



WWF

RAPPORT

2013

Forêts anciennes de Méditerranée et des montagnes limitrophes

Références pour la naturalité régionale

Magali Rossi, Pierre Bardin, Eugénie Cateau, Daniel Vallauri

Citation conseillée :

Rossi M., Bardin, P., Cateau E., Vallauri D., 2013.
Forêts anciennes de Méditerranée et montagnes
limitrophes. Références pour la naturalité régionale.
WWF France, Marseille, 144 pages.

Mots clés :

Naturalité / Méditerranée / Ancienneté / Maturité /
Haute valeur de conservation

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui nous ont aidés tout au long de cette étude :

- en premier lieu, tous les membres du comité scientifique et technique du programme Forêts Anciennes, qui ont participé depuis 2010 à son suivi et à l'élaboration progressive de la méthode d'évaluation de la naturalité des forêts qui est ici utilisée ;
- les agents, techniciens ou ingénieurs de l'Office National des Forêts et les gestionnaires des espaces protégés, qui nous ont fourni de précieuses informations, que ce soit des données de gestion à travers les plans d'aménagement des sites visités, ou leur connaissance du terrain pour découvrir les hauts lieux de naturalité ;
- nos collègues du pôle Forêts du WWF France, qui nous ont aidés à l'évaluation des forêts du mont Ventoux, ainsi que les stagiaires ayant œuvré sur certaines analyses locales.

Les auteurs remercient chaleureusement :

Louis Amandier (CRPF-PACA), Jean André (REFORA), Anaëlle Bacconier (stagiaire LEGTA Sartène), Bernard Bachasson (FRAPNA Région), Corine Bauvet (FRAPNA Ardèche), Michel Blanchet (PNR Queyras), Jacques Blondel (CEFE-CNRS), Gilles Bonin (IMBE), Jean-Louis Bonnafo (ONF), Jean Bonnier (AIFM), Véronique Boussou (PNF), Antoine Brin (ESAP), Max Bruciamacchie (Agroparistech-Engref), Hervé Brustel (ESAP), Élise Buchet (CRPF-LR), Benjamin Calmont (entomologue), Daniel Cambon (ONF), Christopher Carcaillet (EPHE), Antoine Catard (CEN-PACA), Oliver Chambon (Conseil général de la Drôme), Laurent Charnay (DREAL Rhône-Alpes), Christophe Chauvin (IRSTEA), Dominique Chavy (PNR du Verdon), Gilles Corriol (CBNP), Emmanuel Cosson (GCP), Éric Coulet (RNF), Claire Crassous (PN du Mercantour), Jean-Baptiste Daubrée (DRAAF), Jean-Paul Dauphin (ONF), Nicolas Debaive (RNF), Daniel Demontoux (PN du Mercantour), Romain Devèze (WWF), Benoît Dodelin (BMAF), Marie Dolidier (stagiaire Lycée Olivier de Serre, Aubenas), Nicolas Drapier (ONF), Loïc Duchamp (RNF), Jeanne Dulac (RNF), Jean-Luc Dupouey (INRA), Jean-Louis Édouard (IMBE), François Ferraina (ONF), Bertrand Fleury (ONF), Jean-Pierre Frances (ONF), Marc Fuhr (IRSTEA), Gérard Gapin (ONF), Joseph Garrigue (RNN de la Massane), Jean-Christophe Gattus (ONF), Thierry Gauquelin (IMBE), Grégoire Gauthier (PN des Cévennes), Gaël Gautier (ONF), Pierre Gonin (CNP/IDF), Audrey Grel (INRA), Dominique Guicheteau (RNN de la plaine des Maures), Claude Guisset (RNN de Py), Sandra Guy (ONF), Nabila Hamza (DREAL), Robert Henry (ONF), Jean-François Holthof (Association Païolive), Ornella Kristo (BMAF), Alain Ladet (FRAPNA), Nathalie Lamande (DREAL Languedoc-Roussillon), Laurent Larrieu (INRA), Benoit Larroque (ONF), Jacques Lepart (CEFE-CNRS), Elsa Libis (REFORA), Nicolas Luigi (Prosilva), Jean-André Magdalou (RNN de la Massane), Louis Maire (IGN), Damien Marage (Agroparistech-Engref), Maxence Martin (stagiaire Université de Lorraine), Jean Morri (ONF), Thierry Noblecourt (ONF), Christophe Panaïotis (CBNC), Marie Parrot (stagiaire Agroparistech-ENGREF), Boris Patentreger (WWF), Raul Pimenta (RNN de Py), Jean-Michel Pirastru (PNR des Alpilles), Gérard Pontié (ONF), Jean-Baptiste Portier (PNR du Queyras), Daniel Reboul (ONF), Franck Richard (CEFE-CNRS), Jean-Baptiste Roelens (WWF), Laurent Roya (ONF), Christophe Ruth (ONF), Aline Salvaudon (PNR du Luberon), Thibault Sauvaget (ONF), Jean-Marie Savoie (EIP), Hélène Schabaver (ONF), Bertrand Schatz (CEFE-CNRS), Bernard Seguin (INRA), Denis Soulé (ONF), Brigitte Talon (IMBE), Julien Tavernier (WWF), Muriel Tiger (ONF), Fabrice Torre (CRPF de Corse), Jean-Louis Traversier (ONF), David Tresmontant (ONF), Christian Vacquié (ONF), Michel Vennetier (IRSTEA), Julien Vézinet (ONF), Laure Vuinée (LPO Drôme).



SOMMAIRE

Résumé exécutif.....	6
Executive summary.....	10
<hr/>	
INTRODUCTION	14
Des forêts anciennes en Méditerranée ?.....	14
Éléments de la problématique en France.....	15
Structure du rapport de synthèse.....	17
<hr/>	
MÉTHODES D'ÉVALUATION UTILISÉES	18
Méthode d'évaluation de la naturalité des forêts à l'échelle du peuplement.....	18
<i>Aperçu des méthodes</i>	18
<i>La méthode d'évaluation complète version 1.1</i>	18
<i>Rappels sur la méthode d'évaluation rapide version 1.1</i>	19
<i>Système de notation</i>	19
L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP).....	23
<hr/>	
PRÉSENTATION DES HAUTS LIEUX ÉCHANTILLONNÉS	26
Forêts sélectionnées.....	26
Peuplements évalués.....	27
<hr/>	
PREMIER APERÇU DES RÉSULTATS VIA L'IBP	30
Aperçu général.....	30
Saturation des notes.....	30
Analyse des notes les plus faibles.....	31
<hr/>	
DESCRIPTION DE LA NATURALITÉ : RÉSULTATS PAR CRITÈRE	34
Diversité des arbres.....	34
Indigénat.....	35
Patrimonialité.....	35
<i>Espèces patrimoniales forestières</i>	35
<i>Habitat forestier</i>	35
Diversité des habitats associés.....	36
<i>Milieux rocheux</i>	36
<i>Milieux humides</i>	36
<i>Milieux ouverts</i>	36
Microhabitats des arbres.....	37
<i>Microhabitats des arbres vivants</i>	38
<i>Loges de pics</i>	38
<i>Polypores</i>	39
Complexité structurale.....	39
<i>Structure du peuplement</i>	39
<i>Surface terrière</i>	39
<i>Stratification verticale</i>	40
Maturité.....	40
<i>Age du peuplement</i>	41
<i>Très très gros bois (TTGB)</i>	41
<i>Volume de bois mort</i>	42
Dynamique.....	43
<i>Stades de succession</i>	43
<i>Phases de la sylvigénèse</i>	43
Continuité spatiale.....	43
<i>Surface forestière à naturalité minimale</i>	44
<i>Surface forestière en continuité</i>	44
Ancienneté.....	44

EMPREINTE ÉCOLOGIQUE HUMAINE : RÉSULTATS PAR CRITÈRE	46
Empreinte Après 1960	46
<i>Date de la dernière coupe</i>	46
<i>Nombre de souches</i>	47
<i>Présence d'espèces envahissantes introduites</i>	47
<i>Cause de fragmentation</i>	47
Empreinte 1800-1960	47
<i>Présomption d'usages agro-pastoraux</i>	47
<i>Présomption d'une exploitation forestière</i>	48
Pressions dans les 50 ans à venir	49
<i>Exploitation du bois</i>	49
<i>Incendie</i>	49
<i>Risque de défrichement</i>	50
<i>Chasse et pression d'abrutissement</i>	50
<i>Fréquentation</i>	50
<i>Espèces envahissantes</i>	51
<i>Changement climatique</i>	51
<i>Durabilité de la conservation</i>	51
DESCRIPTION SUCCINCTE DU SENTIMENT DE NATURE PERÇU	52
Première approche succincte	52
Analyse globale et peuplements extrêmes	52
Déterminants du degré de sentiment de nature	53
Perspectives d'amélioration	57
ANALYSE MULTICRITÈRE PAR HABITAT	58
Suberaie	58
Chênaie verte	60
Chênaie blanche	62
Hêtraie	64
Hêtraie-sapinière	66
Sapinière	69
Forêt de pin laricio	71
Cembraie et mélézin	72
ORDINATION DES HAUTS LIEUX	76
Analyse factorielle des correspondances	76
Classification ascendante hiérarchique	76
Description du groupe A : peuplements à naturalité la plus forte de l'échantillon	80
Description du groupe B1 : peuplements à très forte naturalité mais peu diversifiés	83
Description du groupe B2 : peuplements à forte naturalité et diversifiés	85
Description du groupe C : peuplements à naturalité intermédiaire et d'habitat patrimonial	87
Description du groupe D : peuplements à naturalité intermédiaire	90
Description du groupe E : peuplements à naturalité moyenne	92
Description du groupe F : peuplements à naturalité la plus faible de l'échantillon et impactés par l'exploitation	94
ANALYSE EN VUE DE L'AMÉLIORATION DE LA MÉTHODE D'ÉVALUATION : POUR UNE VERSION 1.2	98
Corrélation entre les indicateurs	98
Diversité des essences	98
Microhabitats des arbres	100
<i>L'indicateur Loges de pics</i>	100
<i>L'indicateur Gros arbres vivants à polypores</i>	100
<i>L'indicateur Diversité des microhabitats des arbres vivants</i>	101

Maturité.....	101
<i>L'âge du peuplement</i>	101
<i>Densité de TTGB</i>	102
Diversité des habitats associés.....	104
Continuité spatiale.....	104
Empreinte Après 1960.....	104
<i>Exploitation du bois après 1960</i>	104
<i>Autres indicateurs de l'empreinte après 1960</i>	104
Pressions pour les 50 ans à venir.....	105

VERS DES INDICES SYNTHÉTIQUES (À PARTIR DE LA VERSION 1.2)	106
Avertissement sur les indices synthétiques.....	106
Quels indices créer pour répondre à quels besoins ?.....	106
Indice générique de naturalité (INg).....	107
Indice de naturalité spécifique aux hauts lieux (INhl).....	107
Indice générique d'empreinte (IEg).....	107
Indice d'empreinte spécifique aux hauts lieux (IEhl).....	109
Distribution des hauts lieux en fonction des indices proposés.....	109
<i>Sur les indices génériques</i>	109
<i>Sur les indices spécifiques</i>	112
<i>À propos de la corrélation entre les indices</i>	112
<i>Ordination dans chaque habitat</i>	112
<i>L'ordination du top 10 des peuplements</i>	114

COMPARAISON AVEC D'AUTRES INDICES SYNTHÉTIQUES	116
Une question de critères et de poids.....	116
Comparaison à l'IBP.....	117
<i>Comparaison des poids des indicateurs</i>	117
<i>Comparaison à partir des valeurs de l'échantillon</i>	118
Comparaison au classement des hauts lieux de la Vanoise (Libis, 2011).....	118
Première tentative de comparaison à d'autres hauts lieux.....	121

DISCUSSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	124
Validité de la méthode d'évaluation multicritère de la naturalité proposée.....	124
Pistes pour une amélioration continue : vers une version 2.0.....	124
<i>Validation de la méthode dans les forêts gérées</i>	125
<i>Simplification supérieure</i>	125
<i>À propos des indices synthétiques</i>	125
<i>À propos de l'IBP</i>	126
<i>Une approche déclinable à d'autres échelles ?</i>	128
Quelques valeurs de référence des hauts lieux méditerranéens.....	129
Pour un réseau de hauts lieux forestiers de référence.....	130
<i>Dans l'écorégion méditerranéenne française</i>	130
<i>Compléments nécessaires dans le bassin méditerranéen</i>	131
<i>Extension aux hauts lieux des forêts tempérées européennes</i>	132
Vers des applications à la gestion.....	132
<i>Naturalité et gestion productive</i>	132
<i>Pour une stratégie de création de réserves et de réseaux d'îlots</i>	134
<i>Évaluer le bon état de conservation</i>	134

RÉFÉRENCES	136
-------------------------	-----

Table des tableaux.....	140
Table des figures.....	141
Sommaire des annexes numériques.....	144

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Des forêts anciennes en Méditerranée ?

Si les forêts à haute naturalité sont un sujet de débat dans les régions tempérées et boréales de l'Europe depuis une vingtaine d'années (Peterken, 1996 ; Schnitzler, 2003 ; Vallauri, 2003 ; Gilg, 2004), elles n'ont pas fait l'objet d'une priorité de conservation en Méditerranée, sauf récemment et dans quelques pays (Italie, Balkans).

Aujourd'hui, les forêts anciennes et matures comptent sans doute pour moins de 1 % de la surface totale de l'écorégion méditerranéenne (Mansourian *et al.*, 2013). Toutefois, elles existent bel et bien et possèdent une biodiversité originale. Ces forêts sont importantes pour l'adaptation face aux changements climatiques, si cruciale aujourd'hui. Enfin, elles font partie du patrimoine naturel méditerranéen et sont une source d'inspiration.

Objectif de l'étude

Ce rapport propose une synthèse des résultats d'une étude destinée à caractériser la naturalité des forêts méditerranéennes, menée de 2010 à 2013, dans le cadre du programme Forêts anciennes du WWF France (www.forêts-anciennes.fr).

Quelle méthode d'analyse de la naturalité est adaptée aux forêts de l'écorégion méditerranéenne ? Celle-ci est-elle fondamentalement différente de celle destinée à d'autres régions, et si oui en quoi ? Est-il possible de développer une méthode d'évaluation qui soit simple, fiable et suffisamment rapide pour être utilisée comme guide par le gestionnaire ? Quelles sont les valeurs de référence des principaux indicateurs de naturalité et d'empreinte écologique humaine dans les hauts lieux de l'écorégion ? En quoi ces valeurs se distinguent-elles des autres forêts ? Cet écart peut-il inspirer une réflexion de gestion ? Autant de questions auxquelles ce rapport tente de répondre.

Une méthode *ad hoc* pour évaluer la naturalité des forêts

Élaborée avec l'aide du comité scientifique et technique du programme, la méthode est le fruit d'un long processus d'échanges, de synthèses et de tests pour la rendre opérationnelle. Elle est multicritère et s'applique ici à l'échelle du peuplement. Pour plus de détails, le lecteur intéressé lira le guide de mise en œuvre (Rossi & Vallauri, 2013).

33 forêts ont été sélectionnées à partir de la littérature disponible et de l'avis des experts, et cela sur 4 principaux critères (si possible) : l'ancienneté de l'état boisé, l'indigénat des essences dominantes, la maturité des arbres, une empreinte humaine faible (date de dernière coupe > 60 ans). Dans ces forêts (figure 1), 52 peuplements ont fait l'objet d'une évaluation complète (peuplement d'un hectare). Couvrant toute la diversité des habitats forestiers des 15 départements méditerranéens, de l'étage mésoméditerranéen au subalpin, l'échantillon vise à décrire les hauts lieux de naturalité de l'écorégion.

Quelle naturalité et empreinte humaine dans les hauts lieux méditerranéens ?

Les hauts lieux de l'échantillon sont en moyenne caractérisés par : une diversité des arbres relativement élevée (supérieure à 5 espèces, à l'exception notable de quelques hêtraies) ; un taux d'indigénat égal à 100 % du couvert ; une grande densité de microhabitats (diversité plafonnée égale à 10/ha, plus de 5 loges de pic/ha pour la moitié de l'échantillon) ; une structure irrégulière au moins en diamètre ; une surface terrière supérieure à 25 m²/ha ; une structure verticale des espèces ligneuses avec au moins 3 strates ; un âge du peuplement considéré comme mature (supérieur à la moitié de la longévité de l'essence) ou âgé (> 3/4) ; un nombre de très très gros bois (TTGB) et un volume de bois mort variables (un tiers des peu-

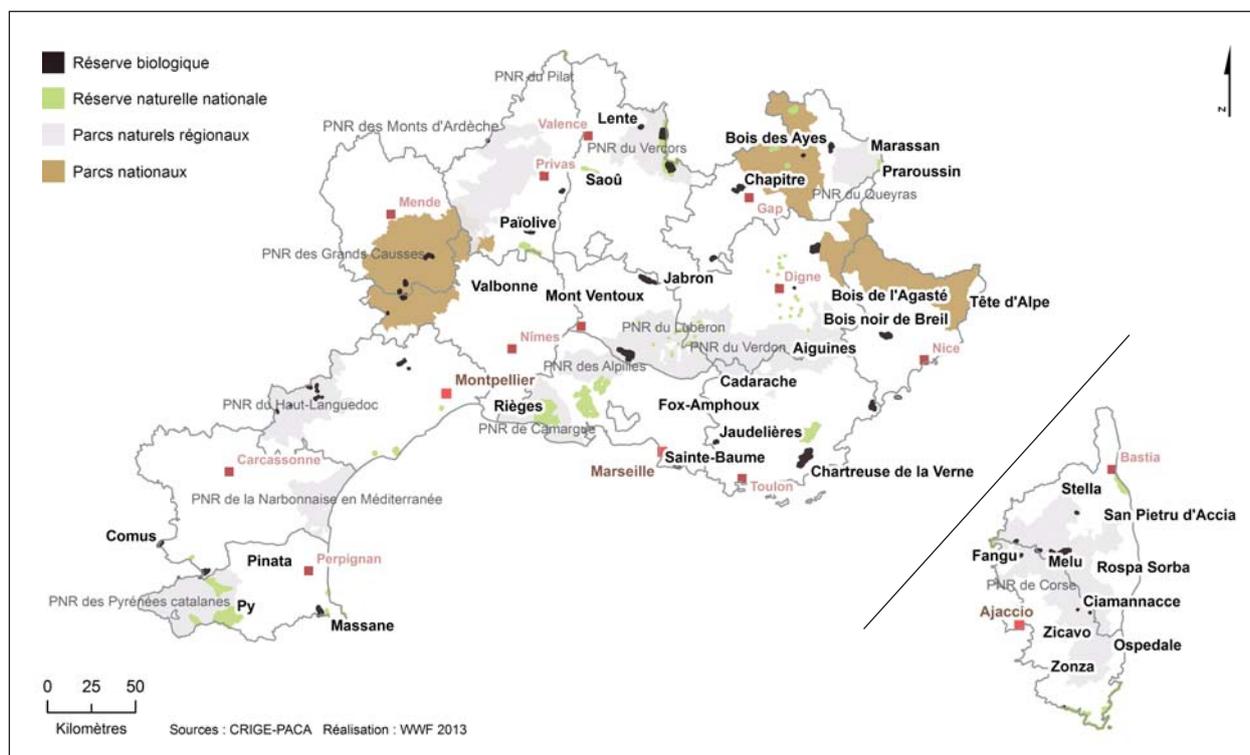


Figure 1. Localisation des 33 forêts dans lesquelles 52 peuplements ont été évalués.

peuplements ont plus de 10 TTGB/ha, un quart des peuplements présentent plus de 50 m³/ha de bois mort) ; une dynamique dominée par les dryades mais comportant rarement toutes les phases de la sylvigénèse.

L'empreinte humaine après 1960 est généralement faible dans les hauts lieux (absence d'exploitation du bois et des autres empreintes). Les présomptions d'exploitation ancienne sont nombreuses (pâturage, charbonnage, etc.). Toutefois, la non exploitation du bois est attestée à des dates anciennes pour La Massane (1880), Comus (1886) et Lente (1897). Les pressions dans les 50 ans à venir sont généralement inférieures à la moyenne, faute d'accessibilité facile à l'exploitation notamment, sauf à Cadarache où les projets d'aménagement bordent les peuplements.

Le sentiment de nature perçu dans ces peuplements est généralement fort à très fort (exceptionnel à Zicavo et La Sainte-Baume, Grotte aux œufs).

La valeur des critères et indicateurs de naturalité est discutée par habitats. Les hêtraies-sapinières, sapinières et hêtraies de l'échantillon sont les habitats à la plus haute naturalité. Les autres habitats, notamment ceux des étages

mésos et supra-méditerranéens, ont une naturalité moindre, même si de rares exemples de peuplements à haute naturalité existent : Les Jaudelières (Maures) pour la chênaie liège, Omita dans le Fangu pour la chênaie verte, Montchamp dans le Bois de Païolive pour la chênaie blanche.

Une analyse factorielle et une classification ascendante hiérarchique conduisent à l'ordination de l'échantillon en 7 groupes de naturalité décroissante. La valeur des critères et indicateurs de naturalité pour chaque groupe est décrite, des plus hauts lieux de naturalité de l'échantillon aux peuplements encore en exploitation.

Proposition d'indices synthétiques

Au vu des résultats, des améliorations sur le calcul des notes des critères sont proposées et mises en œuvre. Cette version 1.2 de la méthode sert de base à la suite des calculs.

Dans le but de faciliter une appréhension multicritère de la naturalité, une recherche d'indice synthétique est engagée. Aucun indice synthétique mélangeant l'ensemble

des indicateurs de naturalité et d'empreinte n'est apparu pertinent. Ainsi, le choix a été fait de conserver 2 indices complémentaires, permettant de donner une image à la fois rapide et pertinente de la naturalité du peuplement d'une part et de l'empreinte humaine d'autre part.

Par ailleurs, la création d'indice considère deux applications différentes :

- Une première paire d'indices dits « génériques » est élaborée pour décrire n'importe quelle forêt, quelle que soit sa position sur le gradient de naturalité. Cela permet d'évaluer des forêts gérées, suivant toute la gamme des sylvicultures, ou des hauts lieux, et ainsi de susciter des recommandations de gestion (à l'instar de l'IBP de Larrieu et Gonin, 2008) ;
- Une seconde paire d'indices dits « spécifiques aux hauts lieux » cherche à ordonner les hauts lieux de naturalité pour en comprendre l'histoire et l'écologie.

Le poids de chacun des indicateurs et critères dans chaque indice est analysé (figure 2).

L'ordination des peuplements de l'échantillon selon les indices est discutée (figure 3). Les peuplements présentant les plus hautes valeurs de l'indice de naturalité correspondent bien aux groupes A et B de la typologie précédemment construite.

Qu'il soit fait sur l'indice générique ou l'indice spécifique aux hauts lieux, les quatre premiers peuplements sont les sapinières ou hêtraies-sapinières du Bois noir de Breil, de Zonza (Punta di Ferru et Samulaghia) et du Bois du Chapitre (rive du Buëch), avec un indice de naturalité spécifique aux hauts lieux supérieur à 8/10. Les sapinières du Ventoux (Coste Vieille) et du Bois du Chapitre (combe de Lavanche) ainsi que la hêtraie de Zicavo (Luvana) et de La Massane (Corral dels porcs) suivent. Selon l'indice d'empreinte humaine, le top 10 est composé de Lente/Val Sainte-Marie (2 peuplements), Comus (2), Ventoux (2), Zonza (2), Bois du Chapitre (2), avec des valeurs d'indice générique inférieures à 2/10. Pour chaque habitat, quelques peuplements se démarquent. Le peuplement de chêne vert du Fangu (Omita) présente un indice de naturalité supérieur d'un point et un indice d'empreinte inférieur de moitié par rapport aux autres chênaies vertes étudiées. Ce peuplement est exceptionnel pour l'habitat. La chênaie blanche de Montchamp à Païolive a un indice de naturalité significativement plus élevé que les autres peuplements de cet habitat, malgré un indice d'empreinte restant moyen. Pour les hêtraies, celles de Zicavo (Luvana) et de la Massane (Corral dels Porcs) sortent du lot. Si la forêt de la Massane est bien connue, celle de Zicavo

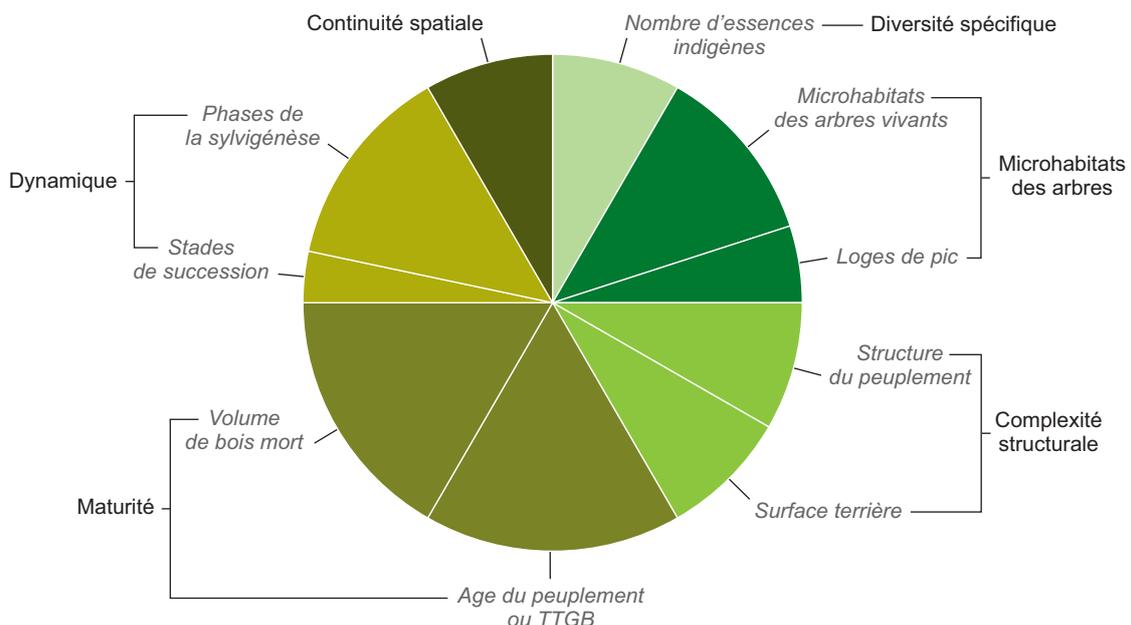


Figure 2. Poids de chacun des critères et indicateurs dans la définition d'un indice de naturalité spécifique aux hauts lieux.

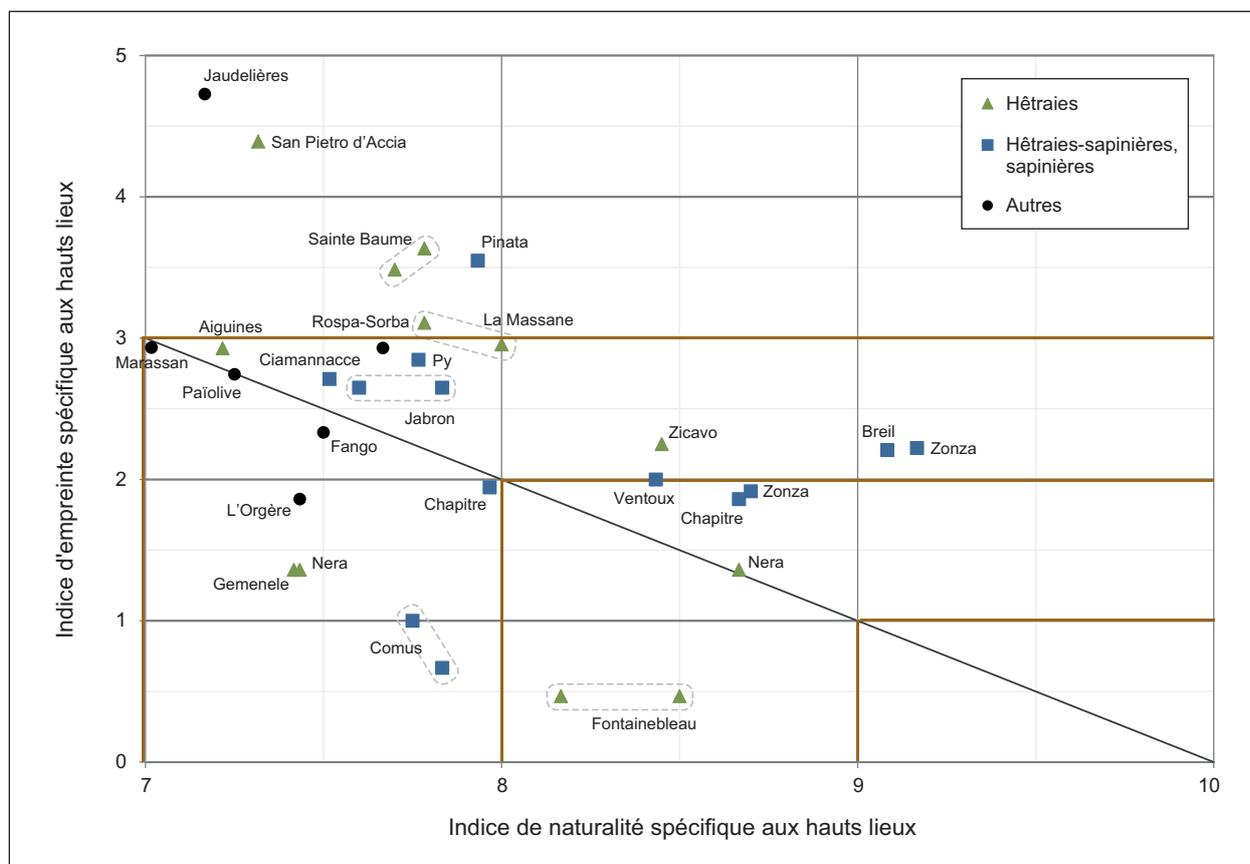


Figure 3. La valeur des indices de naturalité et d'empreinte spécifiques aux hauts lieux pour une partie de l'échantillon (INhl > 7) et quelques autres forêts de référence.

reste à étudier ; elle présente une naturalité proche des peuplements de Fontainebleau (Tillaie et Gros Fouteau) et légèrement inférieure au meilleur peuplement de la Nera (Roumanie), avec une empreinte supérieure. Les sapinières de Zonza et du bois noir de Breil sont les deux peuplements à la plus haute naturalité de notre échantillon. Pour les cembraies, peu étudiées dans cette étude, les peuplements de Marassan et du bois des Ayes présentent la plus forte naturalité (indice de naturalité spécifique proche de 7/10), en deçà de la valeur obtenue par l'Orgère en Savoie (7,4/10).

La comparaison à d'autres indices existants (dont l'IBP de Larrieu et Gonin, 2008 et celui de Libis, 2011 pour la Vanoise) est discutée, de même qu'une comparaison à des hauts lieux non méditerranéens (Fontainebleau, Orgère, Nera).

Vers des applications à la gestion

Ces résultats ouvrent une discussion générale ayant l'ambition de fixer les étapes pour une amélioration de la méthode d'évaluation de la naturalité des forêts ; de statuer sur la naturalité des hauts lieux de l'écorégion ; et de dresser les riches perspectives d'applications à la gestion, qu'elle soit productive ou conservatoire.

Le DVD situé en troisième de couverture rassemble toutes les fiches de description de la naturalité des 52 peuplements, ainsi que les outils de terrain et d'analyse (voir aussi www.foretsanciennes.fr).



EXECUTIVE SUMMARY

Ancient Forests in France's Mediterranean region and surrounding mountains. References for regional naturalness.

Are there any ancient forests in the Mediterranean?

While ancient forests have been a topic of interest in temperate and northern Europe since about 20 years (Peterken, 1996 ; Schnitzler, 2003 ; Vallauri, 2003 ; Gilg, 2004), they have not been a conservation priority in most Mediterranean countries until recently, and only in some countries (Italy and the Balkans). Today they represent probably less than 1 % of the Mediterranean ecoregion total area. Yet, they do exist and they hold a wealth of biodiversity. These forests are important for adaptation to climate change, that is so critical nowadays. Last but not least, they are part of the Mediterranean natural heritage and a source of inspiration.

Objectives of the current study

This report synthesises the results of a study that aimed to characterise naturalness of Mediterranean forests. It was conducted between 2010 and 2013, in the framework of WWF-France's programme on "Ancient Forests" ("Forêts anciennes"; www.foretsanciennes.fr).

The report attempted to answer a number of questions: Which method is adapted to analyse naturalness of forests in the Mediterranean ecoregion? Is this methodology fundamentally different to that applied in other regions, and if so, how? Is it possible to develop a simple, reliable and rapid assessment methodology to guide forest managers? What are the reference values for the main indicators of naturalness and human footprint in ancient forests of the

ecoregion? How are these values different from those of other forests? Could this gap inspire management practices?

A methodology to evaluate forest naturalness

The methodology was developed with the contribution of the programme's scientific and technical committee, as well as a long process of exchanges, syntheses and tests. It is based on multicriteria and applied at stand level. For more information, please read the guide for practical implementation (Rossi & Vallauri, 2013).

Thirty-three forests were selected based on the literature and experts' knowledge, as well as using four main criteria (wherever possible): ancientness of forest cover, nativeness of the dominant tree species, maturity (old-growthness), and low human footprint (last harvesting > 60 years). In these forests (figure 1), 52 stands were fully evaluated (stand with an area of one hectare). The sample covered all main forest habitats of the 15 Mediterranean departments concerned, from meso-Mediterranean to subalpine levels, and aimed to describe the ecoregion's hotspots.

Degree of naturalness and extent of human footprint in Mediterranean hotspots

The sample's hotspots were on average characterised by: a relatively high tree diversity (> 5 species, except for some beech forests); a rate of nativeness equal to 100 % of the forest cover; a high density of microhabitats (more than five nesting woodpecker holes per ha for half of the sample); an uneven-aged structure, at least through diameters; a basal area superior to 25 m²/ha; a vertical structure of woody species with at least three layers; a stand age considered as mature (superior to half of the tree species' longevity) or old (> 3/4); a variable number of very large trees and a volume of

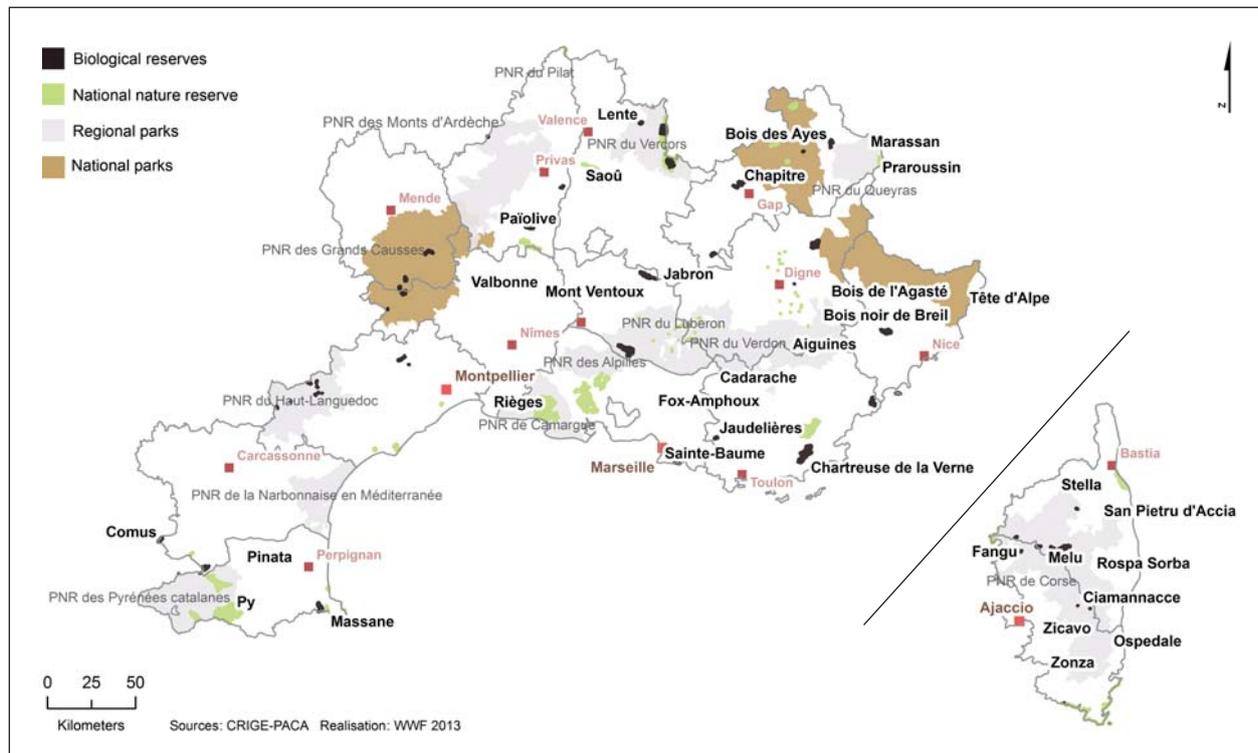


Figure 1. Location of the 33 forests in which 52 stands were evaluated.

deadwood (1/3 of the stands with more than 10 very large trees per hectare, 1/4 of the stands with more than 50 m³/ha of deadwood); a dynamics dominated by dryas, but rarely exhibiting all sylvigenetic phases.

Human footprint after 1960 was generally low in the hotspots (absence of logging and other impacts). While there were a lot of assumptions of ancient uses (grazing, clearing for charcoal, etc.), the absence of logging can be certified in La Massane (since 1880), Comus (1886) and Lente (1897). Pressures for the next 50 years were usually lower than average, mainly due to wood harvesting difficulties, except in Cadarache, where infrastructure was developed close to the stands.

Wildness (perceived naturalness) in those stands was found to be in general high to very high (outstanding in Zicavo and La Sainte-Baume, Grotte aux œufs).

We discuss the values of naturalness criteria and indicators by habitat. Results showed that beech-fir forests, fir forests and beech forests of the sample were the habitats with the highest naturalness value. Other habitats, especially at meso and supra-Mediterranean levels, were found to have a lower naturalness, even if rare

examples of stands with high naturalness value do exist, for example: Les Jaudelières (Maures) for cork oak forest, Omita in Fangu holm oak forest, Montchamp in the Bois de Païolive for downy oak forest.

A factor analysis and an ascending hierarchical classification enabled the categorization of the sample into seven groups of decreasing naturalness. Values of naturalness criteria and indicators were described for each group, ranging from hotspots to stands still being harvested.

Proposal for composite indices

In view of the results, some improvements to the calculation of the scores were proposed and applied. This leads to version 1.2 of the methodology and is the basis for all the calculations that follow.

Research into composite indices was started in order to simplify the multicriteria approach of naturalness. None of the indices that mixed naturalness and human footprint indicators proved to be relevant. So, it was decided to conserve two complementary indices, that provide a quick and relevant snapshot of stand natu-



ralness on the one hand, and human footprint on the other hand.

Furthermore, the development of indices can be considered for two different applications:

- A first pair of indices, called “generic” is elaborated to describe any forest along the naturalness gradient. We can thus evaluate forests managed through different forms of silviculture, or hotspots, and formulate management recommendations (such as the potential biodiversity index - IBP – developed by Larrieu et Gonin, 2008);
- A second pair of indices, called “specific to hotspots”, aims to rank hotspots in order to understand their history and ecology.

The weight of each indicator and criteria was analysed (figure 2). The ranking of the sample stands was discussed (figure 3). The stands with the higher naturalness index were found to match with the group of the best stands (groups A & B) from the previous typology.

Using either the generic index or the index specific to hotspots, the results showed that the first four stands were the fir or beech-fir stands of Bois noir de Breil, Zonza (Punta di Ferru and Samulaghia) and Bois du Chapitre (rive du Buëch), with a naturalness index specific to hotspots superior to 8/10 followed by fir stands from Ventoux (Coste Vieille) and Bois du

Chapitre (combe de Lavanche), as well as beech stands from Zicavo (Luvana) and La Massane (Corral dels porcs).

According to the human footprint index, the top 10 were found to be Lente/Val Sainte-Marie (2 stands), Comus (2), Ventoux (2), Zonza (2), Bois du Chapitre (2), with a generic index inferior to 2/10.

For each habitat, some specific stands were highlighted. For example, the holm oak forest stand in Fangu (Omita) has a naturalness index superior by one point, and a human footprint index half inferior compared to the other holm oak stands that were evaluated. This stand is outstanding for the habitat. The downy oak forest stand of Montchamp (Païolive) has a naturalness index significantly higher than the other stands for this habitat, in spite of an average human footprint index. For the beech forest stands, Zicavo (Luvana) and La Massane (Corral dels Porcs) stand out. If the reserve of La Massane is well known, Zicavo forest stand has to be further studied ; its naturalness is close to Fontainebleau stands (Tillaie & Gros Fouteau) and slightly inferior to the best stand assessed (La Nera, Romania), but with a higher human footprint. Fir forest stands of Zonza and Bois noir de Breil are the best stands in terms of naturalness of our sample. For Stone pine

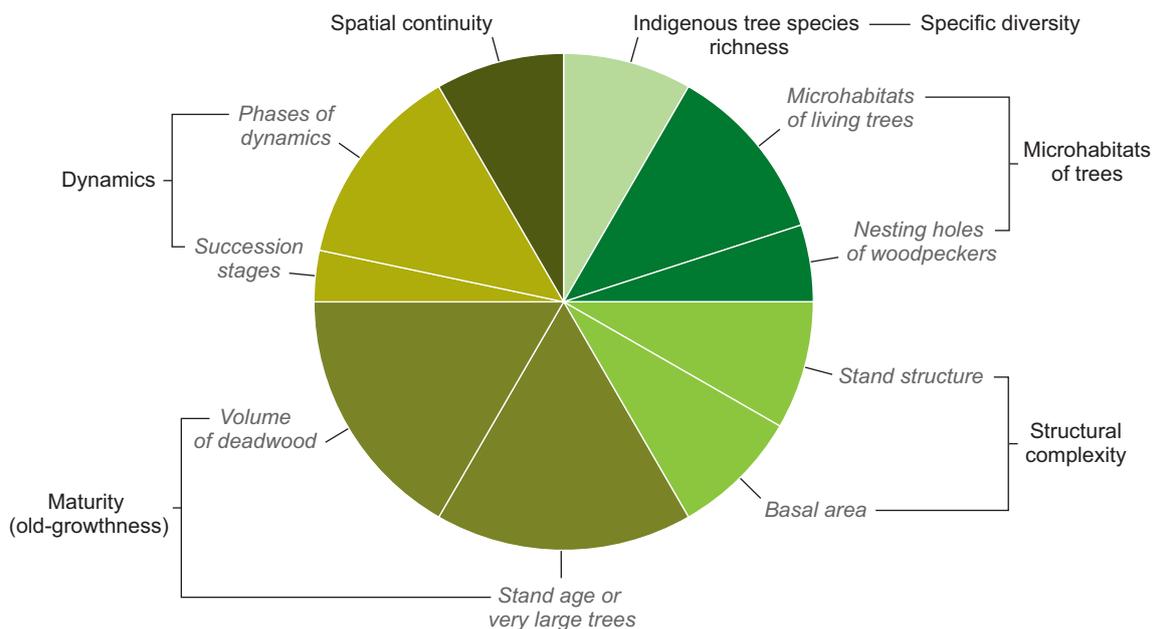


Figure 2. Weight of each indicator in the definition of the naturalness index specific to hotspots.

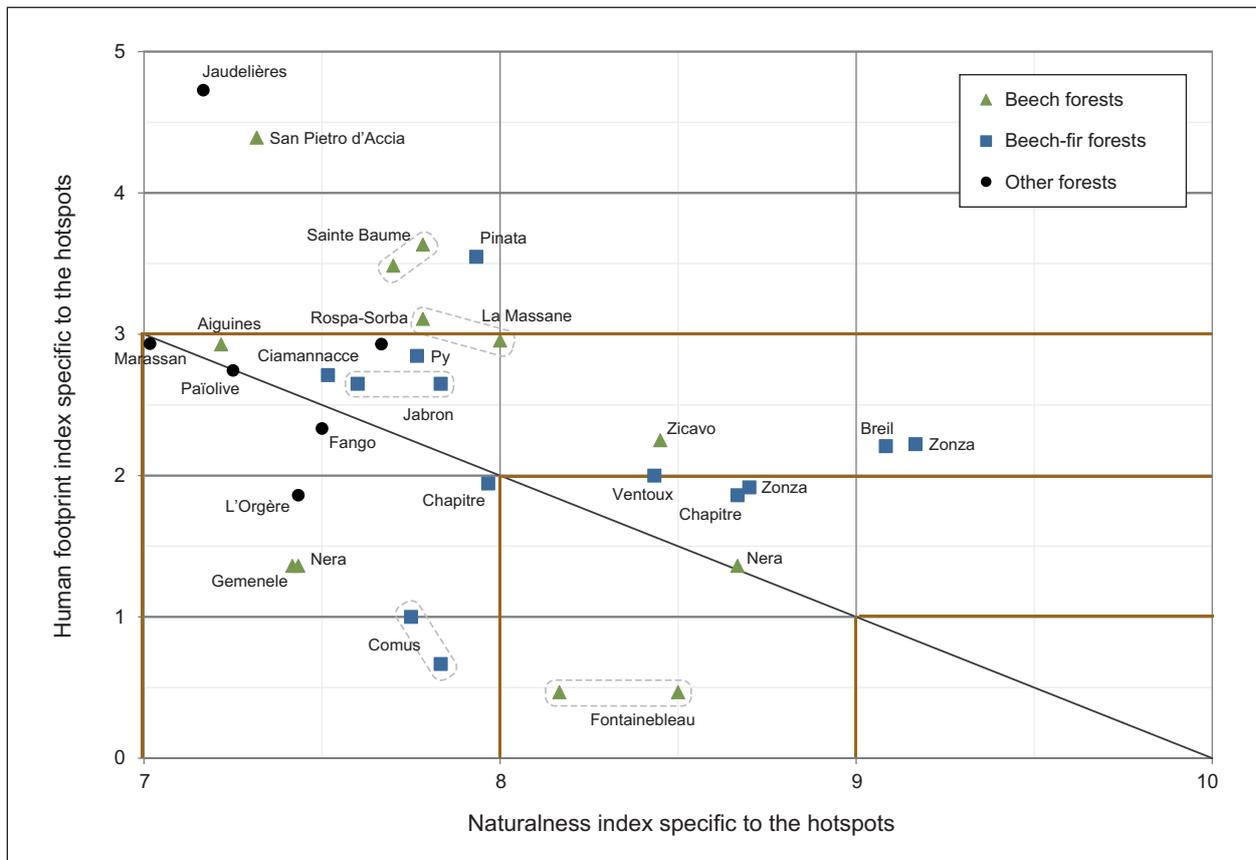


Figure 3. Values of naturalness and human footprint indexes specific to hot spots, for part of our sample and some other reference forest stands.

forests, less studied in this report, stands from Marassan and Bois des Ayes have the highest naturalness index (naturalness index specific to hotspots close to 7/10), lower than the value of the Orgère forest in Vanoise (7,4/10).

The comparison to other indices (IBP developed by Larrieu et Gonin, 2008 and the one from Libis, 2011 for La Vanoise) was discussed, as well as a comparison to other hotspots outside the Mediterranean region (Fontainebleau, Orgère, Nera).

Towards management practices

The results lead to a general discussion, in order to step up the improvement of the methodology proposed to assess forest naturalness; to discuss the naturalness of the hotspots of the ecoregion; and to list the large number of management implications, either for productive purposes or for conservation.

INTRODUCTION

Des forêts anciennes en Méditerranée ?

Les résultats des recherches en écologie (Franklin *et al.*, 1997, Lindenmayer & Franklin, 2002, Gosselin & Laroussinie, 2004) montrent de plus en plus clairement les clés de la structuration et de la viabilité des écosystèmes forestiers. Ils font ressortir des qualités écologiques des forêts : diversité, indigénat, complexité structurale, maturité, dynamique, continuité, ancienneté. Ces qualités sont souvent rassemblées sous le terme générique de naturalité (Dudley *in* Vallauri, 2003 ; Vallauri *et al.*, 2005 ; Vallauri, 2007 ; Dudley *et al.*, 2007 ; Vallauri *et al.*, 2010 ; Dudley, 2011).

Si les forêts à haute naturalité sont un sujet de débat dans les régions tempérées et boréales de l'Europe depuis une vingtaine d'années (Peterken, 1996 ; Schnitzler 2003 ; Vallauri, 2003 ; Gilg, 2004), elles n'ont pas fait l'objet de recherches ou d'une priorité de conservation en Méditerranée, sauf récemment et/ou dans quelques pays seulement (Italie, Balkans).

Pour illustrer cela d'un exemple, dans la remarquable monographie sur les forêts méditerranéennes de Quézel & Médail (2003), seulement 10 pages sont consacrées aux forêts anciennes sur 571. Les auteurs signalent pourtant l'importance du sujet et de son développement.

Il semble que par le passé, la réalité des forêts anciennes de l'écorégion ait été masquée par trois traits majeurs de la nature méditerranéenne, à savoir :

- **l'histoire paléocéologique holocène** (Reille *et al.*, 1996 ; Médail et Diadema, 2009). La nature méditerranéenne a co-évolué de façon étroite avec cette histoire, à la fois climatique, biogéographique et humaine, sur un temps long. Elle permet de comprendre la structuration de la diversité, via la notion de refuge et la connaissance des voies de recolonisation. Ce domaine constitue à juste titre une large part des recherches en écologie méditerranéenne ;

- **l'empreinte écologique humaine millénaire.** Son poids et son ancienneté sont indéniables (Thirgood, 1981 ; Hugues & Thirgood, 1982 ; Guilaine, 2001 ; Blondel, 2006 ; Blondel *et al.*, 2010). Toutefois, il est fait peu de place à l'analyse spatiale et temporelle des nuances relatives à l'intensité, aux formes et aux implications écologiques variées des multiples empreintes. Or la puissance même du concept de naturalité est de souligner la nécessité de ces nuances, et d'analyser des gradients d'expression de la nature et de l'empreinte humaine. De plus, la grande majorité des qualités des écosystèmes mises en avant sous le terme de naturalité montre bien que « la nature sera toujours à naître » selon l'expression d'Augustin Bergue (2013). Les empreintes passées sont incontestablement le terreau qui contingente la nature d'aujourd'hui (parfois avec une mémoire des effets à très long terme comme le montrent Dupouey *et al.*, 2002 a et b). Mais la nature présente également des processus fonctionnels propres qu'elle que soit l'empreinte. Ils sont à l'origine de sa résilience ;
- **la transition forestière rapide depuis plus d'un siècle.** Le retour récent d'une grande surface de forêts nouvellement nées est une particularité de la rive européenne (Mather, 1992). Elle est très prégnante en France (Mather *et al.*, 1999 ; Vallauri *et al.*, 2012). Cette transition forestière rend floue certaines analyses à court terme. Dans la masse dominante des forêts nouvelles et jeunes, l'importance des îlots de forêts anciennes et matures est souvent peu perçue, d'autant plus qu'elles restent psycho-sociologiquement connotées négativement (forêt mal gérée, riche en bois sénescents ou morts, signe de perte de production).

Aujourd'hui, les forêts anciennes et matures comptent sans doute pour moins de 1 % de la surface totale de l'écorégion méditerranéenne (Mansourian *et al.*, 2013). En France, Lorber et Vallauri (2007) l'estime à environ 2 % pour la Méditerranée et les montagnes limitrophes. Toutefois, elles existent bel et bien en Méditer-

ranée et possèdent une biodiversité originale. Elles sont importantes pour la compréhension des facteurs de résilience et l'adaptation face aux changements climatiques, si cruciale aujourd'hui. Protégées en partie du fait du choix de leurs propriétaires (monastère, aristocratie), d'autres se restaurent du fait d'une exploitation réduite depuis le début de la déprise rurale au XIX^e siècle et de la mécanisation du XX^e siècle. Ces forêts anciennes et matures possèdent une riche biodiversité, une valeur économique totale importante et une valeur culturelle spécifique. Elles font partie du patrimoine naturel méditerranéen et sont une source d'inspiration.

L'état des lieux conduit récemment dans le bassin méditerranéen par Mansourian *et al.* (2013) montre que :

- les langues méditerranéennes possèdent une forêt de mots pour parler des forêts anciennes. Écrire une définition commune reste toutefois un enjeu, pour mieux se comprendre ;
- la maturité des arbres, l'ancienneté de l'état boisé, la quantité de bois mort, l'indigénat des arbres, la structure et l'absence d'intervention humaine sont les caractéristiques les plus évidentes à considérer selon les scientifiques méditerranéens ;
- plus de 80 sites potentiels dans 15 pays (du Portugal à la Turquie) sont proposés comme forêts anciennes potentielles, et bien d'autres restent à rechercher et découvrir par des inventaires systématiques ;
- les lacunes les plus importantes concernent l'inventaire des espèces associées, la cartographie des forêts anciennes, l'histoire des usages du sol, le suivi, la valorisation et la prise de conscience à leur sujet, l'intégration des forêts anciennes dans les politiques clé, ainsi que l'utilisation des enseignements de ces forêts pour la protection, gestion et restauration de la biodiversité des forêts méditerranéennes ;
- les incendies d'origine humaine, le développement touristique ou récréatif, les infrastructures, la mauvaise gestion, l'exploitation du bois et des produits forestiers non ligneux, l'urbanisation, les changements climatiques, le développement du bois énergie et la perte de biodiversité sont les pressions et menaces les plus importantes pesant sur les forêts anciennes.

Mansourian *et al.* (2013) font apparaître un désir commun de conservation des forêts anciennes parmi les écologues des pays méditerranéens, de même que des perceptions sensiblement différentes d'un pays à l'autre. Ils énoncent dix recommandations pour un travail à moyen terme (2-5 ans).

Éléments de la problématique en France

Ce rapport propose la synthèse des résultats d'une étude destinée à caractériser la naturalité des forêts méditerranéennes, menée de 2010 à 2013 dans le cadre du programme Forêts anciennes du WWF France (voir figure 1). Il contribue à répondre à deux recommandations de Mansourian *et al.* (2013) :

- **Recommandation 2** « Définir une méthode commune pour identifier et évaluer les forêts anciennes et les valeurs qui leurs sont associées ».
Les questions méthodologiques posées sont multiples et complexes. Quelle méthode d'analyse de la naturalité est adaptée aux forêts de l'écorégion méditerranéenne ? Est-elle fondamentalement différente de celle destinée à d'autres régions, et si oui en quoi ? Est-il possible de développer une méthode d'évaluation qui soit simple, fiable et suffisamment rapide pour être utilisée comme guide par le gestionnaire ?
- **Recommandation 3** « Utiliser cette évaluation et les sites déjà protégés comme des références et inventorier et cartographier de façon complète les forêts anciennes des paysages prioritaires ».

Les questions posées par les hauts lieux de naturalité sont multiples. Où sont les hauts lieux de naturalité dans l'écorégion méditerranéenne française ? Quelles sont les valeurs de référence des principaux indicateurs de naturalité et d'empreinte humaine dans les hauts lieux de l'écorégion ? En quoi ces valeurs se distinguent-elles des autres forêts ? Cet écart sur la valeur des indicateurs peut-il inspirer une réflexion de gestion, vers d'autres sylvicultures ? En quoi les hauts lieux forestiers méditerranéens sont-ils fondamentalement différents ?

Méta-objectif : Mieux protéger et gérer les forêts anciennes à haute valeur de conservation (FA-HVC) et les valeurs associées, comme un facteur clé de la résilience de la biodiversité forestière dans une écorégion prioritaire à risque face aux changements globaux.

OBJECTIF 1

Partager la réalité de la conservation des FA-HVC à l'échelle de l'écorégion

Promouvoir une définition des FA-HVC partagée et adaptée, fondée sur la science et la réalité socio-historique.

Contribuer à créer des outils pratiques d'identification des FA-HVC.

Définir les références en matières de FA-HVC (hauts-lieux de naturalité) dans chaque pays.

OBJECTIF 2

Promouvoir les valeurs des FA-HVC et réduire les menaces

Développer des argumentaires scientifiques, écologique, social, culturel et économique convaincants.

Contre les menaces les plus fortes (absence de conscience du problème, incendie, urbanisation, changement climatique, mauvaise gestion, bois énergie, sur-fréquentation) par des stratégies adaptées.

Mettre en place un outil de paiement des services écologiques.

Démontrer les solutions possibles face aux menaces les plus urgentes.

OBJECTIF 3

Protéger le capital naturel

Exercer une pression sur les politiques publiques (volet environnement) : réseau des aires protégées, grands espaces à haute naturalité, patrimoine mondial.

Agir pour une meilleure protection dans les paysages prioritaires du bassin méditerranéen.

Initier ou susciter des projets d'inventaires et protection avec les acteurs clé.

OBJECTIF 4

Promouvoir une gestion innovante inspirée par les FA-HVC

Exercer une pression sur les politiques publiques des forêts.

Démontrer l'intérêt des sylvicultures alternatives et les promouvoir.

Assurer la prise en compte des FA-HVC dans les standards nationaux de la certification FSC.

Développer des outils de gestion innovants inspirés par les FA-HVC et les promouvoir à travers des actions dans les paysages prioritaires.

OBJECTIF 5

Promouvoir une culture méditerranéenne s'inspirant des forêts anciennes

Créer et animer une communauté sur le thème au niveau du bassin méditerranéen.

Sensibiliser un large public à la préservation des FHVC par une communication active.

Figure 1. Présentation schématique de la stratégie opérationnelle du programme du WWF sur les forêts anciennes de la Méditerranée et des montagnes limitrophes (phase 2010-2013).

L’empreinte humaine est-elle supérieure et la naturalité moindre dans les peuplements de l’écorégion du fait de son histoire millénaire ?

Structure du rapport de synthèse

Le rapport est organisé en 13 chapitres relevant de 3 grandes parties.

Après la présente introduction, deux chapitres de « matériels et méthodes » sont consacrés à présenter succinctement la méthode d’évaluation proposée et l’échantillon de peuplements évalués. Élaborée avec l’aide du comité scientifique et technique du programme, la méthode est le fruit d’un long processus d’échanges, de synthèse et de tests pour la rendre opérationnelle. Pour plus de détails, le lecteur intéressé poursuivra cette rapide présentation par la lecture du guide de mise en œuvre (Rossi & Vallauri, 2013). Ensuite sont présentées les forêts et les 52 peuplements formant l’échantillon. Couvrant tous les types d’habitats forestiers principaux des 15 départements méditerranéens, l’échantillon vise à décrire les hauts lieux de naturalité.

Les chapitres suivants présentent successivement les résultats obtenus, dans un premier temps de façon globale au travers des valeurs

d’un indice synthétique de biodiversité relevé conjointement, l’IBP de Larrieu & Gonin (2008). Dans un second temps, les valeurs de chaque critère de naturalité, d’empreinte humaine et de sentiment de nature perçu seront détaillées. Les résultats sont également analysés par habitat, avant de donner lieu à une analyse factorielle et une classification ascendante hiérarchique en vue d’expliquer l’ordination des peuplements. À la vue des résultats, des améliorations d’ordre méthodologique concernant le calcul des notes des critères sont proposées et mises en œuvre, constituant ainsi une version 1.2 de la méthode qui sert de base à la suite des calculs.

Des indices synthétiques sont proposés pour toutes les forêts (indices génériques) ou uniquement pour les hauts lieux (indices spécifiques aux hauts lieux). L’intérêt et les limites de ces indices sont également discutés. Leurs valeurs pour les peuplements de l’échantillon et leur comparaison à d’autres indices existants (dont l’IBP) sont analysées, de même qu’une comparaison à des hauts lieux non méditerranéens (Fontainebleau, Nera, Orgère). Ces résultats ouvrent à une discussion générale ayant l’ambition de fixer les étapes pour une amélioration de la méthode et d’évoquer des perspectives d’application à la gestion, qu’elle soit productive ou conservatoire.

MÉTHODES D'ÉVALUATION UTILISÉES

Méthode d'évaluation de la naturalité des forêts à l'échelle du peuplement

Aperçu des méthodes

L'évaluation est réalisée à partir de la version 1.1 de la méthode d'évaluation de la naturalité développée entre 2010 et 2013 dans le cadre du programme Forêts anciennes du WWF (www.foretsanciennes.fr). À partir de la page 106, suite aux améliorations et tests effectués avec les données de ce rapport, les résultats sont issus de la version 1.2. Le lecteur intéressé à la méthode d'évaluation de la naturalité se reportera au guide pratique de Rossi et Vallauri (2013), qui détaille la mise en œuvre. Il rassemble les consignes pratiques pour chacun des indicateurs, ainsi que des annexes pratiques.

La méthode est multicritère et destinée à évaluer des peuplements forestiers, en prenant en compte tout le gradient d'expression de la naturalité possible, des peuplements les plus artificiels aux hauts lieux de naturalité. La méthode est appliquée à l'échelle dite « du peuplement », espace considéré comme homogène au niveau des paramètres stationnels, des habitats et peuplements forestiers et de l'histoire des usages. La surface d'un peuplement est généralement comprise entre 1 et 10 ha.

Deux versions de la méthode sont disponibles :

- une version d'évaluation dite « complète », utilisée en priorité pour la description des hauts lieux ;
- une version d'évaluation dite « rapide », pouvant être utilisée lors d'inventaires préliminaires ou dans des forêts apparaissant d'emblée moins intéressantes.

La méthode d'évaluation complète version 1.1

La méthode d'évaluation de la naturalité des forêts s'articule autour de 3 grands axes (naturalité, empreinte humaine, sentiment de nature). Les deux premiers axes comprennent 14 critères et sont déclinés respectivement en 42 ou 25 indicateurs pour l'évaluation complète et l'évaluation rapide. Ces indicateurs sont introduits succinctement dans les tableaux 1 et 2.

L'analyse de la naturalité se fait à partir de 9 critères, auxquels s'ajoute un critère de patrimonialité. Ces critères, et les indicateurs qui les composent, sont présentés dans le tableau 1. L'empreinte écologique humaine est analysée de façon hiérarchisée, en fonction de 3 périodes historiques clé pour comprendre les forêts d'aujourd'hui (entre 1800 et 1960, de 1960 à nos jours, les 50 prochaines années) puis de l'importance des principaux facteurs d'empreinte agissant à l'échelle du peuplement.

Un dernier axe d'analyse concerne le sentiment de nature perçu. Il permet d'avoir une vision élargie des perceptions et représentations de la naturalité des forêts par le biais des sciences sociales. Noté ici de façon succincte, à titre illustratif et de comparaison aux autres axes d'analyse, le sentiment de nature donne lieu à des études spécifiques (Le Quéau *et al.*, 2010, Morge, 2012 et sous presse). Une note globale et des termes explicatifs sont renseignés par le rédacteur de l'évaluation sur le terrain. Ils donnent la possibilité de discuter du lien entre les éléments évocateurs de sentiments et de perceptions, et les critères de naturalité au sens des sciences naturelles.

