNE

- BLONDEL J., DAVID P., LEPART J. & ROMANE F. 1978. — L'avifaune du Mont-Ventoux, essai de synthèse biogéographique et écologique. *La Terre et la Vie* supplément 1978: 111-145.
- BLONDEL J. 2007. — La biodiversité animale sur le Mont-Ventoux. *Forêt méditerranéenne* XXVIII (4): 359-368.
- FLITTI A., KABOUCHE B., KAYSER Y. & OLIOSO G. 2009. — *Atlas des oiseaux nicheurs de Provence-Alpes-Côte d'Azur*. LPO PACA, Delachaux & Niestlé, Paris, 544 p.
- OLIOSO G. 1996. — *Oiseaux de Vaucluse et de la Drôme provençale*. CROP-CEEP-SEOF, Grillon, 207 p.

ENTOMOFAUNE

- BENSE H. 1995. — *LongHorn Beetles: illustrated Key to Cerambycidae and Vespidae of Europe*. Margraf Verlag, Weikersheim, 512 p.
- BOUGET C. 2006. — *Méthode d'échantillonnage des Coléoptères saproxyliques: analyse des performances des différents pièges vitres*. Rapport: Convention ONF-Cemagref, Nogent-sur-Vernisson, 55 p.
- BOUGET C. & BRUSTEL H. 2009a. — Les pièges-vitres, in NAGELEISEN L. M. & BOUGET C. (éds), *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 »*. Les Dossiers forestiers 19: 58-62.
- BOUGET C. & BRUSTEL H. 2009b. — Chapitre 4: Les Coléoptères saproxyliques, in NAGELEISEN L. M. & BOUGET C. (éds), *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 »*. Les Dossiers forestiers 19: 99-110.
- BOUGET C., BRUSTEL H., BRIN A. & VALLADARES L. 2009. — Evaluation of window flight traps for effectiveness at monitoring dead wood associated beetles: the effect of ethanol lure under contrasting environmental conditions. *Agriculture and Forest Entomology* 11: 143-152. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2008.00400.x>
- BRUSTEL H. 2001. — *Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises: perspectives pour la conservation du patrimoine naturel*. Thèse de Doctorat, Institut national polytechnique, Toulouse, 327 p.
- DAJOZ R. 1998. — *Les Insectes et la forêt, rôle et diversité des Insectes dans le milieu forestier*. Lavoisier Tec & Doc, 594 p.
- DODELIN B. 2007. — Inventaires des Coléoptères saproxyliques par pièges-vitres: une étude des effets du placement et de l'usage d'un attractif. *Bulletin de la Société entomologique de France* 112 (2): 223-230.
- KAILA L. 1993. — A new method for collecting quantitative samples of insects associated with decaying wood or wood fungi. *Entomologia Fennica* 4: 21-23.
- MARTIKAINEN P. & KAILA L. 2004. — Sampling saproxylic beetles: lessons from a 10 years monitoring study. *Biological Conservation* 120: 175-185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.02.009>
- NOBLECOURT T., SOLDATI F. & BARNOUIN T. 2009. — *Échantillonnage des Coléoptères saproxyliques du Bois de Boulogne et du Bois de Vincennes (France, Paris)*. Rapport d'échantillonnage. Office national des Forêts, Pôle national d'Entomologie forestière, Quillan, 29 p.
- PARMAIN G. 2009. — *Évaluation de la qualité des forêts de feuillus françaises. Une nouvelle méthode basée sur l'utilisation des Coléoptères saproxyliques*. Rapport de Master II, Université de Perpignan, Perpignan, 36 p.
- PARMAIN G. 2010. — *Durée d'attractivité de l'éthanol dans les pièges Polytrap: cas des Coléoptères saproxyliques*. Mémoire de D.U.,