Rappels sur la méthode d'évaluation rapide version 1.1

L'évaluation rapide est une version simplifiée de la méthode précédente. Elle est utile lorsque l'on souhaite avoir une image rapide de la naturalité d'un peuplement, ou lorsque l'on souhaite mettre en place un échantillonnage plus systématique à l'échelle d'une forêt.

Tous les critères sont conservés mais le nombre d'indicateurs passe de 42 à 25 (tableau 3). L'IBP n'est plus calculé. Le temps de relevé est réduit car il n'y a plus de comptages précis en virée à effectuer.

18 peuplements ont été décrits ainsi durant l'étude. Ils ne seront pas traités dans ce rapport, dont les résultats discutés sont basés sur la méthode d'évaluation complète (52 peuplements).

Système de notation

Le système de notation mis en place (voir pour plus de détails Rossi & Vallauri, 2013) permet de décrire et d'évaluer chaque critère ou indicateur, sur une échelle de 0 à 10 (maximum de naturalité ou d'empreinte). Notons que l'échelle est inversée pour les critères et indicateurs d'empreinte écologique humaine : la note 0 correspond au minimum d'empreinte (donc généralement le maximum de naturalité), et la note 10 correspond au maximum d'empreinte.

Chaque indicateur est discrétisé en catégories écologiquement pertinentes pour l'expression du gradient de naturalité. Les notes de chaque catégorie sont attribuées dans la même logique. Catégories et notes ont été établies à partir des données de la littérature et de test sur le terrain. Les références appuyant la définition de ces catégories, notes et adaptations sont fournies indicateur par indicateur dans Rossi & Vallauri (2013).

Pour certains indicateurs, la notation est également adaptée à des contextes particuliers (subalpin, milieu alluvial, faible fertilité définie par une hauteur dominante du peuplement adulte inférieure à 20 m), pour rendre les résultats indépendants de la fertilité des milieux.

Par exemple, l'indicateur 20, relatif au bois mort, se décline comme ci-dessous :

20. VOLUME DE BOIS MORT (Diamètre > 30 cm, m ³ /ha)			
<input type="checkbox"/> < 1	<input type="checkbox"/>]1-5]	<input type="checkbox"/>]5-10]	<input type="checkbox"/>]10-20]
0	2	3	5
<input type="checkbox"/>]20-50]	<input type="checkbox"/> > 50		
7 (10 si H ₀ <20)	10		

La note minimale est attribuée à des peuplements où le volume de bois mort est inférieur à 1 m³/ha. La note maximale est attribuée aux peuplements dont le volume de bois mort dépasse 50 m³/ha, ou 20 m³/ha si la fertilité est faible (hauteur dominante est inférieure à 20 m). On considère qu'un volume de bois mort compris entre 10 et 20 m³/ha correspond à une naturalité moyenne (la biodiversité saproxylique commune est potentiellement présente). Les références appuyant la définition de cet indicateur sont fournies par Rossi et Vallauri (2013).

Dans la version 1.1 de la méthode d'évaluation de la naturalité, la note de chaque critère correspond à la moyenne des notes des indicateurs qui le composent. Ce choix correspond à une pondération par 1 de chaque indicateur. Ce système de pondération sera discuté et comparé à d'autres indices page 116. À la lueur des résultats sur les hauts lieux analysés et de la littérature, des ajustements seront proposés et discutés en fonction de deux objectifs différents : traduire fidèlement le gradient de naturalité complet ; analyser les haut lieux de naturalité.

Les résultats sont présentés pour tous les critères sous forme chiffrée (note sur 10) et de graphe radar (figure 2). Les valeurs de chaque indicateur seront analysées également pour plus de précision.

Tableau 1. Liste des critères et indicateurs relatifs à la nature de la méthode d'évaluation de la naturalité des forêts version 1.1. Pour plus d'informations concernant la méthode, consulter : Rossi & Vallauri, 2013 ; concernant l'IBP, consulter : <http://www.foretpriveefrancaise.com/ibp/>.

Critère	Indicateur	Remarques sur les éléments contribuant à l'évaluation
Diversité spécifique des arbres	Nombre de genres (IBP)	Indicateur et liste défini par l'IBP.
	Nombre d'essences indigènes	Liste définie d'après la flore de Rameau.
Patrimonialité	Signes de présence d'espèces patrimoniales forestières	L'évaluation se fait à partir des signes de présence observés, ou la probabilité de présence en fonction de la bibliographie ou des dires d'expert disponibles.
	Patrimonialité de l'habitat forestier	Sont considérés comme patrimoniaux uniquement les habitats d'intérêt communautaire ou prioritaire de la directive Natura 2000.
Diversité des habitats associés	Milieus rocheux présents	Indicateur et liste défini par l'IBP. Est ajoutée l'absence naturelle.
	Milieus humides présents	Indicateur et liste défini par l'IBP. Est ajoutée l'absence naturelle.
	Milieus ouverts intra-forestiers	Indicateur défini par l'IBP.
	Autres lieux de vie clés	Descripteur. Habitats ou sites d'intérêt par rapport à des espèces clés.
Microhabitats des arbres vivants	Microhabitats des arbres vivants	Indicateur et liste défini par l'IBP.
	Loges de pic	Sur arbres morts et vivants.
	Arbres vivants porteurs de polypores	Arbres de plus de 30 cm de diamètre avec au moins un polypore.
Indigénat	Part dans le couvert total des arbres indigènes	L'indigénat est à définir par région d'après la flore Rameau.
Complexité structurale	Structure du peuplement	La définition de chaque type est définie selon les dénominations classiques en sylviculture.
	Surface terrière	2 mesures sont à prendre à l'aide d'un relascope.
	Nombre de strates	Les strates sont définies en fonction des types biologiques (strates basses) et de la hauteur dominante (strates ligneuses).
Maturité	Age du peuplement	Est défini par lecture de cernes, sur carottage ou sur souche. Les catégories sont proportionnelles à la longévité des essences d'après la flore Rameau.
	Très très gros bois	Seuil de diamètre défini par rapport à la hauteur dominante pour une prise en compte des potentialités de la station. \emptyset seuil des TTGB = $4 \times H_0$ (arrondi aux 5 cm les plus proches, plafonné à 120 cm, plancher 30 cm).
	Volume de bois mort	Comptabilisé à partir de 30 cm de diamètre, bois morts au sol et sur pied confondus. Un tarif de cubage simplifié est fourni pour faciliter une évaluation rapide.
Dynamique	Stade de succession	Défini en fonction de l'équilibre relatif de la composition en essences, en ne prenant en compte que les variations abiotiques (climat constant), et avec une perspective dynamique à l'échelle humaine.
	Nombre de phases de la sylvigénèse présentes	Une phase n'est comptée qu'à partir d'une surface de 200 m ² . La description des phases est disponible dans Rossi & Vallauri (2013).

Suite du tableau 1 page suivante →

Suite du tableau 1.

Critère	Indicateur	Remarques sur les éléments contribuant à l'évaluation
Continuité spatiale	Surface forestière à naturalité minimale	Est prise en compte uniquement la surface forestière en continuité dont le taux d'indigénat et le taux de futaie sont supérieurs à 75 %.
	Surface forestière en continuité	Calculée sur SIG, à partir de la couche du Corine Land Cover, par exemple. La surface n'est plus continue lorsqu'une zone est déboisée sur plus de 100 m (discontinuité naturelle incluse).
Ancienneté	Continuité de l'état boisé depuis 250 ans	Définie à partir des cartes et photographies aériennes anciennes disponibles sur le Géoportail.

Tableau 2. Liste des critères et indicateurs d'empreinte écologique humaine. Pour plus d'informations concernant la méthode, consulter : Rossi & Vallauri, 2013.

	Indicateur	Remarques sur les éléments contribuant à l'évaluation
Empreinte humaine 1800-1960	Traces d'anciens usages	Traces observées dans le peuplement ou à proximité. Les données d'archives sont aussi à consulter. Concernant la date de dernière coupe, la période 1910-1960 est cochée par défaut sauf s'il existe un document attestant d'un arrêt de l'exploitation antérieur.
Empreinte humaine Après 1960	Date de dernière coupe	La date de dernière coupe est définie à partir des documents de gestion ou d'une estimation de l'âge des souches si aucun document n'est disponible.
	Nombre de souches	Les souches sont comptabilisées quel que soit leur âge, à partir de 17,5 cm pour les souches de franc pied et de 7,5 cm pour les coupes de brins de taillis.
	Présence d'espèces envahissantes introduites	Tous les règnes sont concernés.
	Cause de fragmentation	Fragmentation estimée à partir d'une distance de 100 m déboisés.
Empreinte humaine potentielle pour les 50 ans à venir	Exploitabilité du bois	À partir de la pente, la praticabilité du terrain, la distance à une desserte (basé sur la méthode de l'IGN).
	Incendies d'origine humaine	Fondée sur l'évaluation de la sensibilité en fonction du contexte et de l'importance des facteurs aggravants (fréquentation, mitage, sous-bois continu et inflammable).
	Défrichement agricole	Basée sur le statut foncier, la pente, la proximité d'une zone agricole, et le contexte local de développement d'activités agricoles.
	Urbanisation et développement	Définie par le statut foncier et l'importance des facteurs aggravants (mitage, projet d'aménagement, contexte local de développement).
	Chasse	Définie selon le droit à chasser, l'accessibilité, la présence de signes visibles de l'activité.
	Abrouissement	À partir des signes d'abrouissement et leur densité.
	Fréquentation	Basée sur l'influence urbaine à proximité, l'accessibilité du peuplement aux promeneurs.
	Espèces envahissantes	À partir des signes de présence et la sensibilité du milieu.
	Changement climatique	Sensibilité de l'habitat estimée d'ici 2050 pour le scénario d'une augmentation de 2°C.
Durabilité des usages	Statuts de protection classés par catégorie UICN, les zones exploitées des cœurs de parc nationaux étant classées en UICN V.	

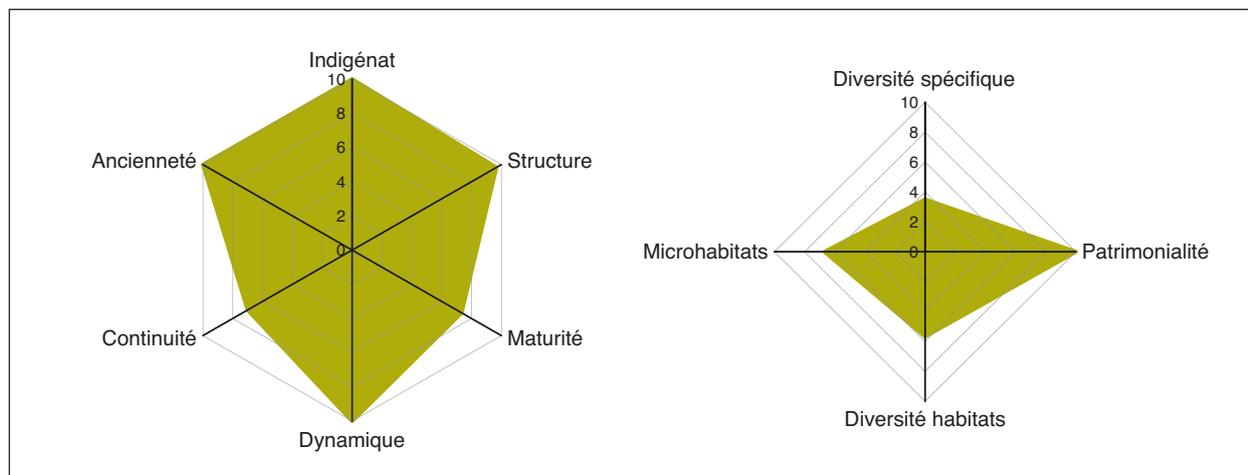


Figure 2. Exemple de graphes radar synthétisant l'évaluation des principaux critères de naturalité et de diversité (version 1.1 de la méthode).

Tableau 3. Liste des critères et indicateurs de la méthode d'évaluation rapide version 1.1 de la naturalité des forêts.

Axe	Critère	Indicateur
Nature	Diversité spécifique des arbres	Nombre d'essences indigènes
	Patrimonialité	Signes de présence d'espèces patrimoniales forestières
		Patrimonialité de l'habitat forestier
	Diversité des habitats associés	Milieus rocheux présents
		Milieus humides présents
		Milieus ouverts intra-forestiers
	Microhabitats des arbres vivants	Arbres habitat
		Loges de pics
		Polypores
	Indigénat	Part dans le couvert total des arbres indigènes
	Complexité structurale	Structure
		Surface terrière
	Maturité	Très très gros bois
Volume de bois mort		
Dynamique	Stade de succession et phases de la sylvigénèse	
Continuité spatiale	Surface forestière à naturalité minimale	
	Surface forestière en continuité	
Ancienneté	Continuité de l'état boisé depuis 250 ans	
Empreinte humaine	1800-1960	Transformations du peuplement
	Après 1960	Date de dernière coupe
		Nombre de souches par ha
Potentielle	Nature des pressions et menaces	

L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP)

Les versions 2.6 M (région méditerranéenne) et 2.5 AC (domaines atlantique et continental) ont été utilisées pour cette étude.

L'indice de biodiversité potentielle est un indicateur indirect et composite, développé par Larrieu & Gonin en 2008. C'est un outil d'aide au diagnostic et à la décision, destiné à être utilisé en routine dans la gestion forestière productive courante. Les objectifs sont :

- d'estimer la capacité d'accueil potentielle pour la biodiversité taxonomique dans un peuplement forestier, à partir d'une description simple et rapide ;
- de diagnostiquer et discuter les choix de gestion sylvicole au regard de leur impact sur la biodiversité.

L'IBP agrège 10 facteurs clés pour la diversité des espèces forestières (tableau 4), notés 0, 2 ou 5 en comparant les observations de terrain avec une échelle de valeurs seuils. Pour certains facteurs, les valeurs seuils sont adaptées à des contextes particuliers (subalpin, méditerranéen, faible fertilité). Les notes permettent de définir 3 indices synthétiques : un pour les facteurs liés au peuplement et à la gestion forestière (sur 35) sur lequel le forestier peut agir ; un pour les facteurs plutôt liés au contexte (sur 15) ; et un indice général rassemblant ces 2 notes (sur 50).

Les résultats sont présentés sur deux graphes radar individualisant chaque facteur (figure 3) et sont résumés sur un graphique en 2 dimensions (indice des facteurs liés à la gestion en abscisse, indice des facteurs liés au contexte en ordonnées).

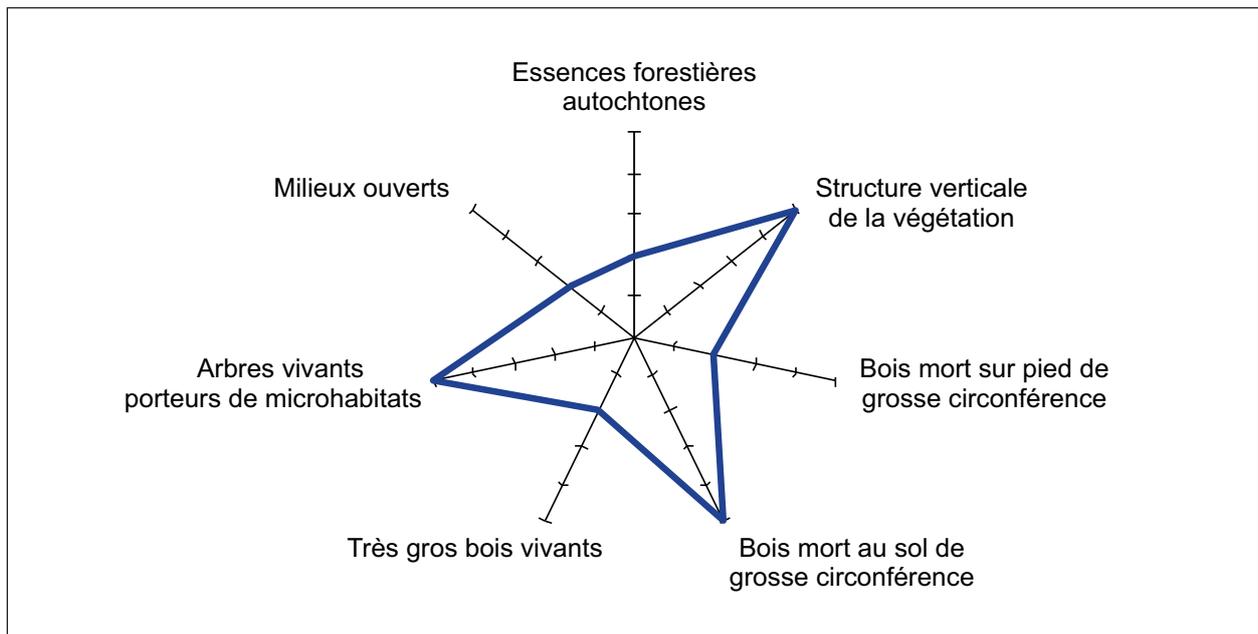
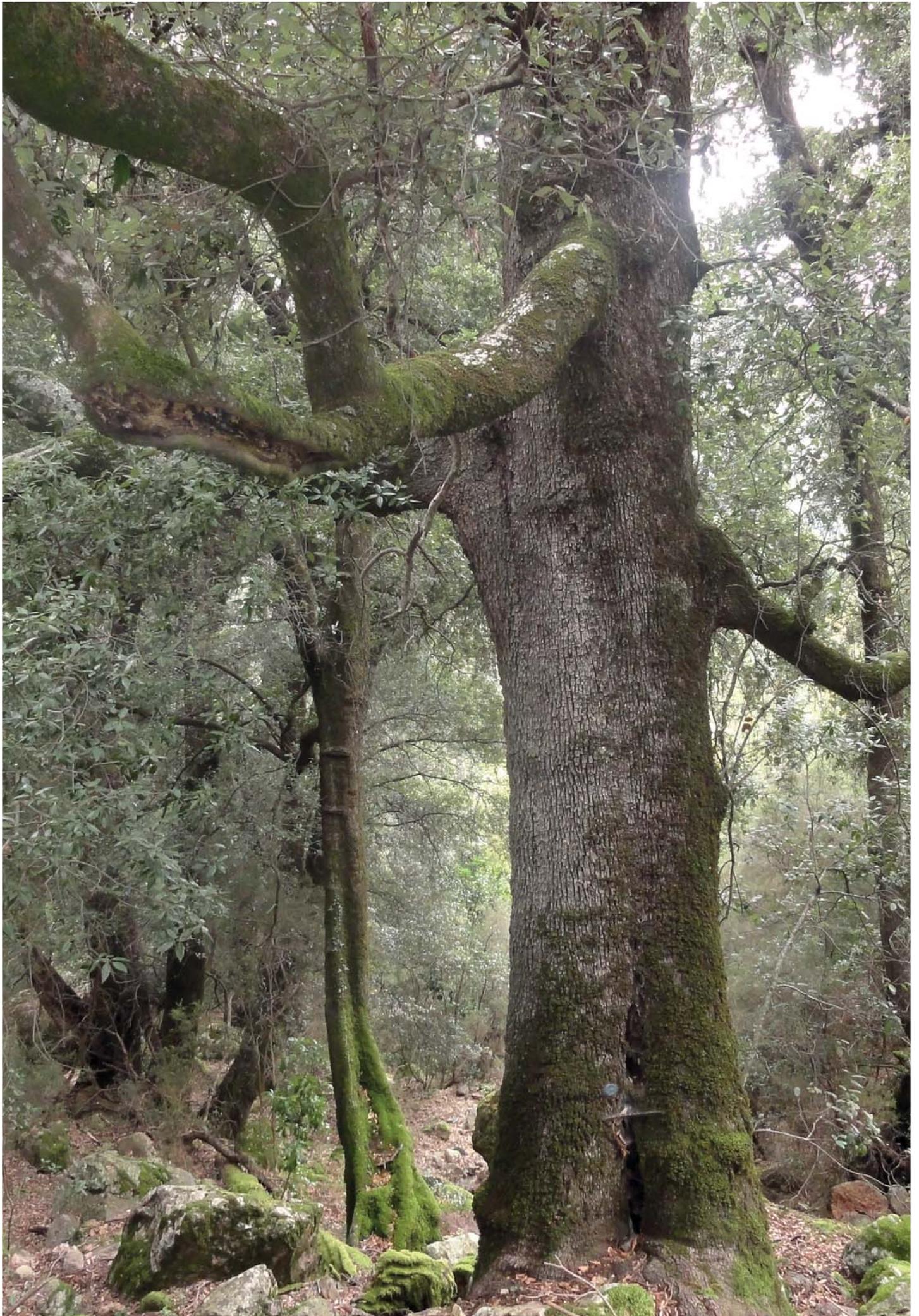


Figure 3. IBP, facteurs liés au peuplement et à la gestion forestière. Exemple de graphique radar (Larrieu et Gonin, 2008).

Tableau 4. Liste des critères et facteurs de l'indice de biodiversité potentielle. Les seuils indiqués ici sont ceux des versions 2.6 M et 2.5 AC utilisées pour cette étude. Pour plus d'informations concernant l'IBP, et obtenir la dernière version (2.7 ACM) consulter : <http://www.foretpriveefrancaise.com/ibp/>

Critère	Facteur	Remarques
Facteurs liés au peuplement et à la gestion forestière	Essences autochtones	En fonction du nombre de genres. Liste des genres éligibles fournie.
	Structure verticale de la végétation	En fonction du nombre de strates.
	Bois mort sur pied de « grosse » circonférence	Diamètre supérieur à 40 cm sauf stations peu fertiles > 30 cm. Domaine méditerranéen 30 cm, stations peu fertile > 15 cm.
	Bois mort au sol de « grosse » circonférence	Mêmes seuils de diamètre que les bois morts sur pied.
	Très gros bois vivants	Diamètre supérieur à 70 cm sauf stations peu fertile > 45 cm. Domaine méditerranéen 60 cm, peu fertile 30 cm.
	Arbres vivants porteurs de microhabitats	La liste des types de microhabitats est prédéfinie et le comptage plafonné à 2/ha.
	Milieus ouverts	En fonction de la surface totale couverte.
Facteurs plutôt liés au contexte	Continuité temporelle de l'état boisé	À partir des cartes anciennes.
	Milieus aquatiques	Liste de types de milieux fournie.
	Milieus rocheux	Liste de types de milieux fournie.



PRÉSENTATION DES HAUTS LIEUX ÉCHANTILLONNÉS

Forêts sélectionnées

La figure 4 présente la localisation des 33 forêts. Elles sont succinctement décrites dans le tableau 5.

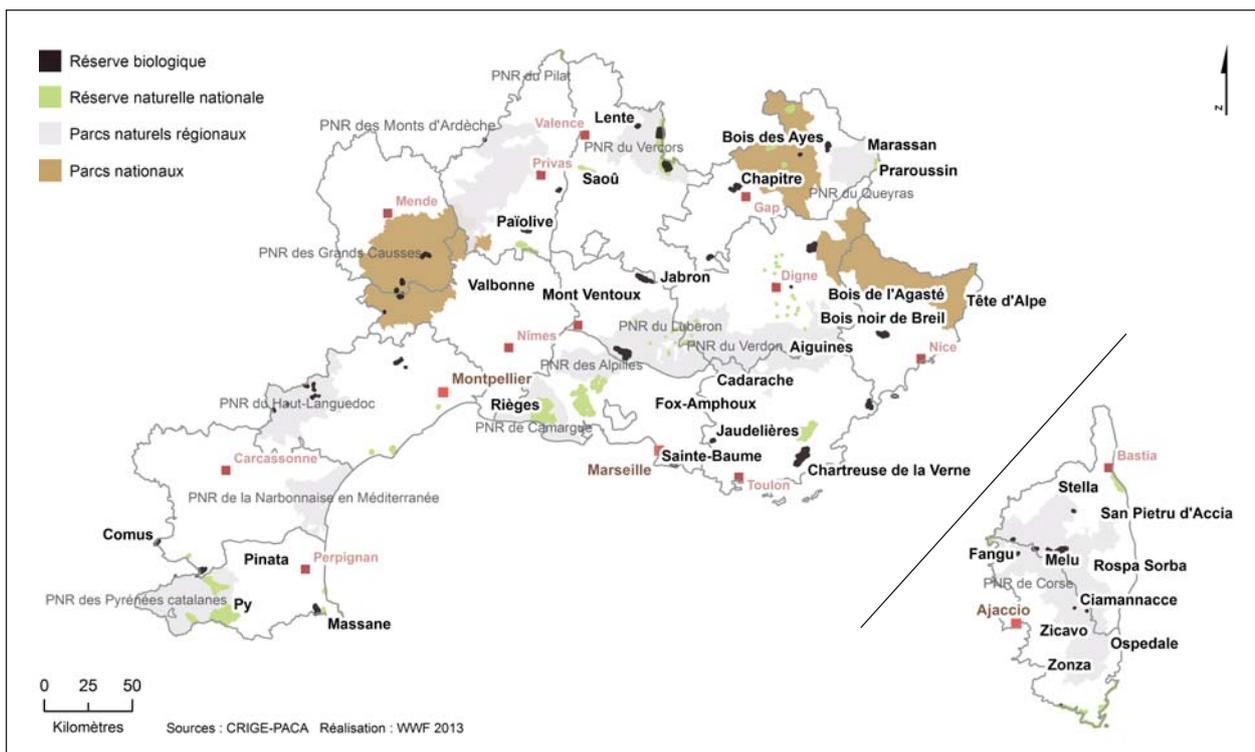
Les forêts évaluées sont réparties dans 13 des 15 départements de l'écorégion méditerranéenne française, soit les départements de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Bouches du Rhône, Var, Vaucluse, Alpes-Maritimes, Alpes de Haute-Provence, Hautes-Alpes), ceux de la région Languedoc-Roussillon (Gard, Aude, Pyrénées-Orientales), ceux de Corse (Haute-Corse, Corse du Sud) et deux de la région Rhône-Alpes (Drôme, Ardèche).

Seuls la Lozère et l'Hérault n'ont pas été échantillonnés, faute de temps. Certaines forêts des

Cévennes étudiées par le parc national des Cévennes (Febvre, 2010) auraient été intéressantes à ajouter à l'échantillon. 33 forêts sont ainsi retenues à partir des données disponibles de la littérature et de l'avis des experts. La plupart des habitats forestiers de la Méditerranée et des montagnes limitrophes sont représentés (figure 5).

84 % des forêts sont publiques et 16 % privées. Parmi les forêts publiques, 42 % sont des domaniales, 23 % sont des communales, 16 % des territoriales, et un site est en forêt départementale (la répartition des peuplements est présentée à la figure 18).

Au niveau des statuts de protection, 32 % des sites ne sont couverts que par Natura 2000, 26 % sont des réserves dirigées, 16 % des



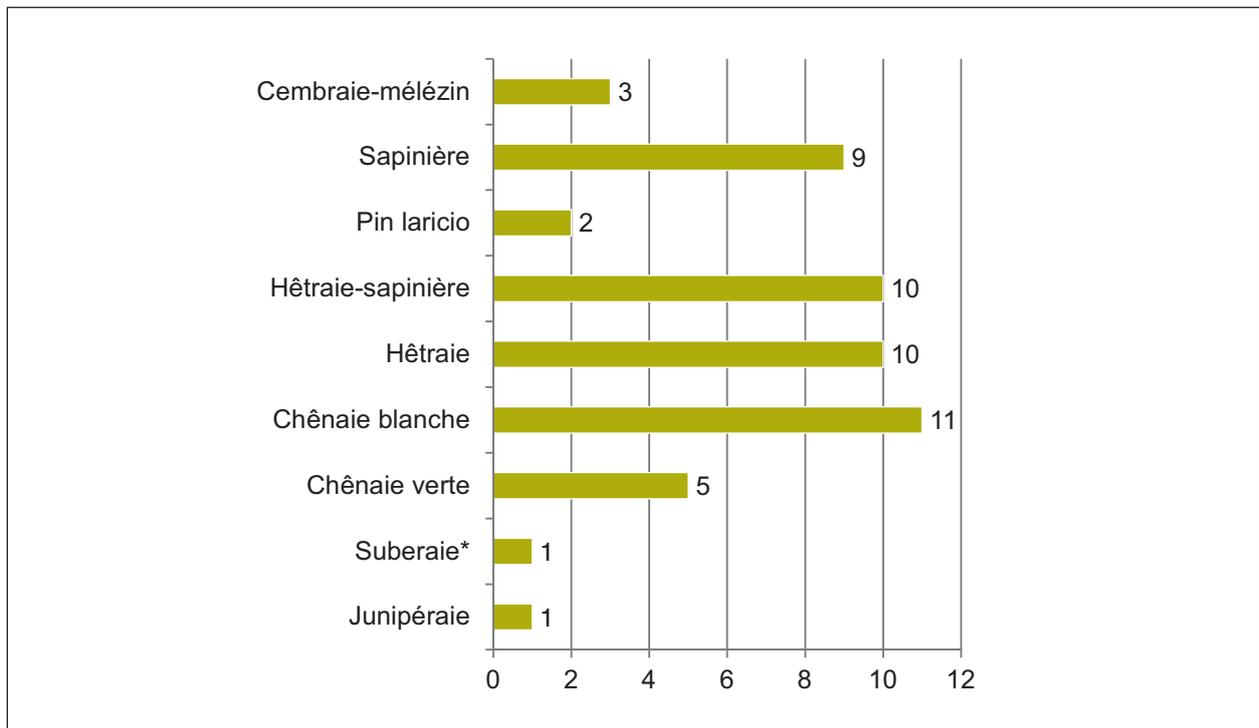


Figure 5. Répartition des peuplements étudiés en fonction des types d'habitat forestier.

* 13 autres peuplements de suberaie ont été évalués dans une autre étude (Martin, 2012) et seront intégrés à l'analyse par habitat.

réserves intégrales, 19 % sont couverts par un statut de la catégorie UICN V (PNR), 6 % n'ont aucun statut de protection (la répartition des peuplements est présentée à la figure 24).

Peuplements évalués

À l'intérieur de chaque forêt, des peuplements ont été sélectionnés selon des critères de naturalité. Bibliographie et recueil des dires d'experts, consultation des cartes anciennes, notamment les minutes des Cartes d'État-major, photographies aériennes, cartographies disponibles de la végétation et des peuplements ont permis de pré-repérer au bureau les peuplements à plus haute naturalité potentielle des sites sélectionnés. Les critères de sélection étaient les suivants (critères non exclusifs ni obligatoires) :

- ancienneté de la forêt (via les minutes des cartes d'État-major) ;
- essences dominantes indigènes (données IFN ou tirées des plans de gestion et des aménagements) ;
- maturité des arbres (houppiers clairement visibles et de grande taille sur les photos aériennes, données des plans de gestion et des aménagements) ;

- faible empreinte humaine (date de dernière coupe > 50 ans, donnée par les plans de gestion ou les aménagements).

Pour chaque forêt, entre 1 et 4 peuplements ont été inventoriés. Les peuplements les plus intéressants faisant l'objet d'une évaluation de la naturalité complète, et ceux de naturalité moindre d'une évaluation rapide.

52 peuplements ont fait l'objet d'une évaluation de la naturalité complète et 18 d'une évaluation rapide, soit 70 peuplements au total. Ces peuplements ne sont pas représentatifs de l'ensemble de la forêt, dans certains cas, ils ne sont pas ceux à plus haute naturalité de la forêt (exemple de Tête d'Alpe). 5 peuplements ont été exploités il y a moins de 20 ans, parmi lesquels 3 sont potentiellement toujours en exploitation.

Tableau 5. Liste des 33 forêts ayant fait l'objet d'au moins une évaluation complète.

Nom	Département	Propriété	Statut de protection (statut UICN I à IV)	Éléments d'information sur les peuplements inventoriés	Nombre de peuplements décrits
Ciamannacce	2A	Communale		Sapinière mature, en libre évolution depuis 40 ans.	1
Zicavo	2A	Communale		Hêtraie mature, en libre évolution.	2
Zonza	2A	Communale		Sapinière mature, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	2
San Pietro d'Accia	2B	Privée		Hêtraie adulte, avec des arbres agropastoraux de plus de 200 ans.	1
Fangu	2B	Territoriale		Chênaie verte mature, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	4
Melu	2B	Territoriale		Pineraie laricio adulte, toujours en exploitation.	2
Ospedale	2A	Territoriale		Chênaie verte mature, en libre évolution depuis 50 ans.	2
Rospa-Sorba	2A	Territoriale		Pineraie laricio mature, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	2
Stella	2B	Territoriale		Chênaie blanche âgée, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	1
Jabron	04	Domaniale	Projet de RBI	Sapinière adulte, en libre évolution depuis plus de 60 ans.	2
Bois des Ayes	05	Communale	RBD	Cembraie-mélèzin âgé, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	2
Marassan	05	Communale		Cembraie-mélèzin mature, en libre évolution depuis plus de 60 ans.	1
Praroussin	05	Communale		Cembraie mélèzin mature, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	1
Bois du Chapitre	05	Domaniale	RBI	Hêtraie-sapinière âgée, en libre évolution plus de 50 ans.	2
Bois noir de Breil-sur-Roya	06	Communale	Zone de cœur de PN	Sapinière mature, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	2
Bois de l'Agasté	06	Communale	Zone de cœur de PN	Sapinière adulte, en libre évolution depuis 50 ans.	1
Tête d'Alpe	06	Domaniale	RBI	Jeune sapinière, exploitée il y a moins de 20 ans.	1
Bois de Païolive	07	Privée		Chênaie blanche mature, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	4
Comus, Gorges de la Frau	11	Domaniale	RBI	Hêtraie mature, en libre évolution depuis 1886.	2
Montnaie-Gravas, La Pinata	11	Domaniale	RBD	Hêtraie-sapinière mature, en libre évolution depuis 50 ans.	2
Cadarache	13	Domaniale	Projet de RBD	Chênaie blanche mature, en libre évolution depuis une vingtaine d'années.	2

Suite du tableau 5 page suivante →

Suite du tableau 5

Nom	Département	Propriété	Statut de protection (statut UICN I à IV)	Éléments d'information sur les peuplements inventoriés	Nombre de peuplements décrits
Bois des Rièges	13	Privée	RNN	Junipéraie mature, en libre évolution depuis plus de 50 ans.	1
Saoû	26	Départementale		Hêtraie adulte, toujours en exploitation.	3
Lente, Val Sainte-Marie	26	Domaniale	RBI	Hêtraie-sapinière mature, en libre évolution depuis 1897.	2
Valbonne	30	Domaniale		Hêtraie-chênaie adulte, en libre évolution depuis 50 ans.	3
La Massane	66	Communale	RNN	Hêtraie mature, sans exploitation depuis 1880.	3
Py	66	Privée	RNN	Sapinière adulte, en libre évolution depuis 1945.	2
Aiguines	83	Communale	Projet de RBI	Hêtraie mature, en libre évolution depuis au moins 50 ans.	4
Chartreuse de la Verne	83	Domaniale	RBI	Chênaie verte adulte, en libre évolution depuis 50 ans.	2
Sainte-Baume	83	Domaniale	RBD	Hêtraie mature, en libre évolution depuis 50 ans.	3
Les Jaudelières	83	Privée		Suberaie mature, sans exploitation depuis 50 ans.	1
Fox-Amphoux	83	Communale		Taillis de chêne blanc adulte, sans exploitation depuis 50 ans.	1
Mont Ventoux	84	Domaniale	RBI	Hêtraie-sapinière mature en libre évolution depuis 1945.	4

**Avertissement**

Pour mieux comprendre l'analyse des résultats qui suivent, il est conseillé de suivre en parallèle la version 1.1 de la fiche d'évaluation de la naturalité (à partir du pdf disponible sur le DVD).



Le DVD situé en 3^e de couverture rassemble toutes les fiches de description de la naturalité des 52 peuplements, ainsi que les outils de terrain et d'analyse (voir aussi www.foretsanciennes.fr).

PREMIER APERÇU DES RÉSULTATS VIA L'IBP

Aperçu général

Relevées parallèlement aux indicateurs de la méthode d'évaluation de la naturalité, les notes des facteurs de l'IBP concernant notre échantillon sont présentées à la figure 6. La moyenne de l'indice est de 36/50 (+/- 6) pour les notes globales, et de 28/35 (+/- 5) pour les notes des facteurs liés à la gestion. Sur l'indice des facteurs liés à la gestion, la majorité des peuplements (83 %) a une note supérieure à 25/35 ; 27 % dépasse les 30/35. Sur l'indice général, la majorité des peuplements (85 %) a une note comprise entre 30 et 45/50.

Notre échantillon présente des IBP globalement élevés. La note liée aux facteurs de gestion discrimine assez bien les peuplements

sensiblement modifiés par la gestion forestière. À la vue de notre échantillon, ils présentent une note moyenne de 22/35 (+/- 4) (Tête d'Alpe, Aiguines, Melu, Saoû). Les peuplements en libre évolution ont principalement des notes des facteurs liés à la gestion supérieures à 25/35. Il est difficile de discuter plus finement l'ordination des meilleurs peuplements et de la comprendre.

Saturation des notes

La saturation de certains facteurs explique en partie pourquoi l'IBP ne permet pas de hiérarchiser les peuplements les plus naturels (figure 7). Cinq facteurs (bois mort sur pied, bois mort au sol, ancienneté, nombre de TGB,

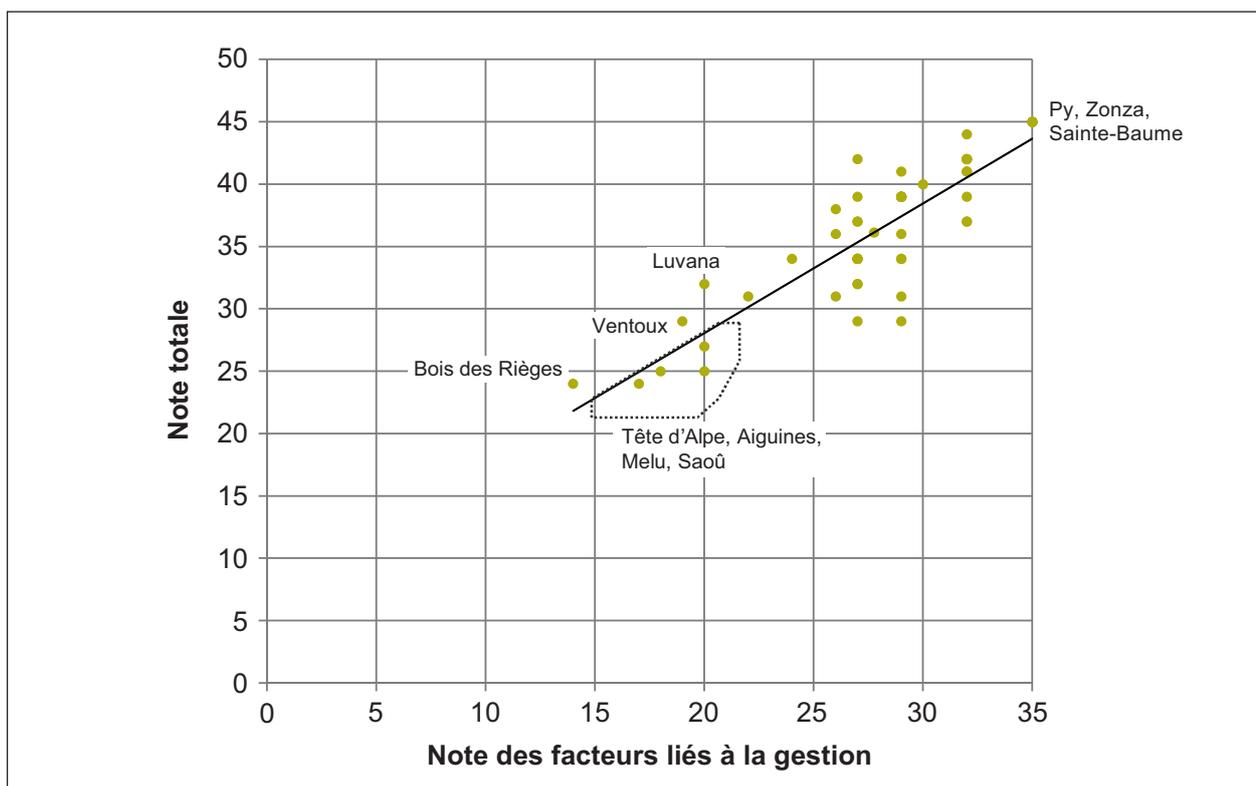


Figure 6. Répartition des peuplements en fonction de la note totale de l'IBP et de la note des facteurs liés à la gestion.

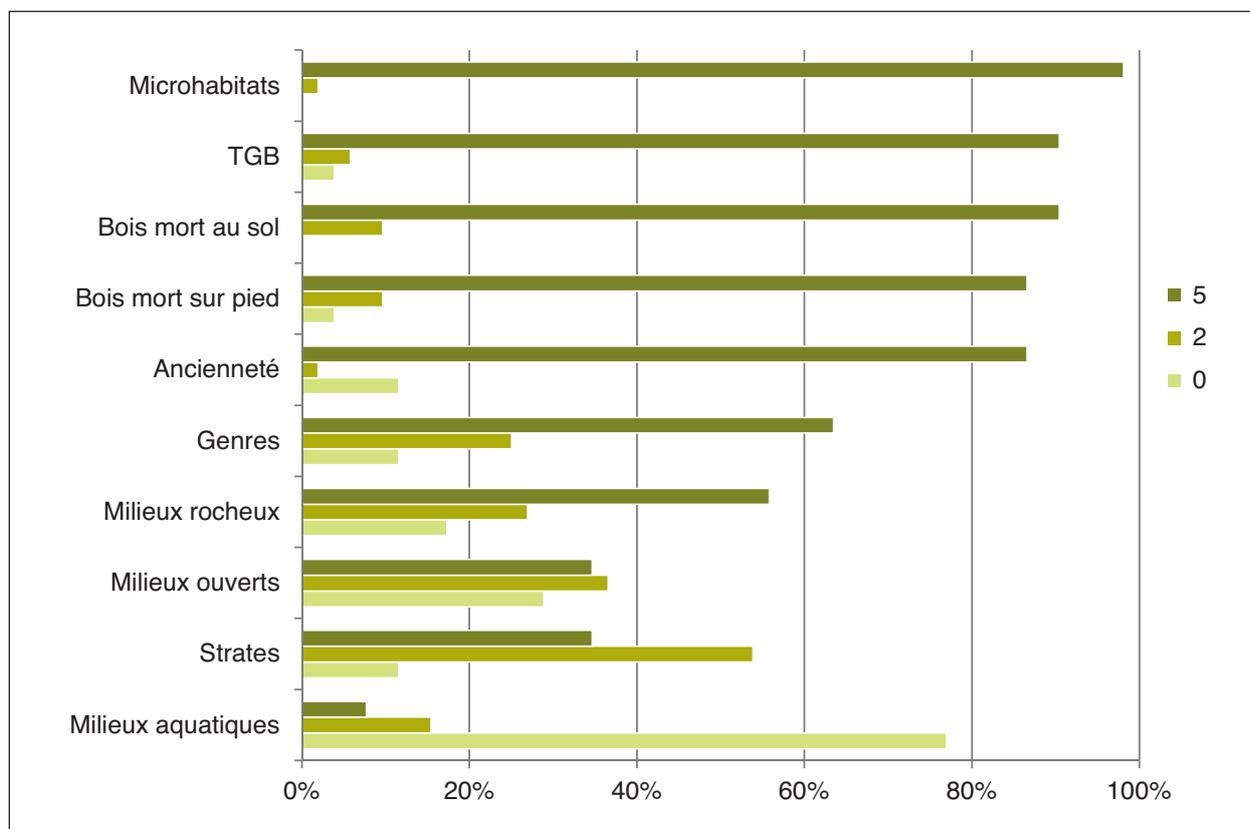


Figure 7. Proportion des peuplements de l'échantillon obtenant les notes 5 (foncé), 2 (medium), 0 (clair) pour les 10 facteurs de l'IBP.

diversité des microhabitats) obtiennent dans plus de 85 % des peuplements la note maximale. Derrière ces notes maximales de l'IBP, une grande variabilité s'exprime entre les peuplements. Par exemple, pour la même note maximale de 5, le volume de bois mort varie de 3 à 126 m³/ha, le nombre de TGB de 7 à 76/ha, la diversité plafonnée de microhabitats de 6 à plus de 15.

À l'inverse, les milieux aquatiques sont globalement absents des peuplements étudiés. Les peuplements obtiennent des notes de 0/5 alors que ce fait s'explique naturellement par le contexte biogéographique. L'IBP note et laisse penser à une diversité potentielle qui n'est pas présente naturellement partout en Méditerranée.

Analyse des notes les plus faibles

Les notes les plus faibles obtenues correspondent à des peuplements :

- soient encore en exploitation ou exploités il y a moins de 20 ans de façon classique (peuplements décrits à Tête d'Alpe, Aiguines, Melu, Saoû, San Pietro d'Accia). L'IBP est moyen, ce qui semble conforme à l'intensité de l'exploitation ;
- soient présentant une situation particulière qui sort du modèle forestier sur lequel a été bâti l'IBP (Gonin *et al.*, 2012 ; Larrieu *et al.*, 2012) :
 - Le bois des Rièges est un boisement âgé très atypique de genévriers de Phénicie sur sables en Camargue de 4 m de hauteur dominante ;
 - un peuplement du mont Ventoux (Serres Gros) présente une mortalité exceptionnelle de sapins (suite à la canicule de 2003), avec un volume de bois vivant extrêmement faible. Peuplement déséquilibré sur l'hectare échantillonné, il ne représente qu'une phase conjoncturelle de la dynamique des forêts naturelles ;

- enfin, la note de la hêtraie de la Luvana (forêt de Zicavo) est plus étonnante. Comme nous le verrons plus loin par l'analyse détaillée, c'est une forêt très intéressante pour sa naturalité et non exploitée depuis sans doute 100 ans (absence de donnée précise à ce jour). Elle est pourtant moyennement notée par l'IBP (note des facteurs liés à la gestion de 20/35). Elle présente une structure et une composition typique de certains stades dynamiques des hêtraies à haute naturalité : le hêtre est pur et le sous-étage naturellement absent, ce qui pénalise la note IBP du peuplement.

Limites de l'IBP dans les hauts lieux

L'IBP permet de dégrossir l'ordination de l'échantillon de façon incomplète. Il n'est pas un outil pertinent pour comprendre l'expression de la naturalité des hauts lieux. Ce qui n'est ni étonnant, ni une critique de l'outil : il n'a pas été conçu dans cet objectif mais dans celui d'évaluer une diversité potentielle des peuplements forestiers gérés, et ainsi d'accompagner le gestionnaire (Larrieu *et al.*, 2012).

Toutefois, il faut remarquer que l'IBP est vite plafonné car il rend compte d'une partie restreinte du gradient de naturalité (la partie gérée, sur laquelle le gestionnaire peut intervenir efficacement pour restaurer la biodiversité). Ce plafonnement trop rapide est dommage dans une perspective sylvicole. Il ne semble pas impossible, ni inutile d'élargir son domaine d'intérêt à tout le gradient d'expression de certains critères. Pour cela, il pourrait être utile d'ajouter des seuils de notation, en s'inspirant notamment du maximum que l'on peut trouver dans les hauts lieux. Si l'on reprend l'exemple du bois mort, la note maximale est atteinte pour un total de 6 tronçons d'un mètre de bois mort, 3 au sol et 3 sur pied par hectare (soit un volume minimum de moins de 1 m³/ha possible en théorie en faible fertilité méditerranéenne et de 3 m³/ha dans le cas de notre échantillon ; 5/52 placettes ont la note maximale IBP sur ce facteur avec moins de 5 m³/ha). Le seuil IBP est donc très bas en comparaison du bois mort des hauts lieux de naturalité, où l'on trouve couramment plus de 30 m³/ha, même en Méditerranée.



DESCRIPTION DE LA NATURALITÉ : RÉSULTATS PAR CRITÈRE

L'analyse de chacun des critères de naturalité évalués est détaillée dans cette partie. Elle permet de dégager les grandes caractéristiques des hauts lieux de naturalité méditerranéens étudiés. L'analyse des résultats permet également de soulever un certain nombre de questions quant à la méthode utilisée, qui sont discutées page 98.

Diversité des arbres

Dans la version 1.1 de la méthode, la note du critère *Diversité des arbres* est la moyenne de 2 indicateurs : le nombre de genres d'essences forestières (selon la même définition que l'IBP) et le nombre d'essences indigènes. La complémentarité de ces 2 indicateurs est discutée page 98. Les résultats sont présentés dans le tableau 6 et la figure 8.

Les notes du critère sont bien réparties sur tout le gradient, avec un minimum à 0 (1 seul genre, 1 seule essence à Melu), et un maximum à 10 (5 genres ou plus, 7 essences ou plus). La moyenne de l'échantillon est égale à 7 (4 genres, 5 ou 6 essences) et la médiane à 9 (6 peuplements seulement ayant des notes inférieures à 5). Les peuplements décrits sont bien diversifiés et mélangés d'essences différentes, sauf le peuplement de Melu, exploité et uni-

quement boisé de pin Laricio. Les hêtraies de la Massane (Corral dels Porcs) et de Zicavo ne comptent que 2 essences (hêtre en mélange avec du chêne pubescent pour l'une, avec du pin laricio pour l'autre).

L'exploitation forestière réduit la diversité, par le choix des essences objectif. Il y a le plus souvent diminution du nombre d'essences au profit des essences commerciales comme cela est le cas pour les peuplements exploités de notre échantillon, privilégiant le hêtre (Saoû) ou le pin laricio (Melu).

On constate également un effet du contexte :

- Les peuplements ayant fait l'objet d'une forte empreinte ancienne présentent des notes inférieures (par exemple à Païolive, peuplement de Fontgraze, anciennement en pâture versus celui de Montchamp, anciennement boisé). On peut faire l'hypothèse que la sélection des essences s'est réalisée via la conservation des semenciers notamment au profit des essences utilisées pour nourrir les animaux par la ramée et la glandée.
- Les peuplements subalpins ont des notes plus faibles (Bois des Ayes, Praroussin, Marassan). Ils sont naturellement moins diversifiés. Le système de notation en tient compte (maximum atteint pour 3 genres et 2 à 4 essences en subalpin au lieu de plus de 5 genres et plus

Tableau 6. Notes moyennes obtenues pour le critère Diversité des arbres pour les 52 peuplements de l'échantillon.

	Critère	Nombre de genres	Nombre d'essences indigènes
Moyenne	7	7	7
Écart-type	2	3	2
Minimum	0	0	0
Maximum	10	10	10
Médiane	9	10	7

de 7 essences pour les autres habitats). Malgré cela, la note de ce critère reste plus faible, car la diversité est moindre. Ce critère demeure avant tout un critère de diversité et non un indicateur de l'intégrité de la composition potentielle de l'habitat.

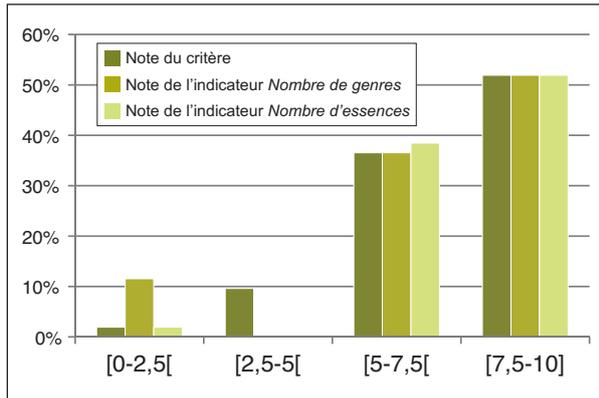


Figure 8. Proportion des notes des 52 peuplements pour le critère Diversité des arbres et les 2 indicateurs qui le composent.

Indigénat

L'indigénat est évalué à partir d'un seul indicateur : le taux des essences indigènes dans le couvert. Ce critère ressort comme une caractéristique commune des peuplements de l'échantillon. La quasi-totalité des peuplements (88 %) ont un couvert total composé exclusivement d'essences indigènes. 4 peuplements seulement présentent une faible proportion de châtaignier en mélange (suberaie des Jaudelières, chênaie verte de la Verne, chênaie blanche de la Valbonne). Un peuplement de sapinière (Pinata, La Resclause) est mélangé d'épicéa, non indigène dans les Pyrénées, réduisant ainsi le taux de couvert indigène en deçà de 90 %.

Patrimonialité

Le critère *Patrimonialité* est défini en fonction des listes d'espèces et d'habitats qui existent au niveau européen et français. Il s'agit d'espèces ciblées au titre des directives Habitats et Oiseaux (Natura 2000) et des espèces déterminantes pour les ZNIEFF. Un habitat est considéré comme patrimonial s'il est d'intérêt communautaire dans la directive Habitats. Les résultats sont présentés à la figure 9.

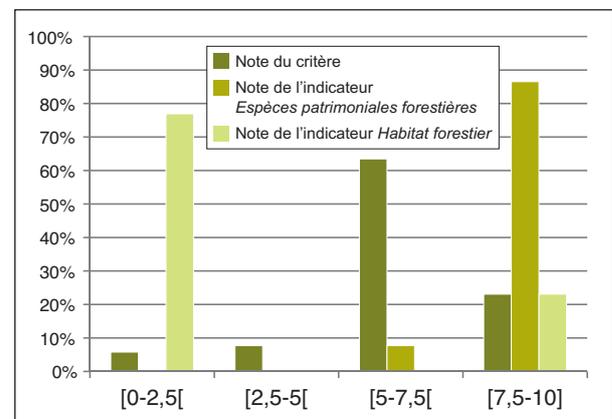


Figure 9. Proportion des 52 peuplements suivant leur note pour le critère Patrimonialité et les 2 indicateurs qui le composent.

Espèces patrimoniales forestières

86 % des peuplements décrits présentent au moins une espèce patrimoniale. Les espèces dont la présence est documentée sont par exemple le pic noir, la Rosalie des Alpes et la chouette de Tengmalm. Les signes de présence sur le terrain les plus fréquents sont les loges ou traces de nourrissage du pic noir.

Il est regrettable que certaines espèces indicatrices de peuplements très peu perturbés ne soient pas prises en compte dans les listes d'espèces patrimoniales (par exemple les champignons).

Habitat forestier

77 % des peuplements de notre échantillon ne sont pas des habitats forestiers patrimoniaux. La définition des listes se base sur la composition des écosystèmes et la rareté de certaines essences dans des contextes donnés (if, houx), mais n'intègre pas de critères de naturalité tels

que la maturité ou l'ancienneté des peuplements. Ainsi, aucune chênaie pubescente ni sapinière n'est considérée comme patrimoniale, et au niveau des hêtraies, seule la hêtraie atlantique acidiphile de la Massane est considérée comme d'intérêt communautaire.

Il serait utile de compléter les politiques comme Natura 2000 en intégrant des critères de naturalité, notamment la maturité et l'ancienneté des peuplements forestiers, critères qui s'avèrent absents de la désignation de ces espaces mais clé dans l'analyse de leur bon état de conservation.

Diversité des habitats associés

Les milieux associés qu'ils soient rocheux, humides ou ouverts sont sources d'une importante biodiversité. Ce critère synthétise les notes de 3 indicateurs, liés aux 3 principaux milieux associés en forêt. La note 6 est attribuée aux indicateurs *Milieux humides* et *Milieux rocheux* en cas d'absence naturelle pour ne pas pénaliser la note de l'indicateur et du critère.

Le tableau 7 résume les notes sur les 3 indicateurs et le critère. La variabilité des notes est faible pour les milieux rocheux ou aquatiques, entre la note 6/10 (absence naturelle) et la note maximale de 10 (présence de 5 types différents de chaque milieu).

Ces 2 indicateurs sont plus des éléments descriptifs que des éléments qui contribuent à l'évaluation de la naturalité des peuplements.

Il est proposé pour simplification de ne pas les noter dans la version 1.2 de la méthode.

Milieux rocheux

Les milieux rocheux sont bien représentés (83 % ont au moins un type de milieu, 54 % 2 types ou plus). Les types de milieux rocheux les plus représentés sont les blocs (41 peuplements), puis les barres rocheuses ombragées ou non (18 peuplements).

Milieux humides

Les milieux humides sont absents dans 77 % des peuplements. Ces résultats ne permettent pas d'interpréter la naturalité, mais apportent une information intéressante sur le contexte général du peuplement.

Milieux ouverts

L'indicateur *Milieux ouverts* apporte une information quant à la dynamique du peuplement : un fonctionnement naturel suppose la présence de trouées. Toutefois, dans notre échantillon, 81 % des peuplements ont moins de 5 % de leur surface occupée par des milieux ouverts.

Seuls 12 % des peuplements possèdent une surface de milieux ouverts comprise entre 5 et 20 %, ce qui correspond au taux d'ouverture considéré comme naturel par la littérature (sapinières de Zonza, Punta di Ferru, de Comus, Bois de Gspétal).

La notation est adaptée pour les milieux subalpins, où la note maximale est donnée pour 20 à 50 % de milieux ouverts : les peuplements

Tableau 7. Notes moyennes obtenues pour le critère Diversité des habitats associés et chaque indicateur qui le compose pour les 52 peuplements.

	Critère	Indicateur 7 Milieux rocheux	Indicateur 8 Milieux humides	Indicateur 9 Milieux ouverts
Moyenne	6	7	6	6
Écart-type	1	1	0	2
Minimum	5	6	6	0
Maximum	9	10	8	10
Médiane	6	7	6	5



Les milieux rocheux sont omniprésents dans le bois de Païolive, offrant de multiples habitats.

subalpins sont naturellement plus clairs que les peuplements de plaine. Les peuplements subalpins de Marassan et Praroussin obtiennent par exemple la note maximale.

Microhabitats des arbres

Ce critère permet d'évaluer indirectement la biodiversité du peuplement forestier. Derrière chaque type de microhabitats se cachent des espèces bien particulières (Emberger *et al.*, 2013 ; Larrieu & Gonin, 2008). Les cavités vides

creusées par les pics abritent des oiseaux cavi-coles secondaires, les noctules, la martre ; les fentes et écorces décollées les barbastelles d'Europe, pipistrelles ou grimpeaux ; les coulées de sève attirent les larves de syrphes ou les cétoines.

Le tableau 8 et la figure 10 résument les résultats pour les 3 indicateurs et le critère.

La note du critère est la moyenne de 3 indicateurs : la diversité plafonnée des microhabitats des arbres vivants (indication sur le nombre de types présents, plafonné à 2 microhabitats par

Tableau 8. Notes moyennes obtenues pour les 52 peuplements pour le critère Microhabitats des arbres et les trois indicateurs qui le composent.

	Critère	Indicateur 15 Microhabitats	Indicateur 16 Loges de pics	Indicateur 17 Polypores
Moyenne	5	8	5	3
Écart-type	2	2	3	3
Minimum	2	2	0	0
Maximum	9	10	10	10
Médiane	5	7	5	5

type), le nombre de loges de pics (comptabilisées sur arbre mort ou vivant), le nombre d'arbres vivants porteurs de polypores (arbres avec un diamètre minimal de 30 cm).

50 % des notes du critère sont comprises entre 5 et 7,5/10. 12 % des peuplements obtiennent la note maximale. Globalement, les peuplements évalués sont riches de microhabitats diversifiés, mais la notation (à poids égal) des indicateurs *Loges de pics* et *Polypores* conduit à abaisser la note.

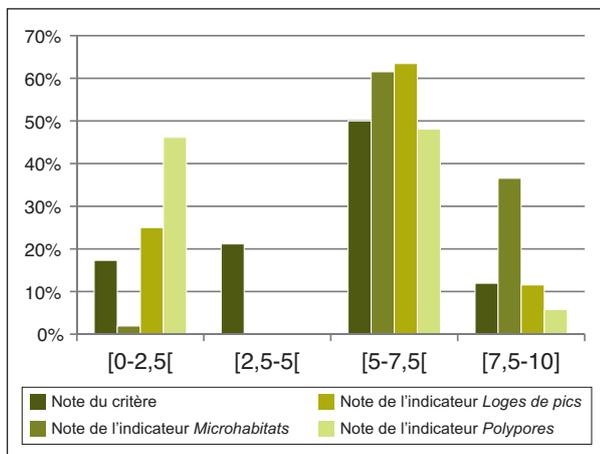


Figure 10. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère Microhabitats des arbres et les 3 indicateurs qui le composent.

Si l'on considère les notes du critère, plus de 60 % des peuplements ont une note supérieure à 5 bien qu'aucun peuplement n'atteigne la note maximale.

Les indicateurs *Loges de pics* et *Polypores* obtiennent des notes inférieures à 2,5/10 respectivement pour 25 % et 46 % des peuplements.

La note du critère varie en fonction de :

- L'essence. À âge égal, les microhabitats apparaissent plus vite sur du hêtre que du sapin. Comme cela a été quantifié par Larrieu *et al.* (2011), (le seuil de diamètre se situe autour de 100 cm pour le sapin) ;
- L'empreinte humaine ancienne : les peuplements de chêne blanc de Païolive ou de Fox-Amphoux qui ont été traités en taillis par le passé présentent des notes faibles. L'impact des usages agro-pastoraux peut également

être positif pour les microhabitats si de vieux arbres (réserves) ont été conservés lors de l'exploitation (Cadarache, Stella) ;

- L'empreinte humaine récente. Les peuplements exploités récemment (Aiguines vallon de Garimbau, Saoû, Tête d'Alpe) ont les notes les plus faibles.

Microhabitats des arbres vivants

73 % des peuplements évalués comptabilisent une diversité plafonnée de microhabitats par hectare supérieure à 10, soit une diversité minimale de 5 types de microhabitats (on comptabilise au maximum 2 microhabitats par type). 25 % en compte entre 5 et 10 et un seul peuplement (Tête d'Alpe) en compte moins de 5/ha. Par rapport aux catégories prises en compte dans l'IBP (< 1 ; 1-5 ; > 6), l'ajout des classes supplémentaires]10-15] et > 15 permet de mieux répartir les peuplements le long du gradient de naturalité.

Les hauts lieux de naturalité offrent une palette de microhabitats riche et diversifiée. Cet indicateur ne permet cependant pas de rendre compte de la densité des microhabitats. Il s'agit d'un compromis entre la diversité et la densité plafonnée qui semble bon pour une évaluation rapide.

Loges de pics

12 % des peuplements ont plus de 10 loges de pics par hectare, 36 % en comptabilisent plus de cinq. Parmi les peuplements ayant la note maximale, tous les habitats sont représentés, et il n'apparaît pas de lien fort avec la naturalité des peuplements. Le peuplement de Melu a par exemple été exploité il y a moins de 20 ans, présente une structure très simplifiée (une seule strate), et une maturité moindre (peuplement adulte) et compte néanmoins 34 loges/ha de sittelle corse, principale espèce cavicole primaire, le pic noir étant absent en Corse.

Un quart des peuplements n'ont aucune loge de pics. Parmi ces peuplements, 3 sont situés en Corse. Dans cette région, sont également comptabilisées les loges de sittelle, mais elles sont plus difficiles à voir, surtout quand la hauteur dominante des arbres est importante comme c'est le cas à Ciamannacce et Rospa-Sorba. Parmi ces peuplements sans loges, tous

les habitats sont représentés, et si certains peuplements ont été exploités récemment (Saoû ; Aiguines, Vallon de Garimbau), d'autres sont en libre évolution depuis une cinquantaine d'années (Païolive, bois du Chapitre, Pinata).

Dans notre contexte, la classe de densité de loges de pics supérieure à 10/ha semble un indicateur aléatoire. Donner à cet indicateur autant d'importance qu'à l'indicateur Microhabitats des arbres vivants semble à modifier.

Polypores

La moitié des peuplements n'ont aucun gros arbre ($\varnothing > 30$ cm) porteur de polypores, et seuls 3 peuplements de hêtraie ont plus de 10 arbres par hectare porteurs d'au moins un polypore.

L'apparition de polypore sur les arbres vivants est un signe de sénescence. Outre qu'il est rare et aléatoire, cet indicateur serait peut-être plus pertinent au sein du critère de maturité, car il n'apporte pas une réelle information supplémentaire pour ce critère. Au vu des résultats obtenus, le système de notation de ce critère sera retravaillé.



Les loges de pics constituent un microhabitat de choix pour la succession des espèces cavicoles.

Complexité structurale

Un écosystème forestier naturel offre une grande complexité structurale, que ce soit en termes de stratification verticale ou de structure horizontale (classes d'âge).

Le tableau 9 et la figure 11 résument les notes pour les 3 indicateurs et le critère. La note du critère *Complexité structurale* est la moyenne de 3 indicateurs : un indicateur de la structure horizontale, le plus souvent influencé par le régime sylvicole appliqué ou passé, un indicateur de surface terrière et un indicateur de la stratification verticale du peuplement.

Les hauts lieux de naturalité évalués offrent une complexité structurale certaine, avec des peuplements irréguliers, stratifiés verticalement et à fort volume de bois sur pied (surface terrière > 25 m²/ha).

Structure du peuplement

90 % des peuplements sont des futaies irrégulières, et 44 % sont des futaies irrégulières en diamètre et en hauteur. Seuls 2 peuplements ne présentent pas une structure dominante de futaie classique. Il s'agit de la futaie claire de chêne blanc de Stella et d'un mélange de futaie de chêne-liège avec un taillis de chênes verts et d'arbousiers à la Chartreuse de la Verne. L'irrégularité des peuplements apparaît comme une caractéristique commune à tous les hauts lieux de naturalité décrits dans notre échantillon.

Surface terrière

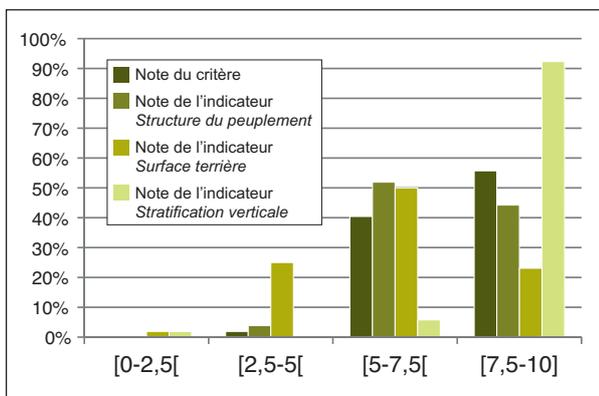
44 % des peuplements ont une surface terrière supérieure à 25 m²/ha, dont 23 % présentent un G > 30 m²/ha. Les peuplements de chênaie verte du Fangu (Omita) et de sapinière de Comus (Bois du Pinet) présentent une surface terrière qui dépasse les 35 m²/ha (maximum de 38 m²/ha pour le Fangu).

27 % des peuplements ont une surface terrière inférieure à 20 m²/ha :

- 17 % sont des chênaies blanches ou vertes, poussant sur des stations globalement peu fertiles (hauteur dominante < 20 m) ;
- Les 10 % restants ont été assez fortement perturbés, soit par la gestion forestière ancienne

Tableau 9. Résultats obtenus pour le critère Complexité structurale pour les 52 peuplements

	Critère	Indicateur 12 Structure du peuplement	Indicateur 13 Surface terrière	Indicateur 14 Stratification verticale
Moyenne	8	8	6	10
Écart-type	1	2	2	2
Minimum	4	3	0	0
Maximum	10	10	10	10
Médiane	8	7	5	10

**Figure 11.** Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère Complexité structurale et les 3 indicateurs qui le composent.

(anciens taillis de Païolive, de Cadarache, de Fox, charbonnage à la Verne, à l'Ospedale, pâturage à Marassan), ou encore sur la période récente (Saoû).

Les hauts lieux de naturalité ont des surfaces terrières importantes, même pour des peuplements peu fertiles de Méditerranée. Parmi les peuplements de hauteur dominante inférieure à 20 m de l'échantillon, 1/3 ont une surface terrière supérieure à 25 m²/ha.

Stratification verticale

Plus de 90 % des peuplements de l'échantillon présentent une note à cet indicateur supérieure à 7,5 et ont au moins 3 strates (arbustive, arborescentes basse et haute). Seuls 4 peuplements ne possèdent qu'une ou deux strates (arborescente haute et arbustive). Il s'agit des peuplements ayant fait l'objet d'une coupe récente (< 20 ans) : Melu (pin laricio), Aiguines, vallon de Garimbau (hêtre), Saoû (hêtre), Tête d'Alpe (sapin) et San Pietro d'Accia (hêtre).

*Structure de futaie irrégulière (hêtre de la Massane).*

Maturité

Les résultats sont présentés dans le tableau 10 et la figure 12. La note du critère *Maturité* résulte de la moyenne de 3 indicateurs : 2 concernant les arbres vivants (âge du peuplement, nombre de très très gros arbres), un autre concerne la nécromasse (volume de bois mort).

Les 3/4 des peuplements ont une note supérieure à 5/10 au critère. 7 % des peuplements obtiennent la note 9 (note maximale). Il s'agit de : Bois noir de Breil ; Sainte-Baume, grotte aux Œufs ; Massane, Font de la Fajoseta ; Ventoux, Coste Vieille.

Un quart des peuplements ont des notes inférieures à 5 : la moitié d'entre elles sont des chênaies blanches ou vertes, les autres sont des peuplements exploités récemment. 15 % des peuplements obtiennent des notes comprises entre 0 et 2,5. Toutes ces forêts font partie du groupe des peuplements à la naturalité la plus faible de notre

échantillon. En termes de maturité, elles sont pourtant au même niveau que la grande majorité des forêts françaises. Les forêts évaluées constituent bien, pour la région géographique étudiée, des références en termes de maturité.

Age du peuplement

Les catégories d'âge du peuplement de l'indicateur retenu dans la méthode se basent sur une proportion de la longévité donnée par la flore de Rameau. L'âge est celui des plus vieux arbres du peuplement dominant, hors arbres agroforestiers préexistants.

46 % des peuplements sont matures, 35 % sont seulement adultes. L'âge moyen des peuplements est situé entre 100 et 250 ans selon les essences dominantes. 15 % des peuplements sont âgés (longévité supérieure aux 3/4 de la longévité). Il s'agit de peuplements difficilement accessibles (pente > 30 % et distance à une piste de débardage supérieure à 200 m, sauf à La Luvana (Zicavo) où la pente est faible mais la distance à une piste supérieure à 1 km). 5 des 8 peuplements âgés sont des peuplements de montagne. La moitié des peuplements âgés de notre échantillon est située en Corse. Cette plus grande occurrence, ici orientée par le choix de l'échantillon, reflète une réalité bien illustrée par les données de l'IGN (Vallauri *et al.*, 2009). Au-delà de l'âge des peuplements analysés, des pins laricio carottés présentent des âges supérieurs au millénaire, dans la hêtraie de la Luvana (Zicavo) et dans la sapinière à Ciamannacce (âge véritable à estimer par carottage à cœur, prévoir une tarière de 60 à 80 cm).

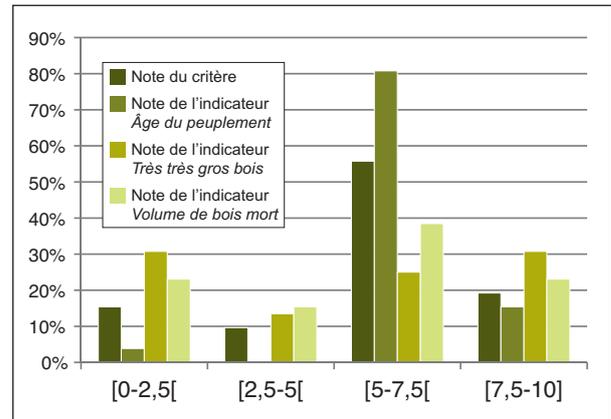


Figure 12. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère Maturité et les 3 indicateurs qui le composent.

Seuls 2 peuplements de l'échantillon sont jeunes (inférieurs au quart de la longévité) : le peuplement de Tête d'Alpe exploité récemment, et un peuplement de la Chartreuse de la Verne, ayant fait l'objet de coupes de taillis.

Très très gros bois (TTGB)

Un TTGB est défini comme un arbre dont le diamètre est supérieur à $H_0 \times 4$ (plafonné à 120 cm ; exemple : 90 cm pour une hauteur dominante de 22 m). La hauteur dominante est celle d'un peuplement adulte et exprime la fertilité (voir Rossi et Vallauri, 2013).

31 % des peuplements ont plus de 10 TTGB/ha. Il s'agit soit des peuplements les plus matures (60 % d'entre eux sont matures, 20 % sont âgés), soit de peuplements adultes dans lesquels les anciennes pratiques agro-pastorales ont permis de conserver des gros arbres, soit

Tableau 10. Notes moyennes obtenues pour le critère Maturité et les trois indicateurs qui le composent pour les 52 peuplements.

	Critère	Indicateur 18 Âge	Indicateur 20 TTGB	Indicateur 23 Bois mort
Moyenne	6	7	5	6
Écart-type	2	2	4	3
Minimum	2	2	0	0
Maximum	9	10	10	10
Médiane	6	7	7	5

pour l'ombrage aux troupeaux, soit pour récolter ramée ou glandée (Cadarache, La Verne).

31 % des peuplements n'ont aucun TTGB. Il s'agit :

- Généralement, de peuplements fortement impactés par l'exploitation du bois, qu'elle soit récente (Saoû) ou plus ancienne (anciens taillis de chêne blanc) ;
- Soit du cas particulier des peuplements matures ou âgés dominés par le sapin, dans lesquels a eu lieu une phase de compression suffisamment longue durant les stades initiaux du peuplement pour avoir conduit à un retard de croissance (avéré au Bois du Chapitre et à Zonza, à confirmer par carottage au Jabron).

Pour mémoire, le nombre de Très Gros Bois (TGB) est relevé pour l'IBP. Le diamètre seuil est cette fois fixé en fonction du domaine biogéographique et de la fertilité de la station. Le nombre moyen de TGB relevé dans notre échantillon est de 33/ha (+/- 20). Cet indicateur apporte une information complémentaire mais ne permet pas d'interpréter la maturité des peuplements car il est trop peu discriminant, les seuils de diamètre étant souvent bas au regard du potentiel en Méditerranée.

Volume de bois mort

38 % des peuplements ont entre 10 et 50 m³/ha de bois mort et 23 % obtiennent la note maximale (plus de 50 m³/ha de bois mort ou, pour 3 peuplements de hauteur dominante < 20 m, plus de 20 m³/ha). Ce sont des peuplements difficilement accessibles (pente > 40 %, sauf pour le peuplement de Zicavo, qui est éloigné et sans desserte), situés en altitude (altitude > 1300 m, sauf pour les peuplements de la Sainte-Baume et du Fangu).

38 % des peuplements ont moins de 10 m³ de bois mort par hectare. Parmi ces peuplements, 65 % sont des chênaies blanches ou vertes. Ces peuplements sont moins matures (jeunes à adultes), et plus accessibles (pente < 30 %, altitude < 500 m). Les autres peuplements ont fait l'objet d'une exploitation récente.

Certains peuplements en pente et soumis à des orages violents peuvent avoir un déficit de bois mort, dû à la vidange naturelle d'une partie des bois morts (exemple de La Massane).



La présence de bois mort de gros diamètre est un paramètre clé de la naturalité des forêts.

Dynamique

La dynamique rend compte de la trajectoire des écosystèmes. Celle de la succession végétale linéaire : d'un stade pionnier qui recolonise d'anciennes terres agricoles, à un stade dominé par des dryades et possédant toutes les caractéristiques d'un écosystème en équilibre dynamique. Et celle du cycle sylvigénétique, qui s'organise en phases, jusqu'à une phase d'écroulement qui va amener de la lumière au sol et permettre l'installation d'une phase de régénération, perpétuant ainsi le cycle. Le critère *Dynamique* intègre 2 indicateurs relevant de la succession et de la sylvigénèse.

Les résultats sont présentés dans la figure 13. 98 % des notes du critère sont supérieures à 5 et 52 % supérieures à 7,5. Les peuplements évalués sont en très grande majorité des peuplements de fin de succession végétale. Les cycles sylvigénétiques ne sont en revanche que rarement complets.

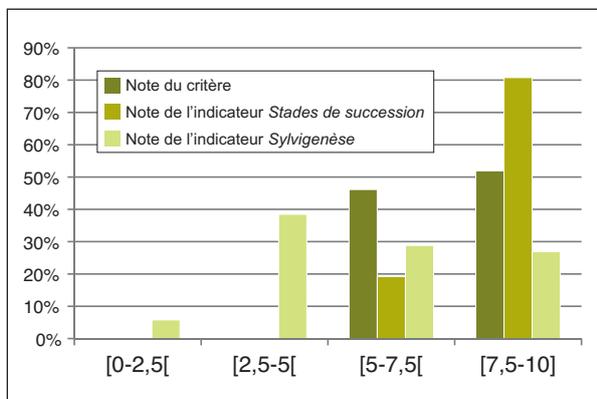


Figure 13. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère Dynamique et les 2 indicateurs qui le composent.

Stades de succession

Les peuplements choisis sont globalement (81 %) en fin de succession, dominés par des dryades : chêne blanc, chêne vert, hêtre, sapin, pin laricio et pin cembro. Quelques peuplements (19 %) présentent des mélanges d'essences témoignant d'un stade pionnier (essences pionnières tels que le mélèze ou le pin maritime, espèces signe d'une perturbation tel que le buis).

Phases de la sylvigénèse

80 % des peuplements ont un cycle comportant au moins les phases de régénération, croissance et maturité. 52 % des peuplements ont également une phase de vieillissement, mais seuls 19 % des peuplements présentent des cycles sylvigénétiques complets. 70 % de ces peuplements à cycle complet sont des peuplements de montagne (hêtraie-sapinières de Comus et du Jabron ; sapinières du Bois noir de Breil et de Zonza ; forêt de pin laricio de Rospa-Sorba).

12 % des peuplements n'ont pas de stades de vieillissement et d'écroulement, car ils ont été tronqués par l'exploitation forestière. 69 % des peuplements ne présentent pas de phase d'écroulement.

23 % des peuplements n'ont pas de régénération établie. Il s'agit de peuplements :

- où la densité de l'ombrage de la canopée actuelle ne permet pas à la régénération de s'établir (hêtre, chêne vert, voire sapin). Lorsque les phases de vieillissement et d'écroulement arriveront, la réouverture naturelle du peuplement permettra la régénération (sapinière du bois du Chapitre ; hêtraies de San Pietro d'Accia ; Zicavo ; Aiguines Vallon de Garimbau et vallon de la petite Forêt ; chênaie verte de La Verne, vers le Gué),
- où le pâturage récent ou ancien a détruit la régénération (cembraie du bois des Ayes ; mélèzin de Praroussin ; hêtraie de la Massane, Font de la Fajoseta),
- aux conditions climatiques et édaphiques limites (bois des Rièges).

Continuité spatiale

La continuité spatiale est un critère de naturalité très important par rapport à la capacité de dispersion et aux domaines vitaux de certaines espèces de flore ou de faune. Certaines espèces ne nécessitent que de petites superficies de forêt mais sont très sensibles à des discontinuités qualitatives (une absence de vieux arbres sur plus de 200 m peut être fatale à la dispersion du pique-prune, Ranius *et al.*, 2001). D'autres espèces ont besoin de vastes espaces boisés (grands carnivores tel que le lynx, grands herbivores comme le cerf).

Ces aspects qualitatifs et quantitatifs de la continuité de la trame forestière sont pris en compte dans le critère à l'échelle du peuplement, même s'ils seront plus importants aux échelles supérieures.

Deux indicateurs composent la note du critère *Continuité spatiale* : la continuité forestière, et la continuité forestière à naturalité minimale, c'est-à-dire des boisements composés au minimum de 75 % d'essences indigènes et à structure de futaie.

Les résultats sont présentés dans la figure 14. 90 % des peuplements ont une note supérieure à 5/10 pour le critère. Globalement, les peuplements à haute naturalité analysés ici sont de petites surfaces, mais compris dans une matrice boisée importante, dominée par la futaie. Il ne peut être question de risque de fragmentation qu'à Cadarache (du fait des aménagements) ou au bois des Rièges (fragmentation naturelle) ou si l'on considère avec plus de précision la connectivité de la trame de vieux bois.

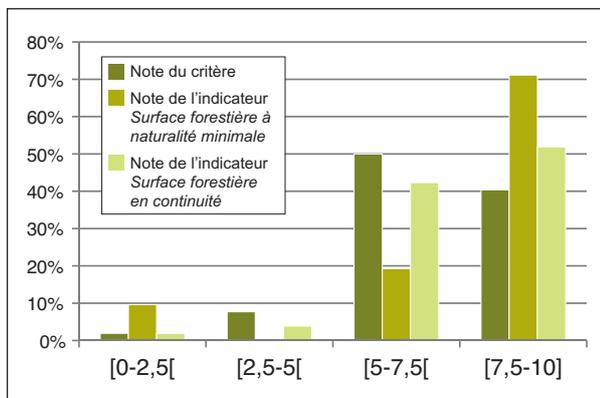


Figure 14. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère Continuité spatiale et les 2 indicateurs qui le composent.

Surface forestière à naturalité minimale

52 % des peuplements sont dans un contexte de continuité forestière à naturalité minimale comprise entre 1 000 et 10 000 ha. 19 % des peuplements dépassent le seuil de 10 000 ha. 10 % ont moins de 100 ha de forêt à naturalité minimale en continuité : ce sont les peuplements de Cadarache, fragmentés par la Durance et les aménagements du site nucléaire qui bordent la forêt, certains peuplements de chêne blanc de Païolive et Fox-Amphoux, entourés de

taillis, et du bois des Rièges, naturellement entouré par la mer et les lagunes (île).

Surface forestière en continuité

52 % des sites étudiés sont dans un contexte de continuité forestière supérieure à 10 000 ha. Aucun peuplement n'est en continuité avec plus de 100 000 ha de forêt. 6 % seulement ont moins de 1 000 ha de forêt en continuité (le bois des Rièges et les peuplements de Cadarache, voir ci-dessus).

Ancienneté

L'ancienneté de l'occupation du sol par un boisement est une condition *sine qua non* d'autres critères comme la maturité. Aussi, le pré-repérage des peuplements incluait comme condition que les peuplements soient indigènes et anciens. 87 % des peuplements étudiés ont sans surprise une continuité de leur état boisé depuis au minimum 1790 (présence des boisements sur la carte de Cassini, puis sur les minutes des cartes d'État-major et sur les photographies aériennes anciennes de l'IGN).

Les peuplements ayant été déboisés par le passé sont ceux de Saoû, Cadarache (Roque-Rouge) et Praroussin (d'après Cassini et l'État-major, même si sur les deux dernières des arbres « agro-pastoraux » devaient exister). La Verne (vers le Gué), Ospedale (Carpiccia) et Païolive (Fontgraze) apparaissent en limite de boisement sur Cassini et en prairie ou pâture sur l'État-major.



Le peuplement de Fontgraze (bois de Päolive), déboisée sur les minutes des cartes d'état-major.

EMPREINTE ÉCOLOGIQUE HUMAINE : RÉSULTATS PAR CRITÈRE

Une façon complémentaire d'aborder la question de la naturalité est de considérer l'empreinte humaine. Celle-ci est prise en compte à 3 échelles de temps : l'empreinte humaine passée, actuelle et potentielle. Les traces d'une agriculture ancienne restent visibles extrêmement longtemps en forêt, comme en témoigne la flore indicatrice (Hermy *et al.*, 1999 ; Dupouey *et al.*, 2002). Il en est de même pour l'empreinte de l'exploitation forestière, même si elle s'estompe environ 80 à 100 ans après l'arrêt de l'exploitation (si le peuplement est adulte au moment de l'arrêt).

La période prise en compte dans la méthode est limitée par la facilité d'accès aux données historiques. L'empreinte humaine est en conséquence évaluée à partir de 1800 seulement. Les pressions et menaces potentielles sont évaluées pour les 50 ans à venir.

Nous commençons par décrire les résultats de l'empreinte humaine Après 1960, puis détaillons l'empreinte humaine 1800-1960 pour terminer par les pressions et menaces pour les 50 ans à venir qui pèsent sur ces peuplements.



Pour les critères et indicateurs d'empreinte, plus la note est élevée, plus l'empreinte est forte et moins la naturalité est *a priori* importante.

Empreinte Après 1960

L'empreinte après 1960 comprend, dans la version 1.1 de la méthode, 4 indicateurs : la date de dernière coupe après 1960, l'intensité des coupes via la densité de souches observables dans le peuplement, la présence d'espèces envahissantes, la ou les cause(s) de fragmentation du peuplement.

Les résultats sont présentés dans la figure 15. 98 % des peuplements ont une note inférieure à 5. Les peuplements évalués sont bien moins impactés par l'exploitation de bois et l'empreinte humaine contemporaine en général que la moyenne des forêts françaises. Rares en France sont les forêts n'ayant pas fait l'objet de coupes depuis 60 ans.

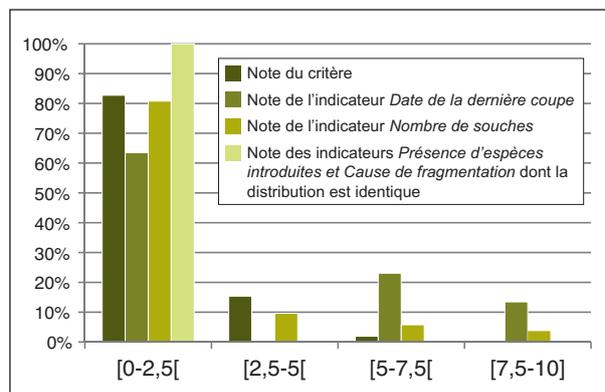


Figure 15. Proportion des 52 peuplements suivant la note d'Empreinte Après 1960 et les 4 indicateurs qui le composent.

Date de la dernière coupe

63 % des peuplements n'ont pas été passés en coupe depuis 1960. 27 % des peuplements ont été coupés il y a 20 à 60 ans, et seuls 10 % des peuplements ont fait l'objet d'une coupe ces 20 dernières années : Cadarache (Grand Vallon), Melu, San Pietro d'Accia, Saoû et Tête d'Alpe.

Nombre de souches

80 % des peuplements ont moins de 10 souches par hectare. Seuls 4 % des peuplements ont fait l'objet de coupes de forte intensité, portant le nombre de souches à plus de 400/ha. Il s'agit des peuplements de Fox-Amphoux (coupe de taillis) et de Tête d'Alpe.

Présence d'espèces envahissantes introduites

Aucune espèce envahissante introduite n'a été signalée dans les peuplements échantillonnés. Il faut remarquer que l'échantillon ne comprend pas de forêts alluviales, qui sont souvent fortement impactées par les espèces envahissantes.

Cause de fragmentation

Aucun peuplement n'est fragmenté du fait des infrastructures de transport ou l'urbanisation, des pâtures ou terres agricoles, des coupes rases ou plantations.

Empreinte 1800-1960

L'empreinte 1800-1960 est approchée par la combinaison de 3 indicateurs : les présomptions d'usages agricoles ou pastoraux, celles d'une exploitation forestière, et l'ancienneté de l'état boisé.

Les résultats sont présentés dans le tableau 11 et la figure 16. 82 % des peuplements ont une note inférieure à 5/10 pour l'empreinte 1800-1960. Toutefois, 92 % des peuplements ont une note supérieure à 5/10 en ce qui concerne l'exploitation ancienne du bois. Cette exploitation laisse

encore des traces dans la structure actuelle des peuplements et leur maturité, même si la plupart des peuplements sont aujourd'hui en évolution naturelle. A la Massane par exemple, qui est un des peuplements pour lesquels on dispose le plus de données, l'arrêt de l'exploitation date de 1880. C'est également l'époque où furent créées en France les premières réserves artistiques (Fontainebleau en 1853), et en Europe les premières réserves intégrales (Zofinski en République tchèque en 1838 pour l'arrêt d'exploitation des arbres vivants, 1882 pour l'arrêt de la récolte du bois mort).

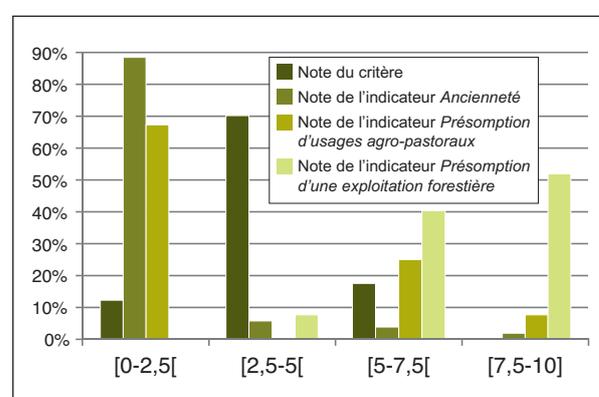


Figure 16. Proportion des 52 peuplements suivant les notes d'Empreinte 1800-1960 et les 3 indicateurs qui le composent.

Présomption d'usages agro-pastoraux

60 % des peuplements ne comportent plus aucune trace d'usages agro-pastoraux, même si les peuplements ont probablement fait l'objet de certains usages par le passé (pâturage notamment). 1/4 des peuplements présentent des signes d'anciens usages pastoraux, mais ayant probablement peu perturbé les sols

Tableau 11. Notes moyennes obtenues pour l'empreinte 1800-1960 pour les 52 peuplements

	Critère	10 - Indicateur 28 Ancienneté	Indicateur 29a Agro-pastoralisme	Indicateur 29b Exploitation du bois
Moyenne	4	1	3	7
Écart-type	1	8	2	2
Minimum	1	0	0	4
Maximum	6	8	10	10
Médiane	4	10	2	8

(anciens arbres de forme champêtre, drailles et reposoirs, abris et ruines).

8 % des peuplements ont des signes d'anciens usages agricoles (murets et épierrements). Ces usages ont eu des conséquences importantes, notamment au niveau des perturbations du sol forestier. C'est le cas de certains peuplements de Païolive (Ceyrèdes et Casteljau), de la Verne (vers le Gué) et des Jaudelières (piste des 5 Sèdes).

Présomption d'une exploitation forestière

48 % des peuplements ne comportent plus de traces d'une exploitation de bois datant de 1800 à 1960 même si les usages sont quasi certains. Des documents attestant qu'il n'y a pas eu d'exploitation du bois depuis au moins 1910 existent uniquement pour La Massane (arrêt en 1880), Comus (arrêt en 1886), et Lente (« au moins 100 ans » soit 1897).

31 % des peuplements conservent des traces d'une exploitation de bois antérieure à 1960 : traces de câble ou de lançage, anciennes souches de franc pied ou anciennes cépées. 15 % des peuplements ont fait l'objet d'une activité de charbonnage : Aiguines (Pas de Garimbau), Cadarache (Grand Vallon), Fox-Amphoux, Massane (Font de la Fajoseta), l'Ospedale, Py et la Valbonne (La Crompe).

Les peuplements ayant subi le moins d'impacts, que ce soit pour la récolte de bois ou les

usages agro-pastoraux, sont les peuplements d'altitude, sapinières et hêtraies-sapinières. La pente est un facteur prépondérant (figure 17), empêchant le pâturage et limitant l'exploitation forestière, même si le débardage par câble ou par lançage était bien plus développé autrefois. Les sapinières et hêtraies-sapinières évaluées sont souvent dans des pentes supérieures à 60 %. À l'inverse, les chênaies blanches et vertes sont souvent peu pentues, et facilement accessibles, d'où une forte empreinte passée : charbonnage, taillis à courte rotation (moins de 20 ans au XIX^e siècle), pâturage, mise en culture et essartage, etc.



Anciennes terrasses dans un vieux verger de châtaigniers

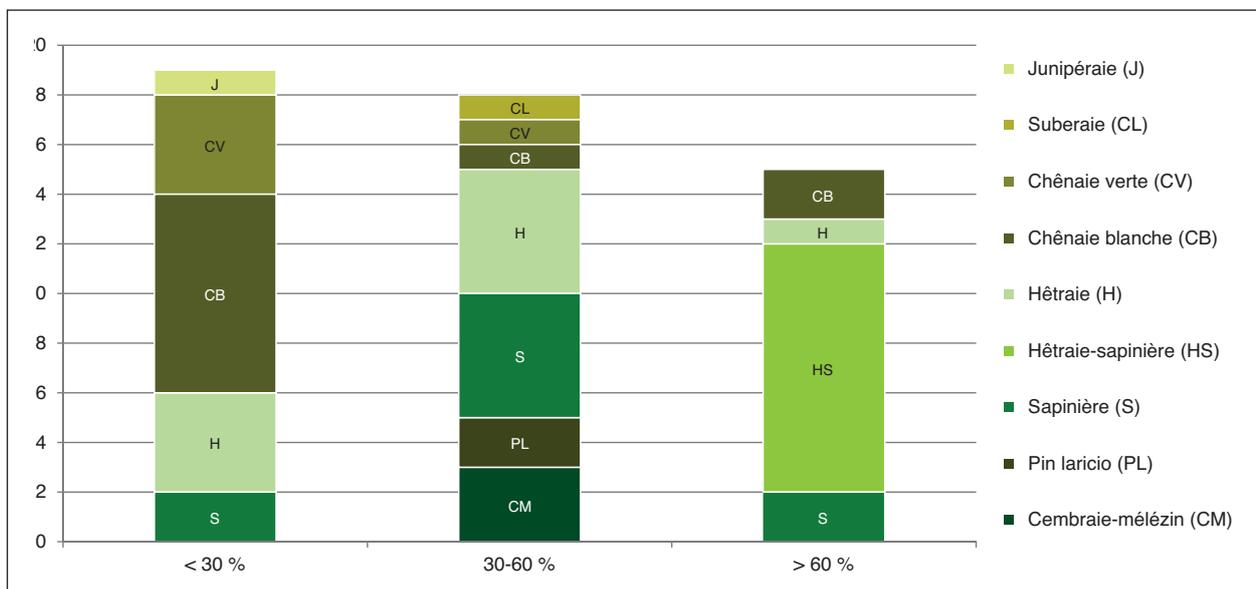


Figure 17. Nombre de peuplements de l'échantillon par classes de pente et type d'habitat forestier.

Pressions dans les 50 ans à venir

Le critère *Pressions dans les 50 ans à venir* rassemble une note pour chacune des 10 menaces ou pressions les plus importantes qui pèsent ou pèseront sur l'avenir du peuplement dans les 50 ans à venir : l'exploitabilité du bois, l'incendie, le défrichement (agricole ou pour l'urbanisation et le développement), la chasse, l'abrutissement excessif, la fréquentation, les espèces envahissantes, le changement climatique et la durabilité des usages.

Les résultats sont présentés dans le tableau 12. Les pressions et menaces sont en moyenne peu élevées pour les peuplements étudiés : 87 % des peuplements ont une note inférieure ou égale à 3/10. La note maximale est de 5,5/10 pour le peuplement de Cadarache, Grand Vallon, à la fois facilement exploitable pour son bois, sensible au risque incendie, sous forte pression d'aménagement (centre de recherche nucléaire ITER), soumis à la chasse, à l'abrutissement impactant significativement la régénération, proche d'un bassin de population important et sans aucun statut de protection efficace au moment de la description début 2012 (classement en RB en cours).

Exploitation du bois

La pression d'exploitation est plutôt faible. 58 % des peuplements sont très difficilement accessibles (pente > 30 %, desserte à plus de 500 m), et 13 % supplémentaires sont difficilement accessibles (pente < 30 %, desserte à plus de 1 km). Seuls 17 % des peuplements sont facilement accessibles à l'exploitation du bois (pente < 30 %, desserte à moins de 200 m). Cette évaluation serait à reconsidérer dans l'éventualité d'un développement important de l'exploitation par câble.

Incendie

Le risque incendie est quasi nul pour 62 % des peuplements du fait d'une altitude supérieure à 1 000 m. Il est élevé pour 31 % des peuplements, situés à moins de 1 000 m d'altitude (chênaie blanche, chênaie verte, suberaie et junipéraie), et très élevé pour 12 % des peuplements, tous situés à moins de 600 m d'altitude et étant soumis à des facteurs aggravants : présence d'un sous-bois continu et inflammable à La Verne, au bois des Rièges, aux Jaudelières et à l'Ospedale (San Martinu). A la Verne (vers le lac) s'ajoute en plus une pression due à la forte fréquentation (proximité de la Chartreuse). Il faut noter toutefois qu'aucun incendie n'a impacté les peuplements de la Verne, situés dans la RBI du massif des Maures, depuis au moins 1962. C'est une chose rare dans le massif des Maures.

Tableau 12. Notes moyennes obtenues pour le critère Pressions dans les 50 ans à venir pour les 52 peuplements

		Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum	Médiane
Critère Pressions et menaces		2	1	0	6	2
Indicateur 33	Exploitabilité	3	4	0	10	0
Indicateur 34	Incendies	2	3	0	10	0
Indicateur 35	Défrichement	1	2	0	6	0
Indicateur 36	Urbanisation	2	2	0	7	0
Indicateur 37	Chasse	4	3	0	10	5
Indicateur 38	Abrutissement	1	2	0	10	0
Indicateur 39	Fréquentation	2	3	0	8	1
Indicateur 40	Envahissantes	0	1	0	5	0
Indicateur 41	Changement climatique	1	2	0	10	0
Indicateur 42	Durabilité des usages	5	3	0	10	6

Risque de défrichement

Le risque de défrichement agricole est faible pour l'ensemble des peuplements. 67 % des peuplements ont un statut foncier ne permettant pas d'être défrichés à des fins agricoles (figure 18) ; 21 % ont une pente supérieure à 30 %, ce qui rend peu plausible une mise en culture ; 12 % des peuplements seraient potentiellement plus facilement défrichables (forêts communales de Fox-Amphoux, Zicavo, Aiguines ; forêts privées de Païolive), mais le contexte local n'étant actuellement pas favorable à un développement de l'agriculture, le risque reste très limité.

Le risque de défrichement à des fins d'urbanisation ou de développement d'infrastructures est nul pour 65 % des peuplements : le statut foncier joue un rôle clé (figure 18) car si le statut de forêt domaniale n'est pas un statut de protection en soi, il confère à la forêt certaines garanties en termes de gestion, notamment la pérennité de l'état boisé. Seuls 8 % des peuplements étudiés ont une pression d'aménagement moyenne (Cadarache en raison du centre ITER).

Chasse et pression d'abrutissement

La chasse est interdite dans 29 % des peuplements (du fait du classement en RBI, réserve

intégrale d'une RNN, réserve de chasse). Les autres peuplements sont chassables mais peu accessibles (15 % des peuplements), ou sans trace d'activité (19 % des peuplements). On retrouve des traces d'une activité de chasse dans 27 % des peuplements seulement (douilles de cartouches notamment). Seuls 10 % des peuplements ont au moins un aménagement pérenne lié à l'activité de chasse (miradors, abri, agrainoirs, etc.).

La pression d'abrutissement est nulle pour 60 % des peuplements. Seuls 8 % des peuplements présentent des signes d'abrutissement notables (au moins 20 % des tiges) : ce sont des peuplements soumis à du pâturage (race locale de vache à La Massane, bétail divagant à Rospa Sorba), ou à des fortes densités ongulés sauvages (Jabron, Ventoux).

Fréquentation

La pression de fréquentation est évaluée à partir de la facilité d'accès pour les piétons (aucun sentier, sentier peu connu ou au contraire balisé et connu du public, route), et par la taille du bassin de population à proximité du peuplement. 79 % des peuplements restent des zones peu fréquentées par le grand public. 21 % des peuplements sont assez fréquentés, traversés par un GR ou proches de grandes villes (notamment dans les forêts de la Sainte-Baume, du Ventoux, de la Valbonne).

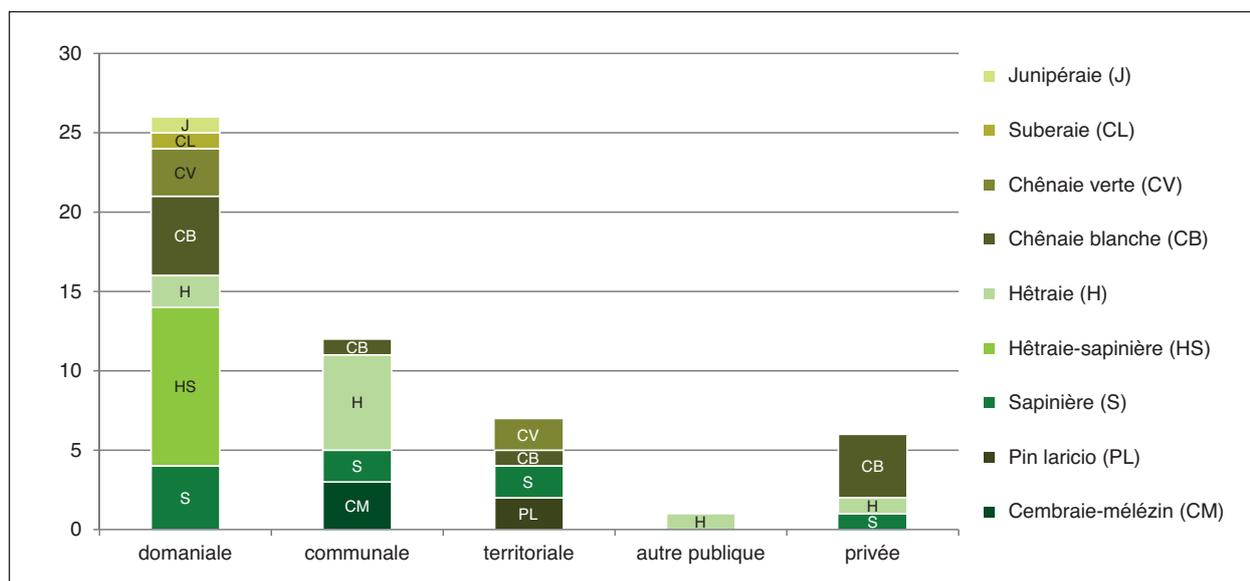


Figure 18. Nombre de peuplements en fonction du statut foncier et de l'habitat.

Espèces envahissantes

Le risque lié aux espèces envahissantes est nul pour les peuplements inventoriés. Seuls 3 peuplements seraient plus sensibles et sont à surveiller (en bordure de cours d'eau à la Valbonne, proche de milieux perturbés à Cadarache, et en milieu dunaire au Bois des Rièges).

Changement climatique

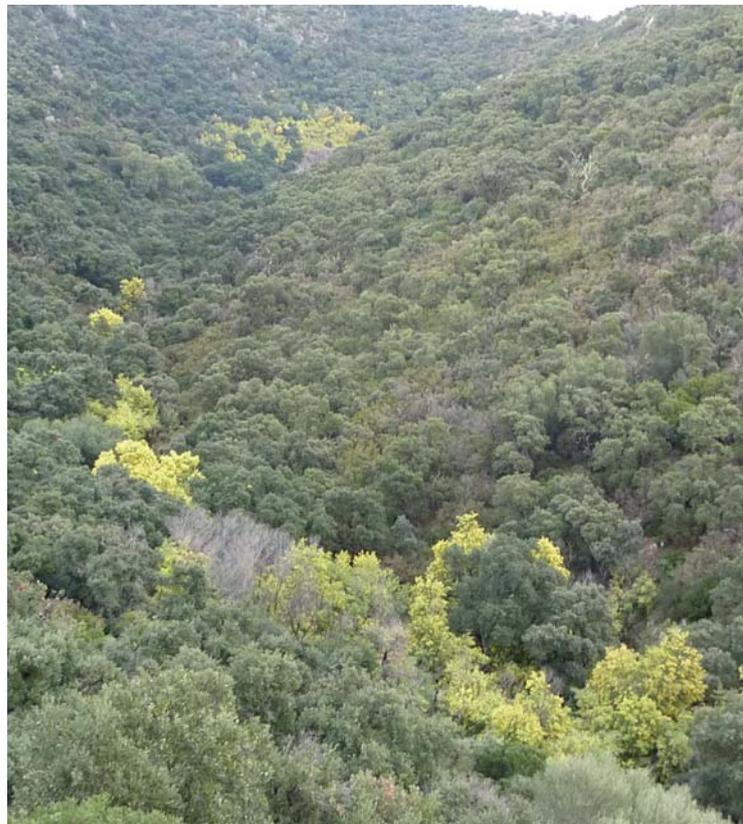
79 % des peuplements sont estimés résilients et résistants, et ne seront probablement pas affectés par un changement d'habitat d'ici 2050. Il est estimé que seul le Bois des Rièges n'a aucun avenir forestier en cas d'une augmentation de 2°C d'ici 2050 (ou 4°C d'ici 2100). La hausse du niveau de la mer, entraînant une augmentation de la salinité, pourrait entraîner le dépérissement des genévriers. Des dépérissements qui semblent imputables à la hausse des températures et à la diminution des précipitations sont visibles dans 6 peuplements. Ce sont des dépérissements d'essences en limite de leur aire de répartition : sapin (hêtraie-sapinière du Ven-

toux ou du Jabron) ou hêtre (Massane, Valbonne, Sainte-Baume). Ils ne remettent toutefois pas en cause la présence de l'habitat actuel mais plutôt sa fertilité (vue notamment par la hauteur dominante du peuplement).

Durabilité de la conservation

40 % des peuplements sont couverts par un statut de protection de catégorie UICN I à IV : 19 % des peuplements sont en réserve intégrale, 21 % en réserve dirigée (RBD, RNN). 37 % des peuplements font partie du réseau Natura 2000. 6 % ne sont couverts par aucun statut et 17 % uniquement par un statut de catégorie UICN V.

La durabilité est très différente en fonction des types d'habitats. Sur les 10 peuplements les mieux protégés (réserve intégrale, cœur de parc national non exploité), 8 sont des hêtraies-sapinières (les 2 autres étant des chênaies vertes dans la RBI des Maures). 60 % des peuplements couverts uniquement par Natura 2000 sont des chênaies blanches (figure 24), ce qui n'exclue aucunement leur exploitation.



Le mimosa colonise les fonds de vallée humides des massifs des Maures et de l'Estérel.

DESCRIPTION SUCCINCTE DU SENTIMENT DE NATURE PERÇU

Première approche succincte

Le dernier axe de l'évaluation proposé est relatif au sentiment de nature, c'est-à-dire à la naturalité perçue. Il permet d'apporter une autre approche de la naturalité (Vallauri, 2007), abordée ici de façon succincte. Le sentiment de nature est une notion complexe mais intégrée de façon simple dans la méthode d'évaluation de la naturalité, notamment dans un but pédagogique car il y a convergence, même pour le grand public, entre certains indicateurs de naturalité et le sentiment de nature perçu (Paillet *et al.*, 2009 ; Le Quéau *et al.*, 2010 ; Morge, 2012 et sous presse).

Dans notre échantillon, cet axe a le plus souvent été renseigné à plusieurs, notamment par Pierre Bardin (65 % des peuplements), Magali Rossi (62 %), Daniel Vallauri (44 %). Les autres personnes ayant contribué (pour donner les termes explicatifs du sentiment et les forêts de référence à sentiment équivalent ou supérieur) sont des gestionnaires forestiers (ONF) ou des gestionnaires d'espaces protégés (PNR, PN, réserves). Les évaluations, bien que très personnelles, sont suffisamment homogènes pour être comparées.

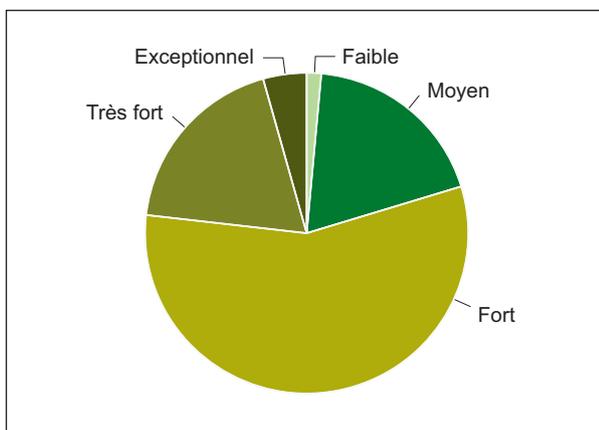


Figure 19. Notes obtenues pour le Sentiment de Nature par les 69 peuplements ayant fait l'objet d'une évaluation complète ou d'une évaluation rapide.

L'évaluation du sentiment de nature général est dans notre cas marquée par une perception et représentation de technicien de la forêt et de la nature, ce qui n'est pas neutre dans l'évaluation (comme l'a montré Morge, 2012 dans son enquête dans le bois de Païolive par exemple).

Analyse globale et peuplements extrêmes

Les résultats sont présentés dans les figures 19 et 20. 78 % des peuplements suscitent un sentiment de nature au minimum fort. Parmi ceux-ci nous pouvons citer, avec un sentiment de nature très fort : les sapinières de Zonza ou du Bois noir de Breil, la chênaie verte du Fangu, la chênaie blanche de Païolive (Montchamp).

2 peuplements suscitent un sentiment de nature « Exceptionnel » :

- **La hêtraie de Zicavo.** La vallée de la Luvana est une vallée accessible uniquement à pied, et très reculée (plus de 2 h aller de marche, hors sentier), très peu perturbée, avec de nombreux éléments évocateurs (pin laricio vénérables dépassant les 1 000 ans et 150 cm de diamètre, très faible empreinte récente, bois mort, mousses et champignons, rivière et ruisseaux, etc.).
- **Le peuplement de la grotte aux Œufs, dans la forêt de la Sainte-Baume.** Les hêtres atteignent 95 cm de diamètre, et sont surtout très élancés pour la Méditerranée (hauteur dominante de 32 m). Les ifs présentent des dimensions peu communes pour cette espèce (jusqu'à 73 cm de diamètre). La lumière qui baignait le sous-bois le jour du relevé, les chants d'oiseaux et l'absence de trace humaine ont contribué au sentiment de nature ressenti.

À l'inverse, les peuplements classés avec le plus faible sentiment de nature sont ceux de Tête d'Alpe et de Scolca. Pour le premier, les traces



© D. Vallauri

Vallée de la Luvana, la hêtraie suscite un sentiment de nature exceptionnel.



© D. Vallauri

Ancien verger de châtaigniers à Scolca. L'omniprésence des traces humaines inspire un plus faible sentiment de nature.

de l'empreinte forestière sont récentes et importantes. La forêt a d'ailleurs des notes de naturalité faibles sur la majorité des critères. Le peuplement de Scolca est un ancien verger de châtaignier, où les traces de l'homme sont omniprésentes : terrasses, murets, abri, arbres têtards. La naturalité est également faible malgré le diamètre et l'âge élevés des troncs.

En dehors des peuplements perçus comme « Exceptionnel », où seules les hêtraies sont représentées (figure 20), tous les habitats sont présents dans les autres degrés de sentiment de nature. L'évaluation ne semble pas influencée prioritairement par un effet « habitat ».

Déterminants du degré de sentiment de nature

On peut se poser la question de quels sont les critères et indicateurs qui influencent le plus le sentiment de nature. Les termes explicatifs cités par le notateur permettent une première analyse. Ils ont été regroupés par catégories. Les tableaux 13 et 14 présentent l'ensemble des termes explicatifs cités, et les regroupements thématiques proposés.

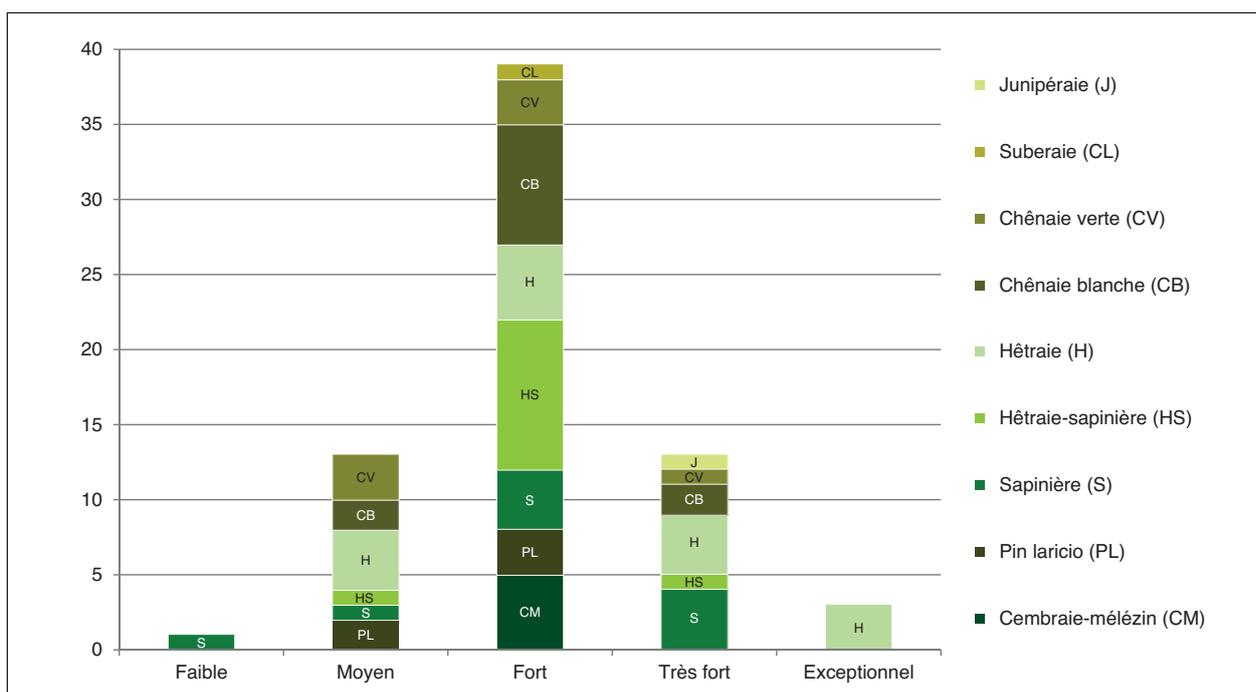


Figure 20. Nombre de peuplements en fonction du statut foncier et de l'habitat.

Tableau 13. Proportion d'occurrence des termes explicatifs du sentiment de nature ressenti, regroupés par catégories et en fonction du niveau de sentiment de nature. Le total correspond au nombre de termes cités pour chaque degré de sentiment.

Groupes de mots évocateurs \ Niveau	Exceptionnel	Très fort	Fort	Moyen	Faible
Empreinte humaine	22 %	23 %	8 %	8 %	6 %
Maturité	22 %	20 %	13 %	24 %	17 %
Structure	22 %	14 %	8 %	13 %	6 %
Sentiments et éveil des sens	11 %	11 %	16 %	9 %	11 %
Diversité des espèces	11 %	8 %	16 %	16 %	28 %
Paysage	11 %	3 %	9 %	1 %	0 %
Accessibilité	0 %	12 %	10 %	9 %	6 %
Habitats associés	0 %	6 %	12 %	9 %	17 %
Climat	0 %	3 %	9 %	11 %	6 %
Dynamique	0 %	0 %	0 %	0 %	6 %

On constate que les groupes de mots qui influencent le plus le sentiment de nature sont :

- des mots « écologiques », relevant de la maturité (présence ou absence de bois mort et/ou de très gros arbres) et de la diversité (des espèces ou des habitats associés). Leur part (plus des 2/3 des mots) est ici accentuée du fait du profil technicien des notateurs. A un niveau plus fin, les mots associés à la présence de vieux arbres est fortement évocatrice. L'arbre vénérable ne cache pas la forêt ancienne mais en est un élément déterminant ;
- des mots associés à l'empreinte humaine perçue, avec deux modalités très différentes. L'absence de traces d'empreinte est essentielle pour les sentiments de nature « exceptionnel » et « très fort » (22 % des mots). A l'inverse, l'empreinte humaine récente (souches, traces d'exploitation forestière) a un impact fort et négatif sur le degré du sentiment ressenti (tableau 20) ;
- des mots plus sensibles, de sentiments et d'éveil des sens (arbres évocateurs, couleurs, odorat, ouïe). La part de ces mots est peu variable selon le sentiment de nature dans notre échantillon (9 à 16 %). Cela provient également du profil technicien des personnes qui ont renseigné la rubrique. Elle est beaucoup plus développée chez un public non technique.

Les mots spontanément cités sont différents en fonction du degré de sentiment de nature perçu :

- les peuplements avec un sentiment « exceptionnel » présentent une occurrence plus grande des mots liés à l'empreinte humaine (absence), la maturité et la structure (22 % des mots pour chaque catégorie, soit 66 % au total) ;
- les catégories dominantes sont les mêmes pour les peuplements à sentiment de nature « très fort », avec toutefois une importance moindre des mots associés à la structure du peuplement (14 %) et une importance supérieure de ceux associés à l'accessibilité (12 %). La difficulté d'accès renforce le sentiment, depuis 6 % d'occurrence des mots associés pour un sentiment « faible » à 12 % pour le sentiment « fort ». Il est nul pour un sentiment « exceptionnel » car ces peuplements s'imposent par leurs qualités propres ;
- le sentiment de nature « fort » est une notation charnière, où les mots associés à la diversité (28 %), les sentiments et l'éveil des sens (16 % ; occurrence maximum) et la maturité (13 %) dominant ;
- pour les peuplements avec un sentiment de nature « moyen », la maturité et la diversité (des espèces et des habitats associés) sont équivalents (24 à 25 %) ;
- pour les peuplements à sentiment de nature « faible », ce sont les mots associés à la diversité (des espèces ou des habitats associés) qui dominant (45 %).

Tableau 14. Liste des termes évocateurs cités classés par groupes.

	Groupes de mots évocateurs	Termes cités
Diversité	Diversité	Habitat exceptionnel, végétation atypique
	Arbres	Arbres feuillus, beaucoup d'ifs, diversité, mélangé, mélange d'arbres, pas de feuillus, peu d'espèces, peu diversifié
	Faune	Insectes, insectes (mouches)
	Grande faune	Grands herbivores, traces d'animaux sauvages, traces sangliers
	Oiseaux	Casse-noix, oiseaux, trilles d'oiseaux
	Flore	Arbousiers en fruits, cyclamens, fougères, gros lierres, houx, lianes, lichens, lierre, mousses, buis, recouvrement rhododendron, strate muscinale
	Fonge	Champignons, champignons lignivores, polypores orangés
	Microhabitats	Gélivures/fentes, loges de pics, microhabitats, trous de pics
Habitats associés	Milieus humides	Présence d'eau, rivière, rivière en contrebas, ruisseau, surfaces en eaux, tourbières
	Milieus ouverts	Milieu très ouvert, milieux ouverts, mosaïque maquis zone claires, ouverture du milieu, zones ouvertes
	Milieus rocheux	Affleurements rocheux, cailloux, crêtes et falaises, éboulis, lapiaz, milieux rocheux, minéral, rochers, roches, tuf
Maturité	Bois mort	Absence d'arbres dépérissants, arbousiers morts, arbre mort, arbres cassés, bois en décomposition, bois mort, bois mort au sol et sur pied, bois mort en quantité, bois morts empilés, bois morts sur pied, bois pourri, brins morts, chandeliers, gros bois écroulé, gros bois mort pourri, gros bois morts, hêtre chandelier, hêtre pourri, pins morts sur pied, très gros arbres morts, très gros bois morts
	Age	Ancêtres, jeune
	Gros arbres	Arbres vénérables, déficit de très gros bois, énormes chênes, gros arbres, gros bois vivants, gros bouleaux, gros chênes, gros chênes verts, gros érables, gros hêtres à cavités, gros houx, gros ifs, gros laricio, gros mélèzes, if remarquables, pas d'arbres remarquables, peu d'arbres vénérables, pin vénérable, très gros arbres, très gros bois, très gros chênes, très gros chênes verts, très gros hêtres, très gros sapins, vestiges (gros chênes)
Structure	Structure	Arbres de tailles différentes, irrégularité
	Densité	Bonne visibilité, clair, dense, forêt claire, peuplement clair, peuplement sombre
	Stratification	Absence sous-étage, buis, densité buis, impénétrable, maquis dense, sous étage dense, visibilité
	Désordre	Chaotique, désordre, désorganisé, fouillis, pagaille, pas propre
	Hauteur des arbres	Arbres élancés, arbres immenses, fûts, grands arbres, grands arbres élancés, grands et gros bois, grands fûts élancés, sapins élancés
Dynamique		Chablis, spontané

Suite du tableau 14 page suivante →

Suite du tableau 14.

	Groupes de mots évocateurs	Termes cités
Empreinte humaine	Empreinte globale	Absence de traces humaines, absence d'humains, absence homme, déchets, escaliers, ligne électrique, panneaux, pas de traces humaines récentes, traces humaines quasi-inexistantes, travaux (iter)
	Fréquentation	Fréquentation importante, pas de dérangement
	Pastoralisme	Arbres agropastoraux, cloches vaches, cochons, enclos, herbe pâturée, terrasses, cabanon
	Gestion forestière	Absence de souches, aspect "géré", beaucoup de souches, cépées, démasclage, exploitation, nombreuses traces d'exploitation, peu de traces d'exploitation, piste, résineux plantés, souches
Accessibilité	Accessibilité	Inaccessibilité, isolement, espace, topographie accidentée
	Pente	Abrupt, faible pente, forte pente, pente, pente abrupte, pente extrême, pente forte, pente importante, pente prononcée, pente raide, pente très forte, pente très importante, peu pentu, verticalité, vertigineux
	Sentier	Absence de sentier, accès par route aisé, chemin fréquenté, chemins, loin du sentier, proximité de la route, route proche, sentier
Climat	Climat	Pluie, brouillard
	Lumière	Lumière, ombragé, ombre, sombre, sombre, sombre (hêtre, pluie)
	Température	Ambiance tempérée, fraîcheur, frais, froid (vent), froid (neige)
	Vent	Vent, vent fort
Paysage	Panorama	Grands espaces, panorama, paysage, vue, vue dégagée, vue imprenable
	Montagne	Altitude, haute montagne, montagne, montagnes enneigées, paysage haute-montagne
	Topographie	Encaissé, érodé, étage, plat
Sentiments et éveil des sens	Sentiments	Bien-être, bizarre, ambivalent, brut, calme, danger, désenchanté, elfique, hostile, magie, envoûtement, magiques, naturel, pleine santé, sauvage, sensation liberté, sérénité, solitude
	Arbres évocateurs	Arbres tortueux, chênes lièges tordus, forme arbres (empâtement cembro), forme évocatrice, hêtres tortueux, jumeaux, triplés, sapins pittoresques candélabres
	Couleurs	Couleurs changeantes, couleurs d'automne, terne
	Odorat	Fleurs odorantes, odeur de menthe, odeur pins, odeurs
	Ouïe	Bruit du ruisseau, bruit du vent, bruit léger et lointain, bruit torrent, chants d'oiseaux, silence

Perspectives d'amélioration

Les résultats obtenus définissent une représentation de la naturalité des forêts à l'échelle d'un peuplement très complète, orientée par un profil technicien mais consistante. Elle est comparable avec des études plus fines du sentiment de nature, dont celles relatives à des forêts de notre échantillon comme le bois de Païolive (Morge, 2012) et le mont Ventoux (Morge, sous presse).

Toutes ces données, bien qu'encore peu nombreuses, contribuent à mieux comprendre les déterminants des perceptions, représentations

et sentiments associés aux forêts anciennes. Une fiche d'évaluation spécifique permettant une enquête plus approfondie (mais plus rapide que les études psychosociales via enquête auprès d'un panel représentatif d'utilisateurs) a été développée dans le but de fournir un outil utile aux gestionnaires : à partir d'une description sur les éléments présents dans le peuplement ou aux alentours (écologique, empreinte, environnement), elle tente de déterminer le degré de sentiment de nature qui est perçu à l'échelle d'un peuplement forestier (<http://www.foret-sanciennes.fr/hautes-valeurs/sociales/>). Elle reste à tester et améliorer.



Les peuplements subalpins évoquent souvent un fort sentiment de nature. Ils sont notamment influencés par la beauté des panoramas qu'ils offrent (bois des Ayes).

ANALYSE MULTICRITÈRE PAR HABITAT

L'analyse des résultats par critère et indicateur a permis de dresser une première image des hauts lieux de naturalité de la Méditerranée française. On peut se demander si les 9 types d'habitat évalués ont des caractéristiques communes, ou si certains grands traits distinguent les habitats entre eux. Les résultats sont résumés au tableau 16.

Suberaie

Un seul peuplement de suberaie a été décrit dans le cadre de cette étude, le peuplement des Jaudelières (Maures). Toutefois, 13 autres peuplements de suberaie ont été évalués sur les massifs des Maures et de l'Estérel, dans le cadre d'une étude des îlots de vieux bois (Martin, 2012). Afin d'avoir une image plus globale de cet habitat, les 14 suberaies ont été analysées conjointement. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées à la figure 21.

Diversité et microhabitats

Les suberaies évaluées sont toujours composées de plus de 4 essences. Au chêne-liège se mêlent souvent les autres chênes méditerranéens (chêne blanc et vert), des châtaigniers (d'où une note d'indigénat inférieure à la moyenne des peuplements), des érables méditerranéens et des arbres typiques du maquis (arbousiers, filaires, etc.). L'habitat est d'intérêt communautaire et les peuplements abritent des espèces patrimoniales.

La diversité en microhabitats est importante. Certains sont spécifiques aux chênes-liège (manchons creux de liège), et d'autres beaucoup plus fréquents dans cet habitat comme les décollements d'écorce ou les cavités à terreau.