- Université d'Angers, Angers, 36 p.
- PAULIAN R. & BARAUD J. 1982. — *Faune des Coléoptères de France II, Lucanoidea et Scarabaeoidea*. Paul Lechevalier, Paris, 477 p.
- ROSE O. 2011. — *Gilde des Coléoptères xylomycétophages de Fomes fomentarius et fragmentation spatiale des habitats dans la hêtraie vosgienne*. Mémoire d'études, EPHE, Paris 12 p.
- SIRAMI C., JAY-ROBERT P., BRUSTEL H., VALLADARES L., LE GUILLOUX S. & MARTIN J. L. 2008. — Saproxylic beetle assemblages of old Holm-oak trees the mediterranean region: role of a key-stone structure in a changing heterogeneous landscape. *La Terre et la Vie* 63: 93-106.
- STORK N. E., HAMMOND P. M., RUSSELL B. L. & HADWEN W. L. 2001. — The spatial distribution of beetles within the canopies of oak trees in Richmond Park. *U.K. Ecological Entomology* 26: 302-311. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2001.00323.x>
- SVERDUP-THYGESON A. & BIRKEMOE T. 2008. — What window trap can tell us: effect of placement, forest openness and beetle reproduction in retention trees. *Journal of Insect Conservation* 13: 183-191. <https://doi.org/10.1007/s10841-008-9141-x>
- VANCE C., KIRBY K., MALCOLM J. & SMITH S. 2003. — Community composition of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in the canopy and understorey of sugar maple and white pine stands in south-central Ontario. *Environmental Entomology* 32: 1066-1074. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.5.1066>
- FONGE
- BLASCHKE M., HELFER W., OSTROW H., HAHN C., LOY H., BUSSLER H. & KRIEGLSTEINER L. 2009. — Naturnähezeiger: Holz bewohnende Pilze als Indikatoren für Strukturqualität im Wald. *Natur und Landschaft* 84 (12): 560-566.
- BODDY L., FRANKLAND J. C. & VAN WEST P. 2008. — Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes. *British Mycological Society Symposia Series* 28: V-VIII. [https://doi.org/10.1016/S0275-0287\(08\)80001-X](https://doi.org/10.1016/S0275-0287(08)80001-X)
- BOIDIN J. & GILLES G. 1994. — Contribution à la connaissance des Corticiés à basides uniformes ou subuniformes. *Bulletin de la Société mycologique de France* 110 (4): 185-229.
- BOURDOT H. & GALZIN A. 1911. — Hyménomycètes de France. (III. Corticiés: Corticium, Epithela, Asterostromella). *Bulletin Trimestriel de la Société Mycologique de France* 27 (2): 223-266.
- CHRISTENSEN M., HEILMANN-CLAUSEN J., WALLEYN R. & ADAMCIK S. 2005. — Wood inhabiting fungi as indicators of nature value in european beech forest, in MARCHETTI M. (éds), *Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe—From Ideas to Operability*. *European Forestry Institute Proceedings*, Saarijärvi, 229: 229-237.
- COURTECUISSIE R. 2009. — Référentiel taxonomique des Basidiomycètes de France métropolitaine. Office national des Forêts (Réseau naturaliste mycologie). *Société Mycologique de France* 467 p.
- TRICHIES G. & GRUHN G. 2013. — Étude de quelques récoltes françaises de *Sidera lunata* (Basidiomycota, Hymenochaetales). *Bulletin de la Société mycologique de France* 122 (1-2): 53-63.
- PEUPLEMENTS FORESTIERS
- BRAUN-BLANQUET J. 1932. — *Plant sociology: the study of plant communities*. Traduction par H. S. Conard et G. D. Fuller, McGraw-Hill, New York, 439 p.
- BRUCIAMACCHIE M., CATTAN A., JACOBEE F., PETIT C. E., FALCONE P., GILG O., SCHWOEHRER C., DRAPIER N., LEGAY M., BOUGET C., CHEVALIER R. & CLUZEAU C. 2005. — *Protocole de suivi d'espaces naturels protégés*. ENGREF, Nancy, 42 p.
- RÉSERVE BIOLOGIQUE INTÉGRALE DU MONT-VENTOUX
- TERRACOL J. 2007. — *Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux, rapport de présentation en vue de la création de la réserve et premier plan de gestion, période d'application: 2007-2021*. Office national des Forêts, Avignon, 116 p.
- TERRACOL J. & DREYFUS P. 2008. — *Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux, inventaire des peuplements, phase initiale (2007-2008). Rapport scientifique*. ONF-INRA, Avignon, 81p. (annexes. — Disponible sur http://www.onf.fr/lire_voir_ecouter/++oid++1ddef/@@display_media.html)
- TERRACOL J. & DREYFUS P. 2013. — Les réserves biologiques intégrales, des espaces d'étude des écosystèmes en évolution naturelle: l'exemple de la Réserve biologique intégrale du Mont-Ventoux. *Forêt méditerranéenne* 34 (3): 163-176.

Soumis le 25 avril 2016;
 accepté le 30 septembre 2016;
 publié le 29 mars 2017.

Annexe 1. — Autres études conduites dans la Réserve biologique intégrale

Outre le programme d'études encadré par l'ONF et le Comité de gestion de la RBI, cette dernière fait l'objet de recherches de la part de différents organismes. En 2009 et 2010, des prélèvements de Hêtre et de Sapin pectiné ont ainsi été réalisés dans la RBI par l'INRA-URFM afin d'étudier la dynamique évolutive de ces deux essences à partir de la structure génétique des populations.

En 2011, la RBI du Mont-Ventoux a été incluse dans le programme « Gestion forestière, Naturalité, Biodiversité—GNB » piloté par l'IRSTEA de Nogent-sur-Vernisson, appliqué sur de nombreux sites à travers toute la France. L'ambition de ce programme est de comparer des zones forestières exploitées et non exploitées (RBI ou parties de Réserves naturelles placées en évolution naturelle) afin d'étudier l'influence de la gestion sur sept groupes d'espèces: plantes vasculaires, mousses, champignons, chauves-souris, oiseaux, coléoptères carabiques et saproxyliques. Pour répondre aux besoins de cette étude, cinq placettes de la

RBI ont été intégrées dans le dispositif de suivi de l'IRSTEA. Trois d'entre elles faisaient partie du programme d'inventaire des coléoptères saproxyliques de la RBI et toutes les cinq de celui des champignons. Pour plus d'informations, voir le site dédié: <http://gnb.irstea.fr/> (dernière consultation le 9 février 2017).

De 2010 à 2012, des insectes ont été capturés et identifiés par l'entomologiste hollandais M. André Masseur sur des secteurs non étudiés par le réseau d'entomologie de l'ONF. Et en 2015, a débuté un inventaire des araignées de la RBI à l'initiative de M. Jean-François Cornic.

Enfin, le programme d'études défini par l'ONF peut être complété par de nouveaux volets à l'occasion d'événements particuliers. L'ouverture de couloirs d'avalanches au cours de l'hiver 2008-2009 a ainsi donné lieu à une étude sur l'histoire de ces phénomènes dans le Mont-Ventoux et à la mise en place d'un suivi particulier sur la recolonisation desdits couloirs par la végétation.

Couverture : Mont-Ventoux, vue générale du versant nord. Photo : J. Terracol