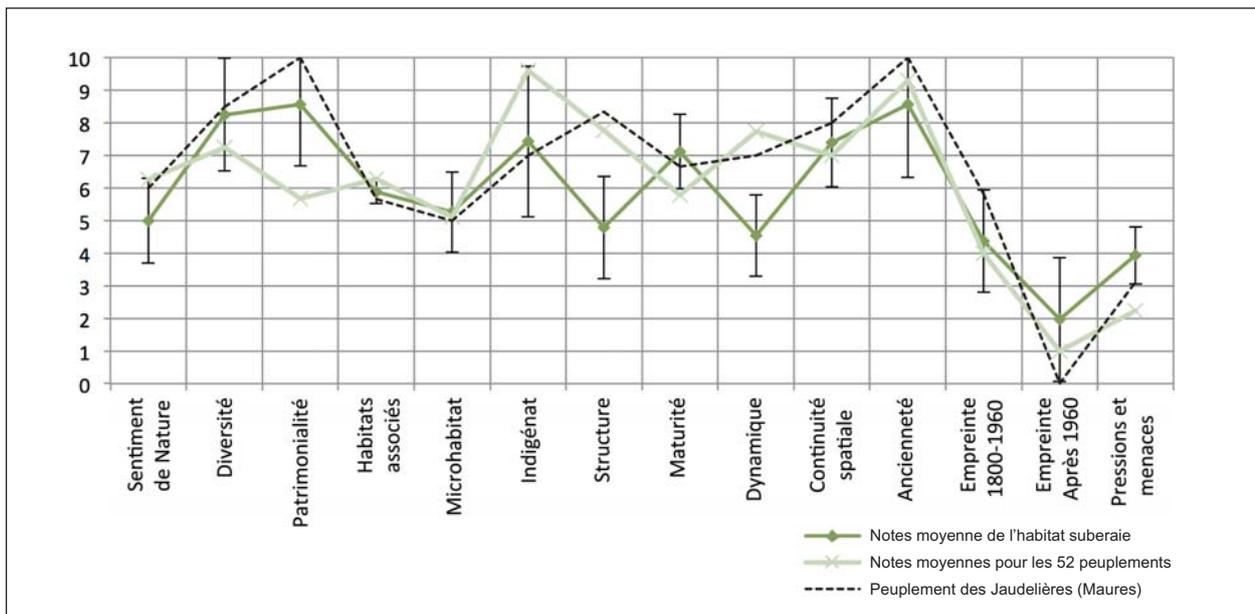


Figure 21. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour 14 suberaies.



Suberaie et maquis dense d'arbousiers.

Structure, maturité, dynamique

Si le peuplement des Jaudelières est une futaie irrégulière en diamètre et en hauteur, les autres suberaies évaluées sont plus généralement des futaies claires ou des mélanges de futaie de chêne-liège et de cépées de chêne vert ou d'arbousier. Les surfaces terrières sont assez faibles, la moyenne est égale à $14 \text{ m}^2/\text{ha}$ (± 3), avec un maximum pour le peuplement des Jaudelières à $22 \text{ m}^2/\text{ha}$. Les hauteurs dominantes sont peu élevées avec une moyenne à 14 m (± 3), le maximum étant à nouveau pour les Jaudelières avec une hauteur dominante de 18 m .

Les suberaies évaluées sont adultes à matures, avec des volumes de bois mort globalement importants au vu de la fertilité des stations ($14 \text{ m}^3/\text{ha}$ ± 7 ; 4/14 peuplements ont plus de $20 \text{ m}^3/\text{ha}$). Le nombre de TTGB est très important (supérieur à 15/ha pour tous les peuplements), les diamètres seuils étant bas (entre 45 et 70 cm) en raison des faibles hauteurs dominantes.

Aucun peuplement n'a de cycle sylvigénétique complet, et seuls 4 présentent une phase de vieillissement. Ces peuplements ne sont pas des fins de succession végétale : toutes les dryades ne sont pas établies et la composition va certainement évoluer vers un mélange d'essences où le chêne blanc sera dominant.

Empreintes et pressions

Ces peuplements ont été assez lourdement modifiés par le passé agro-pastoral et l'exploitation du bois ou du liège : en témoignent d'anciens murets et épierrement, voire d'anciennes terrasses, les traces des anciennes levées de liège et les souches. Toutefois, 6 peuplements sur 14 n'ont pas fait l'objet de coupe depuis 1960.

Les peuplements de chênaie liège, de par leur localisation, sont particulièrement vulnérables au risque incendie, et facilement accessibles (pente $< 30 \%$, desserte à une distance de 200 à 1 000 m). Les suberaies sont toutes chassées, relativement fréquentées (présence de sentiers balisés, bassin de population important à proximité), et soumises aux risques d'une urbanisation diffuse. Elles ne sont que peu protégées : 10 peuplements sur 14 sont intégrés au réseau Natura 2000, mais seules 3 sont protégées par un statut de réserve, dont celui des Jaudelières dans la RNN de la Plaine des Maures.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature est moyen à fort (très gros arbres évocateurs, mais traces d'activités humaines fréquentes).

Pour compléter l'échantillon, il serait à rechercher des suberaies à plus haute naturalité, notamment en Corse, Sardaigne ou dans la péninsule ibérique.

Chênaie verte

5 peuplements ont été décrits : 2 forêts de chênes verts mésoméditerranéennes dans le massif des Maures (Chartreuse de la Verne), 2 yeuseraies des plaines corses (Ospedale), 1 forêt supra-méditerranéenne corse de chênes verts (Fangu). Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées à la figure 22.

Les chênaies vertes évaluées sont diversifiées. Leur faible surface terrière témoigne d'une structure de futaie récente, issue d'anciens taillis. Les peuplements sont en cours de maturation. Les chênaies vertes à haute naturalité sont très rares en France, et parmi celles évaluées, seule la chênaie verte du Fangu se distingue par une naturalité vraiment remarquable.

Diversité et microhabitats

Les chênaies vertes décrites ont toutes entre 5 et 6 essences. On trouve en mélange avec le chêne vert, le chêne pubescent (parfois également le chêne liège), les érables méditerranéens et les alisiers, les filaires, l'arbousier, etc. Le châtaignier est également parfois en mélange, ce qui explique une note d'indigénat légèrement en deçà de la moyenne.

L'habitat est d'intérêt communautaire et tous les peuplements ont des signes avérés d'espèces

patrimoniales (*Polysticum setiferum*, *Cerambyx cerdo*, mouflon corse). Leur note sur le critère *Patrimonialité* est par conséquent maximale.

La diversité en microhabitats est importante, tous les types sont représentés. Les 4 types les plus fréquents dans les chênaies vertes de l'échantillon sont les décollements d'écorces, les charpentières brisées, les cavités vides et les cavités à terreau (figure 27).

Structure, maturité, dynamique

Au niveau de la structure, le chêne vert est rare en futaie. Celles décrites sont des futaies sur souches, issues d'anciens taillis, irrégularisées en diamètre mais pas encore en hauteur. Seul un peuplement à la Chartreuse de la Verne (vers le Gué) a encore une structure dominée par le taillis. Ce peuplement est d'ailleurs le peuplement à la plus faible naturalité du groupe ; c'est également le plus jeune, le moins diversifié (4 essences).

Tous les peuplements ont au moins 3 strates. Les surfaces terrières sont généralement faibles (comprises entre 16 et 19 m²/ha). Une exception notable concerne le peuplement du Fangu où une surface terrière de 38 m²/ha a été relevée.

Le chêne vert peut atteindre plus de 300 ans (Rameau *et al.*, 2008), au moins sur calcaire. La

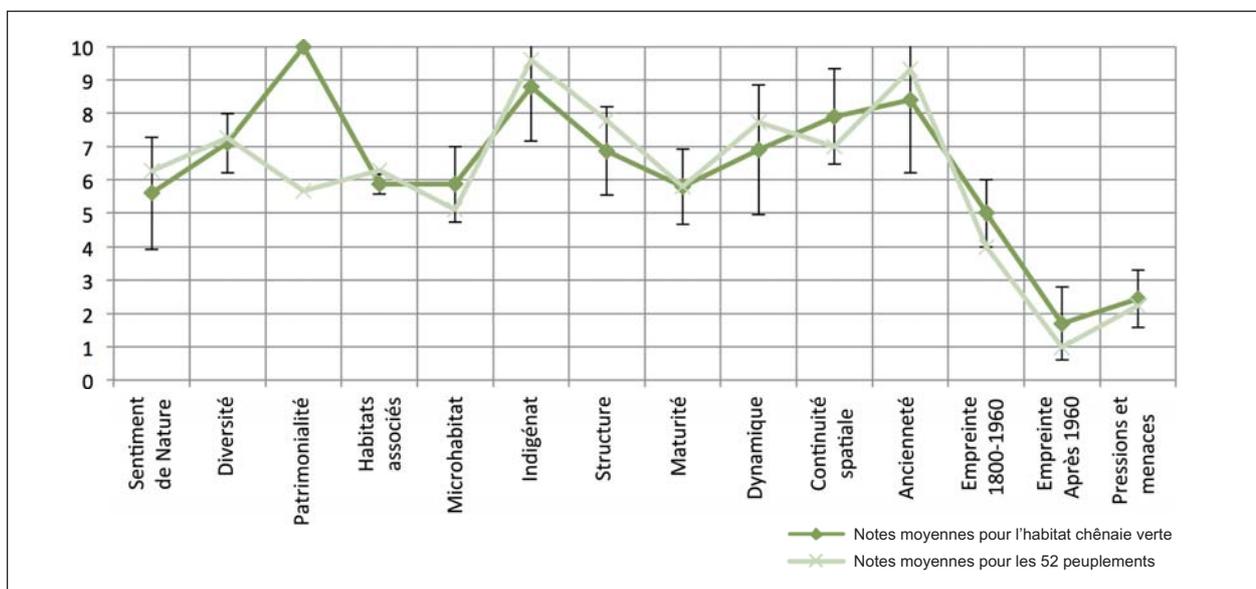


Figure 22. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 5 chênaies vertes.



Chênaie verte du Fangu, peuplement exceptionnel pour l'écorégion.

longévité dans le contexte du Fangu est donnée comme inférieure : elle est égale à 170 (+/- 46) ans (Panaïotis *et al.*, 1997). Toutefois, même en utilisant la longévité de 300 ans, les trois yeuseraies corses sont matures (âge du peuplement supérieur à la moitié de la longévité, soit 150 ans). Les peuplements de la Chartreuse de la Verne, pourtant parmi les plus âgés du continent, ne sont que jeune (Le Gué) et adulte (Le Lac).

Tous les peuplements, même les plus jeunes, présentent plus de 5 TTGB par hectare (10 TTGB/ha avec un diamètre seuil de 90 cm au Fangu). Les volumes de bois mort sont généralement faibles (< 10 m³/ha), excepté au Fangu où il dépasse les 20 m³/ha. Le cycle sylvigénétique est complet uniquement au Fangu. Les phases de vieillissement et d'écroulement sont absentes des autres yeuseraies décrites.

Empreintes et pressions

Des sources historiques indiquent que ce sont les anciennes activités pastorales qui ont conservé un grand nombre de vieux chênes verts dans le peuplement du Fangu (Omita) (Panaïotis *et al.*, 1997).

La jeunesse des peuplements de la Verne s'explique par une empreinte ancienne marquée (note du critère égale à 5). Toutes les chênaies

vertes évaluées sont à basse altitude, facilement accessibles, et ont fait l'objet d'une exploitation passée intense : sylvo-pastoralisme, charbonnage. Certains peuplements (vers le Gué à la Chartreuse de la Verne, Carpiccia à l'Ospedale) étaient déboisés au XIX^e siècle.

Pour les 50 ans à venir, les yeuseraies de l'échantillon seront fortement soumises au risque incendie, et à la pression de chasse. Facilement accessibles, elles présentent une pression potentielle de fréquentation assez élevée et sont peu protégées (figure 24).

Sentiment de nature

Le sentiment de Nature ressenti dans les chênaies vertes matures de l'échantillon est généralement fort. La diversité, à la fois des habitats et des espèces, y contribue fortement (33 % des termes). L'empreinte humaine sur ces peuplements (exploitation du bois) est perçue également plus significativement que dans les autres habitats (18 % des termes explicatifs), de même que la présence d'arbres de gros diamètre (18 %). En revanche, peu de termes sont liés à l'éveil des sens ou aux sentiments. De même, les paramètres relatifs au climat et au paysage ont une faible influence sur la perception dans cet habitat.

Chênaie blanche

11 peuplements ont été décrits, dont 8 où le chêne blanc est nettement dominant (4 à Païolive, 2 à Cadarache, 1 à Stella, 1 à Fox-Amphoux, 3 à la Chartreuse de Valbonne). Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées à la figure 23.

Les chênaies blanches évaluées sont des peuplements diversifiés, en cours de maturation. Comme pour les chênaies vertes, l'histoire agro-sylvo-pastorale a laissé des traces dans les peuplements et les structures de futaie irrégulière sont rares. Les peuplements évalués ont une naturalité supérieure à la moyenne des chênaies blanches françaises mais restent en deçà de la moyenne de notre échantillon.

Diversité et microhabitats

La diversité en essences est très importante : érables, alisiers, hêtre (à la Valbonne), pins, chêne vert, filaire, etc. composent un habitat riche de plus de 5 espèces en moyenne.

Les chênaies blanches ne sont pas considérées comme des habitats d'intérêt communautaire par la directive Habitats mais recèlent de nombreuses espèces patrimoniales (chiro-

tères cavicoles, pics dont le pic noir, lucane cerf-volant, pique-prune, grand capricorne, etc.).

La diversité des microhabitats est moyenne. Elle est plus forte dans les peuplements où de vieux arbres agro-pastoraux ont été conservés (Roque Rouge à Cadarache, Stella). Les microhabitats les plus fréquents sont les trous de pics ou cavités vides, les charpentières brisées et les lianes (figure 27).

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements possèdent toutes les strates verticales et sont des futaies irrégulières en diamètre, principalement du fait de l'histoire des usages.

La surface terrière moyenne est de 21 m²/ha, mais il y a des différences notables entre les peuplements. Elle est de 13 m²/ha seulement à Stella, qui présente une structure de futaie claire d'arbres de très gros diamètre (maximum de 128 cm) sous lesquels se développe un maquis de buis, filaires, érables, etc. Elle est de 31 m²/ha à Roque Rouge (Cadarache), qui se présente comme une futaie sur souche avec de vieux arbres agro-pastoraux, en mélange avec de plus jeunes tiges.

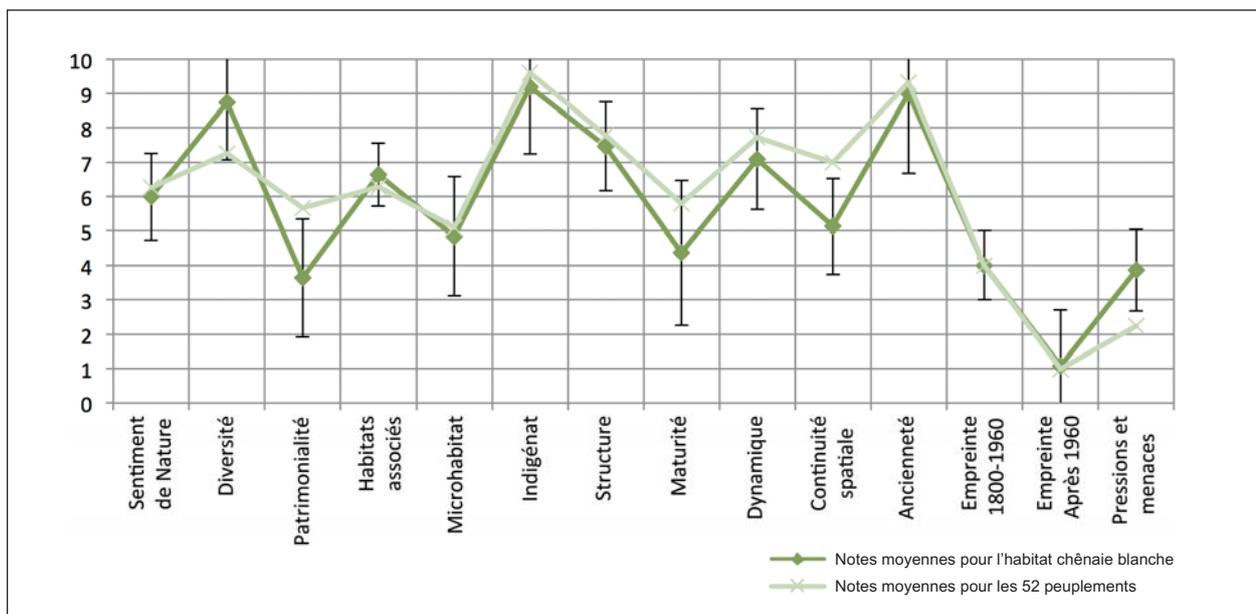


Figure 23. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 11 chênaies blanches.

Les peuplements sont en moyenne adultes (au moins 125 ans, pour une longévité estimée de 500 ans selon la flore de Rameau). Le peuplement de Stella abrite des chênes blancs âgés, approchant probablement les 400 ans. Les peuplements de Montchamp à Païolive et Roque-Rouge à Cadarache sont matures.

Le nombre de TTGB par hectare est très contrasté selon les peuplements. Ils sont absents ou peu fréquents dans les peuplements ayant fait l'objet des plus fortes exploitations passées (Fox-Amphoux, Les Ceyrèdes à Païolive). Pour les autres peuplements, on trouve entre 6 et 9 TTGB par hectare d'origine forestière (Valbonne, Païolive Montchamp), et plus de 10 TTGB par hectare lorsque leur origine est agropastorale (Stella, Cadarache). Le volume de bois mort est faible (maximum de 18 m³/ha à Montchamp). Seuls 4 peuplements sur les 11 chênaies blanches présentent une phase de vieillissement et un seul montre un cycle sylvogénétique pouvant être considéré comme complet (Montchamp à Païolive).

Empreintes et pressions

Les empreintes anciennes sont fortes, que ce soit du fait du pastoralisme, ou de l'exploitation forestière (charbonnage, anciens taillis). Sans surprise, toutes ces chênaies ont vécu des usages agro-forestiers au XIX^e siècle. 4 peuplements sur 11 ont fait l'objet de coupes encore récemment (moins de 60 ans).

Les pressions et menaces sur les chênaies blanches de l'échantillon sont le risque incendie élevé du fait de leur situation géographique, de l'urbanisation proche, parfois diffuse, de la forte fréquentation potentielle notamment durant la saison touristique, et de la présence d'un sous-bois inflammable.

Leur protection est très lacunaire (figure 24). 3/11 peuplements ne bénéficient d'aucun statut. Pour les 8 autres, la protection ne dépend que de la gestion des sites Natura 2000. Or l'habitat n'est pas prioritaire dans la directive Natura 2000. Les 2 peuplements de la forêt de Cadarache devraient prochainement être inclus dans une RBD.



Arbre remarquable dans la chênaie blanche de Cadarache.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature perçu dans les chênaies blanches de l'échantillon est généralement fort. La diversité des espèces et des habitats, ainsi que la présence de gros arbres contribuent le plus à cette perception (48 % des termes explicatifs). L'empreinte humaine est le 3^e groupe de mots le plus cité. De même que pour les chênaies vertes, les termes liés au paysage, au climat, aux sentiments et à l'éveil des sens sont peu présents.

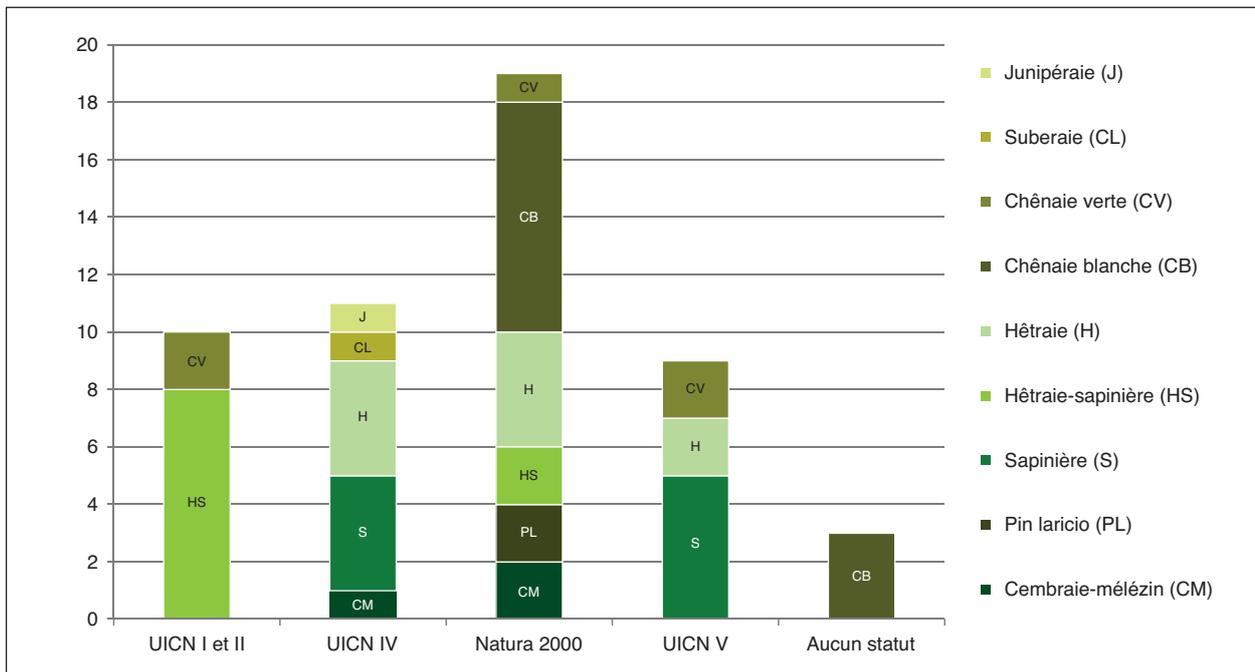


Figure 24. Nombre de peuplements en fonction de la catégorie de protection UICN et du type d'habitat forestier. Chaque peuplement est affecté à la catégorie de protection la plus forte qui le concerne.

Hêtraie

10 peuplements ont été décrits, 2 sont des hêtraies acidiphiles corses, 2 des hêtraies atlantiques acidiphiles, et 6 des hêtraies médio-européennes méridionales. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 25.

Les peuplements de hêtraie présentent une grande variabilité, notamment en termes de maturité. On peut cependant dégager quelques grandes caractéristiques : ce sont des peuplements assez peu diversifiés (2 à 4 essences en moyenne), riches en microhabitats ; la structure des peuplements est irrégulière ; la surface terrière moyenne est égale à 26 m²/ha.

2 forêts se distinguent par leur naturalité bien au-dessus de la moyenne : la hêtraie de la Masane et celle de Zicavo (vallée de la Luvana).

Diversité et microhabitats

La diversité des essences est variable selon les peuplements. Elle est faible à moyenne pour la moitié des peuplements (entre 2 et 4 essences). Toutefois, on trouve 5 à 6 essences à la Sainte-



Herizium sur hêtre, champignon indicateur de maturité des peuplements.

Baume et à Aiguines. Elle est de 2 à 3 essences à la Massane et Zicavo, 2 peuplements considérés par ailleurs à très haute naturalité.

Seules les hêtraies atlantiques acidiphiles sont considérées comme patrimoniales (peuplements de la Massane), mais les hêtraies comptent toutes de nombreuses espèces patrimoniales (pic noir, houx, Rosalie des Alpes, lucane cerf-volant, pique-prune, grand capricorne, etc.).

Les microhabitats des arbres vivants des hêtraies de l'échantillon sont très diversifiés. Les notes les plus élevées pour le critère sont pour les peuplements de Zicavo, la Massane (Font de la Fajoseta) et San Pietro d'Accia. Les notes sont très faibles à Aiguines (Vallon de Garimbau) et Saoû, 2 peuplements exploités il y a moins de 20 ans. Le hêtre est une essence favorable au développement des microhabitats, particulièrement des cavités, et des champignons saproxyliques, quand il est au moins mature (Larrieu *et al.*, 2011 ; Garrigue & Magdalou, 2012). Les microhabitats les plus fréquents sont les cavités de pied, les cavités à terreau et les décollements d'écorce (figure 24).

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements décrits sont tous des futaies irrégulières en diamètre seulement, sauf le

peuplement de la Massane Corral dels Porcs qui est irrégulier en diamètre et en hauteur, et le peuplement de Saoû, qui présente une structure régulière.

Les peuplements ont généralement au moins 3 strates, sauf à Zicavo où la strate arbustive est absente (absence naturelle). La strate arborescente basse est absente dans les peuplements exploités récemment d'Aiguines (vallon de Garimbau) et de San Pietro d'Accia. Les surfaces terrières sont très diverses : en moyenne de 26 m²/ha, elle est très faible dans la hêtraie exploitée de Saoû (19 m²/ha) et atteint 31 m²/ha à La Massane.

Les peuplements sont le plus souvent matures (soit au moins 150 ans pour une longévité estimée de 300 ans d'après la flore de Rameau). Ils sont âgés (au moins 225 ans) pour 2 peuplements : Zicavo, Font de la Fajoseta à la Massane. Ils sont adultes (au moins 75 ans) pour les hêtraies exploitées il y a moins de 20 ans : Saoû, San Pietro d'Accia, Aiguines (vallon de Garimbau).

La densité des TTGB est très différente selon les peuplements. Elle est maximale à la Massane et à la Sainte-Baume (jusqu'à 23 TTGB/ha à la Massane ; à la Sainte-Baume, les TTGB sont les ifs). En revanche, les TTGB

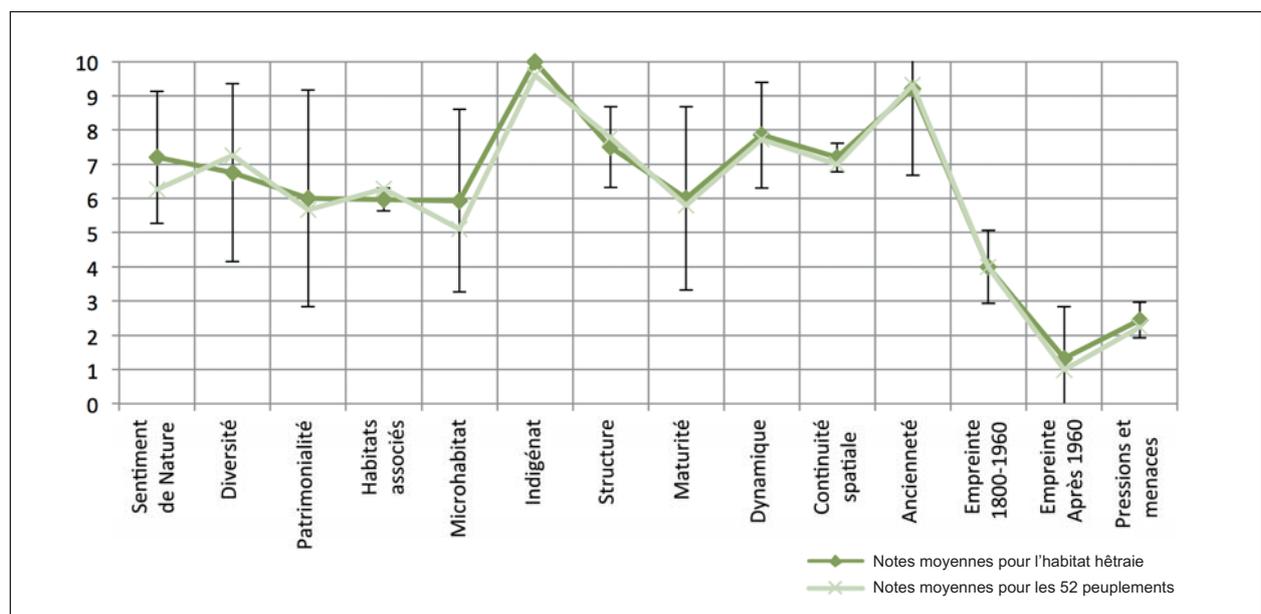


Figure 25. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 10 hêtraies.

sont absents à Saoû et Aiguines. La quantité de bois mort fluctue selon les sites : respectivement égale à 56 et 51 m³/ha à Zicavo et à la Sainte-Baume (Grotte aux œufs), elle est inférieure à 5 m³/ha à Saoû et Aiguines (vallon de Garimbau). Le rajeunissement des peuplements est visible également au niveau des cycles sylvigénétiques : seuls les peuplements de la Massane et de Zicavo ont des cycles complets.

Empreintes et pressions

Les empreintes passées (1800-1960) sont plutôt faibles dans les hêtraies de l'échantillon, notamment au niveau de l'agro-pastoralisme (excepté à Saoû et à la Massane). Elles sont plus importantes en ce qui concerne l'exploitation du bois : charbonnage à Aiguines et à La Massane (jusqu'en 1880 pour ce dernier site), exploitation par câble à Aiguines. 5 peuplements ont fait l'objet de coupes depuis moins de 40 ans (Saoû, Aiguines, San Pietro d'Accia). 4 peuplements sont protégés par un statut de réserve (La Massane, la Sainte-Baume, figure 24). Les pressions et menaces pour les 50 ans à venir sont faibles.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature perçu dans les hêtraies de l'échantillon est généralement fort à très fort. Il est exceptionnel à Zicavo et la Sainte-Baume, Grotte aux Œufs. Les termes explicatifs les plus fréquemment cités relèvent de la diversité spécifique et de la maturité (41 % des termes explicatifs pour ces 2 groupes). Le climat (ombre, fraîcheur), les sentiments et l'éveil des sens ont une influence importante (35 % des termes).

Hêtraie-sapinière

Parmi les 10 peuplements décrits, 2 sont des hêtraies-sapinières neutrophiles des Alpes méridionales, 2 des hêtraies-sapinières neutrophiles pyrénéo-cantabriques, et 6 des hêtraies-sapinières médio-européennes méridionales. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées à la figure 26.

Les hêtraies-sapinières évaluées sont des peuplements matures, à fort volume de bois mort, bien structurés (futaies irrégulières, à surface terrière moyenne égale à 28 m²/ha) et diversifiées. Cette naturalité élevée peut s'expliquer en partie par la bonne protection de cet habitat, 8 peuplements sur 10 étant inclus dans des RBI.

Diversité et microhabitats

Les hêtraies-sapinières étudiées sont diversifiées avec plus de 5 essences dans tous les peuplements, exceptés pour ceux de Comus (entre 2 et 4). Ce ne sont pas des habitats patrimoniaux, mais tous les peuplements abritent des espèces patrimoniales (pic noir, Rosalie des Alpes, chouette de Tengmalm, etc.).

La diversité en microhabitats est importante. Il n'y a qu'un seul peuplement où les loges de pics sont absentes (Bois du Chapitre, combe de Lavanche), alors que le pic noir est présent aux alentours. Les microhabitats les plus fréquents sont les trous de pics et cavités vides, les plages de bois sans écorces et les cavités à terreau (figure 27).

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements sont tous des futaies irrégulières, la moitié en diamètre et en hauteur, l'autre en diamètre seulement. Le peuplement des Serres-Gros au mont Ventoux est une phase d'écroulement de grande surface et présente à ce titre une structure assez régulière, avec très peu d'arbres vivants. Ce peuplement a également une surface terrière très faible de 18 m²/ha, qui constitue le minimum pour le groupe. La surface terrière est en moyenne de 28 m²/ha, avec un maximum de 37 m²/ha à Comus (bois du Pinet). Les peuplements ont tous au minimum 3 strates (arborescentes basse et haute).

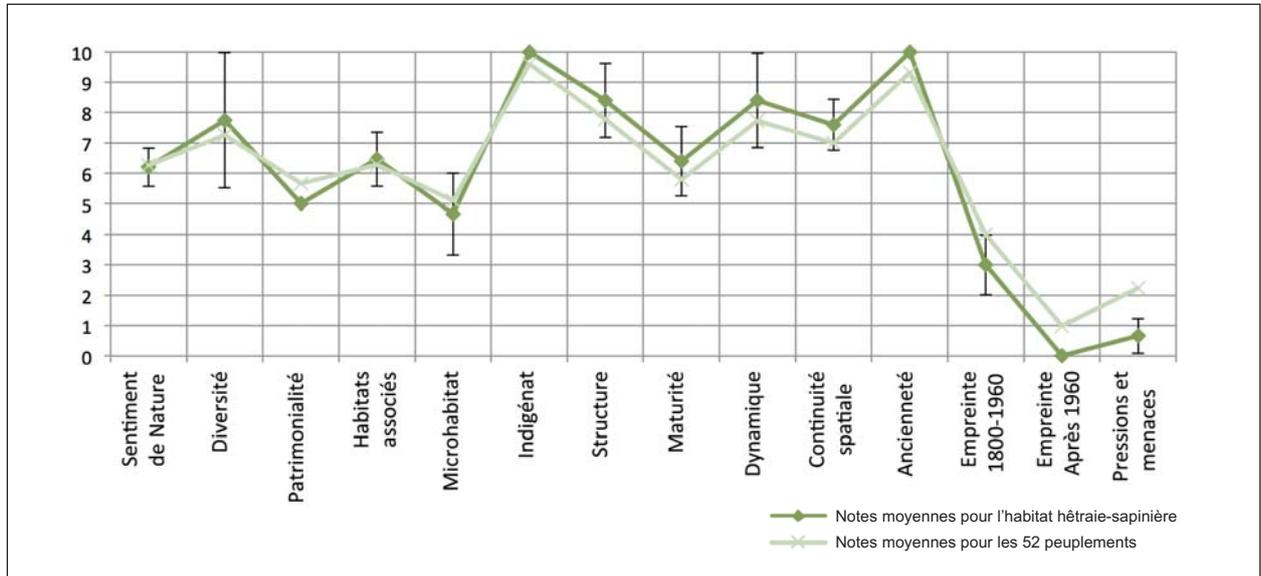


Figure 26. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 10 hêtraies-sapinières.

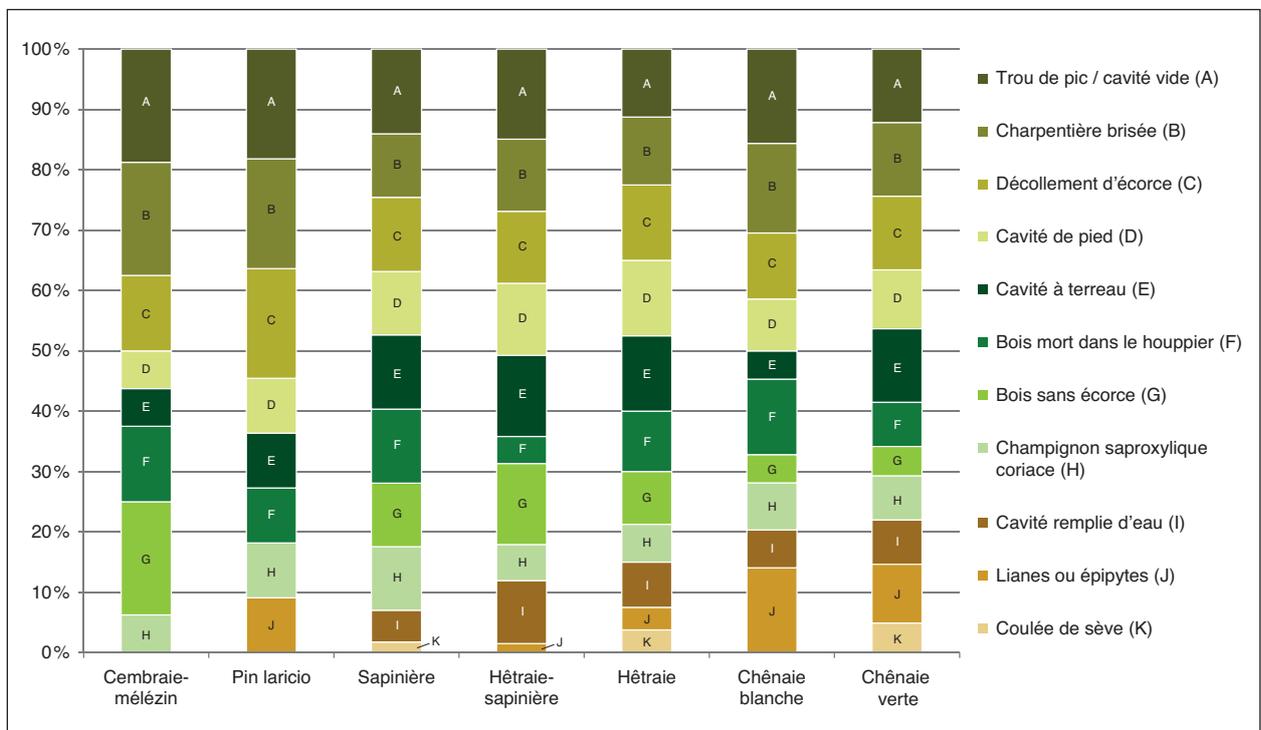


Figure 27. Part de chaque type de microhabitats dans la note de l'indicateur Diversité des microhabitats en fonction du type d'habitat forestier.

Les peuplements sont matures (excepté celui des Serres-Gros au mont Ventoux, en phase d'écroulement), ou âgés pour les 2 peuplements de Comus. La densité de TTGB est variable selon les peuplements, mais plutôt faible en moyenne. Ils sont absents au bois du Chapitre (Combe de Lavanche), au Jabron et Ventoux (Coste Vieille). On en dénombre 9/ha à Comus. Ces différences peuvent en partie s'expliquer par des retards de croissance fréquents pour le sapin, due à une phase de compression pendant la jeunesse du peuplement (cf. tableau 21). Les volumes de bois mort sont supérieurs à 20 m³/ha pour tous les peuplements, et à 50 m³/ha pour 60 % d'entre eux.

Empreintes et pressions

L'exploitation ancienne du bois est marquée : 6 peuplements présentent des souches datant de plus de 60 ans, mais l'empreinte après 1960 est

faible. C'est aujourd'hui l'habitat le mieux protégé de notre échantillon puisque 8 peuplements sont inclus dans des RBI (figure 24).

Sentiment de nature

Le sentiment de nature est ressenti fortement. Un grand nombre de termes explicatifs cités appartient à la catégorie des sentiments et éveil des sens. Cette catégorie se distingue de plus en plus fortement lorsque l'on monte en altitude (3 % des termes pour la chênaie verte, 10 % pour la chênaie blanche, 11 % pour la hêtraie, 17 % pour la hêtraie-sapinière, 21 % pour la sapinière et 26 % pour les cembraies-mélézins). L'accès plus difficile de ces peuplements a certainement une influence forte. Les groupes de mots liés à la diversité sont parmi ceux qui ont relativement le moins d'influence sur la perception du sentiment de Nature dans les hêtraies-sapinières.



Hêtraie-sapinière de la RBI du Val Sainte-Marie.

Sapinière

Parmi les 9 peuplements décrits, 3 sont des sapinières neutrophiles de la zone du hêtre (Py, Pinata), un peuplement est une sapinière neutrophile (Tête d'Alpe), 2 sont des sapinières à *Troschicantes* (forêt de Breil-sur-Roya), 3 sont des sapinières corses. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées à la figure 28.

Les sapinières évaluées sont des peuplements structurés, irréguliers en diamètre comme en hauteur et diversifiés. En termes de maturité, le groupe n'est pas homogène : les peuplements de Zona et le peuplement du Bois noir de Breil se distinguent par leurs notes plus élevées. À l'inverse, le peuplement de Tête d'Alpe, exploité assez intensivement jusqu'il y a moins de 20 ans, a une naturalité moyenne.

Diversité et microhabitats

La diversité en essences est supérieure à 5 à 7 essences, sauf à la Pinata et pour un des peuplements de la forêt de Zona (Punta di Ferru) (2 à 4 essences). La sapinière n'est pas un habitat d'intérêt communautaire mais tous les peuplements (excepté Tête d'Alpe) ont des signes avérés de présence d'espèces patrimoniales (pic noir, lis martagon, chouette de Tengmalm, sittelle corse, grand tétras, etc.).

La note de microhabitats du groupe est moyenne, mais la situation est contrastée entre les différents peuplements. À Tête d'Alpe, le peuplement est jeune, la note est de 2/10 pour le critère. Elle est maximale pour les 2 peuplements les plus âgés (Zona). Sur le sapin, les microhabitats apparaissent plus tard que sur le hêtre (Larrieu *et al.*, 2011). Dans notre échantillon, les microhabitats les plus fréquents sont le bois mort dans le houppier, les cavités à terreau et les décollements d'écorce (figure 27).

Structure, maturité, dynamique

Exception faite de Tête d'Alpe, tous les peuplements sont des futaies irrégulières en diamètre et en hauteur. Le sapin se régénère plus facilement sous lui-même que d'autres essences, et les sylvicultures appliquées aux sapinières sont plus fréquemment des traitements irréguliers.

La surface terrière moyenne est de 28 m²/ha, avec un minimum à 22 m²/ha pour les 2 peuplements de la forêt de Breil-sur-Roya, et un maximum de 33 m²/ha pour les peuplements de Zona (Samulaghia) et Ciamannacce. Les peuplements ont tous au moins 3 strates (arbusive et arborescente basse et haute).

Les sapinières décrites sont assez différentes en termes de maturité. Le peuplement de Tête d'Alpe est jeune, avec un seul TTGB/ha et

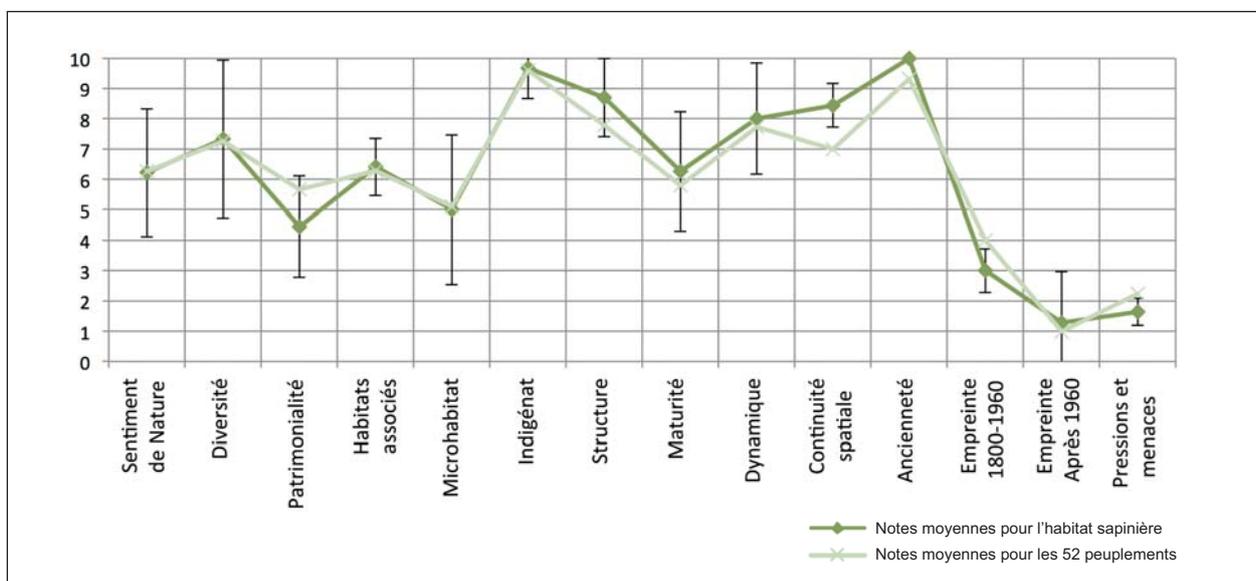


Figure 28. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 9 sapinières.

moins de 5 m³/ha de bois mort. À l'inverse, les peuplements de Zonza sont âgés, avec 34 et 126 m³/ha de bois mort ! Elles ne comptent en revanche aucun TTGB. Ceci peut s'expliquer par un retard de croissance due à une phase de compression pendant la jeunesse du peuplement (tableaux 15 et 21 et encadré).

Les autres peuplements sont matures (pour 4 d'entre eux) ou adultes (3 peuplements). Le nombre de TTGB est de 17/ha au Bois noir de Breil, la note maximale de TTGB est également atteinte à la Pinata (la Resclause) et à Py. Hormis pour les peuplements de Tête d'Alpe et du bois de l'Agasté, les volumes de bois mort sont supérieurs à 20 m³/ha. 5 peuplements présentent des phases de vieillissement, 3 d'entre eux ont un cycle sylvigénétique complet (Bois noir de Breil, Zonza).

Analyse dendrochronologique

Ce sapin de Zonza (tableau 15) fait 59 cm de rayon. La carotte prélevée mesure 16,5 cm, et l'on a compté sur cette carotte 156 cernes, soit une croissance moyenne sur le rayon de 1,05 mm/an. La croissance est régulière sur les 76 dernières années (12,5 cm), égale à 1,6 mm/an. Elle diminue ensuite pour les 80 années antérieures (80 sur 4 cm soit une croissance de 0,5 mm/an). Si la croissance était régulière et de 1,05 mm/an du bout de la carotte au cœur de l'arbre (59-16,5 soit 42,5 cm), le sapin carotté serait âgé de 258+156 = 414 ans. Cet âge est peu probable étant donné que la longévité du sapin est estimée à 300 ans, et que l'individu carotté était en pleine vigueur. La croissance de l'arbre a probablement été plus faible dans la jeunesse du peuplement (phase de compression). Des analyses dendroécologiques plus approfondies seraient utiles, notamment à l'aide de carottage à cœur (prévoir une tarière de 60 cm).



Carottages permettant d'estimer les accroissements et âges des sapins.



Sapinière du bois noir de Breil.

Tableau 15. Carottage effectué à Zonza (Corse), permettant d'estimer les accroissements et âges des sapins.

Peuplement	Zonza, Samulaghia
Essence	Sapin
Diamètre (cm)	118
Longueur de la carotte (cm)	16,5
Nombre de cernes comptés	156
Accroissement estimé sur le rayon (mm/an)	1,05

Empreintes et pressions

L'empreinte 1800-1960 est liée à l'exploitation du bois (excepté à la Pinata où du pâturage a eu lieu). Cette empreinte est forte à Py (charbonnage), Ciamannacce (traces de câble) et Tête d'Alpe (souches). 4 peuplements ont fait l'objet de coupe il y a moins de 40 ans (Tête d'Alpe, Bois de l'Agasté, Pinata).

Les pressions et menaces sont faibles. La moitié des peuplements sont protégés par un statut de réserve dirigée, les autres ne faisant l'objet que d'un classement en catégorie UICN V (les peuplements du parc du Mercantour ont été assimilées à cette catégorie étant donné que cette zone du cœur du parc national est soumise à l'exploitation du bois).

Sentiment de nature

Le sentiment de nature ressenti est fort (excepté à Tête d'Alpe). Les termes liés à la maturité, aux sentiments et à l'éveil des sens sont les plus cités. La rareté des traces d'empreinte humaine a également une influence notable (15 % des termes).

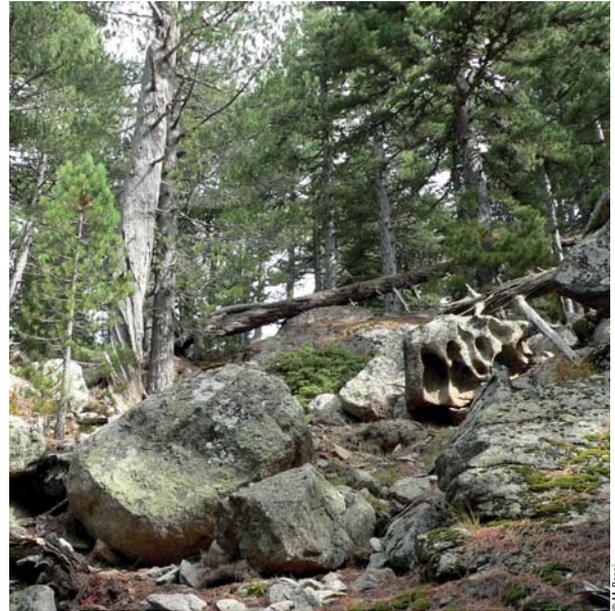
Forêt de pin laricio

2 peuplements de pin laricio ont été décrits (Rospa-Sorba et Melu). Ce sont des peuplements plus montagnards que subalpins. L'échantillon n'est pas exhaustif ni représentatif des peuplements les plus matures de la Corse. L'analyse reste à poursuivre et à parfaire. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 29.

Les 2 peuplements étudiés ne sont pas comparables.

Le peuplement évalué dans la forêt de Melu a été exploité récemment, et présente une structure très particulière, monostratifiée, régularisée, d'arbres adultes. La diversité en essences est faible, mais le peuplement est riche de microhabitats variés et abrite la sittelle corse.

Le peuplement de Rospa-Sorba est plus diversifié (chêne blanc, chêne vert, frêne à fleurs, houx, alisier blanc). Il est mature et structuré : futaie



Forêt de pin laricio du Melu.

irrégulière en diamètre et en hauteur, à 4 strates. Les TTGB sont principalement des gros chênes blancs épars sous le peuplement dominant de pin laricio. Les microhabitats sont nombreux et diversifiés, principalement sur les chênes.

Les analyses dendrologiques succinctes et préliminaires réalisées en 2012 laissent entrevoir que les pins laricio peuvent dépasser les 1 000 ans en Corse, en peuplement mélangés à d'autres arbres (hêtre à la Luvana, sapin à Ciamanacce). Une analyse de peuplements subalpins âgés en Corse reste à faire.

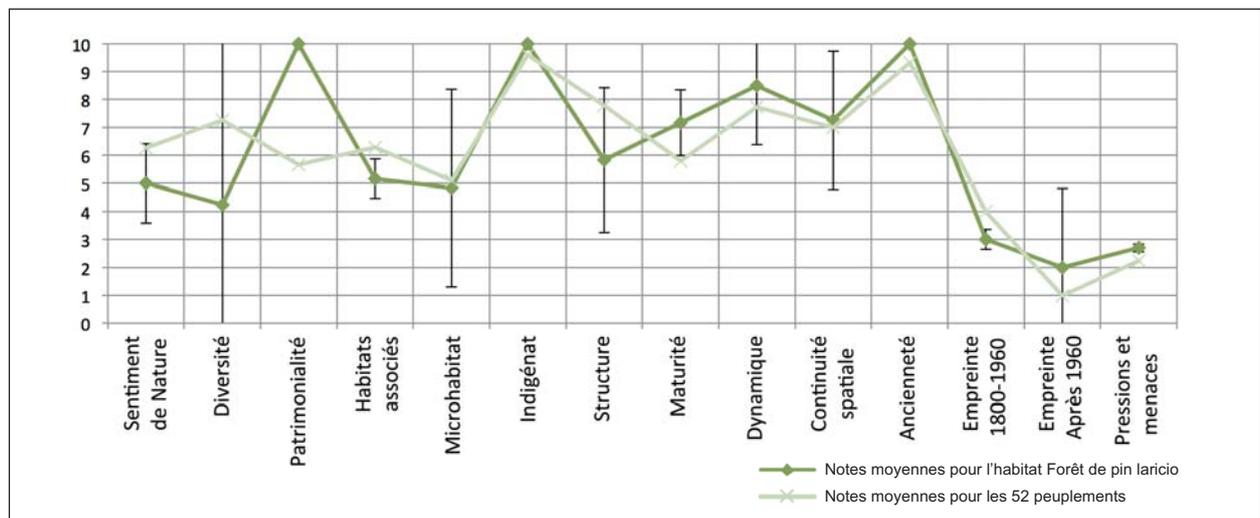


Figure 29. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 2 peuplements de pin laricio.

Cembraie et mélézin

3 peuplements ont été décrits dans le département des Hautes-Alpes (Marassan, Praroussin, Bois des Ayes), ce qui n'est pas suffisant pour faire une analyse détaillée. Pour ces habitats, un élargissement à tout l'arc alpin permettrait d'approfondir au mieux la caractérisation de la naturalité des forêts subalpines. Des cembraies comme celle de l'Orgère (Savoie) et surtout de God Tamangur (Grisons, Suisse) semblent être des références plus sûres en termes de maturité. Pour l'étage oro-méditerranéen strict, d'autres types d'habitats seraient intéressants à analyser notamment en Grèce et dans les Balkans (Pinaie de *Pinus heldreichi*) ou en Corse (Pin laricio en altitude).

Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 30. Les notes de la forêt de l'Orgère ont été ajoutées sur le graphique à titre de comparaison. Le peuplement décrit a également été évalué par Libis (2011).

Les peuplements décrits dans l'étude sont des futaies irrégulières peu diversifiées, fortement impactées par le passé (exploitation du bois, pâturage), très évocatrices en termes de sentiments.

Diversité et microhabitats

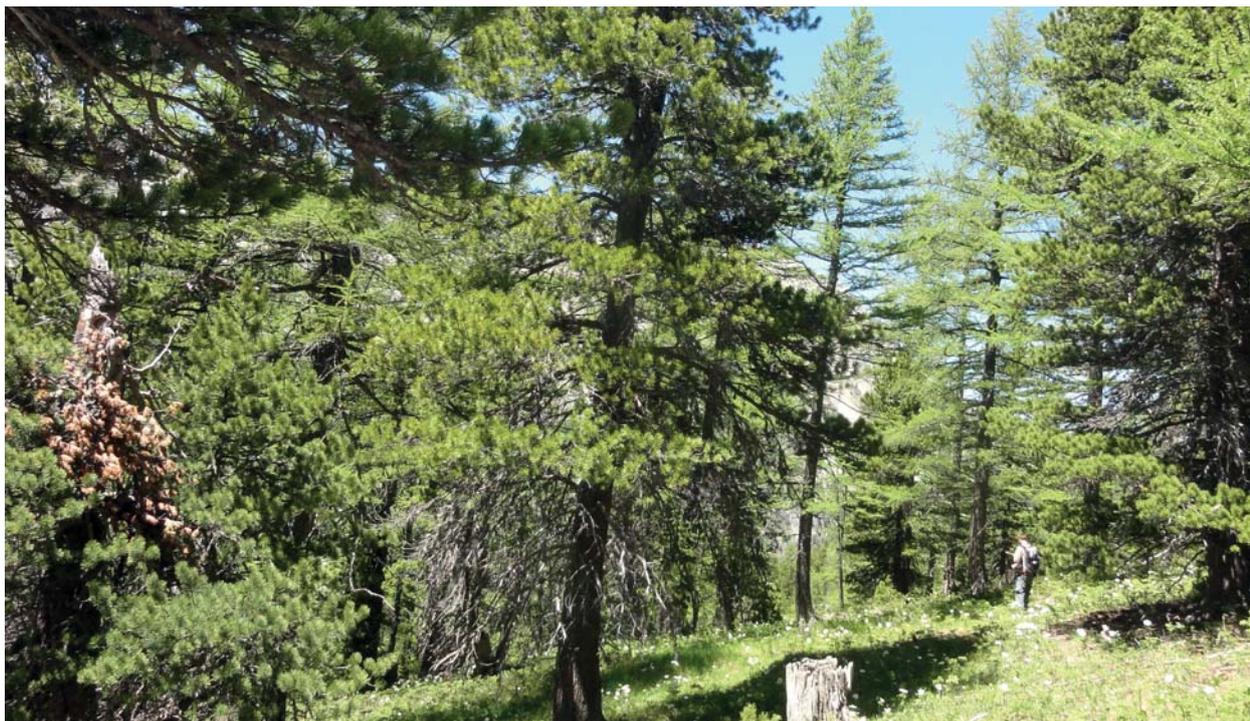
La diversité est égale à 2 à 4 essences, ce qui donne une note moyenne (5), en dépit d'un système de notation modifié pour s'adapter à la réalité subalpine (la note maximale est à 3 genres au lieu de 5 et à 5 essences au lieu de 7). Cela repose la question de l'ajustement éventuel des catégories.

Les peuplements décrits ne sont pas des habitats d'intérêt communautaire mais abritent des espèces patrimoniales (pic noir, chouette de Tengmalm, tétras-lyre, loup, etc.).

Les microhabitats sont diversifiés bien que la note maximale pour l'indicateur ne soit atteinte pour aucun des 3 peuplements. Les microhabitats les plus fréquents sont les bois sans écorce, les charpentières brisées et les trous de pics et cavités vides (figure 27).

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements sont des futaies irrégulières, multi-stratifiées, avec des surfaces terrières variant de 19 à 28 m²/ha, malgré le caractère souvent « naturellement » clair des forêts subalpines.



Cembraie-mélézin du bois des Ayes.

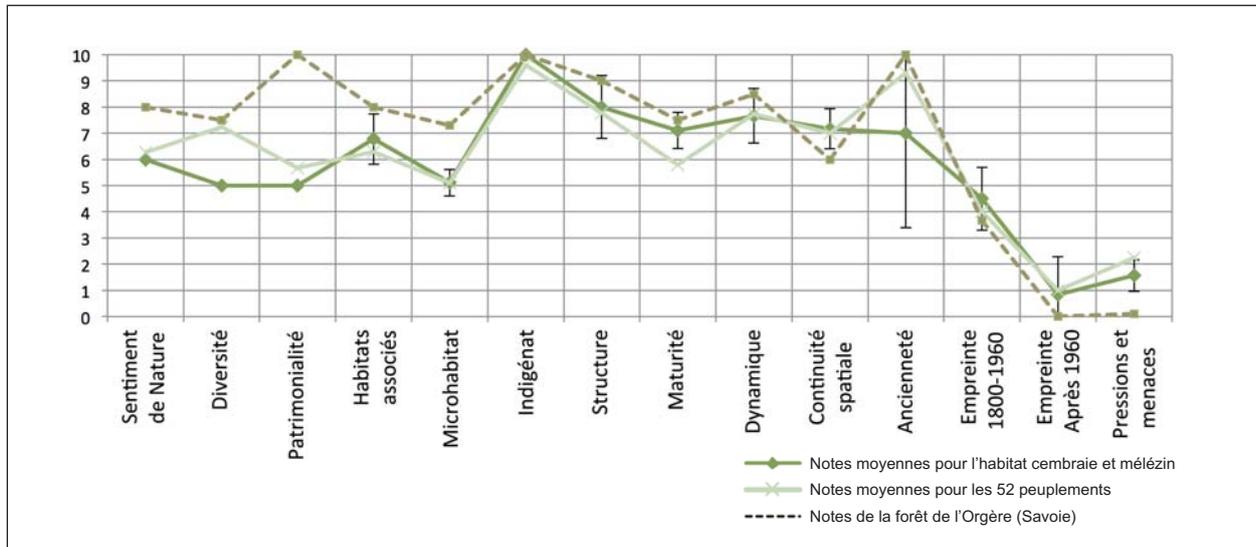


Figure 30. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 3 cembraies-mélézins.

Le peuplement du bois des Ayes est âgé (âge moyen estimé à plus de 375 ans), ceux du Queyras ne sont que matures (âge moyen estimé par l'IMEP entre 250 et 300 ans à Praroussin) ou adulte (âge moyen estimé à 200 ans à Marassan). Le nombre de TTGB varie entre 6/ha à Marassan à 12/ha au Bois des Ayes. Le volume de bois mort varie de 9 m³/ha au bois des Ayes, à 84 m³/ha à Marassan. Les 3 peuplements présentent des phases de vieillissement mais aucune n'a un cycle sylvigénétique complet.

Empreintes et pressions

L'empreinte passée est forte. À Praroussin, elle concerne tant l'exploitation du bois que le pastoralisme. Pour les 2 autres peuplements, de nombreuses souches de plus de 60 ans sont encore visibles. Du fait de la lenteur de la dégradation des souches sous bioclimat froid et sec, les souches sont conservées plus longtemps.

Les pressions et menaces potentielles sont faibles : l'exploitation du bois est très difficile (pente > 30 % et distance de débardage > 500 m) ; le risque incendie est quasi nul ; la pression de défrichement est inexistante ; la fréquentation est limitée ; les peuplements sont résilients face au changement climatique ; les espèces envahissantes sont absentes ; les peuplements sont chassés mais sans aménagement pérenne.

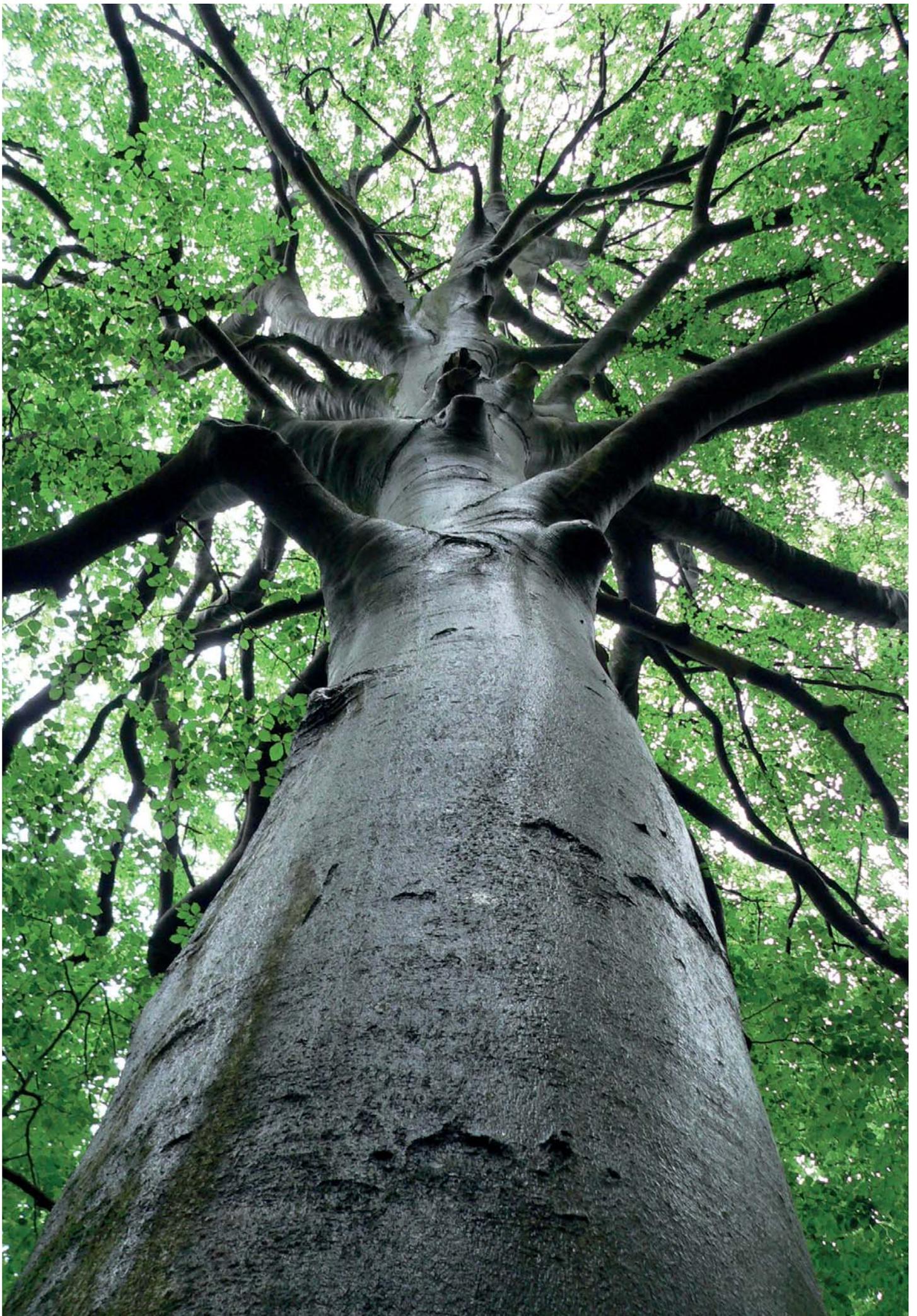
Seul le peuplement du bois des Ayes bénéficie d'un statut de protection fort (RBD).

Sentiment de nature

Le sentiment de nature ressenti est fort. Les termes explicatifs cités sont majoritairement liés aux sentiments et à l'éveil des sens (26 % des termes), le paysage (panorama, grands espaces) arrivant en seconde position. Les catégories de mots liés plus directement aux critères de naturalité des forêts sont reléguées au second plan.

Tableau 16. Moyenne et écart-type de chacun des critères pour chaque type d'habitat forestier.

	Chêne blanc		Hêtre		Hêtre-sapinière		Sapinière		Chêne vert		Pin laricio		Cembraie-mélèze		Suberaie		Junipéraie		Tout habitat	
	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	Note	Note	Note	\bar{x}	\pm	
Nb de peuplements	11		10		10		9		5		2		3		1		1		52	
Diversité	9	2	7	3	8	2	7	3	7	1	4	6	5	0	9		3		7	2
Patrimoine	4	2	6	3	5	0	4	2	10	0	10	0	5	0	10		10		6	3
Habitats associés	7	1	6	0	6	1	6	1	6	0	5	1	7	1	6		6		6	1
Microhabitats	5	2	6	3	5	1	5	2	6	1	5	4	5	1	5		2		5	2
Indigénat	9	2	10	0	10	0	10	1	9	2	10	0	10	0	7		10		10	1
Structure	7	1	8	1	8	1	9	1	7	1	6	3	8	1	8		7		8	1
Maturité	4	2	6	3	6	1	6	2	6	1	7	1	7	1	7		2		6	2
Dynamique	7	1	8	2	8	2	8	2	7	2	9	2	8	1	7		8		8	2
Continuité spatiale	5	1	7	0	8	1	8	1	8	1	7	2	7	1	8		0		7	2
Ancienneté	9	2	9	3	10	0	10	0	8	2	10	0	7	4	10		10		9	2
Empreinte 1800-1960	7	2	7	1	6	1	7	1	7	2	7	0	5	1	9		7		4	1
Empreinte après 1960	1	2	1	2	0	0	1	2	2	1	2	3	1	1	0		0		1	1
Pressions et menaces	4	1	2	1	1	1	2	0	2	1	3	0	2	1	3		3		2	1
IBP Gestion	28	2	26	6	29	4	28	6	28	2	26	8	30	2	27		14		28	5
IBP Contexte	8	3	9	2	9	1	10	3	7	4	9	2	2	3	7		10		8	3
IBP global	36	3	34	7	38	4	38	8	35	6	35	11	32	4	34		24		36	6



ORDINATION DES HAUTS LIEUX

L'objectif de cette partie est de voir comment s'effectuent les regroupements des peuplements en fonction des valeurs de tous les critères et/ou des indicateurs. Ce regroupement s'esquisse-t-il premièrement sur un gradient de naturalité ? Quels sont les critères ou les indicateurs les plus discriminants ?

Analyse factorielle des correspondances

Dans ce but, une analyse factorielle des critères (AFC) puis une classification ascendante hiérarchique (CAH) ont été réalisées sous le logiciel R pour les 52 peuplements et l'ensemble des indicateurs.

Après la première analyse, 3 peuplements ont été exclus :

- celui du bois des Rièges, junipéraie de Camargue très atypique ;
- celui de Melu, présentant une structure très particulière du fait d'une exploitation récente et de la structure même du peuplement de pin laricio (seules la strate arborescente haute et la strate herbacée sont présentes)
- celui de Saoû, qui est une forêt récente, exploitée récemment et très rajeunie.

Les résultats de l'AFC sont présentés dans le tableau 17. Les 4 premiers axes expriment 27 % de l'inertie (8 et 7 % pour les axes 1 et 2 et 6 % pour les axes 3 et 4).

Le premier axe est un axe de maturité (volume de bois mort, âge du peuplement, phases de la sylvigénèse, microhabitats). Le 2^e axe fait ressortir la continuité des peuplements à la fois dans l'espace et dans le temps (ancienneté de l'état boisé). Le 3^e axe est à nouveau un axe de maturité, intégrant le nombre de très très gros bois et le volume de bois mort. L'axe 4 reflète la diversité des arbres. La figure 31 représente la distribution des peuplements selon les axes 1 et 3.

Classification ascendante hiérarchique

Suite à une CAH, 6 groupes peuvent être identifiés (tableau 18) :

- Peuplements à naturalité la plus forte de l'échantillon,
- Peuplements à très forte naturalité,
- Peuplements d'habitat patrimonial à naturalité intermédiaire,
- Peuplements à naturalité intermédiaire,
- Peuplements à naturalité moyenne,
- Peuplements à naturalité la plus faible de l'échantillon et impactés par l'exploitation récente.

Les 4 premiers groupes présentent une naturalité forte, avec plus ou moins de diversité (A à D). La CAH permet également de subdiviser le groupe B en 2 groupes : le groupe B1, constitué de peuplements à très forte naturalité mais peu diversifiés, et le groupe B2, constitués de peuplements à très forte naturalité et diversifiés. Seuls les groupes E et F présentent une naturalité moyenne.

Les peuplements composant chacun des groupes sont listés dans le tableau 18. La valeur moyenne de chaque critère est donnée au tableau 19.

Tableau 17. Les quatre premiers axes de l'AFC, réalisée sur tous les indicateurs de naturalité et 49 peuplements.

Axe 1 : 8 %		Axe 2 : 7 %		Axe 3 : 6 %		Axe 4 : 6 %	
Nom de l'indicateur	Contribution à l'axe	Nom de l'indicateur	Contribution à l'axe	Nom de l'indicateur	Contribution à l'axe	Nom de l'indicateur	Contribution à l'axe
Volume de bois mort	14 %	Surface de forêt à naturalité minimale	11 %	Volume de bois mort	10 %	Nombre de genres	14 %
Phases de la sylvigénèse	12 %	Surface de forêt en continuité	10 %	TTGB	10 %	Phases de la sylvigénèse	9 %
Age du peuplement	12 %	Ancienneté	10 %	Phases de la sylvigénèse	8 %	Microhabitats des arbres vivants	7 %
Microhabitats des arbres vivants	11 %	Milieux humides	10 %	Polypores	7 %	Milieux rocheux	7 %
Espèces patrimoniales	8 %	Volume de bois mort	8 %	Ancienneté	7 %	TTGB	7 %
Surface terrière	7 %	Essences	7 %	Indigénat	6 %	Nombre d'essences	7 %
Surface de forêt à naturalité minimale	6 %	Structure du peuplement	6 %	Stades de succession	6 %	Espèces patrimoniales	6 %
Nombre de genres	5 %	Age du peuplement	6 %	Surface de forêt en continuité	6 %		
		Phases de la sylvigénèse	6 %	Habitat patrimonial	6 %		

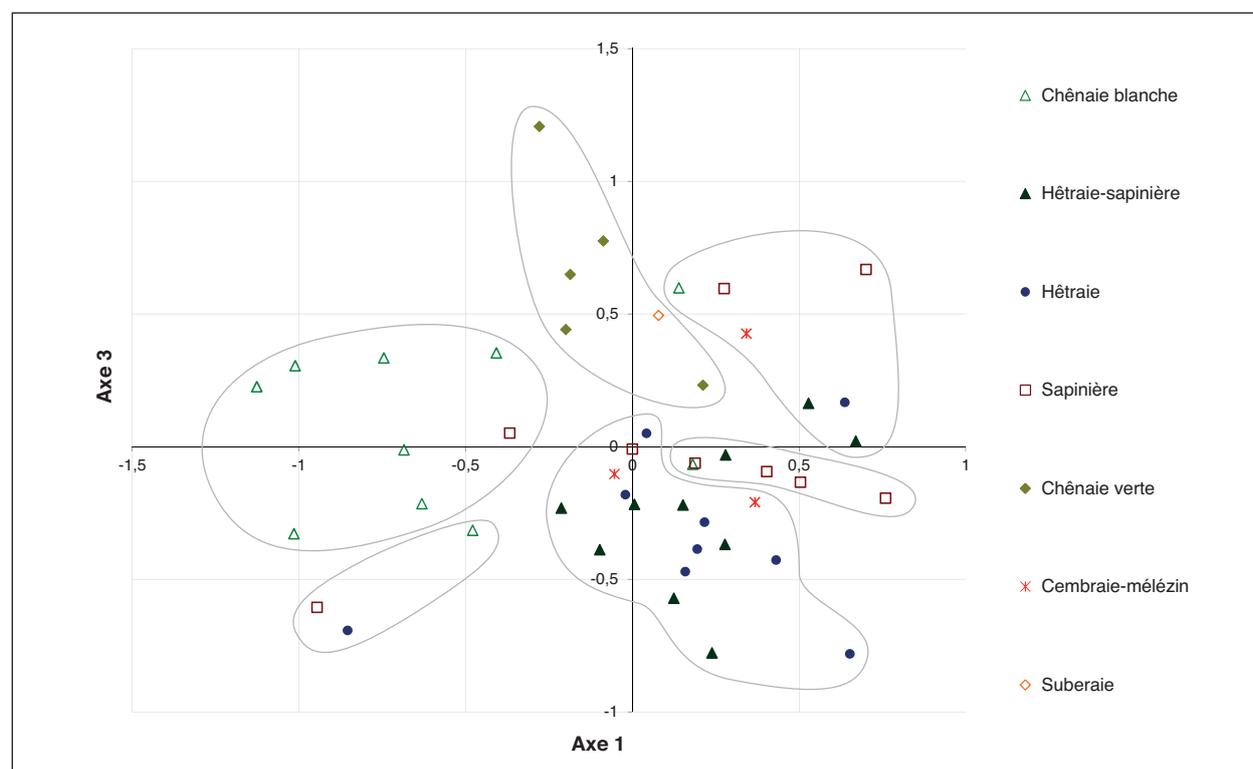

Figure 31. Distribution des peuplements selon les axes 1 et 3 de l'AFC. Les axes sont expliqués dans le tableau 17. Les groupes A à F sont issus de la CAH et détaillés dans le tableau 18.

Tableau 18. Les 6 groupes de peuplements définis par la CAH.

	Groupe	Site	Habitat
A	Peuplements à naturalité la plus forte de l'échantillon	Païolive (Montchamp)	Chênaie blanche
		Massane (Corral dels Porcs)	Hêtraie
		Ventoux (Coste Vieille)	Hêtraie-sapinière
		Bois noir de Breil	Sapinière
		Ciamannacce	Sapinière
		Zonza	Sapinière
B1	Peuplements à très forte naturalité mais peu diversifiés	Bois des Ayes	Cembraie-mélèzin
		Massane (Font de la Fajoseta)	Hêtraie
		Zicavo	Hêtraie
		Ventoux (Les Serres Gros)	Hêtraie-sapinière
B2	Peuplements à très forte naturalité et diversifiés	Aiguines (Pas de Garimbau, Vallon Petite Forêt)	Hêtraie
		Sainte-Baume	Hêtraie
		Bois du Chapitre	Hêtraie-sapinière
		Jabron	Hêtraie-sapinière
		Lente	Hêtraie-sapinière
		Py	Sapinière
C	Peuplements d'habitat patrimonial à naturalité intermédiaire	Stella	Chênaie blanche
		Rospa-Sorba	Pin laricio
		Jaudelières	Suberaie
		Fangu	Chênaie verte
		La Verne	Chênaie verte
		Ospedale	Chênaie verte
D	Peuplements à naturalité intermédiaire	Praroussin	Cembraie-mélèzin
		Cadarache (Roque Rouge)	Chênaie blanche
		Comus	Hêtraie-sapinière
		Pinata	Sapinière
E	Peuplements à naturalité moyenne	Cadarache (Grand Vallon)	Chênaie blanche
		Païolive (Casteljeau , Ceyrèdes, Fontgraze)	Chênaie blanche
		Valbonne	Chênaie blanche
		Bois de l'Agasté	Sapinière
F	Peuplements à naturalité la plus faible de l'échantillon et impactés par l'exploitation	Marassan	Cembraie-mélèzin
		Fox-Amphoux	Chênaie blanche
		Aiguines (Vallon de Garimbau)	Hêtraie
		San Pietro d'Accia	Hêtraie
		Tête d'Alpe	Sapinière
Exclus		Bois des Rièges	Junipéraie
		Melu	Pin laricio
		Saoû	Hêtraie

Tableau 19. Moyenne et écart-type de chacun des critères pour les 7 groupes de peuplements définis par la CAH.

Critères	Groupes							Total
	A	B1	B2	C	D	E	F	
Nb de peuplements	7	4	11	8	6	8	5	49
	\bar{x}							
	\pm							
Diversité	8	5	9	8	6	9	7	7
	3	1	1	1	2	2	2	2
Patrimonialité	6	6	5	9	5	4	3	6
	2	3	2	2	0	1	3	3
Habitats	7	6	6	6	7	6	6	6
	1	0	0	1	1	1	1	1
Microhabitats	6	6	5	5	6	4	4	5
	2	3	1	2	2	1	3	2
Indigénat	10	10	10	9	10	9	10	10
	0	0	0	2	1	2	0	1
Structure	9	8	8	7	9	8	6	8
	1	1	1	1	1	1	1	1
Maturité	7	7	6	6	7	4	4	6
	1	2	2	1	0	1	2	2
Dynamique	10	9	7	7	8	6	8	8
	1	1	1	2	2	1	1	2
Continuité	8	8	7	8	8	6	7	7
	1	1	0	1	2	1	2	2
Ancienneté	10	10	10	9	8	10	10	9
	0	0	0	2	4	1	1	2
1800-1960	6	7	7	7	6	7	7	7
	1	1	1	2	1	2	1	1
Post 1960	0	1	0	1	1	1	3	1
	0	1	1	1	1	1	2	1
Potentielle	2	1	1	2	2	4	3	2
	1	0	1	1	2	1	1	1
IBP Gestion	30	25	30	28	30	27	22	28
	3	6	4	2	2	4	5	5
IBP Global	40	34	40	36	38	35	28	36
	3	4	4	5	5	5	4	6

Description du groupe A : peuplements à naturalité la plus forte de l'échantillon

Le groupe A rassemble les 7 peuplements à plus haute naturalité : Montchamp (Païolive), Corral dels Porcs (Massane), Coste Vieille (Mont Ventoux), Bois noir de Breil, Ciamannacce, et les 2 peuplements de la forêt de Zonza. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 32.

Ces peuplements se caractérisent par une structure de futaie irrégulière en diamètre et en hauteur. Ce sont des peuplements matures ou âgés à fort volume de bois mort, diversifiés, peu impactés par les activités humaines, notamment depuis 1960. Ils sont fortement évocateurs.

Diversité et microhabitats

Les peuplements sont diversifiés (> 5 essences), sauf pour les peuplements de Corral dels Porcs à la Massane et celui de Punta di Ferru à Zonza (5 essences pour ces 2 peuplements).

Excepté la hêtraie atlantique acidiphile de la Massane, les habitats de ces peuplements ne

sont pas d'intérêt communautaire au titre de la Directive Habitats. Ce point est important et a déjà été noté par ailleurs : la haute naturalité n'est pas suffisamment prise en compte dans la définition des habitats patrimoniaux ; elle est pourtant clé pour juger de leur bon état de conservation. En revanche, tous les peuplements abritent des espèces patrimoniales (chouette de Tengmalm, sittelle de Corse, pic noir, chiroptères cavicoles, etc.).

Les microhabitats sont diversifiés (tous sont représentés, excepté les coulées de sève, voir figure 33). Tous les peuplements ont des loges de pics ou de sittelle et des gros arbres à polypores (sauf Ciamannacce et Montchamp à Païolive).

Les milieux ouverts présents sont liés à des trouées de chablis et des phases d'écroulement. 3 peuplements sur les 7 ont la note maximale sur l'indicateur *Milieux ouverts* (entre 5 et 20 % de la surface).

Structure, maturité, dynamique

Ce type rassemble des futaies irrégulières, en diamètre et en hauteur avec au moins 3 strates. La surface terrière moyenne est de 29 m²/ha, avec un maximum de 33 m²/ha (à Zonza, Samulaghia).

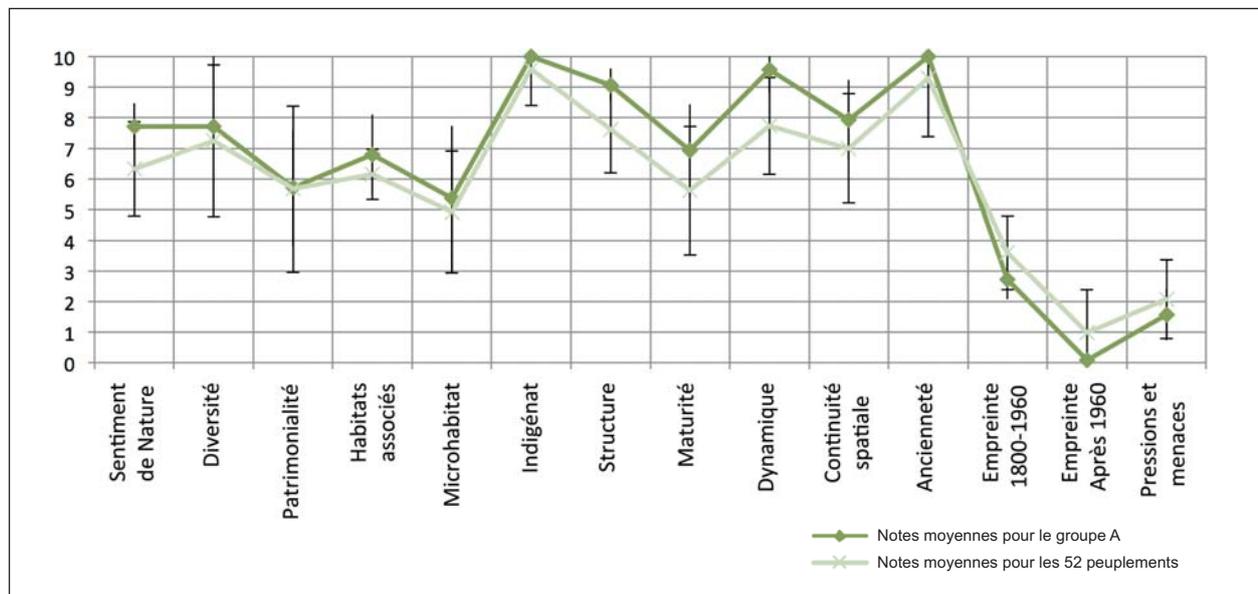


Figure 32. Profil des notes moyennes obtenues par tous les critères pour les 7 peuplements du groupe A (peuplements à naturalité la plus forte de l'échantillon).

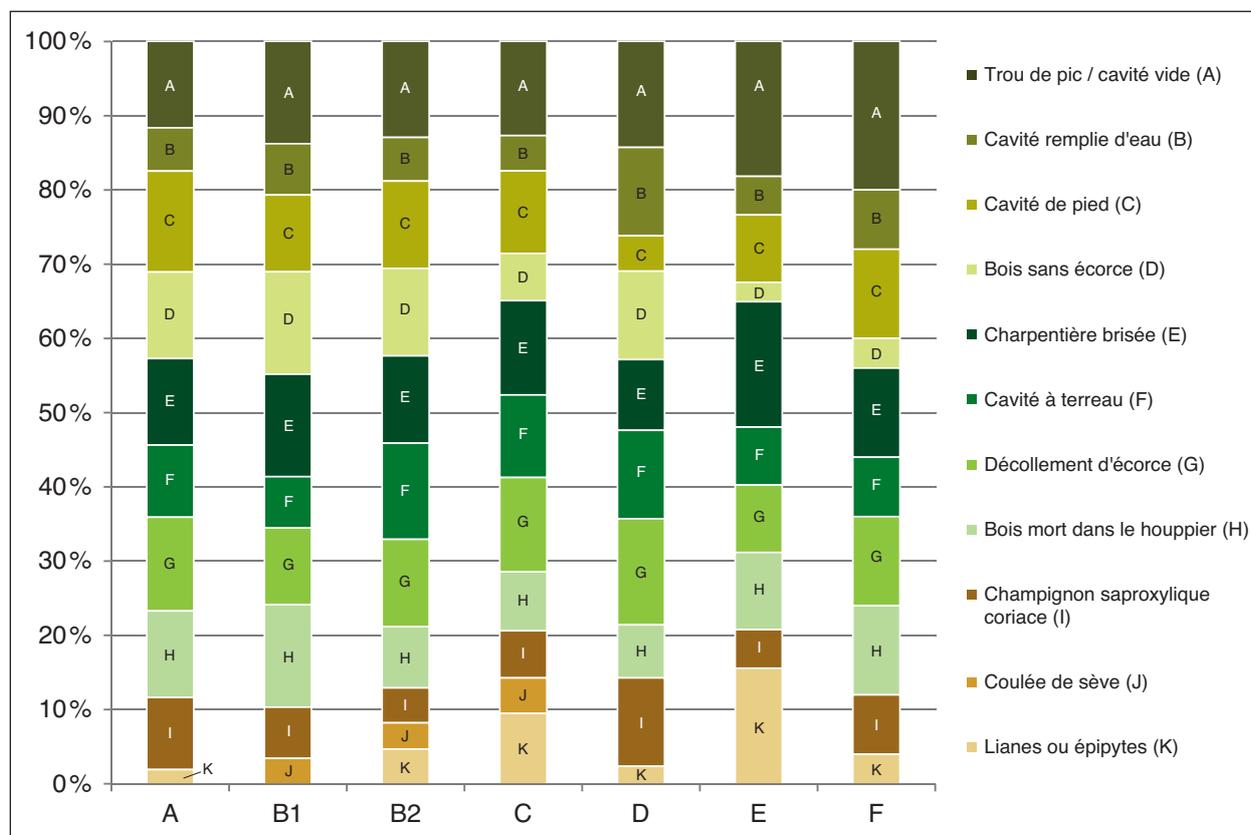


Figure 33. Part de chaque type de microhabitats dans la note de l'indicateur Diversité des microhabitats des arbres vivants en fonction des groupes issus de la CAH.

Ce sont des peuplements matures ou âgés, avec a minima 18 m³/ha de bois mort (maximum pour Zonza, Punta di Ferru avec 126 m³/ha) et 7 TTGB/ha (maximum de 17/ha pour le bois noir de Breil). Les 2 peuplements de Zonza n'ont pas de TTGB, les sapins accusant des retards de croissance due à une longue phase de compression (tableau 21).

Presque tous les peuplements ont un cycle sylvi-génétique complet. Il manque seulement la phase d'écroulement à Ciamannacce, et la phase de vieillissement au mont Ventoux (Coste Vieille).

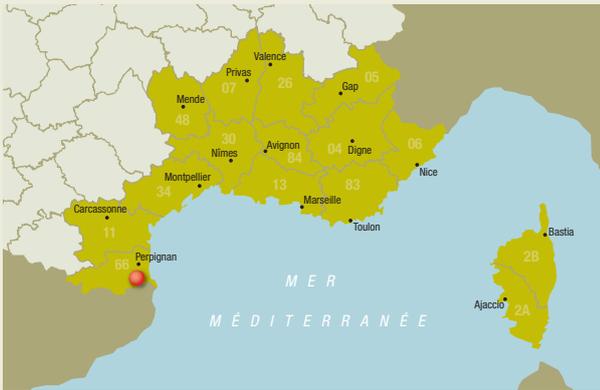
Empreintes et pressions

L'empreinte humaine passée est faible : tous les peuplements sont anciens et 5 d'entre eux ne présentent aucune trace d'exploitation ancienne, même si un document d'archive pour certifier un arrêt de l'exploitation antérieur à 1910 n'est connu qu'à la Massane (1880). L'empreinte après 1960 est nulle et les pressions et menaces potentielles très faibles.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature est très fort.

LA HÊTRAIE DE LA MASSANE



Cette hêtraie est remarquable pour l'écorégion méditerranéenne. Riche de 6 367 espèces répertoriées sur 336 ha, elle est dominée par des hêtres de 150 à 300 ans, et certains spécimens dépassent les 300 ans (Garrigue & Magdalou, 2012). Le volume moyen de bois mort est estimé à environ 30 m³/ha, en dépit d'une fertilité réduite (hauteur dominante de l'ordre de 22 m). La structure irrégulière des peuplements et la complexité de la structure verticale sont également très favorables à la biodiversité. Cette hêtraie est ancienne, bien qu'ayant fait l'objet d'activités humaines intenses jusque dans les années 1850 : charbonnage pour les forges de la région et pâturage intensif en sous-bois ont laissé des traces importantes.

Néanmoins, depuis 1880, aucune coupe de bois n'a été réalisée, et la réserve de la Massane est ainsi devenue l'un des rares lieux en France où l'on peut vraiment comprendre l'organisation et le fonctionnement d'un écosystème forestier ancien et mature. Un exclos, qui couvre notamment le peuplement évalué à Corral dels Porcs, a été mis en place en 1954 et permet de mieux voir l'impact du pâturage bovin extensif encore actuellement pratiqué ailleurs dans la réserve (race bovine locale).

Depuis la création du Laboratoire Arago en 1882, l'activité de recherche est active. Avec le classement en Réserve Naturelle en 1973, les travaux scientifiques ont pris une nouvelle ampleur (Travé *et al.*, 1999 ; Travé, 2000 ; Garrigue *et al.*, 2008, 2010, 2012). Les recherches sur la biodiversité du bois mort y ont été pionnières. Les travaux portent aujourd'hui à la fois sur la taxonomie des groupes les moins connus (Ichneumonidés, espèces saproxyliques, champignons, algues, etc.), sur le fonctionnement des écosystèmes (génétique évolutive du hêtre, dynamique), l'évaluation de l'intégrité écologique des habitats par l'étude des Syrphes, ou l'histoire humaine (paléoanthracologie, archéologie). La petite forêt de La Massane (Pyrénées catalanes) est un laboratoire irremplaçable sur la nature, une référence à l'échelle internationale.

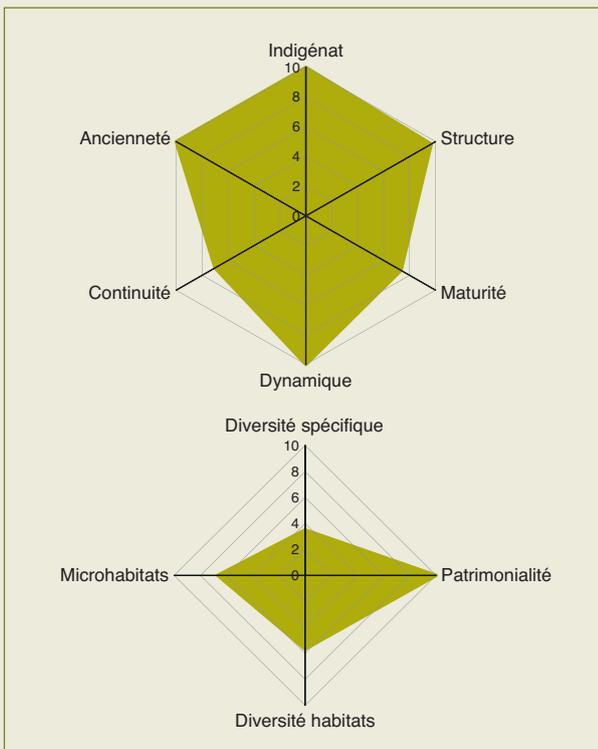


Figure 34. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité (en haut) et de diversité (en bas) pour le peuplement du Corral dels Porcs (La Massane).

Description du groupe B1 : peuplements à très forte naturalité mais peu diversifiés

Ce groupe rassemble 4 peuplements à très forte naturalité mais peu diversifiés : Bois des Ayes, Font de la Fajoseta (Massane), Zicavo et Les Serres Gros (Ventoux). Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées à la figure 35.

Ces peuplements sont nettement plus âgés que la moyenne mais pas totalement à l'équilibre, comme en témoigne l'absence de certaines phases du cycle sylvigénétique et la structure du peuplement qui n'est pas totalement irrégularisée en hauteur.

Diversité et microhabitats

La faible diversité en essences (au maximum 3) s'explique du fait : de l'essence dominante (2 peuplements sont des hêtraies pures), du contexte (1 peuplement est subalpin). Seule la hêtraie de la Massane est patrimoniale, mais toutes abritent des espèces patrimoniales (pic noir, chouette de Tengmalm, mouflon).

La diversité des microhabitats est élevée, tous les types sont représentés sauf les lianes ou épi-



Le bois des Ayes.

phytes (figure 33). Le hêtre est favorable au développement des microhabitats, et présente plus rapidement que d'autres essences des signes de sénescence tels que polypores et cavités.

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements sont plutôt des futaies irrégulières en diamètre seulement ; tous ont au moins 3 strates. La surface terrière moyenne est de 24 m²/ha avec un minimum à 18 et un maximum à 28.

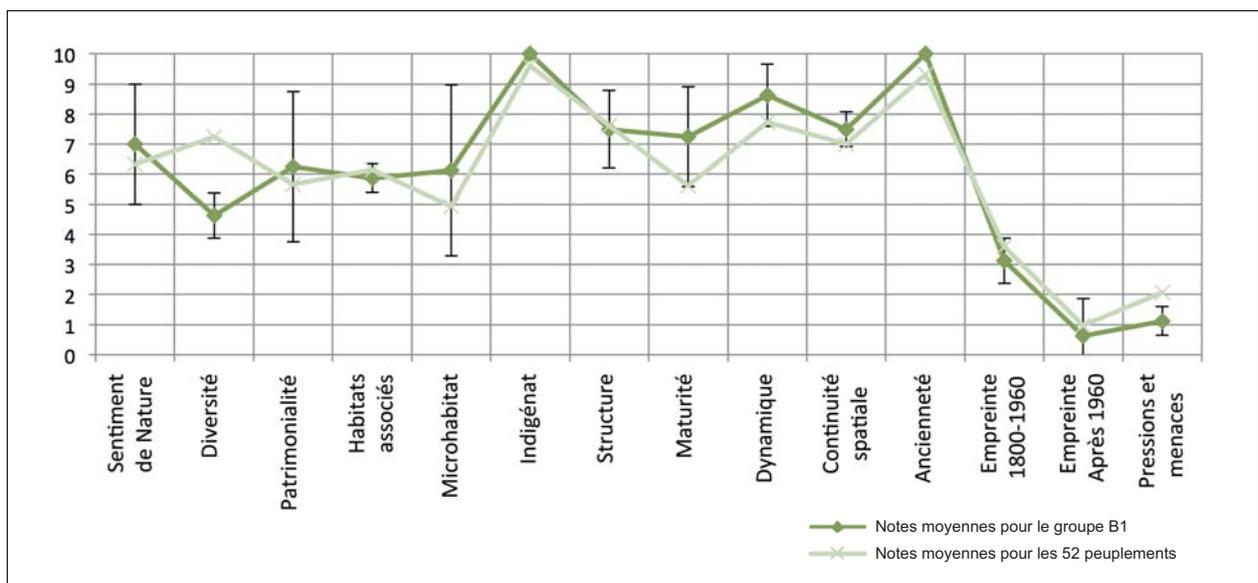


Figure 35. Profil des notes moyennes obtenues par tous les critères pour les 4 peuplements du groupe B1 (peuplements à très forte naturalité mais peu diversifiés).

LA HÊTRAIE DE LA LUVANA (ZICAVO)

La vallée de la Luvana, située à la limite Est de la commune de Zicavo, est très isolée, le village le plus proche étant celui de Chisa, à plus de 4 heures de marche. La rivière est bordée sur sa rive gauche par une hêtraie dont certains faciès ne sont pas sans rappeler celle de la Massane en termes de structure (futaie irrégulière) et de maturité des peuplements. Le peuplement moyen de hêtre est âgé de plus de 150 ans, tandis que certains individus atteignent plus de 300 ans. Le volume de bois mort mesuré s'élève à plus de 50 m³/ha. Quelques pins laricio bordent le vallon. Ce sont des arbres vénérables, ayant poussé extrêmement lentement et qui dépassent probablement les 1 000 ans pour 150 cm de diamètre. Les cours d'eau sont nombreux et offrent une faune riche (dont l'euprocte et la salamandre corse).

L'historique de la forêt de Zicavo est difficile à reconstituer car on manque d'archives sur cette vallée, aujourd'hui loin des hommes. Véritable lieu oublié, elle est fortement évocatrice en termes de sentiments.

Cette hêtraie méconnue des scientifiques gagnerait à être étudiée en détail.

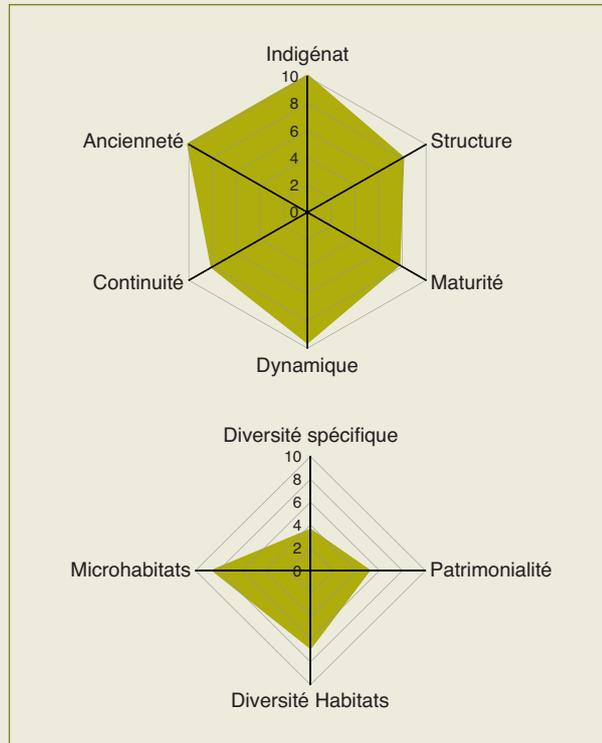
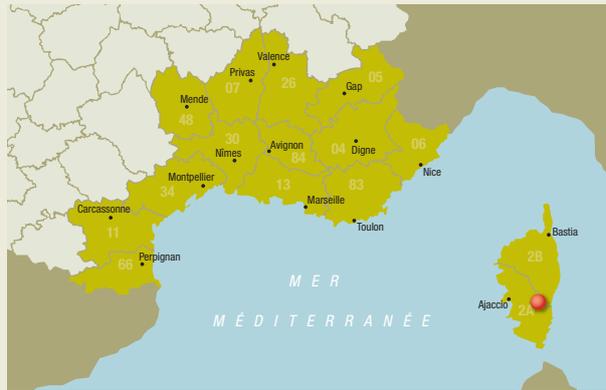


Figure 36. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité (en haut) et de diversité (en bas) dans le peuplement de la vallée de la Luvana (forêt communale de Zicavo).



Pin laricio vénérable dépassant probablement le millénaire.

Les peuplements sont âgés (sauf le peuplement du Ventoux qui est une phase d'écroulement), et présentent des volumes de bois mort supérieurs à 27 m³/ha (jusqu'à 80 m³/ha pour le peuplement du Ventoux, exception faite du bois des Ayes à 9 m³/ha). Le nombre de TTGB est très différent d'un peuplement à l'autre : nul au mont Ventoux (tous les gros arbres sont morts) ou seulement égal à 2/ha à Zicavo, il est égal à 12/ha au Bois des Ayes et même 23/ha à la Massane.

Aucun peuplement n'a un cycle sylvigénétique complet, 2 présentent à la fois des phases de vieillissement et d'écroulement (mais pas de régénération), et 2 n'ont que l'une ou l'autre de ces phases.

Empreintes et pressions

Les empreintes 1800-1960 sont fortes sur les peuplements de la Massane (malgré un arrêt de l'exploitation en 1880) et du bois des Ayes (charbonnage, traces de coupe ancienne). Les empreintes actuelles et potentielles sont faibles.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature est fort (excepté pour le peuplement de Zicavo où il est exceptionnel).

Description du groupe B2 : peuplements à forte naturalité et diversifiés

Ce groupe rassemble 11 peuplements : Pas de Garimbau et Vallon de la Petite Forêt (Aiguines), les 2 peuplements de la Sainte-Baume, ceux du Bois du Chapitre, du Jabron, de Lente et de Py. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 37.

Ce sont des futaies irrégulières matures à fort volume de bois mort et plus diversifiées en essences que la moyenne.

Diversité et microhabitats

La diversité est maximale avec plus de 7 essences dans tous les peuplements (excepté au Jabron, 5 à 6 essences). Aucun habitat n'est patrimonial mais tous les peuplements ont des signes avérés d'espèces patrimoniales (pic noir, Rosalie des Alpes, etc.).

La diversité en microhabitats des arbres vivants est élevée et tous les types sont représentés (figure 33). Tous les peuplements ont soit des loges de pics soit des gros arbres à polypores.

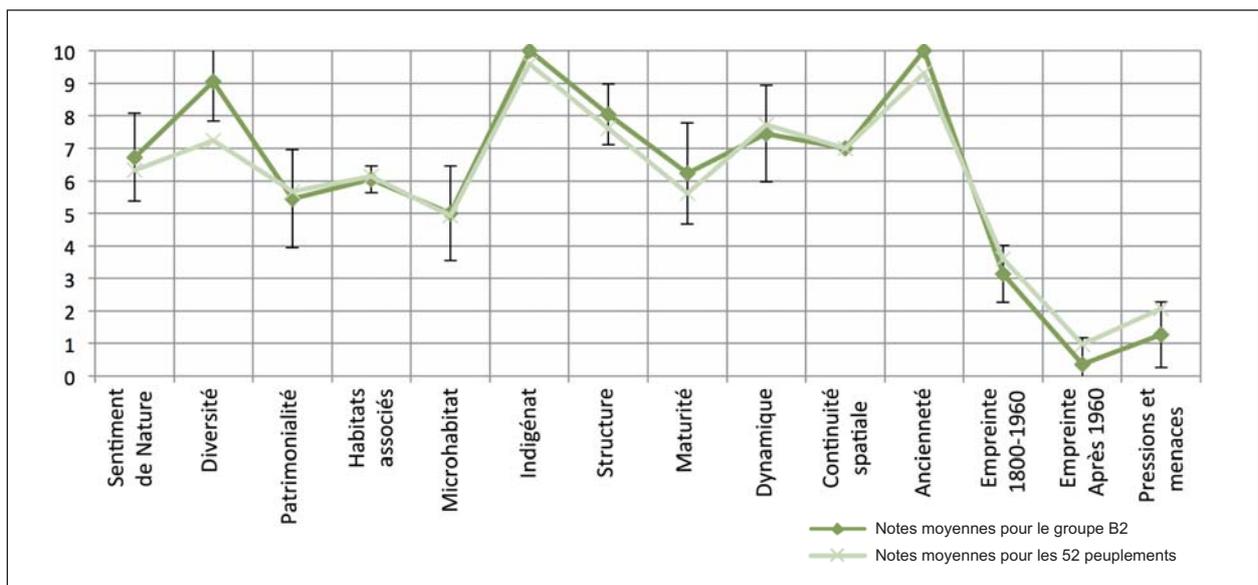


Figure 37. Profil des notes moyennes obtenues par tous les critères pour les 11 peuplements du groupe B2 (peuplements à forte naturalité et diversifiés).

LA HÊTRAIE-SAPINIÈRE DU BOIS DU CHAPITRE



© D. Villard



Le bois du Chapitre est classé en réserve biologique dirigée depuis 1990. Le cirque montagneux de Chaudun bénéficie depuis 2004 d'un classement en réserve biologique intégrale. La réserve couvre 552 hectares appartenant à 2 forêts domaniales, celle de Gap-Chaudun, et celle des Sauvas. La majorité des peuplements sont des hêtraies-sapinières, hébergeant des espèces remarquables, telles que le sabot de Vénus.

Le bassin versant de Gap-Chaudun et particulièrement le bois du Chapitre constitue un site pilote pour la recherche en matière d'écologie forestière. L'histoire très particulière de ce bassin versant (abandon de la commune par ses habitants à la fin du XIX^e siècle), la moindre empreinte humaine depuis 1960 et les ensembles forestiers qui le composent ont très tôt intéressé les scientifiques (programme forêts subnaturelles du Cemagref et de l'ENGREF notamment).

D'après Sablain (2003), le bois du Chapitre fut traité en futaie jardinée entre 1883 et 1953 (révolution 160 ans, rotation des coupes 20 ans). Les coupes sont effectuées jusqu'en 1953, année qui marque l'arrêt des exploitations. La révision d'aménagement en 1990, créant la Réserve

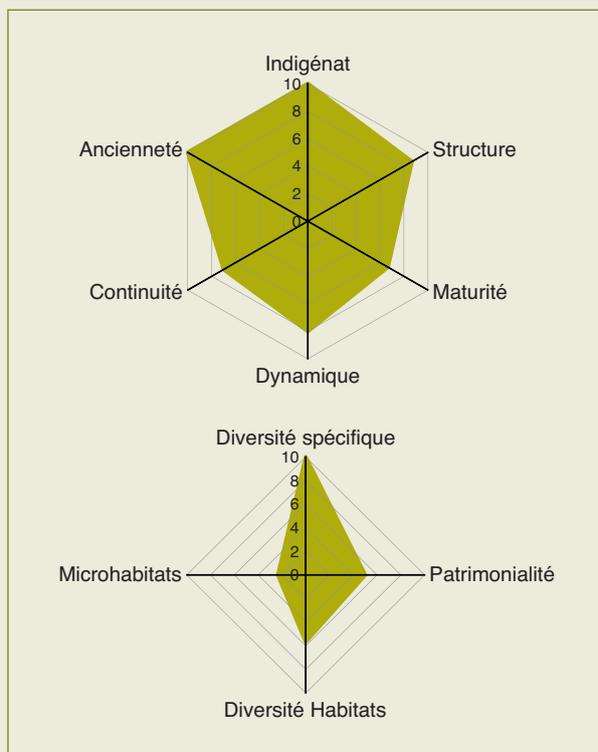
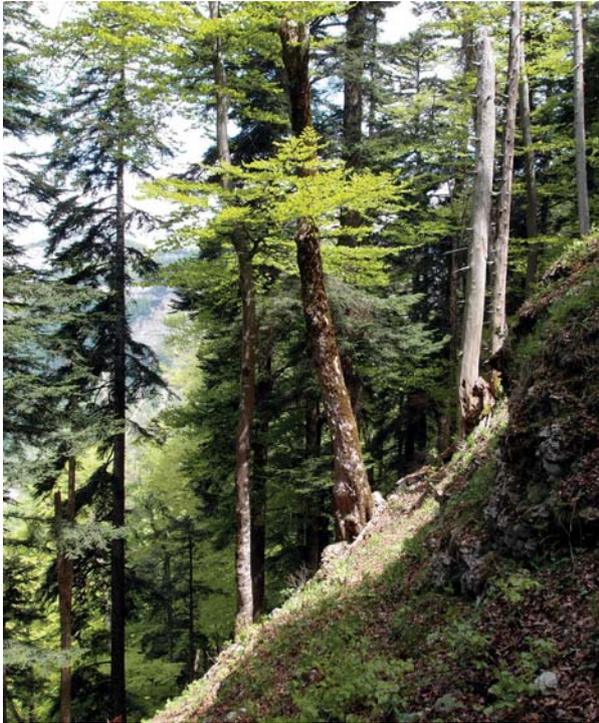


Figure 38. Notes obtenues pour chaque critère de diversité (en haut) et de naturalité (en bas) pour le peuplement de la Combe de Lavanche (Bois du Chapitre).

Biologique Dirigée du Chapitre, consacre la non-intervention comme objectif de gestion de ce massif remarquable par sa flore et sa faune.

Structuré en futaie irrégulière, le bois du Chapitre est constitué de peuplements d'un âge remarquable pour la région, les hêtres comme les sapins dépassent les 200 ans. Les volumes de bois mort dépassent par ailleurs localement plus de 50 m³/ha (Marage et Lempérière, 2005 ; Lempérière et Marage, 2010).



© M. Rossi

Hêtraie-Sapinière du Val Sainte-Marie.

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements ont au moins 3 strates. Ce sont tous des futaies irrégulières en diamètre (et en hauteur pour 3 peuplements). Les surfaces terrières sont importantes avec une moyenne égale à 27 m²/ha (minimum de 21, maximum de 32).

Les peuplements sont généralement matures (2 peuplements âgés, 1 seulement adulte). Les volumes de bois mort sont supérieurs à 20 m³/ha (96 m³/ha au bois du Chapitre, rive du Buëch). En revanche, le nombre de TTGB est faible : moins de 3/ha pour 8 peuplements, les 3 autres présentant plus de 10 TTGB/ha (Py et la Sainte-Baume, mais pour ce dernier site, ce sont des TTGB d'ifs et non de hêtre).

5 peuplements présentent des phases de vieillissement : ceux du Jabron et du Chapitre, et un peuplement d'Aiguines (Pas de Garimbau). Parmi ces peuplements, seuls ceux du Chapitre (rive du Buëch) et du Jabron (sommet de Lure) ont également des phases d'écroulement. Le cycle n'est complet que pour ce dernier peuplement (il manque la phase de régénération pour le peuplement du Chapitre, rive du Buëch).

Empreintes et pressions

Les traces d'une exploitation forestière ancienne sont bien visibles : vieilles souches ou cépées pour tous les peuplements (sauf à Lente et à la Sainte-Baume) et places de charbonnage pour Py et Aiguines.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature est très fort à la Sainte-Baume, et fort pour tous les peuplements.

Description du groupe C : peuplements à naturalité intermédiaire et d'habitat patrimonial

Ce groupe compte 8 peuplements : Stella, Rospa-Sorba, Les Jaudelières, le Fangu, les 2 peuplements de La Verne et celles de l'Ospe-dale. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 39.

Les peuplements du groupe se démarquent par une patrimonialité forte, une structure irrégulière et une surface terrière souvent assez faible (sauf pour le cas du Fangu). Ce sont des peuplements ayant subi une empreinte humaine importante par le passé. Le peuplement du Fangu a une naturalité plus élevée en moyenne que les autres peuplements du groupe.

Diversité et microhabitats

La diversité en essences est élevée : 5 à 6 essences composent les peuplements. Excepté la chênaie blanche de Stella, tous les peuplements sont des habitats prioritaires de la directive Habitats. Ils abritent en plus des espèces patrimoniales telles que le mouflon, l'autour des palombes ou *Polysticum setiferum*.

Les peuplements sont riches en microhabitats diversifiés (figure 33), et ont tous soit des gros arbres à polypores soit des loges de pics.

Structure, maturité, dynamique

Excepté le peuplement du Fangu (38 m²/ha), les surfaces terrières sont faibles : 20 m²/ha en

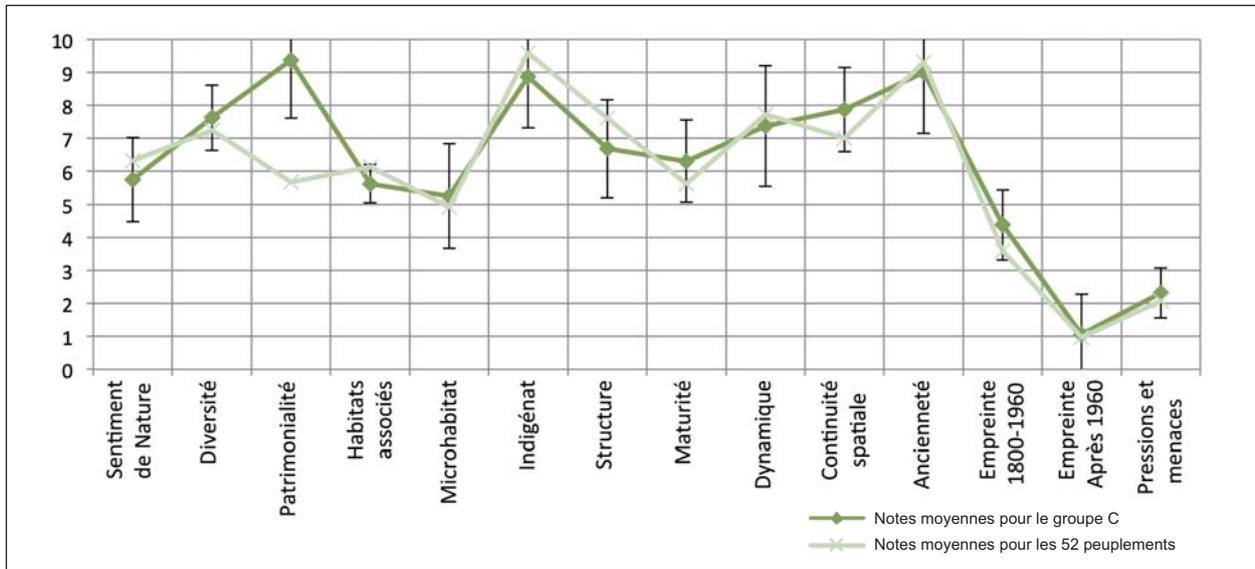


Figure 39. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 8 peuplements du groupe C (peuplements à naturalité intermédiaire et d'habitat patrimonial).

moyenne, avec un minimum à 13 m²/ha. Les peuplements sont globalement des futaies irrégulières en diamètre.

5 peuplements sont matures, Stella est âgé et la Verne présente un peuplement jeune et l'autre adulte. Tous les peuplements ont plus de 10 TTGB/ha, mais des volumes de bois mort peu élevés (< 10 m³/ha).

Si les peuplements de Rospa-Sorba et surtout du Fangu présentent un cycle sylvigénétique complet, les autres peuplements n'ont ni phase de vieillissement, ni phase d'écroulement.

Empreintes et pressions

Les empreintes 1800-1960 sont fortes, que ce soit du fait de l'impact du pastoralisme (Jaudelières, la Verne, Stella, le Fangu), et/ou de l'exploitation forestière (charbonnage à l'Ospedale, traces de coupes à la Verne). 4 peuplements ont fait l'objet de coupes il y a 40 à 60 ans. Les pressions et menaces sont plus importantes que pour les groupes précédents (incendie, exploitation de bois, fréquentation, absence de statut de protection efficient selon le peuplement).

Sentiment de nature

Le sentiment de nature ressenti est très variable. Il est très fort au Fangu et moyen à l'Ospedale (San Martinu).



Yeuseraie corse de l'Ospedale.

LA CHÊNAIE VERTE DU FANGU



La forêt du Fangu est l'une des yeuseraies les plus matures du bassin méditerranéen. La zone a été classée par l'UNESCO en réserve de biosphère en 1977, et par l'ONF en réserve biologique en 1988.

Ce site est un véritable laboratoire de recherche sur la faune, la flore, et les dynamiques naturelles (voir notamment Panaïotis, 1994, 2005 ; Panaïotis *et al.*, 1997, 1998).

Le chêne vert existait déjà dans la vallée du Fangu en 5600 ans av. J.C. À cette époque, il était confiné dans des zones dites « refuges » compte tenu du climat (Carcaillet *et al.*, 1997). La végétation du haut de la vallée était constituée par une forêt de pins laricio, que les hommes néolithiques ont défriché par brûlage, favorisant le chêne vert pour le pacage des animaux (Panaïotis, 2005).

Aujourd'hui, cette chênaie verte compte des peuplements exceptionnels, comme celui d'Omita, du fait de :

- ses caractéristiques structurales (futaie irrégulière de surface terrière égale à 38 m²/ha, 16 TTGB/ha pour un diamètre seuil de 90 cm) ;
- sa maturité (arbres d'au moins 250 ans, volume de bois mort supérieur à 20 m³/ha) ;
- et sa dynamique naturelle (cycle sylvigénétique complet).

L'empreinte humaine passée est forte (charbonnage, pacage, prélèvement de bois de feu), mais le sol n'a jamais été labouré et l'abandon des pratiques sylvo-pastorales est suffisamment ancien (> 50 ans) pour que la dynamique puisse être considérée comme complète.

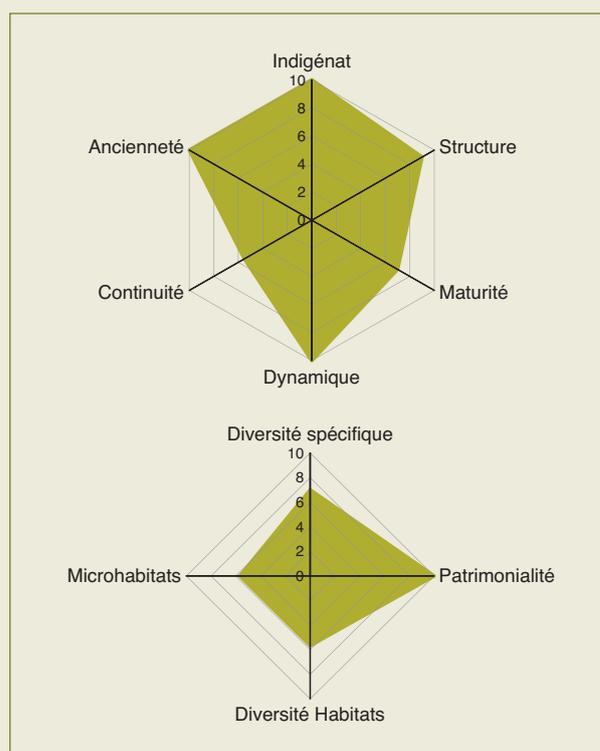


Figure 40. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité (en haut) et de diversité (en bas) pour le peuplement d'Omita (Fangu).

Description du groupe D : peuplements à naturalité intermédiaire

Ce groupe rassemble 6 peuplements : Praroussin, Roque Rouge (Cadarache), les 2 peuplements de Comus et ceux de la Pinata. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 41.

Ces peuplements sont des futaies irrégulières matures, à surface terrière élevée, peu diversifiées. Ce groupe est assez hétérogène sur certains indicateurs.

Diversité et microhabitats

La diversité en essences est assez faible (entre 2 et 4 essences) sauf à Cadarache, Roque Rouge (> 7 essences). Aucun habitat n'est patrimonial mais tous les peuplements ont des signes avérés de présence d'espèces patrimoniales, notamment le pic noir. La diversité des microhabitats est élevée (il ne manque que les coulées de sève), et tous les peuplements ont soit des gros arbres à polypores, soit des loges de pics.

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements sont des futaies irrégulières en diamètre et en hauteur, sauf un peuplement



Hêtre-sapinière de Comus.

de la Pinata (La Resclause). Ils possèdent au moins 3 strates. La surface terrière est élevée avec une moyenne à 30 m²/ha, un minimum à 20 (mélèzin de Praroussin) et un maximum à 37 (hêtre-sapinière de Comus).

Tous les peuplements sont matures (soit plus de la moitié de la longévité, ce qui correspond à l'âge de 250 ans pour le chêne blanc et le mélèze, et à 150 ans pour le hêtre et le sapin).

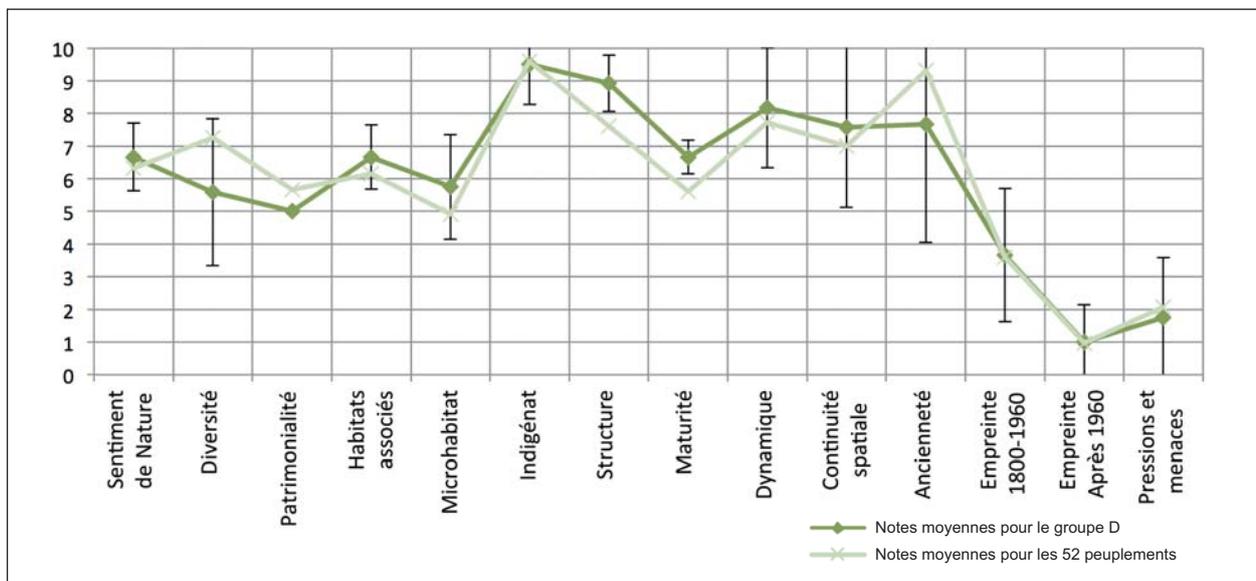


Figure 41. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères par les 6 peuplements du groupe D (Peuplements à naturalité intermédiaire).

Ils possèdent au moins 9 TTGB/ha (maximum à 20/ha pour Cadarache) et 10 m³/ha de bois mort. 4 peuplements ont des phases de vieillissement et le cycle sylvigénétique est complet pour les 2 peuplements de Comus.

Empreintes et pressions

2 peuplements du groupe n'étaient pas boisés en 1850 (Cadarache, Roque Rouge ; Prarous-

sin). Tous sauf celui de Comus (bois de Gespétal) ont fait l'objet d'agropastoralisme. 3 des 6 peuplements ont été passés en coupe il y a moins de 50 ans. Les pressions et menaces potentielles sont faibles.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature est fort à très fort. Il est lié notamment à la présence de TTGB.

LA SAPINIÈRE DE LA PINATA

La réserve biologique dirigée de la Pinata a été créée en 1993. Les objectifs de gestion sont tournés vers la préservation des tourbières et du grand tétras, espèce emblématique de la réserve. Les forêts de la réserve, peu considérées, sont pourtant d'un intérêt remarquable en termes de naturalité.

L'arrêt de l'exploitation forestière est récent (autour de 1960) et le peuplement n'a pas retrouvé un cycle sylvigénétique complet. Cependant, le peuplement, dominé par le sapin, est mature et l'âge des arbres est compris entre 150 et 200 ans. Le volume de bois mort est compris entre 10 et 20 m³/ha. La structure du peuplement est irrégulière, avec 13 TTGB/ha (soit des sapins de plus de 90 cm ou des hêtres de plus de 70 cm de diamètre). Les peuplements sont anciens : le sol n'a jamais été labouré, mais l'activité sylvo-pastorale était marquée au XIX^e siècle.

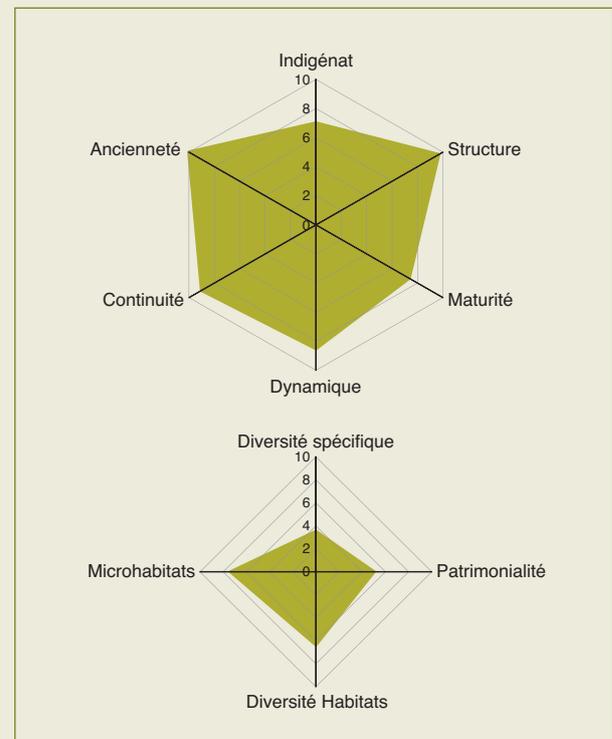


Figure 42. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité (en haut) et de diversité (en bas) pour le peuplement de la Resclause (la Pinata).

Description du groupe E : peuplements à naturalité moyenne

Les 8 peuplements de ce groupe sont : Grand Vallon (Cadarache), Casteljeau, les Ceyrèdes, Fontgraze (Païolive), Bois de l'Agasté et les 3 peuplements de la Valbonne. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées à la figure 43.

Ces peuplements sont adultes, avec de très faibles volumes de bois mort. Ils sont irréguliers mais les surfaces terrières sont faibles. L'empreinte humaine et les pressions et menaces potentielles sont marquées.

Diversité et microhabitats

Les peuplements sont composés de plus de 5 essences. Ce sont tous des chênaies blanches, excepté la sapinière du bois de l'Agasté. Aucun habitat n'est patrimonial. La moitié des peuplements de ce groupe n'ont pas non plus de signes avérés d'espèces patrimoniales (Fontgraze et Casteljeau à Païolive, le Ruisseau de Cagnet et le Chapelas à la Valbonne). La richesse en microhabitats est inférieure à la moyenne (diversité plafonnée < 10/ha) même si tous les types sont représentés hormis les coulées de sève.



De vieux tilleuls parsèment le peuplement, plus jeune, de sapins du Bois de l'Agasté (Mercantour).

Structure, maturité, dynamique

Les peuplements sont tous des futaies irrégulières avec au moins 3 strates. Les surfaces terrières sont faibles : 21 m²/ha en moyenne, avec un maximum de 26 et un minimum de 17.

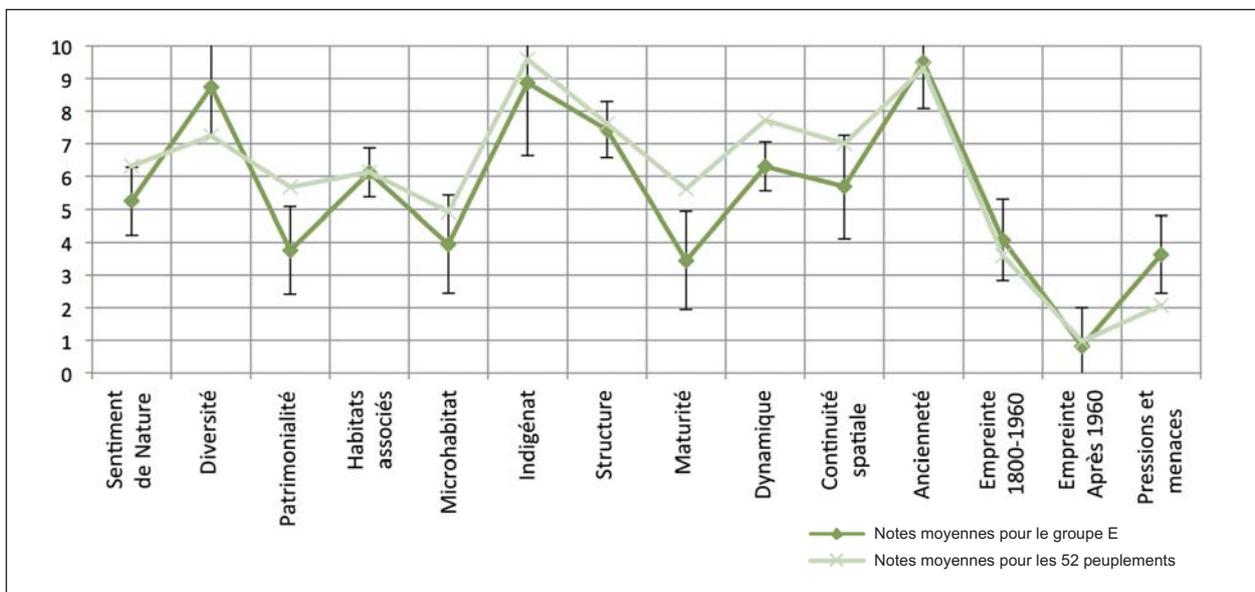


Figure 43. Profil des notes moyennes obtenues par tous les critères pour les 8 peuplements du groupe E (peuplements à naturalité moyenne).

LA FORÊT DE LA CHARTREUSE DE LA VALBONNE



L'origine des hêtres de la forêt domaniale de la Valbonne a fait couler beaucoup d'encre, et ce depuis 1930 déjà (Flaugère *et al.*, 1930). Certains voient ces hêtres comme une relique glaciaire, les autres comme une relique historique du Moyen-Âge. Michel Cointat (1955), soutient lui l'hypothèse d'une introduction par les moines de la Chartreuse, dans les années 1750.

Toujours est-il que plus de 200 ans plus tard, les hêtres sont toujours présents à la Valbonne, à seulement 200 m d'altitude en moyenne, même si des problèmes de dépérissements se font sentir depuis quelques années (périodes de sécheresse plus longues). On dispose de très nombreuses archives sur l'histoire de la gestion de la forêt de la Valbonne, mais pas de données paléoécologiques.

Actuellement, l'aménagement fixe comme objectif principal la protection du milieu, et secondairement la production de bois d'œuvre feuillu et résineux et l'accueil du public. Les peuplements présentent d'anciennes futaies (chênaies pubescentes ou hêtraies-chênaies) depuis longtemps protégées et de jeunes futaies sur souche provenant de taillis mis en repos aujourd'hui mais anciennement exploités.

Les peuplements sont très diversifiés dans la forêt (chênaie, hêtraie, pinède, etc.). Le peuplement de chênaie-hêtraie évalué près de la Chartreuse est composé de nombreuses essences : chêne pubescent, chêne vert, hêtre, tilleul à petites feuilles, houx, érable champêtre, alisier torminal, alisier blanc, noisetier, arbusier, ainsi que le pin noir d'Autriche et le charme-houblon qui ont été introduits. Le peuplement est une futaie irrégulière, avec 2 TTGB/ha seulement (plus de 70 cm de diamètre pour les chênes, et 120 cm pour les hêtres et les pins). Le peuplement est adulte (en moyenne une centaine d'années), avec peu de bois mort (3 m³/ha). La date de dernière coupe remonte aux années 1950 pour ce peuplement. La dynamique naturelle n'est pas encore complète (pas de phases de vieillissement ni d'écroulement).



© D. Vallaur

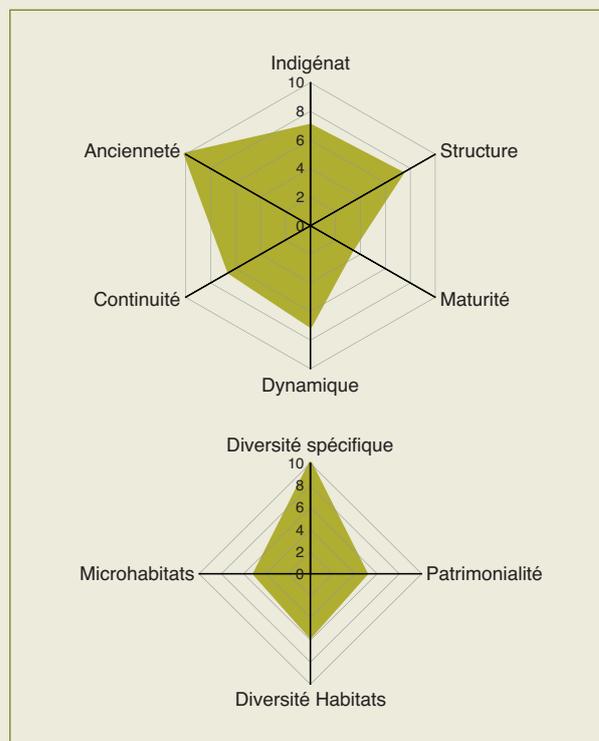


Figure 44. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité (en haut) et de diversité (en bas) pour le peuplement de la Crompe (la Valbonne).

Tous les peuplements sont adultes, ce qui correspond à un âge minimum de 125 ans pour les chênaies blanches, et de 75 ans pour la sapinière de l'Agasté. Ils ne dépassent pas les 5 m³ de gros bois mort par hectare. Le nombre de TTGB est plus variable : il est inférieur à 2/ha pour 5 peuplements, et supérieur à 5/ha à la Valbonne et à l'Agasté (arbres d'origine forestière) ; il est de 12/ha à Cadarache (origine agropastorale). Aucun des peuplements du groupe ne présente de phases de vieillissement et d'écroulement.

Empreintes et pressions

Les empreintes 1800-1960 sont fortes, que ce soit du fait de l'agropastoralisme (Païolive, Ceyrèdes et Casteljeau ; Cadarache) ou de l'exploitation du bois (Cadarache, Valbonne). 3 de ces peuplements ont été passés en coupe il y a moins de 50 ans. Les pressions et menaces potentielles sont fortes : exploitabilité facile, risque incendie, pas de statut de protection efficient.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature ressenti est moyen à fort.

Description du groupe F : peuplements à naturalité la plus faible de l'échantillon et impactés par l'exploitation

Ce groupe rassemble 5 peuplements : Marassan, Fox-Amphoux, Aiguines (Vallon de Garimbau), San Pietro d'Accia, Tête d'Alpe. Les notes moyennes de chacun des critères sont présentées sur la figure 45.

Ces peuplements sont les moins naturels de notre échantillon mais sont toutefois l'illustration d'une gestion productive tout à fait douce, voire innovante (exemple du taillis-sous-futaie de Fox-Amphoux). Ce sont des peuplements irréguliers, en diamètre seulement, ne comportant que 2 strates. L'empreinte humaine, ancienne comme récente, est marquée.

Diversité et microhabitats

La diversité en essences est variable (entre 2 et 6 essences). Aucun habitat du groupe n'est considéré comme patrimonial, et la seule espèce patrimoniale avérée est le houx. La richesse en microhabitat est inférieure à la moyenne, les trous de pics et cavités vides étant plus représentés que les autres types (figure 33). 4 peuplements sur 5 ont des loges de pics, et on ne trouve des gros arbres à polypores qu'à San Pietro d'Accia.

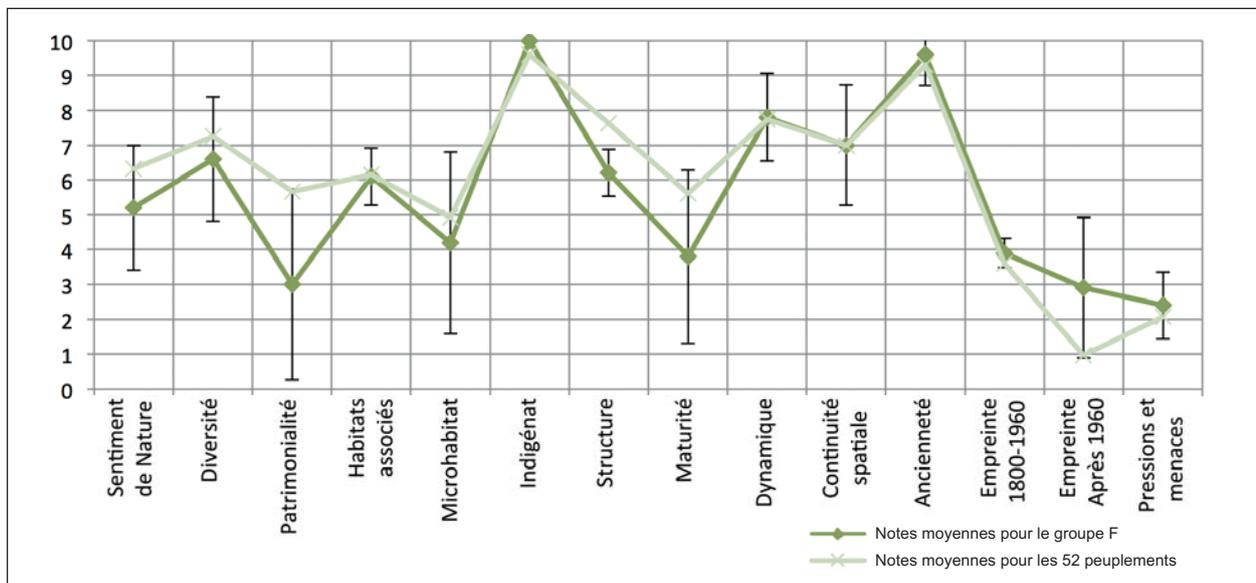


Figure 45. Profil des notes moyennes obtenues par tous les critères pour les 5 peuplements du groupe F (peuplements à naturalité la plus faible de l'échantillon et impactés par l'exploitation).

LA SAPINIÈRE DE TÊTE D'ALPE



Le peuplement décrit est dans la partie française de la nouvelle réserve transfrontalière. Elle a été classée en réserve biologique intégrale par l'ONF en 2011.

Le peuplement ne représente pas les peuplements les plus matures de la réserve (situé en Italie ou en falaise). Les peuplements décrits ici sont actuellement jeunes (âge moyen inférieur à 75 ans), mais l'on peut espérer que la libre évolution permettra de restaurer la naturalité de cette sapinière à bonne potentialité.

Le volume de bois mort, actuellement inférieur à 5 m³/ha, pourrait atteindre des niveaux comparables à ceux que l'on peut trouver dans le bois noir de Breil à quelques kilomètres seulement (zone de cœur du parc national du Mercantour, avec plus de 50 m³/ha). La maturation des arbres permettrait d'atteindre des sapins de diamètres

supérieurs à 100 cm, et l'apparition de microhabitats, tels que des cavités, ou des décollements d'écorce, fréquents dans les vieux peuplements de sapin. Un retour vers plus de naturalité et un cycle sylvigénétique complet nécessitera au moins 100 ans pour le peuplement évalué.

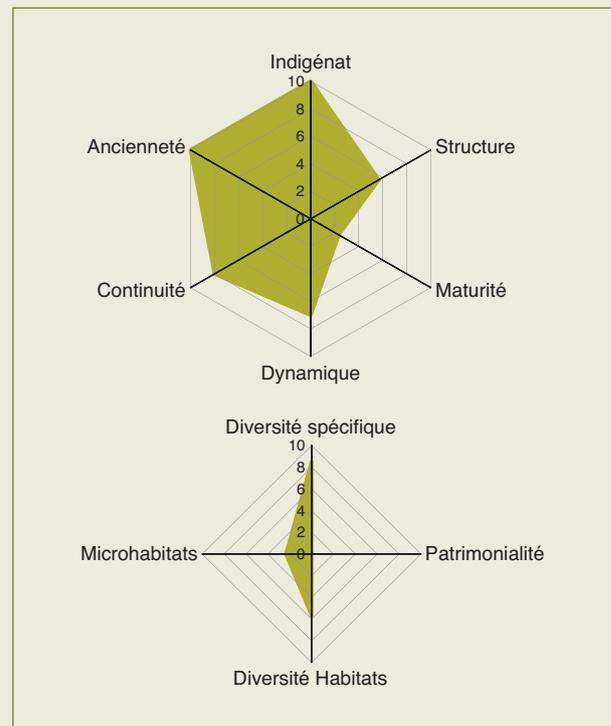


Figure 46. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité (en haut) et de diversité (en bas) pour le peuplement de Tête d'Alpe.



Structure, maturité, dynamique

Tous les peuplements sont des futaies irrégulières. 3 peuplements n'ont que la strate arbustive et la strate arborescente haute, sans strate arborescente basse. La surface terrière moyenne est de 23 m²/ha, avec un maximum à 32 et un minimum à 17.

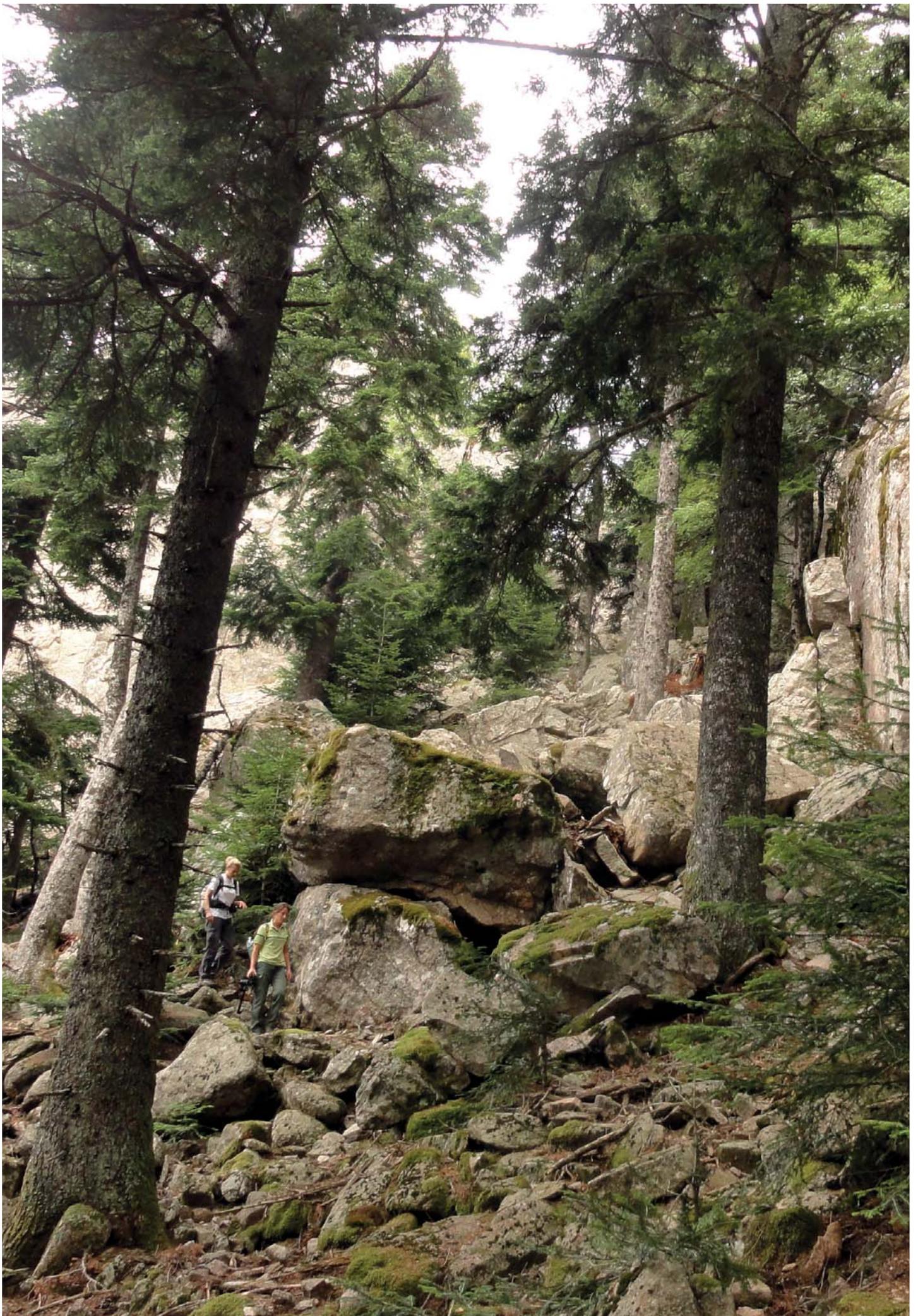
Les peuplements sont adultes. 3 des peuplements du groupe ont moins de 5 m³/ha de bois mort et moins de 2 TTGB/ha. Les peuplements de San Pietro d'Accia et de Marassan comptent 6 TTGB/ha et plus de 20 m³/ha de bois mort. Ils présentent aussi une phase de vieillissement alors que celle-ci est absente des 3 autres peuplements du groupe.

Empreintes et pressions

Tous ces peuplements présentent des traces marquées de l'exploitation forestière ancienne. 4 d'entre eux ont de plus été exploités il y a moins de 50 ans, et les souches sont nombreuses (jusqu'à plus de 400/ha à Fox-Amphoux, suite à la coupe de taillis avec maintien de réserves). Les pressions et menaces sont assez élevées, principalement du fait de l'absence de statut de protection efficient, et pour certains peuplements d'une exploitabilité facile.

Sentiment de nature

Le sentiment de nature reste fort (sauf dans le peuplement décrit à Tête d'Alpe où il est faible).



ANALYSE EN VUE DE L'AMÉLIORATION DE LA MÉTHODE D'ÉVALUATION : POUR UNE VERSION 1.2

A la vue des données recueillies et de leur analyse, la méthode s'avère riche d'informations. Toutefois, certains points de la version 1.1 de la méthode méritent d'être améliorés. Cela concerne notamment l'amélioration de la pertinence de certains indicateurs et leur simplification si cela est possible. Cette partie s'attache à présenter et discuter les plus importants enseignements, qui ont servi à la définition de la version 1.2 de la méthode (Rossi et Vallauri, 2013). Les liens entre les indicateurs au sein des critères seront analysés puis une synthèse globale des améliorations à apporter au protocole sera proposée.

Corrélation entre les indicateurs

Les corrélations entre indicateurs participant à des critères différents sont intéressantes à analyser, notamment de façon à comprendre les synergies et les poids des facteurs écologiques.

Les corrélations entre les indicateurs d'un même critère sont utiles à analyser pour simplifier la méthode dans la mesure où il y a redondance avérée. Certains d'entre eux sont discutés plus en détails ci-après.

La matrice des corrélations (tableau 20) met en évidence les liens qui existent entre les indicateurs. Les corrélations les plus importantes concernent notamment les deux indicateurs relatifs à la diversité des arbres, mais aussi la date de dernière coupe et le nombre de souches.

Diversité des essences

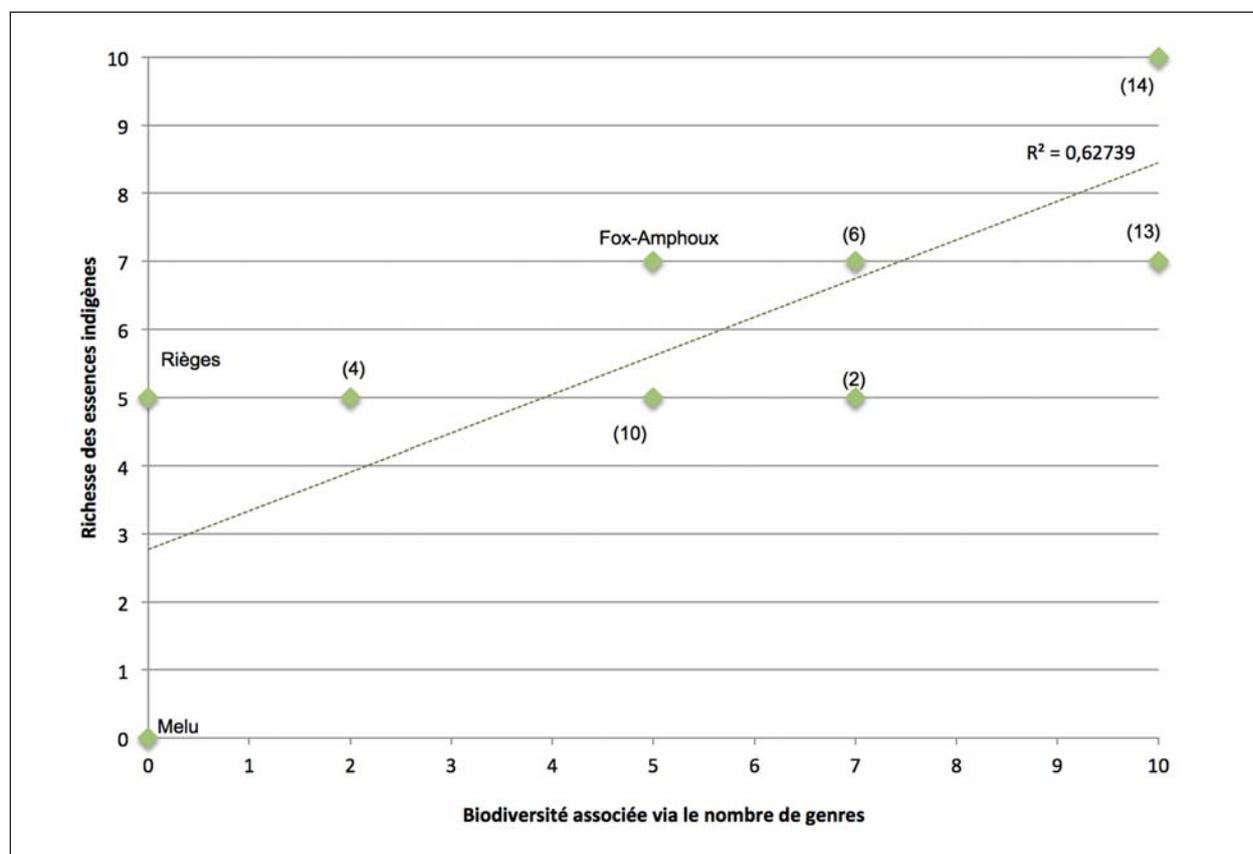
Relever le nombre de genres permet une approche de la diversité taxonomique associée à la diversité des arbres-hôte. Cet indicateur est défini par l'IBP (Larrieu & Gonin, 2008). Il suppose que 2 essences d'un même genre (par exemple 2 pins ou 2 chênes) possèdent approximativement le même cortège associé, car elles présentent des caractéristiques et des microhabitats proches. La richesse des essences indigènes, via le nombre d'essences, est une mesure directe de la diversité d'un groupe taxonomique donné, les arbres. Ce sont sur le fond 2 indicateurs différents.

Toutefois, la figure 47 montre que les deux indicateurs sont bien corrélés ($r^2 = 0,63$), sauf aux extrêmes. 60 % des peuplements ont les mêmes notes sur ces 2 indicateurs. 29 % des peuplements ont des notes plus faibles sur l'indicateur *Richesse des essences indigènes*, que sur l'indicateur *Nombre de genres* (5 genres, soit la note 10, au lieu de 5 ou 6 essences soit la note 7), ce qui s'explique par la saturation de la note de l'indicateur *Nombre de genres* dès 5 genres. L'indicateur *Richesse en essences* apporte plus de finesse et de progressivité, et est plus étendu vers les fortes valeurs.

C'est l'inverse pour 11 % des peuplements (2 genres, 2 essences, soient respectivement les notes de 2 et 5, et pour le bois des Rièges, 1 genre, 2 essences, soient respectivement les notes de 0 et 5). Parmi ces peuplements, 4 sont des hauts lieux de naturalité (sapinières de Zonza et de la Pinata, hêtraies de la Massane et Zicavo). Il est naturel que ces habitats, plus fermés et dominés par les dryades à ce stade, aient des notes plus faibles. Là encore, l'indicateur *Richesse en essences* donne une note plus progressive et moins sévère. Les notes 0 pour un seul genre stigmatisent les monocultures, en oubliant que des stades de certains

Tableau 20. Coefficient de corrélation (r^2) entre indicateurs. Ne sont présentées que les corrélations les plus fortes.

Indicateurs	Nombre de genres	Micro-habitats des arbres vivants	Surface terrière	Age du peuplement	Volume de bois mort	Date de la dernière coupe	Sentiment de nature
Nombre d'essences	0,63						
Microhabitats des arbres vivants							0,26
Age du peuplement		0,37					0,26
Volume de bois mort			0,24	0,21			
Phases de la sylvigénèse			0,23	0,27	0,27		0,27
Date de la dernière coupe					0,17		0,21
Nombre de souches					0,14	0,58	0,19
Exploitabilité du bois						0,42	

**Figure 47.** Relation entre les deux indicateurs du critère Diversité spécifique des arbres : Biodiversité associée via le nombre de genres et Richesse des essences indigènes.

habitats, certes rares et à mettre en contexte, peuvent être peu diversifiés naturellement.

Dans la version 1.2

Au vu de l'information que l'on cherche à obtenir pour ce critère (la diversité de la composition spécifique du peuplement forestier), ne conserver que l'indicateur *Richesse des essences indigènes* permet de simplifier la méthode et le calcul de la note du critère, sans pour autant perdre en précision. Ce seul indicateur sera conservé pour la notation du critère *Diversité des arbres*. L'indicateur *Nombre de genres* sera conservé uniquement pour l'IBP.

Microhabitats des arbres

La note du critère *Microhabitats des arbres* est la moyenne de 3 indicateurs : la diversité des microhabitats des arbres vivants (au maximum 2 par type sont comptabilisés, selon le protocole de l'IBP), la densité de loges de pics comptées par ha sur arbres morts et vivants, le nombre d'arbres vivants d'un diamètre minimal de 30 cm porteur de polypores.

Plusieurs problèmes se posent : la pertinence et la fiabilité des deux derniers indicateurs, les seuils des catégories de notation, la pondération des 3 indicateurs pour le calcul de la note du critère.

L'indicateur *Loges de pics*

Cet indicateur a été ajouté car ce microhabitat marque la base d'une activité biologique d'espèces cavicoles primaires, dites « ingénieurs écologiques », particulièrement clé pour la succession des espèces cavicoles. La présence de cavités de nourrissage et la densité de loges de pics sont un indicateur intéressant d'activité biologique d'une forêt (Remm & Löhmus, 2011 ; Wesołowski, 2012).

Il n'est pas évident de dénombrer de façon exhaustive le nombre de loges, particulièrement si la hauteur dominante est grande (supérieure à 25 m), ou le sous-bois dense. Ce biais d'observation est connu, mais n'est pas rédhi-

bitoire, notamment en exprimant la note par des catégories de densité (0,]0-5],]5-10], > 10 loges/ha). Un autre biais peut venir des confusions entre une loge de pic et un trou de pic pour le nourrissage. Une série de photographies, présentée dans le guide pratique de la méthode (Rossi et Vallauri, 2013), permet de réduire le risque d'erreur.

Dans notre échantillon, 36 % des peuplements ont plus de 5 loges par hectare, 12 % plus de 10 et 25 % sont notés sans loge. Les valeurs maximales sont relevées à la Sainte-Baume (chapelle des Parisiens) avec 31 loges par hectare et à Melu avec 34 loges par hectare (loges de la sittelle corse). On constate que pour les peuplements où la densité de TTGB est supérieure à 12/ha, la note de l'indicateur *Loges de pics* est maximale.

En revanche, il existe une grande variabilité pour les peuplements plus pauvres en gros bois. Certains contextes ne sont pas favorables à la présence des pics, notamment le pic noir ; certaines essences sont plus favorables que d'autres (hêtre *versus* sapin par exemple) ; certaines conditions topoclimatiques ou historiques doivent influencer également la prospection et surtout l'installation de la nidification du pic noir. Enfin, le pic noir n'est pas présent actuellement partout en France ; en Corse, les loges notées sont creusées par la sittelle corse ou le pic épeiche.

Il semble plus fiable et pertinent de laisser à l'indicateur *Diversité des microhabitats des arbres vivants* un poids plus grand dans le critère *Microhabitats des arbres*. L'indicateur *Loges de pics* le complète car il signale une installation particulièrement importante des populations de pics (nidification).

L'indicateur *Gros arbres vivants à polypores*

Les polypores ne sont comptabilisés que sur les arbres vivants car les polypores poussant sur les arbres morts sont des espèces plus courantes. Cet indicateur a été choisi pour rendre compte d'un microhabitat rare dans les forêts gérées où les gros arbres vivants avec des signes de sénescence sont supprimés (coupes dites sanitaires). Peu de bibliographie existe

sur la densité de ces gros arbres à polypores dans les forêts naturelles (voir tout de même Penttilä *et al.*, 2004 ; Norsted *et al.*, 2001 ; Bässler et Müller, 2010 ; Richard *et al.*, 2005 ; Schmit et Lodge, 2005).

À partir de notre échantillon de forêts, 46 % des peuplements n'ont pas de gros arbre vivant à polypore. 3 peuplements de hêtraie (Massane, Font de la Fajoseta ; Zicavo ; San Pietro d'Accia) ont plus de 5 gros arbres vivants à polypores par hectare.

Les peuplements à la plus forte densité de gros arbres à polypores sont globalement à haute naturalité (7 peuplements des groupes A et B, 2 peuplements des groupes C et D, San Pietro d'Accia du groupe F et Melu, exclu de la CAH). En revanche, les peuplements où les gros arbres à polypores sont absents ne sont pas nécessairement les peuplements où la naturalité est la plus faible (48 % de ces peuplements sont dans les groupes A et B). L'analyse des résultats ne permet pas de valider la pertinence de cet indicateur dans le critère *Microhabitats*. Cet indicateur apporte néanmoins une information intéressante par rapport aux signes de sénescence et à la maturité du peuplement. Tous les peuplements qui ont au moins 3 arbres à polypores sont au moins matures. Cet indicateur apporterait un élément descriptif utile au critère de maturité. L'indicateur est ainsi déplacé ; les classes de densités sont simplifiées (0,]0-5], > 5/ha).

L'indicateur *Diversité des microhabitats des arbres vivants*

C'est l'indicateur le plus robuste et fiable dans le critère. Une galerie de photographies ainsi qu'une notice explicative décrivant chaque type de microhabitat est fourni dans Emberger *et al.* (2013), ce qui permet de limiter les erreurs de notation. L'indicateur a été évalué par Larrieu *et al.* (2011). Scientifiquement bien bâti suite aux travaux de Larrieu *et al.* (2011), on ne peut que regretter le plafonnement à 2 microhabitats comptabilisés par type. La question du plus apporté par le déplafonnement dans certains contextes (comme ici l'étude des hauts lieux) pourrait être posée ; ce n'a pas été le cas dans notre étude. En revanche, les modifications de

notation (extension du gradient sur la somme des notes de diversité plafonnée), ajoutées par rapport à l'IBP, semblent pertinentes au vu de nos résultats. Elle permet de mieux rendre compte de la diversité et abondance des microhabitats dans les forêts les plus naturelles.

Dans la version 1.2

La note du critère *Microhabitats* est redéfinie de la façon suivante. Ne sont conservés que les indicateurs *Microhabitats des arbres vivants* et *Loges de pics*. Un coefficient de pondération de 7/10 est appliqué au premier, le second contribuant à la note du critère avec un coefficient de 3/10. Ce nouveau système de notation relève les notes du critère (figure 48) et le rend plus fiable.

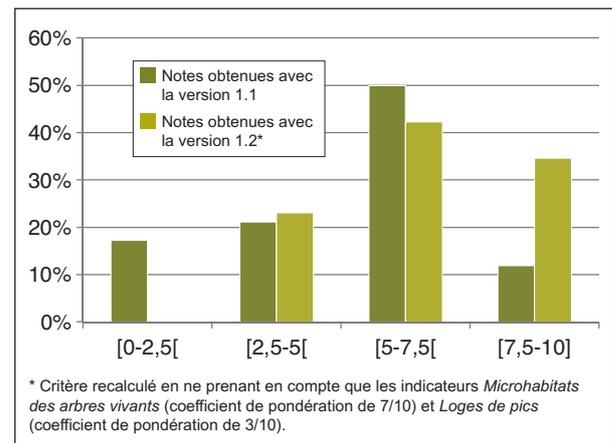


Figure 48. Fréquences comparées de chaque classe de note pour le critère *Microhabitats des arbres vivants* dans l'échantillon (52 peuplements), selon la version de la méthode.

Maturité

Le critère de maturité donne, dans la version 1.1, un poids égal aux 3 indicateurs qui le compose : l'âge du peuplement, le nombre de TTGB et le volume de bois mort.

L'âge du peuplement

L'estimation de l'âge est fiable mais demande un équipement spécifique (tarière de Pressler ou ponceuse légère et sans fil de type Dremmel) et un peu de temps. Elle s'avère souvent indispensable pour juger de la maturité du peuplement,



Carottage d'un vénérable pin laricio à Ciamannacce (diamètre de 159 cm).

de la croissance moyenne ou des périodes de réduction de la croissance radiale. Ces périodes sont très variables, en fonction de l'essence, de la station et de l'histoire du peuplement, et rendent aléatoire l'estimation de l'âge via le seul diamètre des plus gros arbres du peuplement.

Une difficulté demeure toutefois, relative aux longévités par essence annoncées par la flore (Rameau *et al.*, 2008). Ces chiffres sont mal connus, car peu étudiés par manque de forêts matures de référence. La longévité peut être variable en fonction de la station. C'est le cas des peuplements de chêne vert dont la longévité sur calcaire est connue pour être supérieure à ceux sur silice, depuis les travaux de Panaïotis *et al.* (1997). Or la longévité annoncée dans la flore Rameau est celle des peuplements sur calcaire. À l'inverse, la hêtraie d'altitude de Valle Cervara dans les Abruzzes montre une longévité du hêtre en peuplement supérieure à 500 ans, pour une longévité annoncée ne dépassant pas 300 ans dans la flore.

Dans certains cas, la méthode basée sur une seule valeur de chaque essence pour l'ensemble de l'échantillon présente un léger biais. Pour le peuplement du Fangu, la notation associée à l'âge (7 pour mature) est peut-être sous-estimée d'une classe par rapport à la longévité réelle locale (soit 170 +/- 46 ans selon Panaïo-

tis *et al.*, 1997). Faut de données fiables de longévité pour chaque peuplement, la référence homogène aux chiffres de la flore Rameau est toutefois la seule solution évitant des estimations arbitraires, car rares sont les stations connues de ce point de vue.

Densité de TTGB

Les TTGB sont comptabilisés à partir d'un diamètre seuil qui est égal à 4 fois la hauteur du peuplement adulte (arrondi aux 5 cm les plus proches, plafonné à 120 cm). Fixer le diamètre seuil en fonction de la hauteur dominante permet de tenir compte des potentialités de la station et s'avère crucial dans notre analyse, sous peine de pénaliser tous les peuplements de basse fertilité, par rapport à ceux de la montagne. À l'usage, ce procédé semble fiable entre 15 et 30 m (figure 49). Le système est plafonné à 120 cm, il pourrait l'être au-delà, mais nous avons peu de peuplements dans ce cas dans notre échantillon.

Quelques peuplements (tableau 21) présentent un déficit voire une absence de TTGB en dépit d'un âge moyen du peuplement élevé. Tous ces peuplements font partie des peuplements à la naturalité la plus forte (groupes A, B1 et B2) et ont des hauteurs dominantes variées. Si le diamètre des hêtres ou des sapins est inférieur au diamètre seuil des TTGB, alors même que les arbres sont âgés, c'est que 1) leur croissance est faible (conditions climatiques), ou 2) a été faible durant une période de la vie du peuplement (phase de compression durant la jeunesse du peuplement chez le sapin notamment). L'accroissement en diamètre des arbres est inférieur à l'accroissement possible au vu des potentialités de la station, il augmente à la faveur des éclaircies naturelles du peuplement. À la vue de la croissance estimée par carottage, le second cas est avéré dans les sapinières de Zonza et du bois du Chapitre.

À l'inverse certains peuplements présentent une densité importante de TTGB sénescents, mais l'âge moyen du peuplement est plus faible qu'attendu. Il s'agit de peuplements où des arbres agropastoraux ont été conservés (Cada-rache) ou à faible hauteur dominante (Py, La Verne).

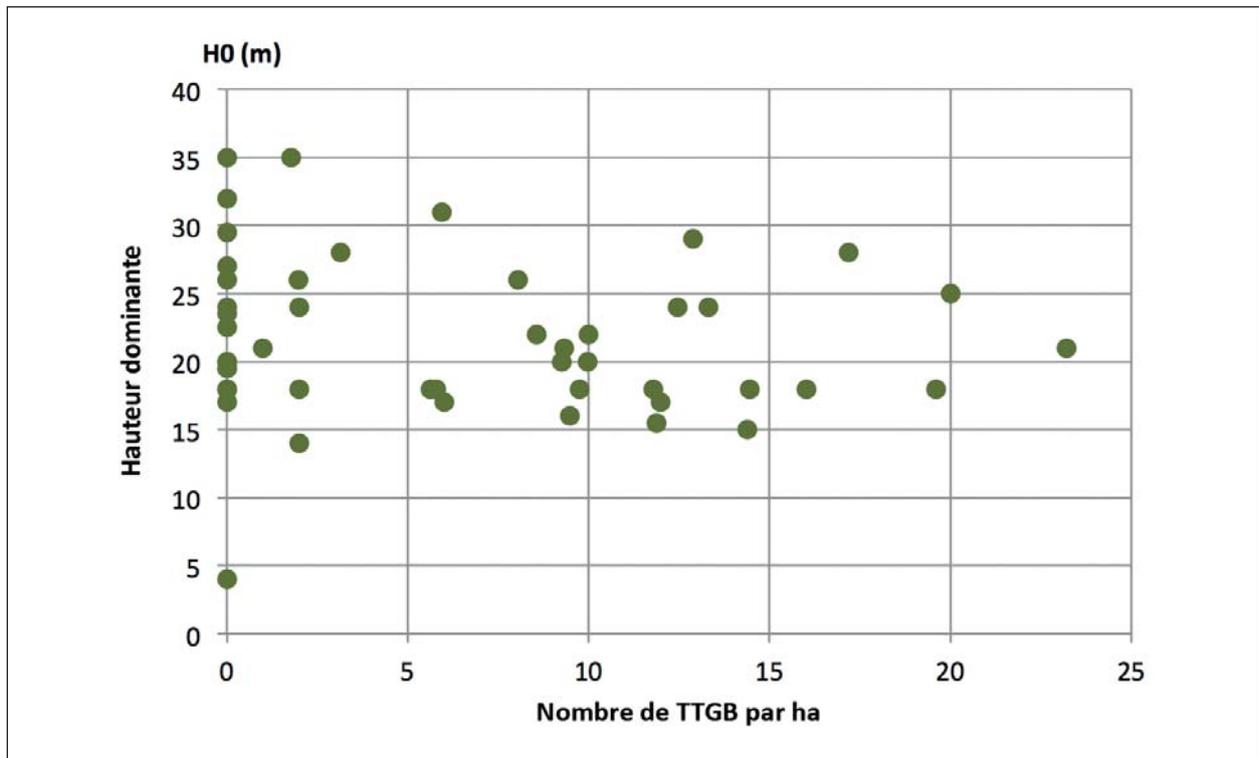


Figure 49. Nombre de TTGB par hectare en fonction de la hauteur dominante.

Tableau 21. Peuplements mature ou âgé présentant une absence de TTGB.

Nom du site	Habitat	Nombre de TTGB	Age moyen du peuplement	H ₀
Zonza (2 peuplements)	Sapinière	0	Âgé (> 225 ans)	35 et 32 m
Bois du Chapitre (2 peuplements)	Hêtraie-sapinière	0	Âgé (> 225 ans)	23 et 29 m
Jabron (2 peuplements)	Hêtraie-sapinière	0	Mature (> 150 ans)	18 et 19 m
Aiguines (2 peuplements)	Hêtraie	0	Mature (> 150 ans)	18 et 22 m
Zicavo	Hêtraie	2/ha	Âgé (> 225 ans)	24 m

Dans la version 1.2

Pour améliorer la note du critère de maturité, il est conservé dans la version 1.2 la note maximale entre les notes des 2 indicateurs *Age du peuplement* et *TTGB*. La note du critère *Maturité* est finalement la moyenne de la note de l'indicateur *Volume de bois mort*, et de celle de l'indicateur *Age du peuplement* ou *Densité de TTGB*. La figure 50 montre l'évolution de la note du critère en fonction de la version de la méthode : la notation de ce critère s'assouplit un peu notamment aux extrêmes du gradient, ce qui semble logique compte tenu de notre échantillon (hauts lieux).

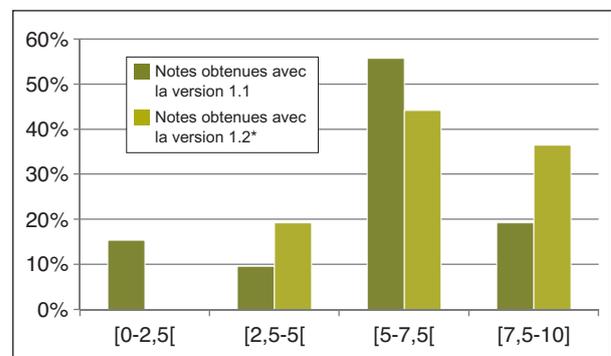


Figure 50. Fréquences comparées de chaque classe de note pour le critère Maturité dans l'échantillon (52 peuplements), selon la version de la méthode. * Critère recalculé en prenant en compte la moyenne de l'indicateur *Volume de bois mort* et *Age du peuplement* ou *TTGB*.

Diversité des habitats associés

Les 3 indicateurs du critère *Diversité des habitats associés* (milieux rocheux, milieux humides, milieux ouverts) sont conservés pour l'IBP, mais ne sont plus notés dans la méthode d'évaluation de la naturalité. Ils sont jugés indépendants de la naturalité (pour les 2 premiers) ou secondaire (pour les milieux ouverts).

Continuité spatiale

Le critère de continuité spatiale est simplifié. L'indicateur *Surface à naturalité minimale* est supprimé. Il n'apportait une information complémentaire par rapport à l'indicateur *Causes de fragmentation* que pour les peuplements entourés par des peuplements de taillis. Cette information n'est pas capitale à conserver ici. Seul l'indicateur *Surface forestière en continuité* est conservé pour l'évaluation du critère.

Empreinte Après 1960

Exploitation du bois après 1960

L'évaluation de l'empreinte humaine après 1960 se base en partie sur 2 indicateurs d'exploitation du bois : la date de dernière coupe et le nombre de souches. Définir la période de la dernière coupe permet de connaître la durée depuis laquelle le peuplement n'a pas fait l'objet d'une perturbation par l'exploitation. Cette information est renseignée à partir des documents d'archives disponibles, des dires d'expert ou de l'estimation de l'âge des souches quand cela est possible.

Le nombre de souches permet d'avoir une idée de l'intensité des coupes qui ont eu lieu depuis 1960. Ce nombre est évalué sur le terrain. La figure 51 montre que 65 % des peuplements ont les mêmes notes sur ces 2 indicateurs. 31 % des peuplements ont des notes plus faibles sur l'indicateur *Nombre de souches* que sur la date de dernière coupe. Cela correspond à une ou des coupes ayant eu lieu au cours des 60 dernières années, mais de faible intensité (nombre de souches inférieur à 50/ha). Notre échantillon

correspondant à des forêts peu gérées ou exploitées, est particulier de ce point de vue.

Seul le peuplement de Fox-Amphoux a une note supérieure à l'indicateur *Nombre de souches* qu'à l'indicateur *Date de dernière coupe* (plus de 400 souches par ha, soit la note 10, pour une dernière coupe datant de 20 à 40 ans soit la note 8). Ce peuplement a été traité en taillis avec réserves, ce qui explique la densité des souches : les souches et les brins de taillis sont pris en compte à partir d'un diamètre de 7,5 cm.

Dans la version 1.2

Bien que dans notre contexte l'indicateur *Nombre de souches* apporte peu de précision supplémentaire à l'indicateur *Date de dernière coupe*, ces indicateurs sont complémentaires si l'on s'intéresse plus particulièrement aux forêts gérées. Les 2 indicateurs seront par conséquent conservés dans la version 1.2 de la méthode et à tester plus intensivement dans ce contexte.

Autres indicateurs de l'empreinte Après 1960

Les indicateurs d'empreinte ont également été retravaillés. Toutes les empreintes pouvant être évaluées le jour du relevé sont placées dans l'empreinte après 1960. Un poids plus important est donné à l'exploitation du bois et à la durabilité des usages estimée via le statut de protection effectif. Ces 2 indicateurs sont en effet ceux qui présentent le plus de variation au sein des hauts lieux évalués et sur lesquelles le forestier a une capacité d'action clé ; les autres empreintes (chasse, abrutissement, fréquentation, causes de fragmentation, présence d'espèces introduites envahissantes) sont souvent secondaires ou subies.

Dans la version 1.2

Les indicateurs d'empreinte humaine sont modifiés de la façon suivante. La durabilité des usages (via le statut de protection effectif), les pressions de fréquentation, chasse, et abrutissement sont déplacées des pressions et menaces vers l'empreinte après 1960. La note du critère s'équilibre ainsi : 3/10 pour l'exploitation du bois, 2/10 pour la durabilité des usages, 1/10 pour chacune des 5 autres pressions.

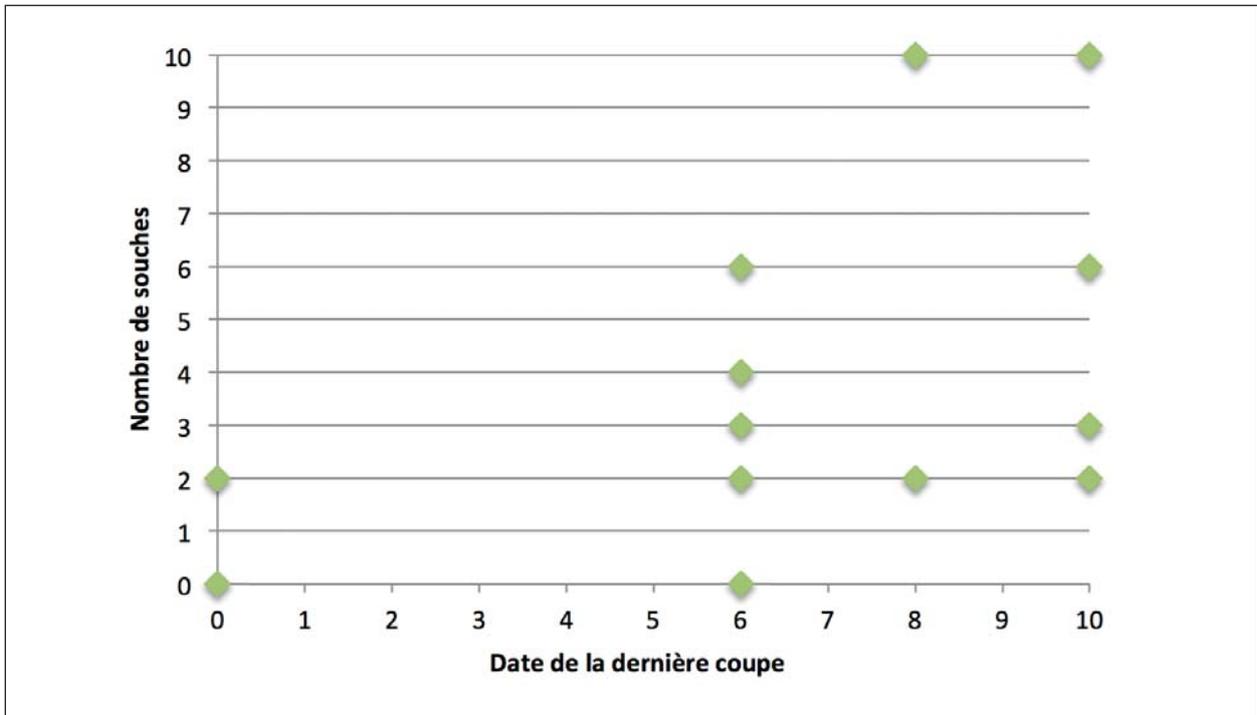


Figure 51. Relation entre les notes obtenues pour les indicateurs Date de dernière coupe et Nombre de souches (critère Exploitation du bois après 1960). $r^2 = 0,58$.

Pressions pour les 50 ans à venir

Dans la version 1.2

Le critère *Pressions pour les 50 ans à venir* est estimé à partir de la moyenne des notes de 6 indicateurs : exploitabilité du bois, incendies d'origine humaine, défrichement agricole, urbanisation et développement, espèces envahissantes, changement climatique.



Avertissement

Dorénavant, tous les calculs sont définis suivant la version 1.2 de la méthode. Cela peut expliquer certaines légères différences avec l'analyse factorielle et les groupes créés précédemment.

Les fiches de terrain version 1.2 sont placées en annexe de ce rapport et téléchargeable à l'adresse suivante : <http://www.foretsanciennes.fr/evaluer/methode/les-outils/>.

VERS DES INDICES SYNTHÉTIQUES (À PARTIR DE LA VERSION 1.2)

Avertissement sur les indices synthétiques

La constitution d'un indice synthétique est une manière simple, et, si bien utilisée, pédagogique, de résumer la complexité des multiples critères et indicateurs entrant dans l'analyse de la naturalité d'un peuplement forestier. Cela peut également s'avérer un moyen simple de situer les forêts évaluées sur le gradient de naturalité.

Toutefois, à l'instar d'une moyenne annuelle sur un bulletin scolaire, cela n'explique en rien pourquoi l'élève est mal noté, sur quels domaines il peut s'améliorer, quelles évolutions ont été, sont ou seront possibles au cours de l'année scolaire.

Aussi, les indices synthétiques sont à manier avec prudence et intelligence, toujours avec un objectif précis. Aucun indice n'est universel et ne se substitue à l'ensemble des notes des indicateurs, aux graphiques-radar de synthèse des critères, aux notes et commentaires de l'évaluateur ayant été sur le terrain. L'ensemble permet de conserver toute la finesse de l'information pertinente et offre une vision globale de l'évaluation facilitant la formulation de conseils de gestion.

Quels indices créer pour répondre à quels besoins ?

Aucun indice synthétique mélangeant l'ensemble des critères n'est apparu pertinent. Les deux notions (naturalité et empreinte), pourtant souvent mélangées dans les analyses ou indices, sont liées mais plus complémentaires qu'identiques. De plus, les premiers essais de tels indices n'ont pas réellement apporté de valeur ajoutée, à la vue des données.

Ainsi, le choix a été fait de conserver 2 indices complémentaires, permettant de donner une image à la fois rapide et pertinente de la naturalité du peuplement d'une part et de l'empreinte humaine d'autre part.

Par ailleurs, deux applications différentes ont été considérées en vue de la création d'un indice :

- Une première paire d'indices génériques est élaborée pour décrire une forêt, quelle que soit sa position sur le gradient de naturalité. Cela permet d'évaluer tout autant des forêts cultivées ou gérées, suivant toute la gamme des sylvicultures, que des hauts lieux. Ces indices permettent de susciter une discussion et de formuler des recommandations de gestion (à l'instar de l'IBP) ;
- Une seconde paire d'indices spécifiques cherche plus spécifiquement à ordonner les hauts lieux de naturalité pour comprendre leur histoire et leur écologie.

Pour les constituer, les critères et leurs poids, voire les poids des indicateurs sont attribués différemment.

Indice générique de naturalité (INg)

L'indice générique de naturalité (INg) proposé pour décrire toutes les forêts donne un poids équivalent à chacun des critères et indicateurs. Cette approche est à la base de la présente méthode. Elle est conçue pour permettre de prendre en compte toutes les composantes du fonctionnement de l'écosystème forestier. Cette égalité de pondération est donc fondamentale.

Au sein des critères, les indicateurs ont tous un poids égal. Seuls les indicateurs du critère *Microhabitats* ont des poids différents dans la version 1.2 (voir l'argumentation au chapitre précédent). L'ensemble des poids de chaque indicateur et critère dans l'indice est présenté à la figure 52.

La formule de l'indice générique de naturalité est :

$$\text{INg} = \sum \text{des notes des critères [Diversité spécifique, Microhabitats des arbres, Indigénat, Complexité structurale, Maturité, Dynamique, Continuité spatiale, Ancienneté]} / 8$$

Indice de naturalité spécifique aux hauts lieux (INhl)

Pour définir un indice plus spécifiquement adapté à classer les hauts lieux de naturalité, les poids ont été adaptés.

L'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux concerne exclusivement des peuplements dont le taux de couvert indigène est $\geq 90\%$ et dont l'état boisé est ancien (présent sur la carte d'État-major ou en limite de boisement). Les critères d'indigénat, d'ancienneté sont retirés du calcul. L'indicateur *Stratification verticale* a reçu un poids nul également pour les mêmes raisons. Les hauts lieux de naturalité sont de fait caractérisés par une ancienneté de l'état boisé et constitués d'essences indigènes, ces 2 critères sont par conséquent notés systématiquement au maximum et n'apportent rien de plus dans le calcul.

D'autres indicateurs et critères ont été renforcés. L'indicateur *Phases de la sylvigénèse* compte pour 4/5 de la note du critère *Dyna-*

mique, la part de l'indicateur *Stades de succession* est réduite à 1/5. Les hauts lieux de naturalité sont le plus souvent des stades de fin de succession et cet indicateur est bien moins discriminant que celui qui concerne le cycle sylvigénétique. Même pour les hauts lieux de naturalité que nous avons étudiés, il est rare que le cycle sylvigénétique soit complet.

Les critères *Diversité spécifique* et *Continuité spatiale*, peu discriminants, reçoivent un poids réduit de 1/2, alors que le critère *Maturité*, qui est le critère le plus important pour hiérarchiser les hauts lieux, obtient un poids de 2. Les autres critères (*Microhabitats*, *Structure*, *Dynamique*) ont un poids de 1. En résumé, le poids relatif de chaque critère et indicateur dans l'indice est présenté à la figure 53.

La formule de l'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux est :

1. sous condition d'une note au critère *Indigénat* ≥ 7 , et une note au critère *Ancienneté* ≥ 8
 2. note du critère *Complexité structurale* = (indicateurs *Structure du peuplement* + *Surface terrière*) / 2
 3. note du critère *Dynamique* = (4 x indicateur *Phases de la sylvigénèse* + indicateur *Stades de succession*) / 5
- $$\text{INhl} = [0,5 \times \text{critère Diversité spécifique} + 0,5 \times \text{critère Continuité spatiale} + \text{critère Microhabitats des arbres} + \text{critère Complexité structurale} + \text{critère Maturité} \times 2 + \text{critère Dynamique}] / 6$$

Indice générique d'empreinte (IEg)

L'indice d'empreinte proposé pour décrire toutes les forêts donne un poids équivalent aux empreintes 1800-1960 et Après 1960 ainsi qu'aux pressions pour les 50 ans à venir.

L'indice d'empreinte générique est composé :

- de l'empreinte 1800-1960 pour 1/3 de la note,
- de l'empreinte Après 1960 pour 1/3 de la note,
- des pressions pour les 50 ans à venir pour le dernier tiers.

Au sein des 3 critères, les indicateurs ont tous un poids égal sauf pour les empreintes Après

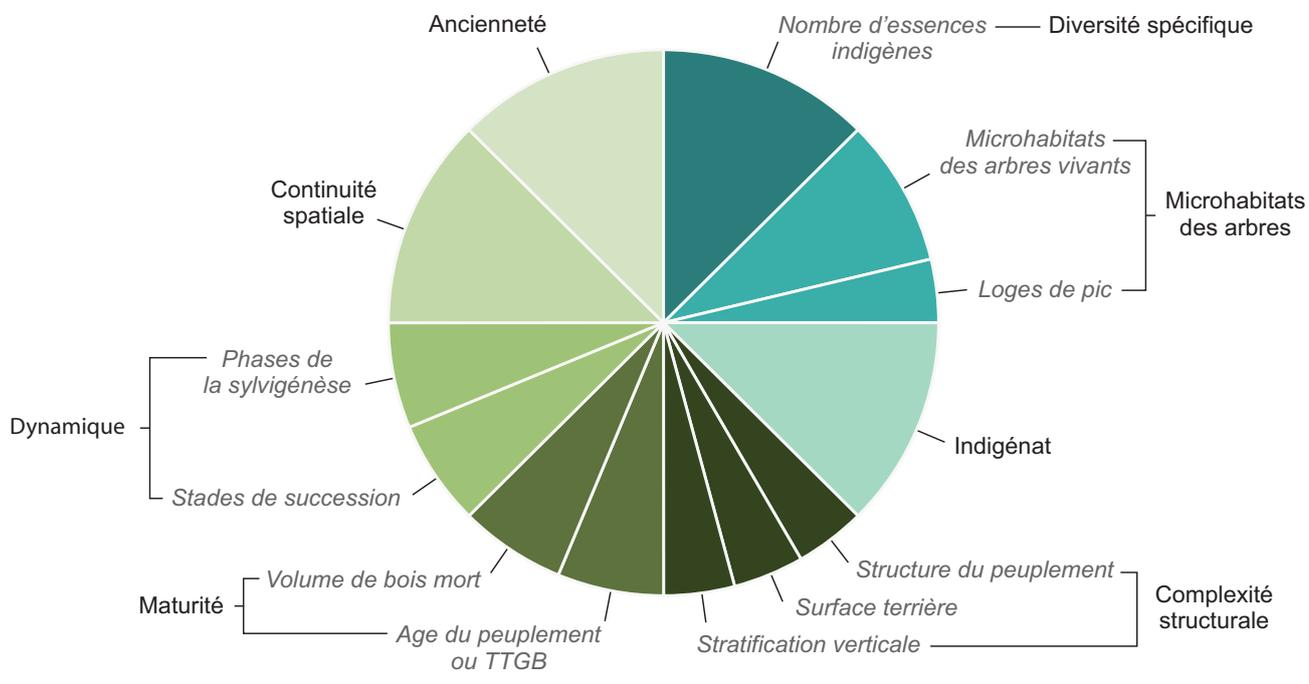


Figure 52. Poids de chacun des critères et indicateurs dans l'indice générique de naturalité.

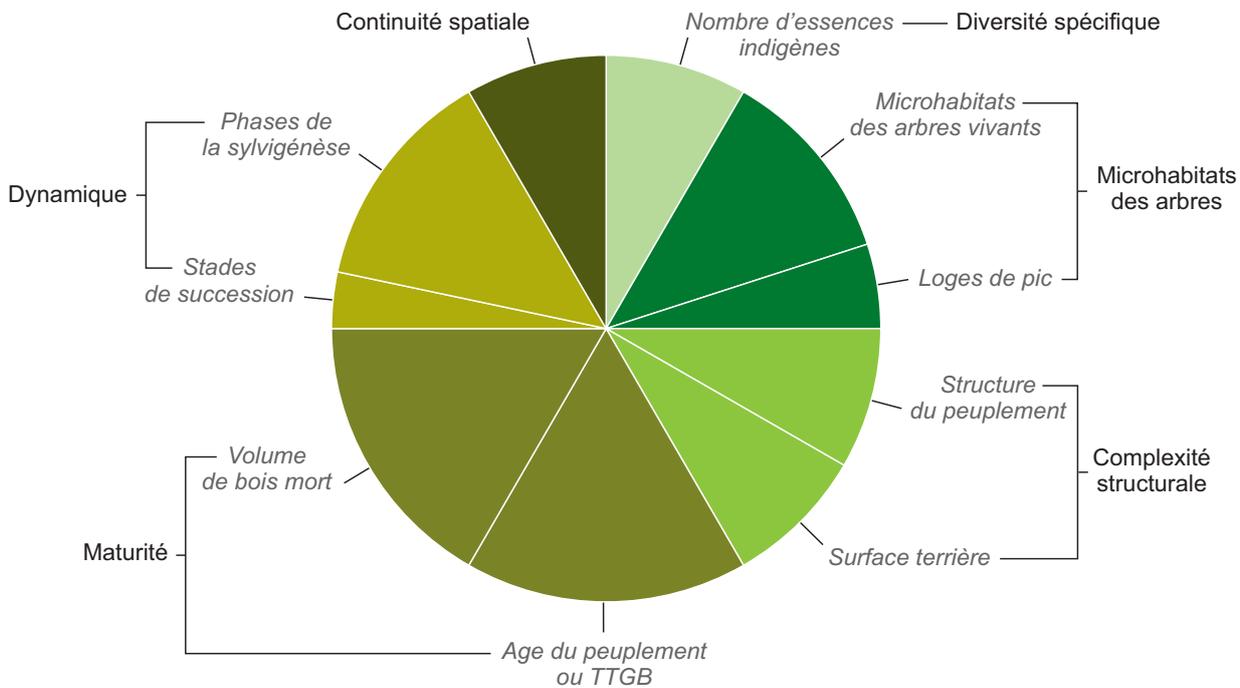


Figure 53. Poids de chacun des indicateurs dans l'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux.

1960 où les indicateurs *Exploitation du bois* et *Durabilité des usages* comptent respectivement pour 3/10 et 2/10 de la note du critère, les autres comptant pour 1/10 chacun.

L'équilibre des poids de chaque indicateur et critère est présenté à la figure 54.

La formule de l'indice générique d'empreinte est :

$IEg = \Sigma (\text{critères Empreinte 1800-1960, Après 1960, Pressions et menaces}) / 3$

Indice d'empreinte spécifique aux hauts lieux (IEhl)

Pour décrire plus spécifiquement les hauts lieux de naturalité, l'indice d'empreinte a été adapté. Les 3 critères ont été conservés mais un poids plus important a été donné à l'empreinte 1800-1960 : elle compte pour la moitié de la note. Pour les hauts lieux de naturalité, l'empreinte actuelle est globalement déjà faible depuis quelques décennies, alors que les hauts lieux ont presque tous fait l'objet d'usages importants par le passé (exploitation du bois, pastoralisme).

Des indicateurs, peu discriminants pour les hauts lieux de naturalité, sont retirés (poids égal à 0) : l'indicateur *Causes de fragmentation* et *Espèces envahissantes* pour l'empreinte Après 1960, le *Défrichement agricole* et les *Espèces envahissantes* pour les Pressions pour les 50 ans à venir. Une part moins importante a été donnée à l'indicateur *Urbanisation et développement* au sein du critère *Pressions pour les 50 ans à venir* (1/10 pour cet indicateur, 3/10 pour les autres).

Le poids de chaque critère et indicateur dans l'indice est présenté à la figure 55.

La formule de l'indice d'empreinte spécifique aux hauts lieux est :

1. sous condition d'une note au critère *Indigénat* ≥ 7 , et une note au critère *Ancienneté* ≥ 8

2. note du critère *Empreinte Après 1960* = [Indicateur *Durabilité des usages* $\times 4$ + Indicateur *Exploitation du bois* $\times 4$ + Indicateur *Fréquentation* + Indicateur *Chasse*] / 10

3. note du critère *Pressions et menaces* = [Indicateur *Exploitable du bois* $\times 3$ + Indicateur *Incendie* $\times 3$ + Indicateur *Changement climatique* $\times 3$ + Indicateur *Urbanisation et développement*]/10

4. $IEg = [(2 \times \text{critère Empreinte 1800-1960}) + \text{critères Empreinte Après 1960} + \text{critère Pressions et menaces}] / 4$

Distribution des hauts lieux en fonction des indices proposés

Les 4 indices de naturalité et d'empreinte humaine ont été calculés pour notre jeu de données. Les figures 56 et 57 présentent la distribution des peuplements.

Suivant les indices génériques

Les peuplements de l'échantillon présentent une naturalité supérieure à la moyenne. L'échantillon, suivant l'indice générique de naturalité, s'échelonne entre 5,1 et 9,3. Suivant l'indice générique d'empreinte humaine, il s'échelonne entre 0,4 et 4,9.

Il aurait fallu évaluer un plus grand nombre de forêts dans des contextes de gestion plus artificielle, ce qui n'était pas le but de l'étude, afin d'avoir une représentation de tout le gradient de naturalité.

La relation entre la typologie produite par la CAH et la valeur des indices génériques semble logique. Les groupes de plus haute naturalité A et B présentent des valeurs d'indice générique de naturalité comprises entre 7,3 et 9,3 et d'empreinte humaine comprises entre 0,4 et 2,8. Les valeurs les plus fortes de l'indice générique de naturalité sont obtenues pour la sapinière du

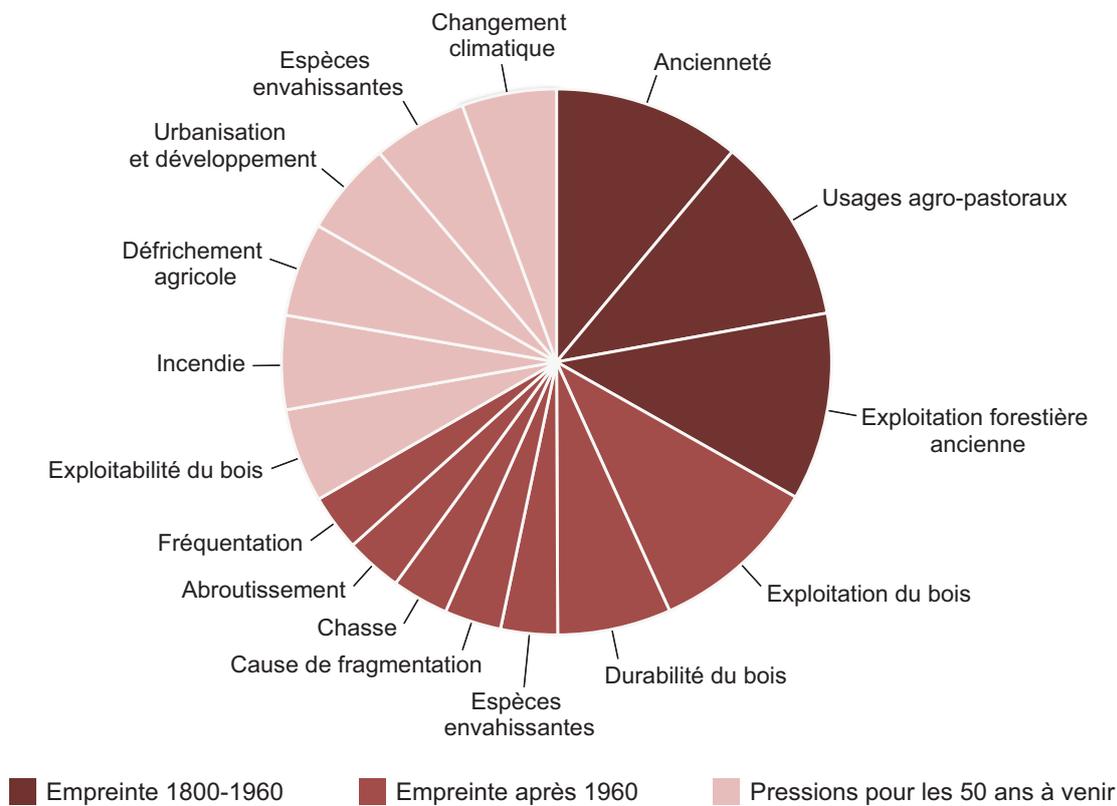


Figure 54. Poids de chacun des critères et indicateurs dans l'indice générique d'empreinte humaine.

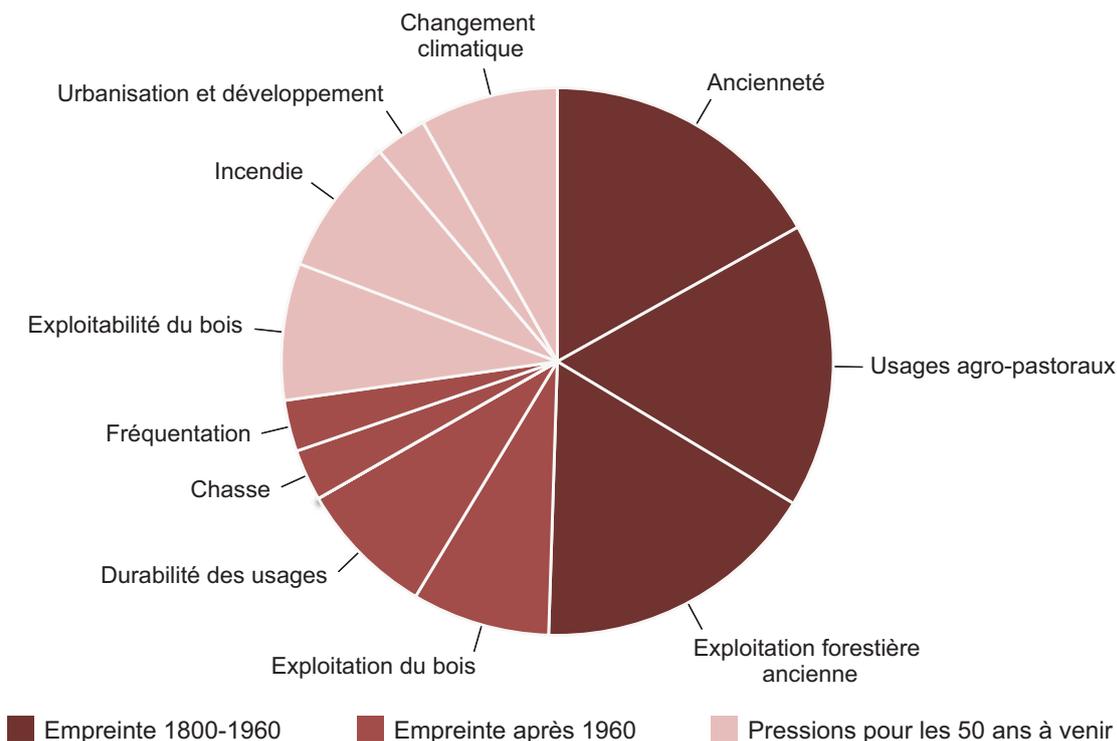


Figure 55. Poids de chacun des indicateurs sélectionnés dans l'indice d'empreinte humaine spécifiques aux hauts lieux.

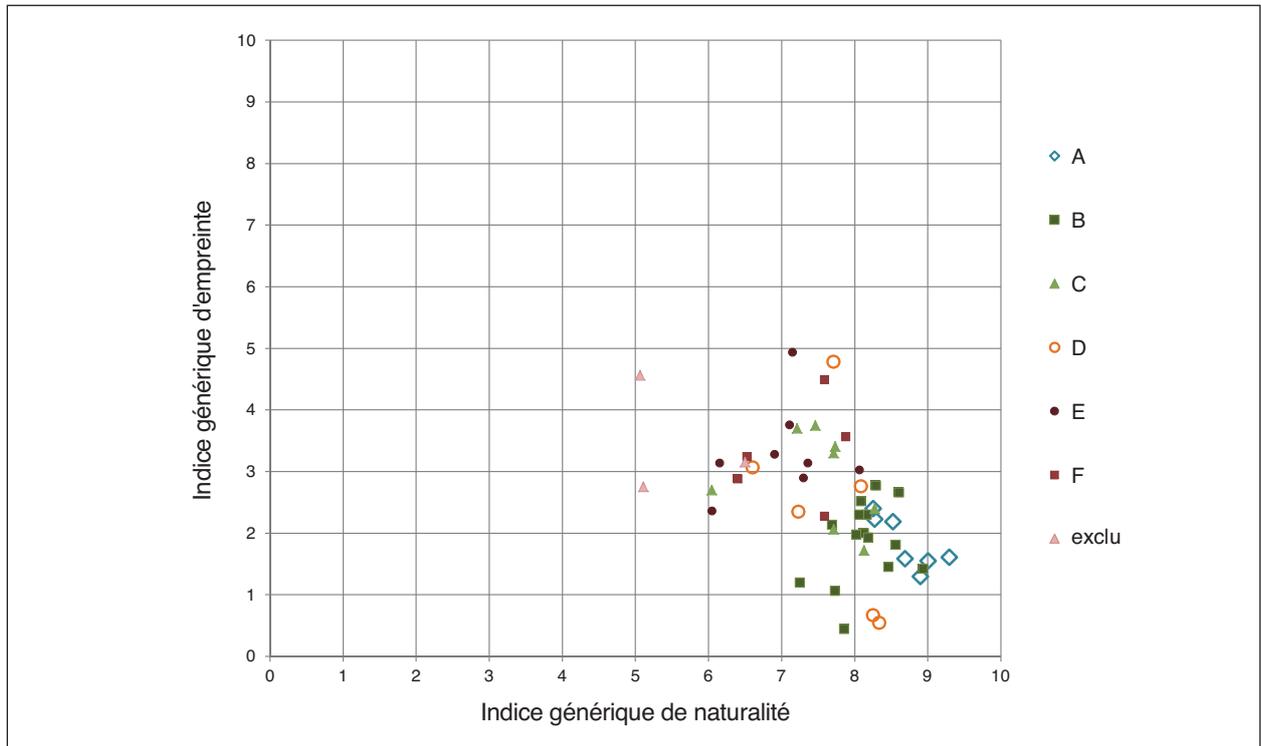


Figure 56. Répartition des peuplements, en fonction de l'indice générique de naturalité (abscisses) et d'empreinte humaine (ordonnées). Les peuplements sont regroupés selon la typologie présentée page 76.

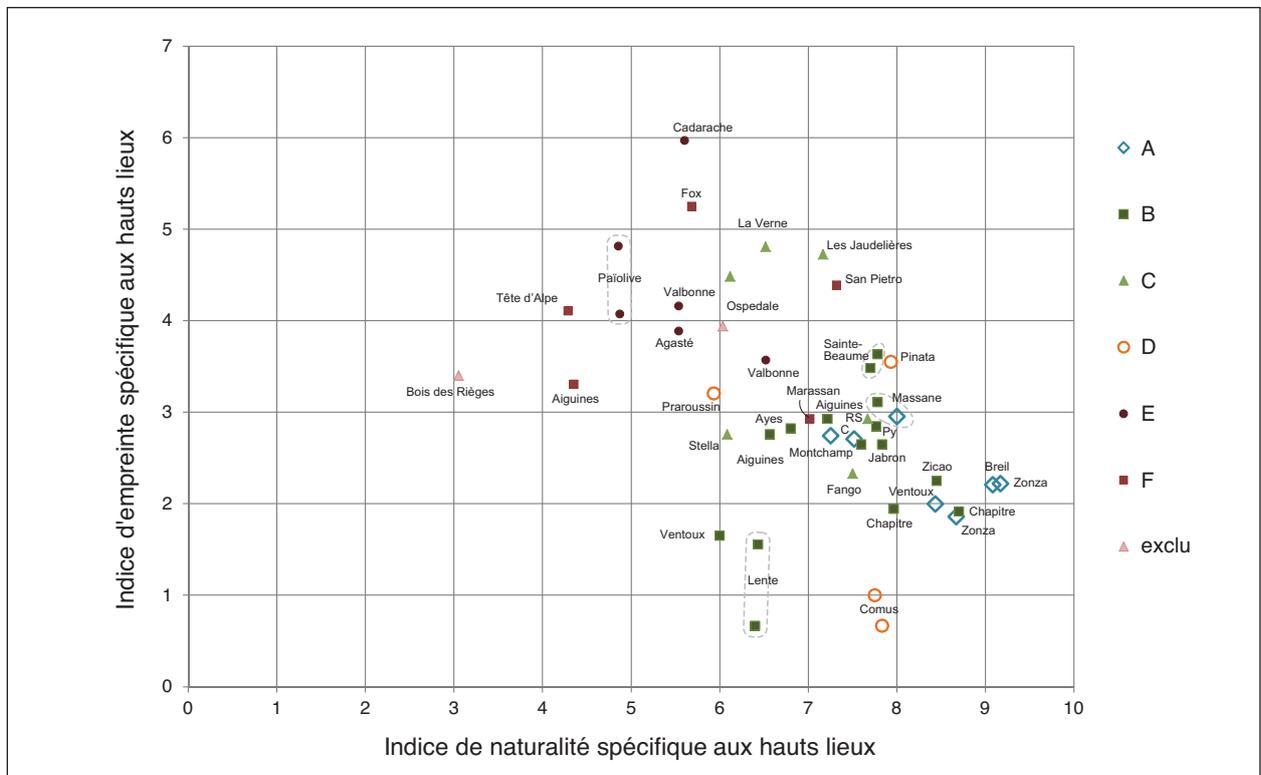


Figure 57. Répartition des peuplements en fonction des indices de naturalité (abscisses) et d'empreinte humaine (ordonnées) spécifiques aux hauts lieux. Les peuplements sont regroupés selon la typologie présentée page 76. Ceux dont les notes du critère Indigénat sont inférieures à 7 (> 90 % d'essences indigènes dans le couvert total) et/ou d'ancienneté sont inférieures à 8 (anciennement boisé ou en limite de boisement sur l'État-Major) ont été retirés de l'échantillon (7 peuplements). RS = Rospa Sorba ; C = Ciamanacce.

Bois noir de Breil, la sapinière de Zonza, et la hêtraie-sapinière du bois du Chapitre. Les valeurs des indices des autres peuplements s'échelonnent logiquement, mis à part le groupe D, qui représente les peuplements à naturalité intermédiaire, et qui, vu par les indices génériques comme par l'analyse factorielle, est très hétérogène. Les peuplements de Comus et de La Pinata présentent un indice générique de naturalité élevé (> 8) plus en adéquation avec la valeur réelle des peuplements que le classement dans le groupe D le laissait penser.

Suivant les indices spécifiques

La figure 57 présente la distribution des peuplements selon les indices de naturalité et d'empreinte spécifiques aux hauts lieux de naturalité : le nuage de points est similaire mais plus dispersé que sur la figure 56. Attention, 7 peuplements ont été retirés de ces analyses car ils présentaient :

- soit une note d'ancienneté inférieure à 8, c'est-à-dire qu'ils n'étaient pas boisés sur la carte d'État-Major (6 peuplements : Ospedale, Carpiccia ; La Verne, le Gué ; Praroussin ; Cadarache, Roque Rouge ; Paiolive, Fontgraze ; Saoû, refuge des Girards)
- soit une note d'indigénat inférieure à 7 correspondant à plus de 10 % d'essences non indigènes dans le couvert total (Valbonne, le Chapelas).

Si l'on se rapporte au tableau 22, on remarque que les notes moyennes de chacun des groupes, que ce soit pour les indices génériques ou pour les indices spécifiques aux hauts lieux, suivent une progression logique.

Le groupe D de la typologie, constitué de peuplements à naturalité intermédiaire et qui semblait difficile à expliquer, apparaît très dispersé, principalement sur l'indice d'empreinte. Le groupe D rassemble en effet des peuplements à très faible empreinte humaine comme ceux de Comus, et d'autres à empreinte moyenne.

Le groupe F est également assez dispersé. 2 peuplements ont une note supérieure à 7 pour l'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux. Il s'agit des peuplements de Marassan et de San Pietro d'Accia, assez fortement

impactés par le passé (pâturage, présences d'anciennes souches), mais qui présentent toutefois aujourd'hui une naturalité intéressante en termes de dynamique (phase de vieillissement à Marassan, de vieillissement et d'écroulement à San Pietro). Les autres peuplements du groupe (Tête d'Alpe ; Aiguines, Vallon de Garimbau et Fox-Amphoux) ont une naturalité plus faible (inférieure à 6) du fait d'une empreinte humaine marquée à la fois ancienne et après 1960.

La valeur des indices des peuplements des autres groupes est plus facilement explicable. Rappelons que la CAH a été calculée sur tous les indicateurs, et à partir de la version 1.1 de la méthode d'évaluation. Or les indices sont pondérés via leur regroupement en critères et portent sur la version 1.2. L'amélioration semble notable et facilite l'interprétation.

À propos de la corrélation entre les indices

Les indices génériques et les indices spécifiques aux hauts lieux sont fortement corrélés. Les relations sont comme il suit :

$$\text{INhl} = 1,47 \times \text{INg} - 4,5, \text{ avec un } r^2=0,85.$$

$$\text{IEhl} = 1,23 \times \text{IEg}, \text{ avec un } r^2=0,96.$$

On peut considérer que les hauts lieux de naturalité présente un indice de naturalité générique (INg) supérieur à 8/10 ou un indice de naturalité spécifique aux hauts lieux (INhl) supérieur à 7/10. Les indices d'empreintes sont plus variables mais généralement inférieurs à 3/10.

Ordination dans chaque habitat

Pour chaque habitat (tableau 23), quelques peuplements se démarquent :

- le peuplement de chêne vert du Fangu (Omita) présente un indice de naturalité supérieur d'un point et un indice d'empreinte inférieur de moitié par rapport aux autres chênaies vertes étudiées. Ce peuplement est exceptionnel pour l'habitat ;
- une chênaie blanche, celle de Montchamp à Paiolive a un indice de naturalité significativement plus élevé pour cet habitat, malgré un indice d'empreinte restant moyen ;
- les hêtraies de Zicavo (La Luvana) et de la Massane (Corral dels Porcs) sortent du lot.

Tableau 22. Moyenne et écart-type des indices synthétiques de naturalité et d'empreinte pour chacun des groupes de la CAH de la page 76.

Groupe	Indices génériques				Indices spécifiques aux hauts lieux				Nombre de peuplements	
	INg		IEg		INhl		IEhl		Ig	Ihl
	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm		
A	8,7	0,4	1,8	0,4	8,3	0,7	2,4	0,4	7	7
B	8,1	0,4	1,9	0,6	7,4	0,8	2,5	0,8	15	15
C	7,5	0,7	2,9	0,8	6,8	0,7	3,7	1,1	8	6
D	7,7	0,7	2,4	1,6	7,4	1,0	2,1	1,5	6	4
E	7,0	0,7	3,3	0,8	5,5	0,6	4,4	0,9	8	6
F	7,2	0,7	3,3	0,8	5,7	1,4	4,0	0,9	5	5
Exclus	5,6	0,8	3,5	1,0	4,5	2,1	3,7	0,4	3	2
Peuplements hors Méditerranée	8,0	0,4	1,3	0,6	7,6	0,8	1,5	1,0	8	8

Tableau 23. Moyenne et écart-type des indices synthétiques de naturalité et d'empreinte pour les principaux habitats étudiés.

Habitat	Indices génériques				Indices spécifiques aux hauts lieux				Nombre de peuplements	
	INg		IEg		INhl		IEhl		Ig	Ihl
	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm		
Chênaie verte	7,3	0,8	3,0	0,8	6,7	0,7	3,9	1,3	5	3
Chênaie blanche	7,3	0,7	3,4	1,0	5,8	0,8	4,2	1,1	9	8
Hêtraie	7,9	0,9	2,2	1,0	7,5	1,1	2,4	1,2	15	14
Hêtraie-sapinière	8,2	0,5	1,2	0,6	7,5	0,9	1,7	0,7	10	10
Sapinière	8,1	0,9	2,2	0,7	7,3	1,7	3,0	0,8	9	9
Cembraie	7,5	0,6	2,2	0,7	7,1	0,3	2,5	0,6	4	3

Cela confirme le caractère exceptionnel de ces hêtraies. Si le site de la Massane est bien connu et étudié depuis longtemps (Garrigue *et al.*, 2010), celui de Zicavo reste à étudier ;

- les sapinières de Zonza et du Bois noir de Breil sont les deux peuplements à la plus haute naturalité de notre échantillon ;
- les cembraies, peu étudiées dans cette étude, ont des indices moyens et du même ordre de grandeur que les chênaies blanches ou vertes. Les peuplements de Marassan et du bois des Ayes présentent les plus fortes naturalités du groupe (proche de 7 sur l'indice de naturalité spécifique aux hauts-lieux).

L'ordination du top 10 des peuplements

Selon les différents indices (tableau 24), le classement des 10 premiers peuplements varie légèrement suivant les indices de naturalité, mais pas sur les indices d'empreinte.

7 des 10 peuplements se retrouvent à la fois dans le classement fait selon l'indice de natu-

ralité générique et celui selon l'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux. Quel que soit l'indice, les trois premiers peuplements sont les sapinières ou hêtraies-sapinières du Bois noir de Breil, de Zonza (Punta di Ferru), du Bois du Chapitre (rive du Buëch). Suivent les sapinières de Zonza (Samulaghia), Ventoux (Coste Vieille) et du Bois du Chapitre (combe de Lavanche) ainsi que la hêtraie de Zicavo (Luvana).

Les peuplements de la Sainte-Baume (chapelle des Parisiens), de Ciamannacce et de Comus (bois de Gespetal) sont présents dans le top 10 ordonné sur l'indice générique de naturalité. Ils sont rétrogradés au profit de ceux de La Massane (Corral dels Porcs), Jabron (Sommet de Lure) et La Pinata (La Resclause) sur l'indice spécifique aux hauts lieux, même si les valeurs des indices restent proches.

Selon l'indice d'empreinte humaine, le top 10 est composé de Lente (2 peuplements), Comus (2), Ventoux (2), Zonza (2), Bois du Chapitre (2), avec des valeurs d'indice générique inférieures à 2.

Tableau 24. Top 10 des hauts lieux inventoriés en fonction des indices synthétiques.

Ordination selon l'indice de naturalité générique							
Rang	Nom	INg	IEg	INhl	IEhl	Habitat	Groupe
1	Bois noir de Breil, tunnel de la Déa	9,3	1,6	9,1	2,2	Sapinière	A
2	Zonza, Punta di Ferru	9,0	1,6	9,2	2,2	Sapinière	A
3	Bois du Chapitre, rive du Buëch	8,9	1,4	8,7	1,9	Hêtraie-sapinière	B2
4	Zonza, Samulaghia	8,9	1,3	8,7	1,9	Sapinière	A
5	Ventoux, Coste Vieille	8,7	1,6	8,4	2,0	Hêtraie-sapinière	A
6	Sainte-Baume, chapelle des Parisiens	8,6	2,7	7,7	3,5	Hêtraie	B
7	Zicavo, Luvana	8,6	1,8	8,5	2,3	Hêtraie	B1
8	Ciamannacce	8,5	2,2	7,5	2,7	Sapinière	A
9	Bois du Chapitre, combe de Lavanche	8,5	1,5	8,0	1,9	Hêtraie-sapinière	B2
10	Comus, bois de Gespetal	8,3	0,5	7,8	0,7	Hêtraie-sapinière	D
Suivis de : Sainte-Baume (grotte aux Œufs), Rospa-Sorba, Massane (Corral dels Porcs), Comus (bois du Pinet), Païolive (Montchamp).		8,3	0,7-2,8	7,3-8	1-3,6		
Ordination selon l'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux							
Rang	Nom	INg	IEg	INhl	IEhl	Habitat	Groupe
1	Zonza, Punta di Ferru	9,0	1,6	9,2	2,2	Sapinière	A
2	Bois noir de Breil, tunnel de la Déa	9,3	1,6	9,1	2,2	Sapinière	A
3	Bois du Chapitre, rive du Buëch	8,9	1,4	8,7	1,9	Hêtraie-sapinière	B2
4	Zonza, Samulaghia	8,9	1,3	8,7	1,9	Sapinière	A
5	Zicavo, Luvana	8,6	1,8	8,5	2,3	Hêtraie	B1
6	Ventoux, Coste Vieille	8,7	1,6	8,4	2,0	Hêtraie-sapinière	A
7	Massane, Corral dels Porcs	8,3	2,2	8,0	3,0	Hêtraie	A
8	Bois du Chapitre, combe de Lavanche	8,5	1,5	8,0	1,9	Hêtraie-sapinière	B2
9	Pinata, La Resclause	8,1	2,8	7,9	3,5	Sapinière	D
10	Jabron, Sommet de Lure	8,2	1,9	7,8	2,7	Hêtraie-sapinière	B2
Suivis de : Jabron (sommet de Lure), Sainte-Baume (grotte aux Œufs), Massane (Font de la Fajoseta), Py, Comus (bois du Pinet)		8-8,3	0,7-2,8	7,8	1-3,6		
Ordination selon l'indice d'empreinte							
Rang	Nom	INg	IEg	INhl	IEhl	Habitat	Groupe
1	Comus, bois de Gespetal	8,3	0,5	7,8	0,7	Hêtraie-sapinière	D
2	Lente, Crête	7,9	0,4	6,4	0,7	Hêtraie-sapinière	B2
3	Comus, bois du Pinet	8,3	0,7	7,8	1,0	Hêtraie-sapinière	D
4	Lente, Pas du merle	7,7	1,1	6,4	1,6	Hêtraie-sapinière	B2
5	Ventoux, Les Serres Gros	7,3	1,2	6,0	1,7	Hêtraie-sapinière	B1
6	Zonza, Samulaghia	8,9	1,3	8,7	1,9	Sapinière	A
7	Bois du Chapitre, rive du Buëch	8,9	1,4	8,7	1,9	Hêtraie-sapinière	B2
8	Bois du Chapitre, combe de Lavanche	8,5	1,5	8,0	1,9	Hêtraie-sapinière	B2
9	Ventoux, Coste Vieille	8,7	1,6	8,4	2,0	Hêtraie-sapinière	A
10	Bois noir de Breil, tunnel de la Déa	9,3	1,6	9,1	2,2	Sapinière	A
Suivis de : Zonza (Punta di Ferru), Fangu, Zicavo		8,1-9	1,6-1,8	7,5-9,2	2,2-2,3		

COMPARAISON AVEC D'AUTRES INDICES SYNTHÉTIQUES

Une question de critères et de poids

Chaque indice ou classement multicritère des peuplements est pensé dans un contexte et avec un objectif différent. Par exemple :

- Larrieu & Gonin (2008) propose l'indice de biodiversité potentielle dans le but d'estimer la capacité d'accueil en espèces et communautés d'un peuplement forestier, diagnostiquer les facteurs qui peuvent être améliorés, et ainsi aider à la gestion courante dans les forêts productives ;
- Carnino (2009) propose un protocole basé sur la typicité de l'habitat et des espèces qui le composent, ainsi que sur les atteintes au site. Il a pour but d'évaluer l'état de conservation des habitats forestiers des sites Natura 2000 ;
- Libis (2011) en Vanoise, Meurillon (2011) en milieu alluvial, développent des indices fondés sur un ensemble d'indicateurs plus ou moins nombreux et variés, dans le but de classer par priorité de conservation les hauts lieux à protéger d'un territoire.

Chacun de ces indices ou approches privilégie un ensemble d'indicateurs différents et leur attribue des poids différents. Le fait de « ne pas pondérer » est une pondération en soi : le poids des indicateurs dépend alors du nombre d'indicateurs (comme dans l'IBP). Ces poids sont rarement analysés et discutés, notamment quant aux conséquences dans la note ou le classement obtenu. Nous avons retenu deux d'entre eux ici, dans le but de les comparer aux indices synthétiques proposés précédemment : l'indice de biodiversité potentielle et celui développé par Libis (2011) pour inventorier et classer les forêts à caractère naturel du parc national de la Vanoise.

Le tableau 25 présente le nombre d'indicateurs renseignés, rassemblés suivants les grands critères définis par la méthode d'évaluation de la naturalité. Nous analyserons dans les figures 58 et 61 le poids qui est attribué à ces critères et indicateurs dans chaque indice.

Tableau 25. Nombre d'indicateurs contribuant à 2 indices synthétiques retenus pour l'analyse, l'IBP (Larrieu et Gonin, 2008) et celui de Libis (2011). Les indicateurs sont rassemblés suivant l'interprétation des critères réalisée dans la méthode d'évaluation de la naturalité, version 1.2.

Méthodes Critères	Indice générique de naturalité, version complète 1.2	Indice générique d'empreinte, version complète 1.2	IBP (Larrieu et Gonin, 2008)	Vanoise (Libis, 2011)
Diversité des arbres	1		1	
Diversité Habitats associés			3	
Microhabitats	2		1	
Indigénat	1			1
Structure	3		1	3
Maturité	3		3	2
Dynamique	2			1
Continuité spatiale	1			1
Ancienneté	1		1	1
Empreinte 1800-1960		3		
Empreinte Après 1960		7		5
Pressions à venir dans les 50 ans		6		1
<i>Nombre total</i>	<i>14</i>	<i>16</i>	<i>10</i>	<i>15</i>

Comparaison à l'IBP

Comparaison des poids des indicateurs

L'indice de biodiversité potentielle n'intègre pas d'indicateurs relatifs à l'empreinte humaine sauf l'ancienneté qui peut être interprétée à la fois comme un indicateur de naturalité et d'empreinte agricole. Les 10 facteurs ont le même poids : 10 % dans la note globale, 14 % dans la note des facteurs relatifs à la gestion. Comme le montre la figure 58, les facteurs qui notent la diversité (des arbres, des habitats associés et microhabitats) comptent pour 50 % de la note globale, ceux relatifs à la maturité pour 30 % (TGB et bois mort), dont 20 % pour le seul bois mort.

L'indigénat n'est pas traité à l'échelle globale (habitat), mais pris en compte partiellement et indirectement via l'indicateur *Richesse en essences forestières autochtones* (note plafonnée à 2 si l'ensemble des essences autochtones occupe moins de 10 % du couvert libre).

Il n'y a pas d'indicateur pour le critère *Dynamique*, ni celui de la *Continuité spatiale*.

La répartition du poids des indicateurs et critères s'éloigne donc de l'indice générique de naturalité proposé. Notamment :

- le poids des indicateurs de diversité (des arbres, des habitats associés, des microhabitats) est de 50 % pour l'IBP contre 12,5 % pour l'indice générique de naturalité. Ceci est conforme aux objectifs et domaine d'application des deux méthodes ;
- le poids des habitats associés dans l'IBP est de 30 % contre 0 pour l'indice générique de naturalité. Ils n'entrent plus dans le calcul des notes de naturalité de la version 1.2 car jugés indépendants de la naturalité. La méthode continue toutefois à les noter pour le calcul de l'IBP.
- le poids du bois mort dans l'IBP est de 20 % (indice général) ou 28 % (indice des facteurs relatifs au peuplement et à la gestion) contre seulement 6 % pour l'indice générique de naturalité. Les saproxyliques représentant plus de 25 % de la diversité des espèces forestières, l'IBP leur consacre légitimement une importance élevée. Toutefois, les seuils des deux facteurs IBP favorisent la diversité des bois morts et peu la quantité, car la première est plus importante pour la diversité spéci-

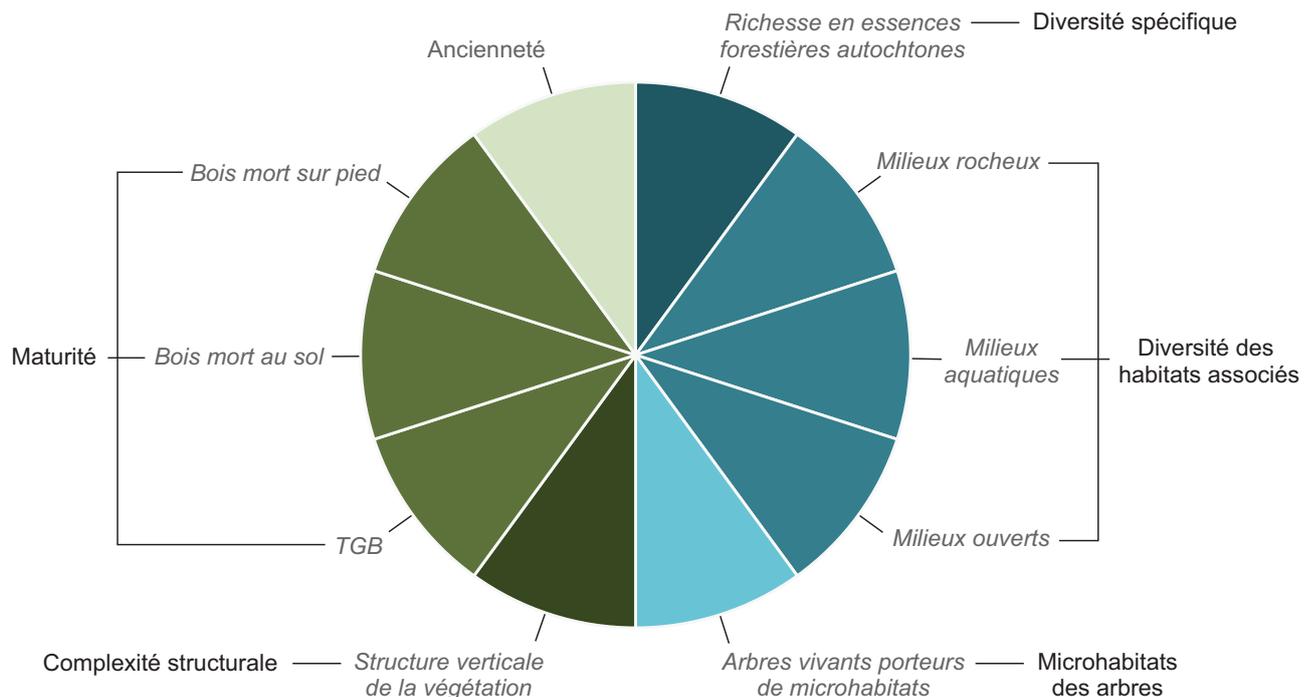


Figure 58. Distribution des poids des facteurs dans l'indice de biodiversité potentielle (Larrieu & Gonin, 2008), présentée selon la grille de lecture de la méthode d'évaluation de la naturalité.

fique dans le contexte de la gestion productive courante. À l'inverse, dans l'indicateur *Bois mort* entrant dans l'indice générique de naturalité, l'aspect quantitatif est jugé plus important, une grande quantité de bois mort étant une caractéristique des forêts naturelles et signifiant de fait (dans des conditions naturelles) une grande diversité des types de bois mort. Pour être opérationnel en routine, l'IBP comme la présente méthode ne peuvent pas prendre en compte la diversité des stades de dégradation du bois mort qui expliquent aussi une partie des assemblages saproxyliques présents dans le peuplement.

L'équilibre des poids de l'IBP est un peu plus proche de l'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux. Notamment :

- l'indicateur *Volume de bois mort* a un poids de 17 % dans l'indice de naturalité spécifique aux hauts lieux contre 20 % pour l'indice global IBP ;
- l'indicateur *Age du peuplement* ou les TTGB ont un poids de 17 % contre 10 % pour leur « équivalent » dans l'indice global IBP (densité de TGB).

Comparaison à partir des valeurs de l'échantillon

À partir des données des 52 peuplements de notre échantillon, les conséquences des différences de méthode et de poids peuvent être discutées. Si l'on compare les valeurs de l'indice générique de naturalité et l'indice global IBP pour chaque peuplement (figure 59), on constate que les 2 indices sont moyennement corrélés (r^2 égal à 0,38) ; ils sont plus proches pour les notes supérieures à 30/50. On observe néanmoins que :

- pour une valeur donnée d'IBP, l'intervalle des valeurs de l'indice générique de naturalité est relativement large. Il augmente pour les valeurs moyennes d'IBP (en dessous de 30, l'indice générique de naturalité varie de 5 à 9). Il n'y a que pour un IBP de 45/50 (maximum atteignable sans milieu humide en Méditerranée) que l'intervalle sur l'indice générique de naturalité se resserre (entre 8 et 9 ; variation de 10 %) et ainsi que l'enseignement des deux indices semblent converger ;
- la valeur de l'IBP des peuplements à natura-

lité la plus élevée (groupe A) varie de 29 à 45/50 (soit une variation de 32 % sur la note totale maximale atteignable) alors que l'indice générique de naturalité varie entre 7,3 et 9,3 (variation de 20 %).

D'une façon générale, cette analyse montre les mêmes difficultés d'interprétation de la naturalité via l'IBP pour notre échantillon que celles évoquées dans le premier chapitre de résultats de cette étude (page 30).

Si l'on s'intéresse à l'indice générique d'empreinte et sa variation en fonction de l'IBP (figure 60), aucune forme de corrélation forte ne ressort. Les peuplements ayant les notes d'empreinte les plus élevées (entre 3 et 5) ont des notes d'IBP très variables (entre 25 et 44).

Pour notre objectif (évaluer de façon simple la naturalité d'un peuplement), les 2 indices génériques créés, de naturalité et d'empreinte, permettent d'ordonner les peuplements plus finement et logiquement que ne le permet l'IBP, particulièrement pour les peuplements les moins perturbés, où la naturalité est la plus forte.

Ce résultat était attendu et est conforme à la définition et aux domaines d'application des deux méthodes. Elles n'évaluent pas la même chose (biodiversité potentielle *versus* naturalité), et ne s'inspire pas de la même partie du gradient de naturalité des forêts (peuplements exploités courants *versus* hauts lieux – même si toutes les deux revendiquent de pouvoir décrire toute forêt). En tant que telles, elles peuvent être utilisées conjointement ou séparément, la discussion entre les deux enrichissant le débat de gestion.

Comparaison au classement des hauts lieux de la Vanoise (Libis, 2011)

La méthode de classement de Libis (2011) intègre aussi bien des indicateurs de naturalité que des indicateurs d'empreinte humaine (figure 61), les deux étant mélangés. Les poids de chacun des critères et indicateurs ne sont pas répartis de façon égale. 1/4 de la note globale est attribuée aux indicateurs de structure, et un autre 1/4 à l'empreinte Après 1960 (dont 15 %

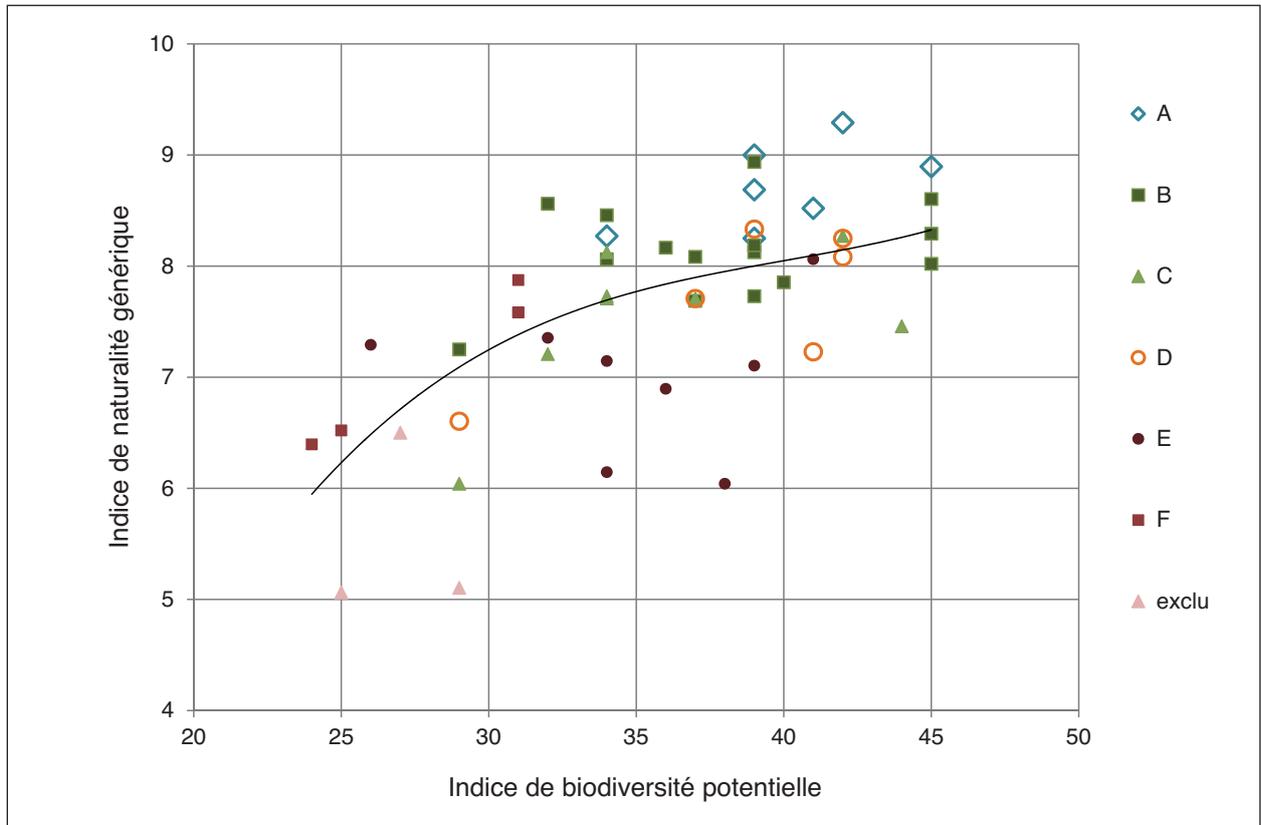


Figure 59. Comparaison de l'indice générique de naturalité et de l'IBP pour les 52 peuplements évalués.

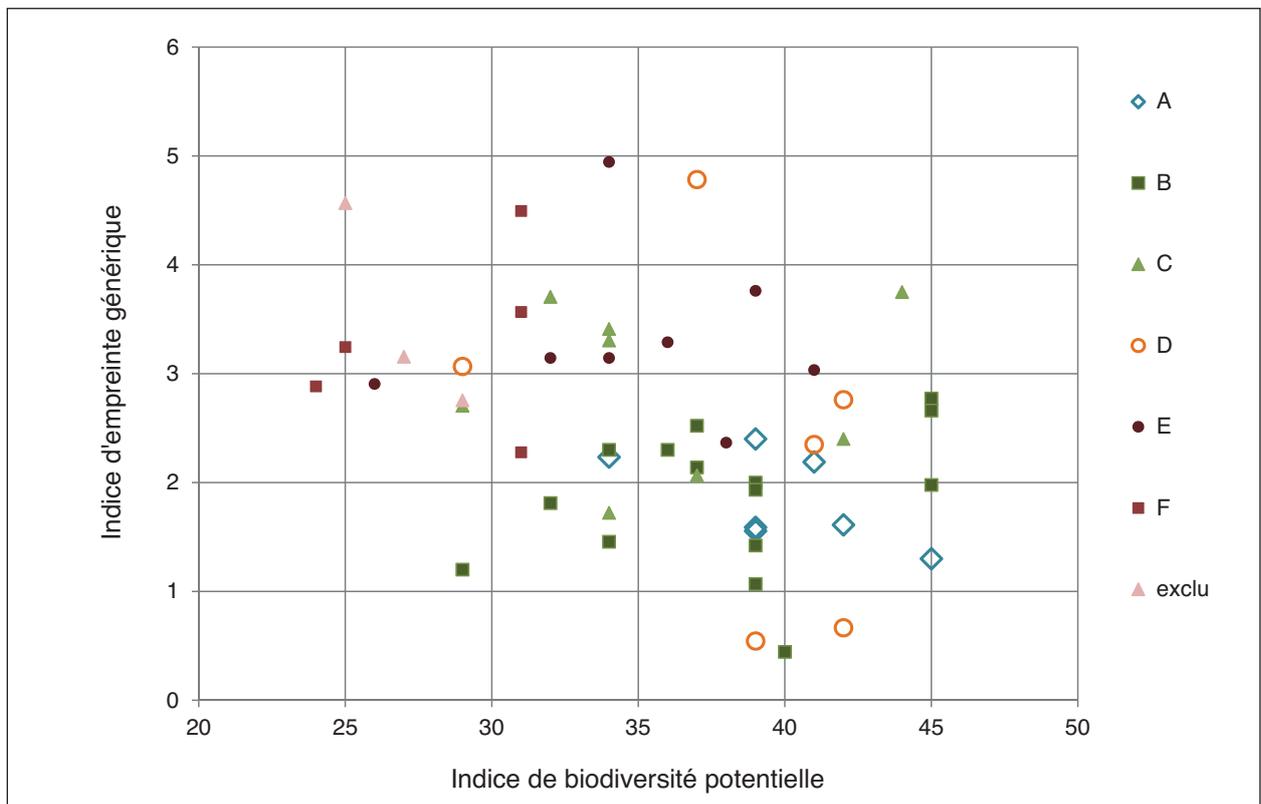


Figure 60. Comparaison des valeurs de l'indice générique d'empreinte humaine et de l'IBP pour les 52 peuplements de l'échantillon.

pour l'exploitation du bois). L'ancienneté compte pour 15 % de l'indice synthétique. Il n'y a aucun indicateur de diversité (que ce soit au niveau des essences, des habitats associés ou des microhabitats). L'empreinte humaine 1800-1960 est prise en compte indirectement et uniquement par l'ancienneté (15 %).

Deux îlots de forêt de l'échantillon de Libis (2011) ont fait l'objet d'une description avec la méthode d'évaluation de la naturalité en 2012, en marge de l'échantillon initial (cembraie de la forêt de l'Orgère en forêt communale de Villarodin et pessière subalpine de Sollières-Sardières). Ils permettent une discussion sur les conséquences de ces poids sur la valeur des 2 indices (tableau 26). Les peuplements ne sont pas exactement décrits au même endroit et la comparaison doit être prise avec précaution.

La cembraie de l'Orgère obtient une note synthétique de 6,1/10 avec le protocole de Libis (2011). Son indice générique de naturalité est de 8/10 et celui spécifique aux hauts lieux de 6,8/10. Dans la méthode de Libis, l'Orgère est

surtout pénalisée du fait de la non prise en compte du bois mort d'origine artificielle (souches et résidus de coupes anciennes encore importants à l'Orgère malgré une dernière coupe datant de 1943, du fait de la lenteur de décomposition sous bioclimat froid et sec). Les notes de l'indice d'empreinte sont respectivement de 1,3/10 (générique) et de 1,9/10 (spécifique aux hauts lieux). L'Orgère est la cembraie à plus haute naturalité de notre échantillon.

Pour ce qui est de la pessière de Sollières, elle obtient une note de 8,2/10 avec le protocole de Libis (2011), soit une note largement supérieure à l'Orgère. Son indice de naturalité est de 7,6/10 (générique) et de 6,3/10 si l'on considère l'indice spécifique aux hauts lieux. Les notes de l'indice d'empreinte sont de 2,7/10 (générique) et de 3,5/10 (spécifique aux hauts lieux).

Entre les deux peuplements, on remarque un classement inversé. De naturalité proche sur les données WWF, le peuplement ayant l'empreinte la plus forte (pessière de Sollières) est

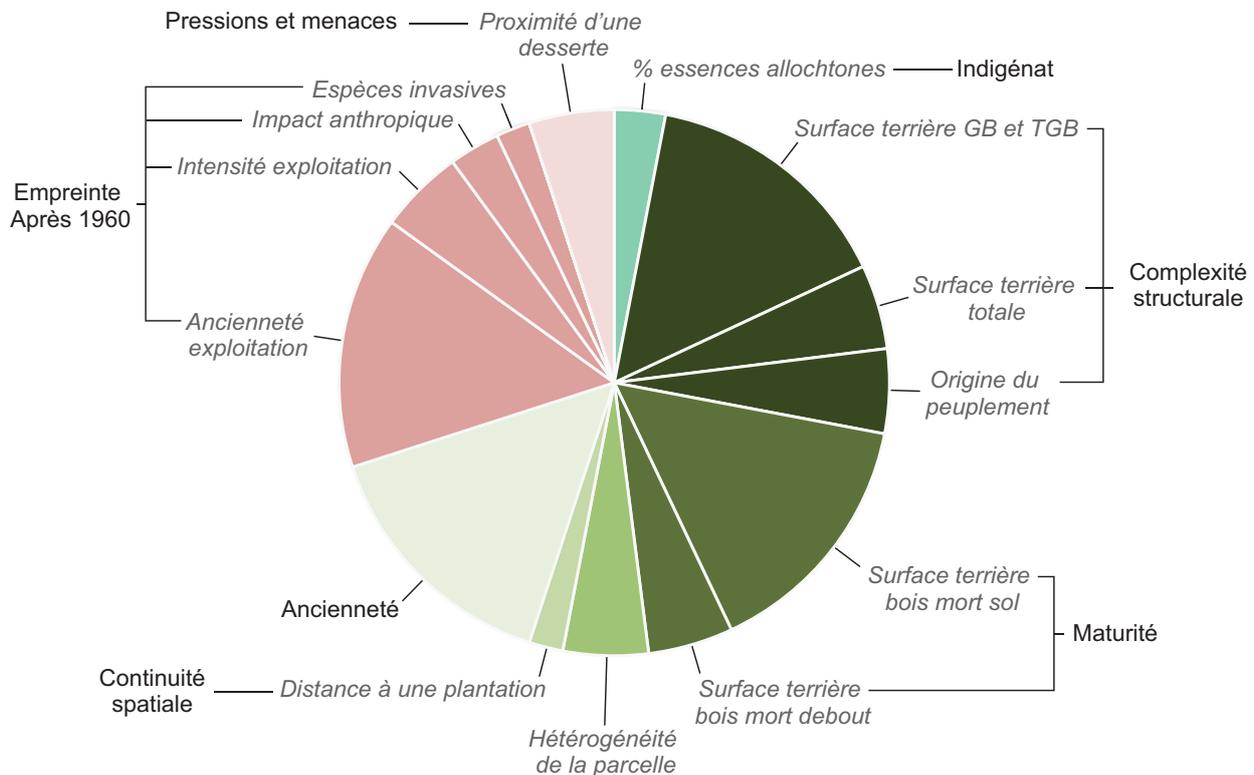


Figure 61. Distribution des poids des facteurs dans l'indice de Libis (2011), présentée selon la grille de lecture de la méthode d'évaluation de la naturalité.

Tableau 26. Comparaison des indices synthétiques de naturalité pour 2 hauts lieux de naturalité de Vanoise.

	Cembraie de l'Orgère	Pessière de Sollières
Indice Libis (2011)	6,1	8,2
Indice générique de naturalité	8	7,6
Indice de naturalité spécifique aux hauts lieux	6,8	6,3
Indice générique d'empreinte	1,3	2,7
Indice d'empreinte spécifique aux hauts lieux	1,9	3,5

nettement mieux classée que celle de l'Orgère. À l'analyse, cette divergence d'interprétation provient de divergences dans le poids et la définition des indicateurs :

- sur le bois mort. Le bois mort abandonné de la coupe de 1943 à l'Orgère n'est pas pris en compte chez Libis (2011) parce que d'origine artificielle ;
- sur l'empreinte ancienne (notamment pastorale). Le peuplement de Sollières a indéniablement été influencé par le pâturage bovin (microtopographie du sol, proximité de l'alpage, pâturage encore ponctuel). Pris en compte par la méthode proposée dans ce rapport, elle est absente de Libis (2011) ;
- sur la maturité et le statut dynamique des peuplements (moindre poids chez Libis, 2011). Le caractère post-pionnier de la pessière de Sollières peut être discuté (retour ponctuel d'ailleurs du cembro en mélange) ; l'état d'équilibre dynamique de la cembraie de l'Orgère est indéniable.

Première tentative de comparaison à d'autres hauts lieux

L'utilisation de la méthode d'évaluation de la naturalité (et les indices génériques) gagnerait à être discutée au-delà de l'échantillon des 52 peuplements décrits dans l'écorégion méditerranéenne française, à la fois pour :

- discuter sa validité ;
- comparer la naturalité des hauts lieux de l'écorégion aux peuplements de référence de la France et de l'Europe.

Dans ce but, en 2012, la méthode d'évaluation de la naturalité a commencé à être utilisée dans quelques contextes hors de l'écorégion méditerranéenne française :

- la version 1.1 de l'évaluation complète, celle analysée dans ce rapport, a été utilisée pour 2 peuplements à Fontainebleau (hêtraie de la RBI du Gros Fouteau et de La Tilliaie), 2 peuplements en Vanoise (cembraie de l'Orgère notamment), 4 en Roumanie (hêtraie de la réserve de Gemenele et de la Nera).
- la version 1.1 de l'évaluation rapide a été utilisée en Italie (hêtraies de la réserve intégrale de Valle Cervara dans le parc national des Abruzzes et de Fonte Novello), en Andalousie (sapinière des parcs de Sierra de las Neves et de Sierra de Grazalema).

La figure 62 présente les peuplements à plus haute naturalité de notre échantillon (indice de naturalité spécifique aux hauts lieux supérieur à 7) et quelques peuplements de référence. Les peuplements de notre échantillon présentent globalement une valeur d'indice d'empreinte humaine spécifique supérieure à

ceux de Fontainebleau, Gemenele ou La Nera (sauf exception notable des 2 peuplements de Comus). Leur indice de naturalité spécifique est tout aussi élevé que celui de ces peuplements, notamment pour les sapinières ou hêtraies-sapinières de Zonza, Breil, Ventoux, Chapitre et les hêtraies de Zicavo ou La Massane (> 8).

En termes d'habitat, la comparaison est limitée aux hêtraies et cembraies :

- la hêtraie à plus haute naturalité reste les peuplements de la Nera, qui présente de plus une naturalité identique à l'échelle d'un massif de 5 000 ha. Les RBI de Fontainebleau suivent, de même que le peuplement méconnu de Zicavo et ceux de La Massane ;

- la cembraie à plus haute naturalité est celle de l'Orgère. Celle-ci est surpassée très vraisemblablement par celle de God Tamangur dans les Grisons (Suisse), qui a été visitée mais non évaluée.

L'échantillon de peuplements européens est encore trop faible pour développer plus l'analyse, mais notons toutefois que la validité de la méthode n'est pas remise en cause par ces nouveaux peuplements. Par ailleurs les hauts lieux de l'échantillon (INhl > 8) ne sont pas si éloignés de certains hauts lieux européens concernant notamment les surfaces terrières, l'âge, le nombre de TTGB et le volume de bois mort, comme le confirme la méta-analyse récente sur le sujet (Burrascano *et al.*, 2013).

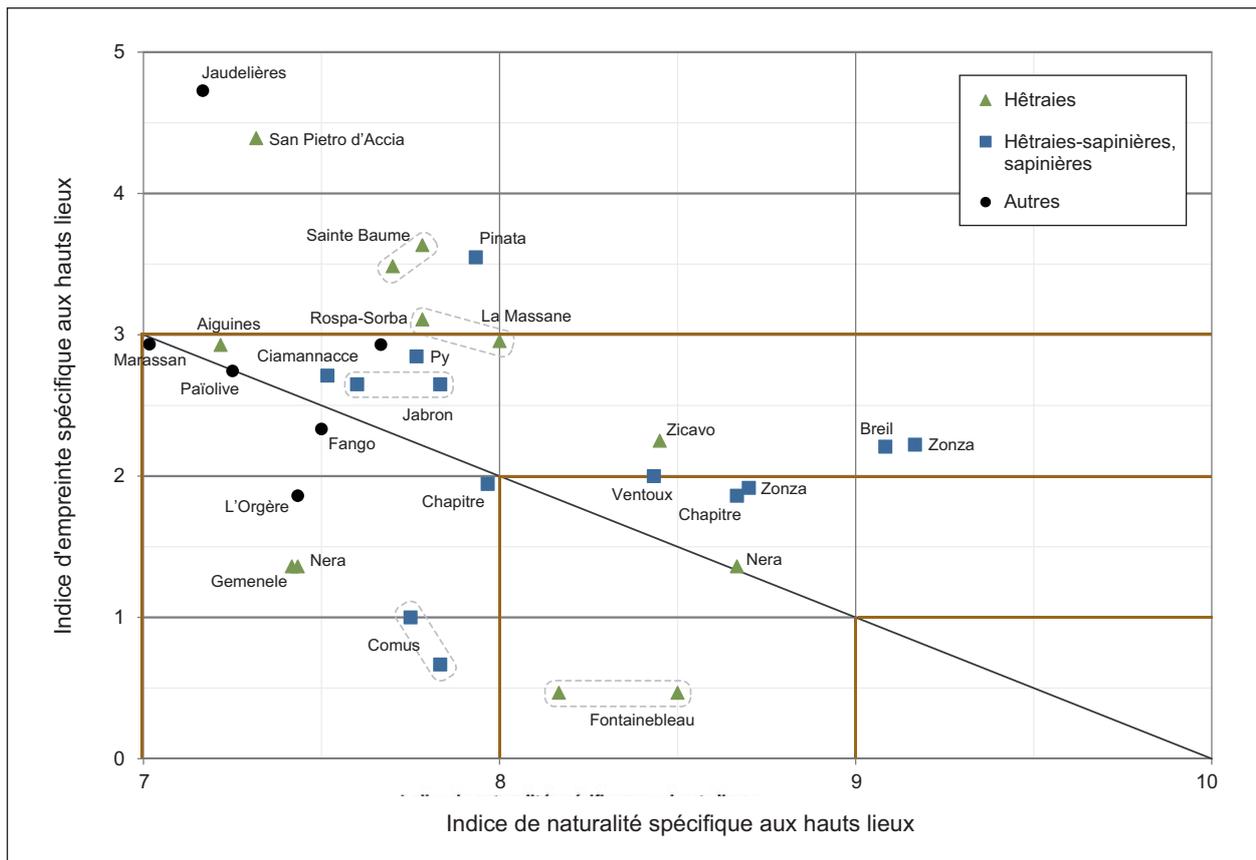


Figure 62. La valeur des indices de naturalité et d'empreinte spécifiques aux hauts lieux pour une partie de l'échantillon (INhl > 7) et quelques autres forêts de référence.

→
Hêtraie de la Nera (Roumanie).



DISCUSSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Validité de la méthode d'évaluation multicritère de la naturalité proposée

L'approche multicritère employée pouvait paraître fastidieuse, trop exhaustive et donc peu pratique. Elle a été longue à développer, mûrir, discuter, afin ensuite de la simplifier et de la rendre opérationnelle.

L'utilité même de certains critères a pu être remise en cause pour des études portant sur un périmètre limité (une portion réduite du gradient de naturalité, un faible nombre d'habitats ou un territoire restreint). Un nombre très limité de critères servent trop souvent à définir la naturalité (par exemple, le volume de bois mort et la densité de TGB).

Il nous a semblé utile, pour être fiable et généralisable, de couvrir toute la diversité des qualités des écosystèmes, des valeurs possibles sur un gradient complet, et des questions qu'elles posaient. La naturalité est une notion complexe (c'est la synthèse des qualités de la nature) qui ne peut être réduite facilement à un seul chiffre.

Le défi corollaire de l'approche multicritère employée a été d'arriver à choisir un nombre juste suffisant d'indicateurs simples, fiables, et facilement mesurables ou qualitativement estimables.

Pour prendre un exemple, la méthode proposée se contente d'un indicateur sur les gros bois morts (diamètre > 30 cm), ventilés, en 6 grandes classes de volume estimables "à l'œil". Cela présuppose que les gros bois mort sont un indicateur clé des forêts à haute naturalité et que la diversité des bois morts augmente avec le volume. D'aucun pourrait souhaiter plus de précisions : ventiler le volume de bois mort par type, pour les petits diamètres, par degré de décomposition, calculer le taux de bois mort dans

la biomasse totale, etc. D'autres protocoles, destinés à la recherche ou au suivi de placettes permanentes, existent pour cela (Bruciamacchie *et al.*, 2005). Cette précision n'est pas l'objet d'une méthode d'évaluation telle que celle présentée dans ce rapport, qui se veut relativement rapide à mettre en œuvre.

Ce processus de simplification de la complexité illustre, dans le domaine de la nature, les enjeux du concept de simplicité formalisé par Berthoud (2009). Dans notre cas, le parti pris semble plutôt réussi puisque la méthode mise en œuvre permet de comparer de façon apparemment assez logique et consistante les résultats obtenus pour des forêts très différentes (du chêne vert à la cembraie), de régions variées (de Fontainebleau à la Roumanie, en passant par la Corse), et de naturalité moyenne à haute.

Pistes pour une amélioration continue : vers une version 2.0

À l'instar de l'IBP (Larrieu & Gonin, 2008), une méthode d'évaluation de la naturalité, scientifiquement valide et nourrie du terrain ne peut se développer en quelques mois. Ce rapport constitue une première proposition et une étape clôturant une série de tests dans l'écorégion méditerranéenne. Au-delà des enjeux de son utilisation dans un but de conservation, l'amélioration continue de la méthode d'évaluation est souhaitable et sa validation est un enjeu scientifique qui dépasse l'objet des actions du WWF.

Toutefois, nous rappelons ci-après succinctement quelques enjeux ou étapes d'amélioration qui s'avèrent utiles.

Validation de la méthode dans les forêts gérées

Les données de ce rapport ne concernent que des forêts à naturalité supérieure à la moyenne. Elles portent sur les 15 départements du sud de la France.

Les résultats mériteraient d'être élargis vers des degrés de naturalité inférieurs, de façon à tester la capacité de la méthode à évaluer correctement l'ensemble du gradient de naturalité. La méthode a été réfléchi pour cela également, avec toutefois moins de références bibliographiques pour définir la pertinence des classes correspondantes des indicateurs.

Valider la méthode d'évaluation demande un échantillonnage plus large, en termes d'écorégions, de types de sylvicultures (toute la gamme des possibles), y compris les peuplements les plus artificiels (plantations industrielles). Cela permettrait aussi de documenter la réduction relative sur chaque critère ou indicateur en fonction des choix sylvicoles, et ainsi de nourrir les réflexions sur une gestion proche de la nature.

Simplification supérieure

Il est possible de simplifier encore la méthode tout en conservant toute la puissance multicritère de l'analyse. Cela passe notamment par la réduction du nombre d'indicateur ou l'adaptation de leur définition.

Il semble qu'il y ait trois voies possibles pour y parvenir :

- **la voie d'une simplification dans un but restreint.** Pour un usage spécifique et/ou un territoire restreint la méthode est simplifiable. En effet, certains indicateurs peuvent s'avérer invariants, non discriminants ou secondaires. C'est par exemple le cas de Cateau *et al.* (2013) qui se sont inspirés de la méthode pour une description simplifiée de la naturalité d'îlots à mettre en sénescence dans le massif du mont Ventoux. C'est de la même façon ce qu'a fait ce rapport, en créant des indices de naturalité et d'empreinte spécifiques aux hauts lieux de naturalité dans un second temps. Cette simplification de l'indice générique considère que

par définition les indices spécifiques aux hauts lieux ne doivent être calculés que pour des peuplements à l'ancienneté supérieure à 250 ans, et indigène (couvert arboré > 90 % d'essences indigènes) ;

- **la voie d'une simplification dès la construction.** Une version simplifiée de la méthode, basée sur les mêmes critères, existe déjà (Rossi et Vallauri, 2013) et a été utilisée dans une vingtaine de peuplements en 2012. Dans notre cas, ce sont généralement des peuplements de moindre naturalité, qui « ne méritaient pas » d'être prospectés de façon complète pour l'étude des hauts lieux. Cela permet de réduire le temps passé à l'évaluation. Cette version d'évaluation rapide n'a pas été traitée et discutée par ce rapport. Elle simplifie l'évaluation de la diversité plafonnée des microhabitats et perd la possibilité du calcul de l'IBP. Toutefois, elle ne semble pas moins fiable, notamment pour donner une évaluation rapide dans les forêts gérées. Elle est en cours d'utilisation sur le territoire du Luberon à l'initiative du PNR ;
- **la voie d'une simplification par déconstruction.** À partir des critères et indicateurs actuels de la méthode d'évaluation complète, il est possible de tester l'impact sur la fiabilité du résultat du retrait ou de la recombinaison un à un des critères ou indicateurs. Cette analyse est possible mais n'a pas été tentée ici de façon systématique. Elle reste à faire.

À propos des indices synthétiques

La constitution d'un indice synthétique est une manière de résumer la complexité. Toutefois, elle est à manier avec prudence et intelligence, toujours avec un objectif précis. Aucun indice n'est universel et ne se substitue à l'ensemble des dimensions de la nature.

Concernant les indices de naturalité et d'empreinte proposés dans ce rapport, ils semblent utiles séparément et donc complémentaires. L'interprétation gagne à conserver les deux. Les indices génériques gagneraient à être calibrés avec un jeu de données plus large, notamment en forêt gérée.

Les indices spécifiques aux hauts lieux sont pratiques pour mieux distinguer les meilleurs peuplements, mais sont très corrélés aux indices

génériques. Il ne faut pas leur faire dire plus qu'ils ne le peuvent. Un indice de naturalité spécifique aux hauts lieux supérieur à 7 (ou un indice générique de naturalité > 8) permet de distinguer des hauts lieux qu'il convient d'étudier plus finement avec d'autres méthodes.

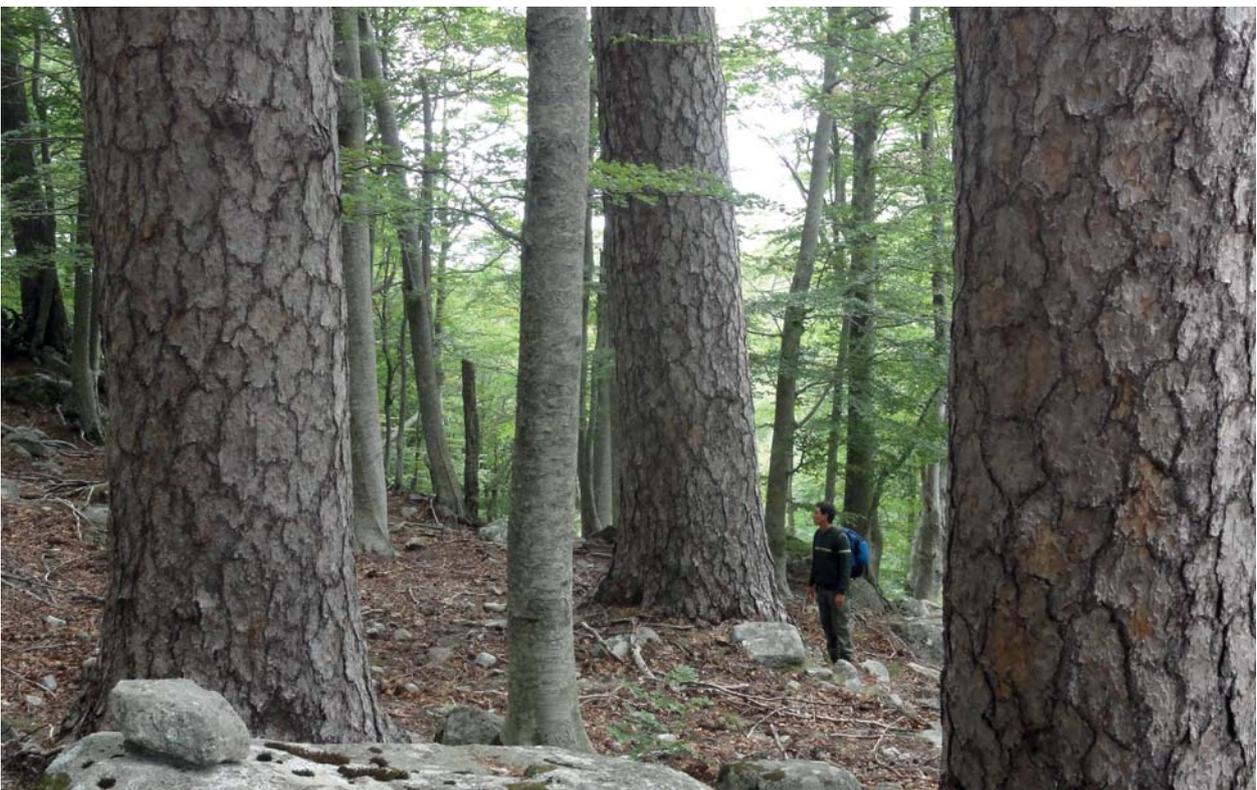
À propos de l'IBP

Vu par le prisme de la comparaison à l'évaluation de la naturalité, des questions concernant l'IBP sont apparues au fil de l'analyse des résultats.

L'objectif des deux méthodes et indices n'est pas le même : l'un cherche à qualifier de façon simple la diversité taxonomique potentielle d'un peuplement ; l'autre sa naturalité. Ils sont donc de fait complémentaires et peuvent s'utiliser en synergie (Larrieu *et al.*, 2012). C'est d'ailleurs dans cet esprit que la fiche de terrain de la méthode d'évaluation de la naturalité intègre l'IBP.

Toutefois, bien des choses les rapprochent, à commencer par le fondement de la réflexion. Aussi, certains questionnements sont communs.

Le premier questionnement concerne le choix des critères et indicateurs, leur définition et l'équilibre des poids. Certains critères ou indicateurs sont absents de l'IBP, au moins de façon directe et autonome ; c'est le cas de l'indigénat, de l'âge du peuplement, de la dynamique, de la continuité spatiale, de l'empreinte humaine par exemple. Est-ce à dire qu'ils sont indirectement et intégralement déjà pris en compte via d'autres indicateurs (par exemple la dynamique via la structure et le bois mort ?) ou inutiles dans une perspective d'évaluation de la capacité d'accueil potentielle pour la diversité ? Ou secondaire, et donc supprimable dans le cadre d'une analyse simplifiée ? À l'opposé, d'autres facteurs, sources évidentes de diversité comme les milieux humides ou rocheux, sont indépendants de la naturalité du peuplement, mais pas toujours de l'empreinte humaine car celle-ci peut les avoir dégradés durablement (drainage, comblement, etc.). Dans notre contexte méditerranéen pauvre en milieux humides, même temporaires, pénaliser la note des peuplements sans milieu humide ne semble pas « naturel », d'autant plus que justement la biodiversité méditerranéenne a co-



De vénérables pins laricio, probablement millénaires, dans la hêtraie de Zicavo.

évolué avec cette absence naturelle. La biodiversité associée est riche mais le facteur ne concerne que peu de peuplements.

Le second questionnement concerne les difficultés rencontrées avec certains seuils des classes supérieures des facteurs de l'IBP : il ne représente pas toute la gamme de naturalité possible. Pensés principalement pour un conseil de gestion dans les forêts exploitées, certains indicateurs sont trop vite plafonnés pour servir de référence à une analyse de la naturalité. Ils gagneraient à être définis pour être représentatifs de tout le gradient de naturalité ou à être plafonnés plus haut, tout en conservant leur validité par rapport aux assemblages taxonomiques (y compris les espèces rares). Nos données montrent par exemple l'utilité d'une telle réflexion sur :

- les deux facteurs sur le bois mort (dont l'importance dans la note finale est grande, 20 à 28 % selon l'indice IBP considéré). Avec un très faible volume de bois mort (formellement avec moins d'un m³/ha en Méditerranée peu fertile) on peut obtenir une note maximale d'IBP. Dans l'esprit d'une analyse de la naturalité, cela n'est pas logique. Les grandes quantités de bois mort sont encore souvent une lacune, même dans les hauts lieux de naturalité en France, car ils restent relativement rajeunis. L'empreinte ancienne est marquée, et l'arrêt de l'exploitation du bois est souvent récent (moins de 60 ans). Mais, naturellement, même pour des faibles fertilités méditerranéennes, les données montrent que le volume de bois mort naturel excède 30 m³/ha (exemples de peuplements de chênaie verte au Fangu ou de chênaie pubescente à Païolive) ;
- le facteur *Diversité des microhabitats* peut être plafonné plus haut, à l'instar de ce que nous avons fait pour obtenir cette note dans notre méthode (ajout de deux classes), ce qui s'avère très important pour distinguer la grande diversité en microhabitats des hauts lieux ;
- le choix des diamètres seuil des TGB sont bas pour caractériser la maturité des arbres d'un peuplement (notamment en Méditerranée : 30 cm de diamètre en faible fertilité). De plus, le choix du seuil donne lieu à une interprétation délicate : qu'est-ce qu'une faible fertilité ? L'ajout d'un seuil de TTGB défini écologiquement

semble indispensable pour élargir la réflexion sur les vrais gros arbres vivants d'une forêt naturelle, clé pour l'accueil d'une riche biodiversité et la continuité du fonctionnement du peuplement. Ce seuil peut être défini suite à une étude fine des processus de sénescence et de formation des microhabitats de chaque essence, comme le font Larrieu *et al.* (2011) pour le hêtre et le sapin dans les Pyrénées. En l'absence d'information sur toutes les essences et régions, le seuil gagne à marquer sans ambiguïté la maturité de l'arbre dans sa station, en réduisant le biais lié à la variation de fertilité. Pour ces raisons, dans la présente méthode, le seuil des TTGB en cm a été défini à 4 fois H₀ en m (peuplements adultes, arrondi aux 5 cm les plus proches et plafonné à 120 cm ; Rossi & Vallauri, 2013). Nos données montrent que cette définition permet de redresser le biais important des seuils fixes, malgré une fertilité variable.

Tels que définis aujourd'hui, l'IBP et la présente méthode peuvent être utilisés conjointement ou séparément, la discussion entre les deux enrichissant le débat de gestion. Toutefois, les créateurs de l'IBP sous-estiment sans doute la puissance de leur logique écologique multicritère et de la compatibilité ou des convergences possibles avec l'approche « naturalité », sous réserve d'ajustements simples. Entre autres exemples, l'extension des seuils de certains critères de l'IBP (plafonner autrement certains critères très vite saturés dès que la naturalité est forte) pourrait permettre d'améliorer la synergie d'interprétation entre indice de naturalité et indice de biodiversité. Ce rapprochement des deux notions est un enjeu scientifique important. Il en est de même d'étendre la réflexion à toutes les forêts gérées ou protégées. Dans la pratique, le sylviculteur gagne à connaître une référence au plus proche de la nature, chose cruciale pour l'amélioration de toutes les sylvicultures et indispensable pour celles de type Pro Silva par exemple. Le gestionnaire d'espace naturel quant à lui gagne à avoir la possibilité d'utiliser à des fins de gestion courante d'espaces forestiers protégés, un outil simple et robuste. Enfin, cet « IBP étendu » ou cette « plateforme emboîtée de méthodes d'évaluation de la naturalité et de la biodiversité potentielle d'un peuplement » pré-



Salamandre de Corse dans la vallée de la Luvana.

sente aussi l'intérêt de pouvoir être un média puissant pour un dialogue pratique entre les différents types de gestionnaires (productifs ou conservateurs).

Cela semble indispensable dans le but pratique de contribuer à une définition bien comprise du bon état de conservation notamment, ce qui n'est pas l'objet et l'objectif de l'IBP aujourd'hui (Larrieu *et al.*, 2012), mais auquel l'IBP peut contribuer en partie.

Une approche déclinable à d'autres échelles ?

L'échelle du peuplement est à la fois la plus connue, et la plus utile et pratique pour le gestionnaire forestier. Approcher la naturalité à cette échelle permet de lier concrètement chaque critère et indicateur aux connaissances sur les habitats des espèces et aux actes de gestion qui peuvent les modifier. Ce sont les raisons pour lesquelles la méthode d'évaluation de la naturalité développée par Rossi et Vallauri (2013) trouve sa première utilisation à cette échelle.

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que les résultats présentent des évaluations sur des surfaces homogènes mais de taille réduite (1 à

10 ha). Même si la notation à l'échelle du peuplement tient compte de l'environnement (continuité forestière), il est clair que cela n'est pas suffisant pour réellement prendre la mesure des implications de l'effet du paysage sur la naturalité exprimée. La continuité spatiale est par définition un critère de naturalité important, de même que son opposé, la fragmentation du fait de l'empreinte humaine.

Illustrons le propos d'un exemple simple. Deux peuplements reçoivent parmi les meilleures notes sur l'indice de naturalité : le bois noir de Breil (Vallée de la Roya, parc national du Mercantour) et la réserve de la Nera (Roumanie). Les deux peuplements ont été décrits en échantillonnant environ 1 ha représentatif d'un peuplement homogène d'un point de vue de l'habitat, de la structure et de l'histoire. Le premier relevé a été réalisé dans un des rares îlots non exploités depuis la fin de la seconde guerre mondiale, du fait de l'impossibilité de retournement des grumiers (bloqués par le tunnel de la Déa). L'îlot non exploité fait de l'ordre de 25 ha. Malgré le statut de zone cœur de parc national et une richesse biologique avérée de ces sapinières, les forêts alentour font l'objet d'une exploitation régulière avec ouverture de pistes. La seconde est sise dans l'une des plus grandes hêtraies protégées d'Eu-

rope, entourée par plus de 5 000 ha à haute naturalité. L'évaluation à l'échelle du peuplement décrit mal cette différence fondamentale.

Pour rendre compte de cette réalité, deux solutions peuvent être envisagées :

- renforcer la prise en compte de la naturalité des forêts en continuité avec le peuplement décrit. Cela est le plus souvent très pénalisant pour les sites français, qui sont souvent des îlots au milieu de forêts jeunes ou à naturalité réduite. C'est une échelle d'appréhension qui échappe souvent au gestionnaire, dès que l'on parle de plusieurs milliers d'hectares. Elle est difficile à décrire car elle implique de parcourir une vaste surface (laquelle ?) autour du peuplement analysé. Cette voie a été abandonnée pour des raisons pratiques ;
- évaluer la naturalité de la matrice du paysage (dont les forêts) à partir de données existantes répétées suivant un échantillon suffisant. Les données du plan de gestion sont souvent limitées en termes de naturalité, mais utiles lorsqu'elles sont accessibles. Cela peut être envisagé également avec les données de l'IGN sur de vastes territoires. Toutefois, il reste à définir dans les données IGN celles qui sont utilisables à cet effet, ainsi que les échelles pour une utilisation fiable. Les premières analyses conduites avec l'IGN en 2012 (Louis Maire, communication personnelle) laissent présager qu'une analyse des différents critères de naturalité est possible mais à l'échelle de la sylvo-écorégion au plus finement. La définition des indicateurs doit être revue pour tenir compte de la pertinence et de la disponibilité des données ;
- découpler l'analyse de la naturalité à l'échelle du peuplement des autres échelles est la solution qui semble la plus réaliste. À l'échelle de la forêt ou du massif ou du grand territoire (dont les sylvo-écorégions), il est tout aussi pertinent d'analyser la naturalité de façon séparée. À chaque échelle toutefois le poids entre les critères sera différent car les fonctionnalités à l'œuvre le sont. Si les qualités naturelles sont proches, les indicateurs sont parfois très différents. Faire la moyenne des données d'un indicateur à l'échelle inférieure est rarement la solution écologiquement la plus pertinente et pratique pour travailler à une échelle supérieure.

Quelques valeurs de référence des hauts lieux méditerranéens

Les peuplements des hauts lieux de naturalité de la Méditerranée française que nous avons étudiés sont en moyenne caractérisés par une diversité des arbres relativement élevée (généralement > 5 espèces, à l'exception notable de quelques hêtraies), un taux d'indigénat égal à 100 % du couvert, une grande densité de microhabitats (diversité plafonnée > 10/ha, > 5 loges de pics/ha pour la moitié de l'échantillon), une structure irrégulière au moins en diamètre, une surface terrière > 25 m²/ha, une structure verticale avec au moins 3 strates, un âge du peuplement considéré comme mature (> 1/2 de la longévité de l'essence) ou âgé (> 3/4), un nombre de TTGB et un volume de bois mort variables (parfois > 10 TTGB/ha, seul un quart des peuplements présentent plus de 50 m³/ha de bois mort), une dynamique dominée par les dryades mais comportant rarement toutes les phases de la sylvigénèse.

Pour la France, ces données seront à comparer, lorsqu'elles seront disponibles, avec les études plus fines en cours (comme le programme GNB, <http://gnb.irstea.fr/> dont certains sites concernent les mêmes forêts ; les sites du Ventoux ou de la montagne de Lure (par exemple-Jabron), ou bien l'étude de la structure de la végétation dans les forêts anciennes d'Amandier (2013). Les données publiées à La Massane depuis des décennies (Travé, 2000 ; Travé *et al.*, 1999 ; Garrigue *et al.*, 2008 ; Garrigue *et al.*, 2010) ou au Fangou (Richard *et al.*, 2004, 2005 ; Panaïotis, 1994 ; Panaïotis *et al.* 1995, 1997, 1998 ; Carcaillet *et al.*, 1997), mais également à un degré moindre à la Sainte-Baume (Bonin *et al.*, 1984) ou dans le bois du Chapitre (Marage & Lempérière, 2005 ; Lempérière & Marage, 2010) font de ces sites des références pour cette comparaison des habitats méditerranéens.

Par ailleurs, les hauts lieux étudiés dans l'écorégion Méditerranée, dans les Balkans ou en Italie (Blasi *et al.*, 2010 ; Lombardi *et al.*, 2010 ; Chirici & Nocentini, 2010 ; Piovesan *et al.*, 2005, Calamini *et al.* 2011 ; Boncina, 2011 ; Bottero *et al.*, 2011 ; Nagel *et al.*, 2012 ; Marinček & Marinček,

2004), présentent des valeurs comparables à l'échantillon de la présente étude (structure, surface terrière) ou supérieures (quantité de bois mort). Toutefois, une comparaison fine à partir des données originales et de la bibliographie reste à approfondir et serait riche d'enseignements. Par exemple, dans les Balkans, la mosaïque de phases de la sylvigénèse décrite est généralement plus complète, marquant sans ambiguïté la haute naturalité des dynamiques à l'œuvre (comme décrit par Bottero *et al.*, 2011 à Lom en Bosnie-Herzégovine par exemple). Autre exemple, Piovesan *et al.* (2005) trouve dans les Abruzzes une longévité exceptionnelle du hêtre, dépassant les 500 ans, et remet en cause la longévité de 300 ans généralement admise pour l'essence par Rameau *et al.* (2008).

Aucune étude n'est toutefois totalement comparable à la présente analyse, car aucune n'est réalisée sur une base aussi large et complète de critères et indicateurs de naturalité. De plus, dans les études italiennes et des Balkans, la diversité des habitats étudiés est le plus souvent restreinte à la hêtraie et à la hêtraie-sapinière (-pessière). Peu de données existent pour les autres habitats, notamment ceux strictement méditerranéens.

Il en est de même si l'on élargit la comparaison à l'Europe, comme le font Burrascano *et al.* (2013) dans leur méta-analyse recherchant les valeurs communes des forêts matures dans le monde forestier tempéré. Toutefois, on retiendra de la comparaison de notre échantillon aux hauts lieux européens notamment que :

- les valeurs d'âge du peuplement des meilleurs hauts lieux de notre échantillon sont comprises ou supérieures à l'intervalle des valeurs pour l'Europe (médiane à 217 ans) ;
- les valeurs de surface terrière des hauts lieux de notre échantillon sont supérieures au minimum de 24 m²/ha observé en Europe, même si elles n'atteignent pas la valeur maximale annoncée (57 m²/ha) ;
- le nombre de gros bois (définis avec un seuil fixe de 50 cm de diamètre) est égal à 75/ha en Europe (minimum 36/ha ; maximum 122/ha) et semble être comparable au nombre de TGB de l'IBP (seuil variant de 30 à 70 cm). Le diamètre fixe des gros bois de Burrascano *et al.* (2013) ne permet toutefois pas d'analyser

plus en détail cet indicateur, ni de l'extrapoler aux TTGB ;

- le volume de bois mort atteint pour les plus intéressants des hauts lieux de notre échantillon présentent des valeurs supérieures au minimum observé dans les hauts lieux de l'Europe (45 m³/ha). Ce compartiment important des hauts lieux est toutefois inférieur pour la majorité des forêts de notre échantillon. Seul 1/4 de notre échantillon présente plus de 50 m³/ha de bois mort et aucun un volume égalant la médiane des valeurs européennes analysées par Burrascano *et al.* (2013), soit 157 m³/ha.

Pour un réseau de hauts lieux forestiers de référence

Dans l'écorégion méditerranéenne française

L'étude confirme l'importance pour l'écorégion méditerranéenne française, et parfois au-delà, de peuplements de référence déjà connus en chênaie verte au Fangu (Haute-Corse), en chênaie blanche au Bois de Païolive (Ardèche), en hêtraie à la Massane (Pyrénées-Orientales) ou à la Sainte-Baume (Bouches-du-Rhône), en hêtraie-sapinière et sapinière au Bois du Chapitre (Hautes-Alpes), à Py (Pyrénées-Orientales) et au Ventoux (Vaucluse).

D'autres peuplements analysés sont situés dans des sites peu ou pas étudiés à ce jour. Les peuplements analysés en RBD de la Pinata (Aude) et RBI de Comus (Aude), en forêt domaniale du Jabron (Alpes-de-Haute-Provence), en forêt communale du Bois noir de Breil (dans le cœur du parc national du Mercantour) sont protégés ou en voie de l'être. D'autres, comme ceux décrits en forêt communale de Zonza et forêt communale de Zicavo (Corse du Sud) ne sont pas connus à ce jour : leur biodiversité et histoire restent à explorer. De même que de nombreux autres sites corses, ils sont un patrimoine d'importance à mieux inventorier, étudier et protéger.

Des compléments d'analyses semblent indispensables pour compléter notre échantillon et le réseau de hauts lieux forestiers de référence



Maquis thermoméditerranéen mature de la réserve intégrale de Mata Solitario (Portugal).

dans l'écorégion. Ces lacunes sont géographiques et/ou concernent des habitats que la présente étude n'a pas eu le temps d'explorer suffisamment :

- en Corse, les pineraies de pin laricio d'altitude ont été insuffisamment analysées dans notre échantillon ;
- de façon certaine, la Corse possède bien d'autres peuplements très intéressants en termes de naturalité. Leur inventaire est en cours de préparation par le Conservatoire botanique nationale de Corse et ses partenaires (Christophe Panaïotis, communication personnelle). Il pourra concerner des habitats variés (chênaie liège, hêtraie, sapinière, maquis thermo méditerranéens matures, très rares et spécifiques, etc.). Des secteurs, comme la forêt communale non aménagée de Castiglione, semblent également intéressants à prospecter ;
- aucun peuplement des Cévennes n'a été inclus dans notre échantillon, faute de temps. Pourtant, l'inventaire des forêts anciennes et matures de Febvre (2010) présente des peuplements intéressants (hêtraies et sapinières notamment) ;
- enfin, les habitats alluviaux ont été peu travaillés dans cette étude. Aucune évaluation

de tels peuplements n'entre dans l'analyse de ce rapport. L'analyse de la naturalité selon la méthode mise en œuvre est adaptée, certains seuils ayant été révisés spécifiquement pour l'alluvial. Une exploration détaillée mériterait d'être conduite, notamment en s'appuyant sur le travail de suivi permanent considérable réalisé depuis plus de 10 ans au sein des réserves naturelles (Pont, 2001).

Compléments nécessaires dans le bassin méditerranéen

Par ailleurs, Mansourian *et al.* (2013) montrent que les sites potentiellement très intéressants pour servir de référence de naturalité en forêt méditerranéenne sont plus nombreux qu'il n'y paraît. Parmi les 80 forêts citées, certaines mériteraient d'être décrites selon la méthode proposée et ainsi entrer dans l'échantillon des hauts lieux forestiers de référence. Cela concerne prioritairement les *foreste vetuste* de l'Italie (Blasi *et al.*, 2010 ; Lombardi *et al.*, 2010 ; Chirici & Nocentini, 2010), des Appenins et Abruzzes en particulier (Piovesan *et al.*, 2005 ; Calamini *et al.*, 2011), mais aussi des Balkans (Boncina, 2011 ; Bottero *et al.*, 2011 ; Nagel *et al.*, 2012 ; Marinček & Marinček, 2004).

Mansourian *et al.* (2013) recommandent notamment de définir une méthode commune pour identifier et évaluer les forêts anciennes et les valeurs qui leurs sont associées ; d'utiliser cette évaluation et les sites déjà protégés comme des références et inventorier et cartographier de façon complète les forêts anciennes des paysages prioritaires. Ce rapport contribue à l'échelle de l'écorégion française à ces deux objectifs, sans toutefois pouvoir être exhaustif. Une internationalisation des références ne peut que bénéficier à la qualité des réflexions, certains habitats étant rarement à haute naturalité à l'échelle de la France seule (exemple des chênaies blanches et des maquis thermo méditerranéens). Un élargissement de l'analyse à la problématique spécifique des forêts des pays du Sud-Est et du Sud de la Méditerranée est un enjeu particulier à signaler.

Extension aux hauts lieux des forêts tempérées européennes

Les peuplements méditerranéens évalués présentent une naturalité très intéressante, à la hauteur des quelques hauts lieux de naturalité reconnus internationalement (Burrascano *et al.*, 2013). Certains ont été analysés dans ce rapport (Nera, Fontainebleau). Leur naturalité est comparable même si l'empreinte humaine dans notre échantillon est souvent supérieure.

L'utilisation de la méthode d'évaluation de la naturalité développée (et ses indices génériques) pourrait confirmer cela au-delà de l'échantillon de 52 peuplements décrits dans l'écorégion méditerranéenne.

Ceci est possible, car la méthode développée, même si elle l'a été dans le cadre d'une application dédiée à l'évaluation des hauts lieux forestiers méditerranéens, a toujours cherché à garder une compatibilité avec :

- toute la diversité d'intensité de gestion des forêts, des plus artificielles aux plus naturelles ;
- une utilisation possible dans un domaine géographique vaste (forêts tempérées d'Europe).

L'amélioration de la méthode à l'avenir gagnerait donc à se confronter à d'autres hauts lieux

choisis parmi la grande diversité des habitats de la France et de l'Europe. Forêt de plaine de Bialowieza (Pologne), hêtraies de Zofinski et Boubin (République Tchèque), de Lom, Pli-vitce, Rajenavski Rog dans les Balkans ou des forêts des Carpates ukrainienne, cembraie de God Tamangur (Suisse), laurisylve de Garajonay (Espagne),... sans oublier les hauts lieux français identifiés par d'autres auteurs (Greslier, 1993 ; Savoie *et al.*, 2011, Ladet et Bauvet, 2010 ; Libis, 2011). Ils sont autant de sites dans lesquels des peuplements pourraient être analysés avec la même méthode.

Vers des applications à la gestion

Naturalité et gestion productive

Toutes les sylvicultures productives modifient plus ou moins la naturalité, ne serait-ce qu'en prélevant du bois : elles ne sont toutefois pas du tout équivalentes (tableau 27). Connaître cet impact et, pour une même production et résultat économique, chercher des solutions minimisant les impacts les plus forts font partie des débats sylvicoles courants.

Une analyse spécifique serait à faire sur un échantillon de peuplements gérés pour la production de bois par des sylvicultures dites proches de la nature (irrégulière, SICPN, Pro Silva). Cela permettrait de mieux quantifier les atouts et lacunes de celles-ci vis-à-vis de la conservation de la naturalité (tableau 27).

Les applications de la sylviculture irrégulière continue proche de la nature (SICPN) sont assez diversifiées en termes de prise en compte des différents critères de naturalité et dépendent de l'interprétation du gestionnaire. Les questions de la conservation du bois mort, de TTGB et de l'indigénat notamment sont variables.

Par ailleurs, la comparaison de ces peuplements gérés pour la production de bois avec les hauts lieux de naturalité est une des clés de la réflexion pour une amélioration continue des sylvicultures irrégulières, continues et proches de la nature (Turckheim et Bruciamacchie, 2005). Cet enjeu est d'autant plus important en

Tableau 27. La naturalité et les grands types de sylviculture. Essai de synthèse à partir des sylvicultures moyennes. Les qualificatifs et seuils se rapportent à ceux de la méthode d'évaluation de la naturalité.

Types de gestion ou indicateur	Taillis simple	Futaie régulière	Futaie irrégulière continue proche de la nature	Cibles pour une gestion écosystémique	Référence naturelle
Diversité	Réduction par sélection des essences qui rejettent bien	Réduction drastique, 1 à 2 essences objectif maximum	Respect des essences commerciales adaptées à la station	Le modèle est la diversité naturelle des essences de chaque station	Variable mais généralement > 5 essences (sauf certaines hêtraies et sapinières)
Indigénat	Généralement indigène, mais essences introduites et envahissantes possibles (robinier)	Variable, toutes les essences introduites sont possibles.		> 90 % du couvert est indigène, envahissantes exclues	100 % indigène
Microhabitats des arbres vivants	Abondance et diversité nulle à faible	Fortement réduits, sauf dans les vieilles futaies à TGB (> 160 ans)	Réduit pour certains microhabitats rares notamment	Diversité et quantité de microhabitats élevées (diversité plafonnée > 10/ha)	
Structure	Fortement simplifiée verticalement et horizontalement	Simplifiée verticalement et horizontalement	Irrégulière en diamètre et hauteur, multi-stratifiée (sauf quelques cas particuliers)		
Maturité	Très jeune, absence de GB, TGB, TTGB et gros bois mort	Jeune à adulte, lacune en TGB, TTGB et bois mort	Adulte à mature, maintien possible d'un certain nombre de TTGB, lacune en gros bois mort,	Adulte à mature, maintien d'une provision continue de TGB > 10/ha, et de 20 m ³ /ha de bois mort	Jusqu'à âgée, nombre de TTGB > 10/ha fréquent, volume de bois mort > 50 m ³ /ha
Dynamique	Statut variable, présence uniquement des phases de régénération et croissance	Statut variable, absence des phases de vieillissement et écroulement	Statut variable, absence de la phase d'écroulement	Dominé par les dryades, représentation de toutes les phases	Dominé par les dryades, équilibre de toutes les phases
Continuité spatiale		Variable, ne dépend pas de l'échelle du peuplement et de la sylviculture			Continuité forestière totalement naturelle
Ancienneté		Variable, ne dépend pas de l'action du sylviculteur d'aujourd'hui			Ancienneté de l'état boisé et absence d'exploitation supérieure à 150 ans
Empreinte 1800-1960		Variable, ne dépend plus de l'action du sylviculteur d'aujourd'hui			Nulle à faible
Empreinte Après 1960	forte	Moyenne à forte	Moyenne à faible	Faible	Nulle à faible
Pressions dans les 50 ans à venir		Variable, ne dépend pas que de l'action du sylviculteur			variable, résilience optimale
Sentiment de nature	--	- à 0	0 à ++	+ à ++	+ à +++
Actions correctrices possibles pour la biodiversité à l'échelle du peuplement ou du paysage	Transformation en TSF, compensation indispensable par un réseau important d'arbres bios et morts, d'îlots de sénescence et réserves	Augmentation des âges d'exploitabilité, compensation indispensable par un réseau important d'arbres bios et morts, d'îlots de sénescence et réserves	Compensation si nécessaire par des arbres bios et morts, des îlots de sénescence et des réserves. Ces dernières sont une source d'inspiration pour la gestion	Compensation a priori non nécessaire pour la majorité des espèces forestières dépendant de l'échelle du peuplement.	

Méditerranée où ces sylvicultures sont aujourd'hui moins formalisées qu'en forêts tempérées, par manque d'expérience et de références.

Pour une stratégie de création de réserves et de réseaux d'îlots

Suivant les objectifs de la stratégie de création des aires protégées (SCAP), l'amélioration du réseau de protection des forêts est en cours. La logique mise en œuvre demeure toutefois encore trop souvent bâtie sur la recherche de la représentativité rigoureuse de la diversité des habitats ou une liste limitée d'espèces cible.

Cette dernière conception (largement présente dans la définition du réseau des RBI de l'ONF) semble dépassée aujourd'hui tant les dynamiques à l'œuvre (naturelles post-déprise et climatiques sous pression humaine) obligent toute stratégie de protection de la nature à la prise en compte de critères fonctionnels et spatio-temporels cruciaux à moyen terme (résilience, trames). La question de la naturalité, des grands espaces et de la nature férale (Schnitzler & Génot, 2012) semble également importante aujourd'hui à intégrer dans la SCAP.

De nombreux gestionnaires se préoccupent pour leur territoire de cela. Aussi, les projets d'inventaires de vieilles forêts ou de réseau d'îlots sur des territoires vastes sont nombreux (<http://www.foretsanciennes.fr/projets/autres-projets/projets-en-lien/>).

Parmi ceux-ci, signalons ceux des parcs nationaux. En Vanoise, l'approche de Libis (2011) est particulièrement intéressante et a été discutée dans ce rapport. Dans les Cévennes (Febvre, 2010) et le Mercantour (en cours), les gestionnaires cherchent à mettre en œuvre un réseau de vieilles forêts. Même en zone cœur,

les forêts à haute naturalité sont rares et le besoin de protection crucial.

Dans les réserves de biosphère, cette même problématique est développée en collaboration avec les acteurs. Cateau *et al.* (2013) s'inspirent de la méthode d'évaluation de la naturalité développée pour les hauts lieux pour, en la simplifiant, chercher à définir un réseau d'îlot répondant aux enjeux définis pour le massif du mont Ventoux. Sur le territoire de la Réserve de Biosphère du Luberon et de la montagne de Lure, un inventaire des vieilles forêts du territoire est en cours (http://www.pnrpaca.org/carto/luberon/n_foret_anciennes/flash/). Le volet terrain de ce projet utilise la méthode développée par cette étude.

Évaluer le bon état de conservation

L'évaluation du bon état de conservation des sites Natura 2000 (espèces et habitats) est un enjeu périodique et réglementaire. Une méthode a été proposée pour la France par Carnino (2009). Largement débattue, notamment pour les milieux forestiers, elle semble perfectible, notamment en mettant à profit tout le potentiel qu'apporte une analyse des critères de naturalité. Des analyses spécifiques en ce sens ont été conduites sur les forêts alluviales (Meurillon, 2011).

La méthode d'évaluation de la naturalité présentée n'a pas donné lieu à une adaptation dans ce but. Toutefois, tout comme l'IBP, il semble qu'elle puisse être utile en la matière. Une adaptation spécifique à cet objectif serait très utile.

La structure de la méthode d'évaluation de la naturalité permet également de mesurer et discuter le potentiel de restauration de la naturalité du peuplement décrit, ce qui présente un grand intérêt en termes de gestion conservatoire.

→

Hêtraie très âgée de Valle Cervara (PN des Abruzzes). Les hêtres les plus vieux dépassent les 500 ans.



RÉFÉRENCES

- Amandier, L., 2013. Étude floristique et structurale de quelques forêts matures de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Comparaison avec des forêts "ordinaires". Rapport CRPF PACA, 108 p.
- Bässler, C., Müller, J. 2010. Importance of natural disturbance for recovery of the rare polypore *Antrodiella citrinella* Niemelä & Ryvarden. *Fungal Biol.* 114, 129-133.
- Bergue, A. 2013. *Natura natura semper* (la nature sera toujours à naître). Un point de vue mésologique. Contribution écrite au colloque La naturalité en Mouvement, Le Pradel, 8 pages.
- Berthoud, A., 2009. Simplicité. Éditions Odile Jacob, 220 p.
- Blasi, C., Burrascano, S., Maturani, A., Sabatini, F.M., 2010. Foreste Vetuste in Italia Contributo Tematico alla Strategia Nazionale per la Biodiversita. Roma: ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del mare, 28 p.
- Blondel, J., 2006. The "design" of Mediterranean landscapes: a millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Human Ecology* 34(5):713-29.
- Blondel, J., Aronson, J., Bodiou, J.Y., Boeuf, G., 2010. The Mediterranean region: Biological Diversity in Space and Time. Oxford: Oxford University Press, 378 p.
- Boncina, A., 2011. History, current status and future prospects of uneven-aged forest management in the Dinaric region: an overview. *Forestry*, 84(5): 467-478.
- Bonin, G., Gamisans, J., Gruber, M., 1984. Étude des successions dynamiques de la végétation du massif de la Sainte-Baume (Provence). *Ecologia mediterranea*, tome IX (fascicule 3-4).
- Bottero, A., Garbarino, M., Dukic, V., Govedar, Z., Lingua, E., Nagel, T.A., Motta, R., 2011. Gap phase dynamics in the old-growth forest of Lom, Bosnia and Herzegovina. *Silva Fennica* 45(5): 875-887.
- Bruciamacchie, M., Petit, C-E., Cattani, A., Jacobée, F., Falcone, P., Schwoehrer, C., Gilg, O., Drapier, N., Legay, M., Chevalier, R., Bouget, C., 2005. Méthode de suivi d'espaces naturels protégés. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 42 p.
- Bruciamacchie, M., De Turckheim, B., 2005. La futaie irrégulière, Théorie et pratique de la sylviculture irrégulière, continue et proche de la nature. Éditions Edisud. 288 p.
- Burrascano, S., Keeton, W.S., Sabatini, F.M., Blasi, C., 2013. Commonality and variability in the structural attributes of moist temperate old-growth forests: A global review. *Forest Ecology and Management* 291:458-479.
- Calamini, G., Maltoni, A., Travaglini, D., Iovino, F., Nicolaci, A., Menguzzato, G., Corona, P., Ferrari, B., Di Santo, D., Chirici, G. and Lombardi, F., 2011. Stand structure attributes in potential Old-Growth Forests in the Apennines, Italy. *Ital. For. mont.* 66: 365-381.
- Carcaillet, C., Barakat, H., Panaïotis, C., Loisel, R., 1997. Fires ans late Holocene expansion of *Quercus ilex* and *Pinus Pinaster* in Fango valley (MAB reserve, in Corsica). *Journal of Vegetation Science*, 8(1):85-94.
- Carnino, N., 2009. État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site. Paris: SPN/ONF, 37 p.
- Cateau, E., Parrot, M., Reyna, K., Roux, A., Rossi, M., Bruciamacchie, M., Vallauri, D. 2013. Réseau d'îlots de vieux bois. Éléments de méthode et test dans les forêts publiques du Mont Ventoux. Rapport, 66 p.
- Chirici, G., Nocentini, S., 2010. Old-Growth Forests in Italy: Recent Research Developments and Future Perspectives. *L'Italia Forestale E Montana Rivista Di Politica Economia e Tecnica*, 65 (5): 475-480.
- Cointat, M., 1954. La dégradation des forêts dans le département du Gard. *Revue forestière française*, pp. 99-114.
- DGPAAT/IFN, 2010. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaine. Rapport, 202 pages
- Dudley, N. and Vallauri, D., 2004. Deadwood, Living Forests. Gland: WWF International, 19 p.
- Dudley, N., 2011. Authenticity in Nature: making Choices about the Naturalness of Ecosystems. London: Earthscan, 224 p.
- Dudley, N., Schlaepfer, R., Jackson, W., Jeanrenaud, J.P. and Stolton, S., 2007. Forest Quality: Assessing forests at a landscape scale. London: Earthscan, 186 p.
- Dupouey, J. L., Dambrine, E., Laffite, J. D., Moares, C., 2002. Irreversible Impact of Past Land Use On Forest Soils and Biodiversity. *Ecology* 83:2978-2984.
- Dupouey, J.-L., Sciama, D., Koerner, W., Dambrine, E., 2002. La végétation des forêts anciennes. *Revue forestière française*, 54 (6), 521-532.
- Emberger, C., Larrieu, L., Gonin, P., 2013. Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP). Document technique. Paris. Institut pour le développement forestier, 56 p.

- Febvre, V., 2010. Les forêts anciennes du parc national des Cévennes. Contribution à l'élaboration d'une stratégie de gestion et de préservation. Mémoire FIF-ENGREF. Nancy, 130 p.
- Flaugère, B., Marcelin, P., Khunholtz-Lordat, G., Joubert, A., 1931. L'enseignement de la Forêt de Valbonne. Annales de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier.
- Franklin, J.F., Berg, D.R., Thornburgh, D.A., Tappeiner, J.C. 1997. Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: Variable retention systems. In Kohm K.A., Franklin J.F. (eds.) *Creating a Forestry for the 21st Century: The Science of Forest Management*. Island Press, pp. 111-139.
- Garrigue, J., Magdalou, J.-A., Hurson, C., 2008. Les effets de la canicule et de la sécheresse sur la forêt de la Massane (Pyrénées-Orientales). *Forêt méditerranéenne*, XXIX(2): 183-189.
- Garrigue, J., Magdalou, J.-A., 2012. La Massane, Tour d'horizon 2012. FNRC, 20 p.
- Garrigue, J., Magdalou, J.-A., Grel, A., Boeuf, G., 2010. Enjeux et Actions, La Massane, une forêt à l'épreuve du temps. Réserve Naturelle de la Massane, Travaux 88: 1-28
- Gilg, O. 2004. Forêts à caractère naturel. Caractéristiques, conservation et suivi. Gestion des milieux et des espèces. Cahiers techniques ATEN, n°74, 89 p.
- Gonin P., Larrieu L., Martel S., 2012. L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) en région méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne*, XXXIII (2): 133-141.
- Gosselin, M., Laroussinie, O. (coord.) 2004. Biodiversité et gestion forestière. Synthèse bibliographique. Cemagref Editions, collection Études, 320 p.
- Greslier, N., 1993. Inventaire des forêts subnaturelles de l'arc alpin français. Nancy. Mémoire FIF-ENGREF. 65 p. + annexes.
- Guilaine, J. 2001. Changeons d'échelles : pour la très longue durée, pour de larges espaces. *Forêt méditerranéenne*, XXII(2):123-129.
- Hermey, M., Honnay, O., Firbank, L., Grashof-Bokdam, C., Lawesson, J.E., 1999. An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation*, 91: 9-22.
- Hughes, D.J., Thirgood, J.V., 1982. Deforestation, Erosion and Forest management in Ancient Greece and Rome. *Journal of Forest History* 26 (2): 60-75.
- Ladet, A., Bauvet, C., 2010. Inventaire des vieilles forêts de montagne dans le département de l'Ardèche, mise au point de la méthodologie et inventaire préliminaire, FRAPNA 07, 52 p.
- Larrieu, L., Cabanettes, A., & Delarue, A., 2011. Impact of silviculture on dead wood and on the distribution and frequency of tree microhabitats in mountain beech-fir forests of the Pyrenees. *European Journal of Forest Research*, 131(3), 773-786.
- Larrieu, L., Gonin, P., 2008. L'indice de biodiversité potentielle (IBP) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *Revue Forestière Française*, vol LX, n°6, p. 727-748.
- Larrieu, L., Gonin, P., Deconchat, M., 2012. Le domaine d'application de l'indice de biodiversité potentielle (IBP). *Revue forestière française*, vol LXIV, n°5, p. 701-710.
- Le Quéau, P., Dodelin B., Paillet Y., 2010. Convergences écologiques et sociologiques sur la naturalité forestière, ou les formes de la naturalité. In D. Vallauri et al. (Eds.) *Biodiversité, Naturalité, Humanité- Pour inspirer la gestion des forêts*. Paris : Tec et Doc Lavoisier, pp.169-177.
- Lempérière, G., Marage, D., 2010. The influence of forest management and habitat on insect communities associated with dead wood: a case study in forests of the southern French Alps. *Insect Conservation and Diversity*, 3: 236-245.
- Libis, E., 2011. Inventaire et caractérisation des forêts à caractère naturel de l'espace Vanoise. Nancy: mémoire FIF-ENGREF, 130 p.
- Lindermayer, D.B., Franklin, J.F. 2002. *Conserving forest biodiversity. A comprehensive multiscaled approach*. Island Press, 352 p.
- Lombardi, F., Chirici, G., Marchetti, M., Tognetti, R., Lasserre, B., Corona, P., Barbati, A., Ferrari, B., Di Paolo, S., Giuliarelli, D., Mason, F., Iovino, F., Nicolaci, A., Bianchi, L., Maltoni, A., Travaglini, D., 2010. Deadwood in forest stands close to oldgrowthness under Mediterranean conditions in the Italian Peninsula. *L'Italia Forestale e montana*, 65(5): 481-504.
- Lorber, D., Vallauri, D., 2007. Contribution à l'Analyse des Forêts Anciennes méditerranéennes : critères et indicateurs du gradient de naturalité. Marseille : WWF France, 91 p.
- Mansourian, S., Rossi, M., Vallauri, D., 2013. Ancient Forests in the Northern Mediterranean: Neglected High Conservation Value Areas. Marseille, WWF France, 80 p.

- Marage, D., Lemperière, G., 2005. The management of snags: a comparison in managed and unmanaged ancient forests of the southern French Alps. *Annals of Forest Science*, 62: 135-142.
- Marinček, L., Marinšek, A., 2004. Vegetation of the Pečka Virgin Forest Remnant. *Hacquetia* 3(2): 5-27.
- Martin, M., 2012. Étude des forêts anciennes du massif des Maures (83) selon le protocole d'évaluation du degré de naturalité du WWF. Nancy. Rapport de stage de licence professionnelle. Université de Lorraine.
- Mather, A.S., 1992. The forest transition. *Area* 24(4): 367-379.
- Mather, A.S., Fairbairn, J., Needle, C.L., 1999. The course and drivers of the forest transition: The case of France. *Journal of Rural Studies*, 15(1): 65-90.
- Médail, F., Diadema, K., 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36: 1333-1345.
- Quézel P., Médail F. 2003. Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier (Collection Environnement), Paris, 573 p.
- Meurillon, I., 2011. Évaluation de l'état de conservation des milieux alluviaux dans les réserves naturelles, application et finalisation de protocoles. Nancy. Mémoire FIF-ENGREF, 115 p.
- Morge, A. (sous presse). Représentation sociale, perception de la naturalité et sentiment de nature au mont Ventoux (Vaucluse). Une approche psychosociale. Marseille, WWF France.
- Morge, A., 2012. Représentation sociale, perceptions et sentiment de nature inspirés par le bois de Païolive (Ardèche). Marseille, WWF France, 73 p.
- Nagel, T. A., Diaci, J., Rozenbergar, D., Rugani, T., Firm, D., 2012. Old-growth forest reserves in Slovenia: the past, present, and future. *Schweiz Z Forstwes*, 163(6): 240-246.
- Norsted, G., Bader, P., Ericson, L., 2001. Polypores as indicators of conservation value in Corsican pine forests. *Biol. Conserv.* 99:347-354.
- Paillet, Y., Le Quéau, P., & Dodelin, B., 2009. "Into the wild": Convergences écologiques et sociologiques sur la perception de la naturalité des forêts de Chartreuse. *Ingénieries EAT*, n°57-58, 43-51.
- Panaïotis, C., 1994. Diversité structurale des formations forestières à chêne vert (*Quercus ilex* L.) et des maquis de la forêt domaniale du Fango (Réserve de la Biosphère). *Travaux Scientifiques du Parc Naturel Régional de Corse et des Réserves Naturelles*, 48 :1-68.
- Panaïotis, C., 2005. Dynamique naturelle et gestion forestière. Le cas de la réserve MAB du Fango (Corse). *Premières rencontres : réserves de biosphère - réserves naturelles. Quelle place pour la naturalité dans la gestion des territoires ? Séminaire Vosges du Nord-Pfalzerwald*, 9 p.
- Panaïotis, C., Carcaillet, C., M'Hamedi, M., 1997. Determination of the natural mortality of an holm oak (*Quercus ilex* L.) stand in Corsica (Mediterranean Island). *Acta Oecologica*, 18 (5):519-530.
- Panaïotis, C., Loisel R, Roux M., 1998. Analysis of vegetation response to naturally occurring gaps in old-growth forests of *Quercus ilex* L. in Corsica. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1125-1134.
- Panaïotis, C., Loisel, R., Paradis G., 1995. Dating natural gaps in the holm oak forest (*Quercus ilex* L.) in Fangu MAB Reserve (Corsica) by reading rings of maquis components. *Ann. Sc. Forest.*, 52 : 477-487.
- Penttilä R., Siitonen J., Kuusinen M., 2004. Polypore diversity in managed and old-growth boreal *Picea abies* forests in southern Finland. *Biological Conservation*. Volume 117, Issue 3, pp. 271-283
- Peterken, G.F., 1996. *Natural Woodland: Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. Cambridge:Cambridge University Press, 540 p.
- Piovesan, G., Di Filippo, A., Alessandrini, A., Biondi, F., Schirone, B., 2005. Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth *Fagus* forest in the Apennines *Journal of Vegetation Science*, 16: 13-28.
- Pont B., 2001. Suivi à long terme de la dynamique spontanée des forêts alluviales dans les Réserves naturelles de France. *Revue Forestière Française*, vol. LIII, numéro spécial, pp. 368-371.
- Quézel, P. and Médail, F., 2003. La forêt méditerranéenne : espace naturel ? Quelles situations ? Que faut-il entendre par "forêts méditerranéennes" ? *Forêt méditerranéenne* XXIV(1): 11-31.
- Rameau, J.-C., Mansion, D., Dumé, G., & Gauberville, C., 2008. *Flore forestière française, tome 3 Région méditerranéenne*. Dijon-Quetigny. IDF, 2426 p.
- Ranius, T., Hedin J., 2001. The dispersal rate of a beetle, *Osmoderma eremita*, living in tree hollows. *Oecologia*, 126(3):363-370.

- Reille, M., Andrieu, V., Beaulieu (de), J.L., 1996. Les grands traits de l'histoire de la végétation des montagnes méditerranéennes occidentales. *Ecologie*, 27 (3): 153-169.
- Remm, J., Löhmus, A., 2011. Tree cavities in forests. The broad distribution pattern of a keystone structure for biodiversity. *Forest Ecology and Management*. Volume 262, Issue 4, pp 579–585.
- Richard, F., Millot, S., Gardes, M., Selosse, M., 2005. Diversity and specificity of ectomycorrhizal fungi retrieved from an old-growth mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *New Phytologist*, 166, 1011-1023.
- Richard, F., Moreau, P.-A., Selosse, M.-A. and Gardes, M., 2004. Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi in an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *Can. J. Bot.*, 82: 1711–1729.
- Rossi, M., Vallauri, D. 2013. Evaluer la naturalité. Guide pratique, version 1.2. WWF, Marseille.
- Sablain, V., 2003. Rapport de présentation en vue de la création de la réserve et Premier plan de gestion (2004-2013). ONF, 70 p.
- Savoie J.M. (coordinateur), Bartoli M., Brin A., Brustel H., Celle J., Corriol G., Coste C., Hannoire C., Harrel M., Larriue L., Sarthou V., Valladares L. 2011. Forêts pyrénéennes anciennes de Midi-Pyrénées. Rapport d'étude de projet FEDER 2008-2011. École d'Ingénieurs de PUR-PAN/DREAL Midi-Pyrénées, 320 p.
- Schmit, J., Lodge, D., 2005. Classical methods and modern analysis for studying fungal diversity. Third edition (Mycology Volume 3). CRC Taylor & Francis, p 193-214: In: Dighton J, White J, Oudemans P (ed.). *The fungal community; Its organization and role in the ecosystem*.
- Schnitzler, A., Génot, J.-C., 2012. *La France des friches*. Éditions Quae, 192 p.
- Schnitzler, A. 2003. Vers un réseau de réserves intégrales dans une matrice de gestion durable. In Vallauri D. (coord.) 2003. *Livre blanc sur la protection des forêts naturelles en France*. Forêts métropolitaines. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 227-233.
- Thirgood, J.V., 1981. *Man and the Mediterranean forest: a history of resource depletion*. London: Academic Press, 194 p.
- Travé, J., 2000. La Réserve Naturelle de la Massane. Un exemple de forêt ancienne protégée. *Forêt méditerranéenne*, XXI (2) : 278-282.
- Travé, J., Duran, F., Garrigue, J. 1999. Biodiversité, richesse spécifique, naturalité: L'exemple de la Réserve Naturelle de la Massane. *Réserve Naturelle de la Massane, Travaux scientifiques*, 50: 1-30.
- Vallauri, D., Grel, A., Granier, E., Dupouey, J.L. 2012. Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forêts actuelles. Rapport WWF/INRA, Marseille, 64 pages + CD
- Vallauri, D., Lorber, D., Peters, P., Pimenta R., 2009. Contribution à l'analyse des forêts anciennes de Méditerranée. 2. Critères et indicateurs d'empreinte humaine. Rapport WWF, Marseille, 62 pages + annexes.
- Vallauri, D. (coord.), 2003. *Livre blanc sur la protection des forêts naturelles en France*. Forêts métropolitaines. Paris : Lavoisier, Tec & Doc, 261 p.
- Vallauri, D., 2007. Biodiversité, naturalité, humanité. Application à l'évaluation des forêts et de la qualité de la gestion. Rapport scientifique. Marseille, WWF France, 86 p.
- Vallauri, D., André, J., Dodelin, B., Eynard-Machet, R., Rambaud, D. (coord.), 2005. *Bois mort et à cavités, une clé pour des forêts vivantes*. Paris : Lavoisier, Tec & Doc, 404 p.
- Vallauri, D., André, J., Génot, J.-C., De Palma, J.-P. and Eynard-Machet, R. (coord.), 2010. *Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forêts*. Tec & Doc, 474 p.
- Wesołowski, T., 2012. Lifespan of non-excavated holes in a primeval temperate forest: A 30 year study. *Biological Conservation*, 153 :118–126.

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des critères et indicateurs relatifs à la nature de la méthode d'évaluation de la naturalité des forêts version 1.1.	20
Tableau 2. Liste des critères et indicateurs d'empreinte écologique humaine	21
Tableau 3. Liste des critères et indicateurs de la méthode d'évaluation version 1.1 de la naturalité des forêts	22
Tableau 4. Liste des critères et facteurs de l'indice de biodiversité potentielle	24
Tableau 5. Liste des 33 forêts ayant fait l'objet d'au moins une évaluation complète.....	28
Tableau 6. Notes moyennes obtenues pour le critère <i>Diversité des arbres</i> pour les 52 peuplements de l'échantillon.....	34
Tableau 7. Notes moyennes obtenues pour le critère <i>Diversité des habitats associés</i> et chaque indicateur qui le compose pour les 52 peuplements.....	36
Tableau 8. Note moyennes obtenues pour les 52 peuplements pour le critère <i>Microhabitats des arbres</i> et les trois indicateurs qui le composent	37
Tableau 9. Résultats obtenus pour le critère <i>Complexité structurale</i> pour les 52 peuplements.....	40
Tableau 10. Notes moyennes obtenues pour le critère <i>Maturité</i> pour les 52 peuplements.....	41
Tableau 11. Notes moyennes obtenues pour l'empreinte 1800-1960 pour les 52 peuplements.....	47
Tableau 12. Notes moyennes obtenues pour <i>Pressions dans les 50 ans à venir</i> pour les 52 peuplements.....	49
Tableau 13. Proportion d'occurrence des termes explicatifs du sentiment de nature ressenti, regroupés par catégories et en fonction du niveau de sentiment de nature	54
Tableau 14. Liste des termes évocateurs cités classés par groupes	55
Tableau 15. Carottages effectués à Zonza (Corse), permettant d'estimer les accroissements et âges des sapins	70
Tableau 16. Moyenne et écart-type de chacun des critères pour chaque type d'habitat forestier	74
Tableau 17. Les quatre premiers axes de l'AFC, réalisée sur tous les indicateurs de naturalité et 49 peuplements	77
Tableau 18. Les 6 groupes de peuplements définis par la CAH	78
Tableau 19. Moyenne et écart-type de chacun des critères pour les 7 groupes de peuplements définis par la CAH	79
Tableau 20. Coefficient de corrélation (r^2) entre indicateurs.....	99
Tableau 21. Peuplements mature ou âgé présentant une absence de TTGB.....	103
Tableau 22. Moyenne et écart-type des indices synthétiques de naturalité et d'empreinte pour les groupes	113
Tableau 23. Moyenne et écart-type des indices synthétiques de naturalité pour les principaux habitats étudiés	113
Tableau 24. Top 10 des hauts lieux inventoriés en fonction des indices synthétiques	115
Tableau 25. Nombre d'indicateurs contribuant à 2 indices synthétiques retenus pour l'analyse, l'IBP (Larrieu et Gonin, 2008) et celui de Libis (2011).....	116
Tableau 26. Comparaison des indices synthétiques de naturalité pour 2 hauts lieux de naturalité de Vanoise	121
Tableau 27. La naturalité et les grands types de sylviculture. Essai de synthèse à partir des sylvicultures moyennes.....	133

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Présentation schématique de la stratégie opérationnelle du programme du WWF sur les forêts anciennes de la Méditerranée et des montagnes limitrophes (phase 2010-2013).....	16
Figure 2. Exemple d'un graphe radar synthétisant l'évaluation des principaux critères de naturalité (version 1.1 de la méthode).....	22
Figure 3. Exemples de graphiques IBP.....	23
Figure 4. Localisation des 33 forêts étudiées.....	26
Figure 5. Répartition des peuplements étudiés en fonction des types d'habitat forestier.....	27
Figure 6. Répartition des peuplements en fonction de la note totale de l'IBP et de la note des facteurs liés à la gestion.....	30
Figure 7. Proportion des peuplements de l'échantillon obtenant les notes 5 (foncé), 2 (medium), 0 (clair) pour les 10 indicateurs de l'IBP.....	31
Figure 8. Proportion des notes des 52 peuplements pour le critère <i>Diversité des arbres</i> et les 2 indicateurs qui le composent.....	35
Figure 9. Proportion des 52 peuplements suivant leur note pour le critère <i>Patrimonialité</i> et les 2 indicateurs qui le composent.....	35
Figure 10. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère <i>Microhabitats des arbres</i> et les 3 indicateurs qui le composent.....	38
Figure 11. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère <i>Complexité structurale</i> et les 3 indicateurs qui le composent.....	40
Figure 12. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère <i>Maturité</i> et les 3 indicateurs qui le composent.....	41
Figure 13. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère <i>Dynamique</i> et les 2 indicateurs qui le composent.....	43
Figure 14. Proportion des 52 peuplements suivant les notes du critère <i>Continuité spatiale</i> et les 2 indicateurs qui le composent.....	44
Figure 15. Proportion des 52 peuplements suivant la note d' <i>Empreinte Après 1960</i> et les 4 indicateurs qui le composent.....	46
Figure 16. Proportion des 52 peuplements suivant les notes d' <i>Empreinte 1800-1960</i> et les 3 indicateurs qui le composent.....	47
Figure 17. Nombre de peuplements de l'échantillon par classes de pente et type d'habitat forestier.....	48
Figure 18. Nombre de peuplements en fonction du statut foncier et de l'habitat.....	50
Figure 19. Notes obtenues pour le <i>Sentiment de Nature</i> pour les 69 peuplements ayant fait l'objet d'une évaluation complète ou d'une évaluation rapide.....	52
Figure 20. Nombre de peuplements en fonction du statut foncier et de l'habitat.....	53
Figure 21. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour 14 suberaies.....	58
Figure 22. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 5 chênaies vertes.....	60
Figure 23. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 11 chênaies blanches.....	62
Figure 24. Nombre de peuplements en fonction de la catégorie de statuts de protection UICN et du type d'habitat forestier.....	64
Figure 25. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 10 hêtraies.....	65
Figure 26. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 10 hêtraies-sapinières.....	67

Figure 27. Part de chaque type de microhabitats dans la note de l'indicateur <i>Diversité des microhabitats</i> en fonction du type d'habitat forestier	67
Figure 28. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 9 sapinières	69
Figure 29. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 2 peuplements de pin laricio	71
Figure 30. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 3 cembraies-mélézins	73
Figure 31. Distribution des peuplements selon les axes 1 et 3 de l'AFC	77
Figure 32. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 3 peuplements du groupe A (peuplements à naturalité la plus forte de l'échantillon)	80
Figure 33. Part de chaque type de microhabitats dans la note de l'indicateur <i>Diversité des microhabitats</i> en fonction des groupes issus de la CAH	81
Figure 34. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité et de diversité pour le peuplement du Corral dels Porcs (La Massane)	82
Figure 35. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 3 peuplements du groupe B1 (peuplements à très forte naturalité mais peu diversifiés)	83
Figure 36. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité et de diversité dans le peuplement de la vallée de la Luvana (forêt communale de Zicavo)	84
Figure 37. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 3 peuplements du groupe B2 (peuplements à forte naturalité et diversifiés)	85
Figure 38. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité et de diversité pour le peuplement de la Combe de Lavanche (Bois du Chapitre)	86
Figure 39. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 3 peuplements du groupe C (peuplements à naturalité intermédiaire et d'habitat patrimonial)	88
Figure 40. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité et de diversité pour le peuplement d'Omita (Fangu)	89
Figure 41. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 3 peuplements du groupe D (Peuplements à naturalité intermédiaire)	90
Figure 42. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité et de diversité pour le peuplement de la Resclause (la Pinata)	91
Figure 43. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 8 peuplements du groupe E (peuplements à naturalité moyenne)	92
Figure 44. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité et de diversité pour le peuplement de la Crompe (la Valbonne)	93
Figure 45. Profil des notes moyennes obtenues pour tous les critères pour les 5 peuplements du groupe F (peuplements à naturalité la plus faible de l'échantillon et impactés par l'exploitation)	94
Figure 46. Notes obtenues pour chaque critère de naturalité et de diversité pour le peuplement de Tête d'Alpe	95
Figure 47. Relation entre les deux indicateurs du critère <i>Diversité spécifique des arbres</i> : Biodiversité associée via le nombre de genres et <i>Richesse des essences indigènes</i>	99
Figure 48. Fréquences comparées de chaque classe de note pour le critère <i>Microhabitats des arbres</i> dans l'échantillon (52 peuplements), selon la version de la méthode	101
Figure 49. Nombre de TTGB par hectare en fonction de la hauteur dominante	103
Figure 50. Fréquences comparées de chaque classe de note pour le critère <i>Maturité</i> dans l'échantillon (52 peuplements), selon la version de la méthode	105

Figure 51. Relation entre les notes obtenues pour les indicateurs <i>Date de dernière coupe</i> et <i>Nombre de souches</i> (critère <i>Exploitation du bois après 1960</i>).....	106
Figure 52. Poids de chacun des critères et indicateurs dans l'indice générique de naturalité.....	108
Figure 53. Poids de chacun des indicateurs d'un indice de naturalité spécifique aux hauts lieux.....	108
Figure 54. Poids de chacun des critères et indicateurs dans l'indice générique d'empreinte humaine.....	110
Figure 55. Poids de chacun des indicateurs sélectionnés dans l'indice synthétique d'empreinte humaine.....	110
Figure 56. Répartition des peuplements, en fonction de l'indice générique de naturalité et d'empreinte humaine.....	111
Figure 57. Répartition des peuplements en fonction des indices de naturalité et d'empreinte humaine spécifiques aux hauts lieux.....	111
Figure 58. Distribution des poids des facteurs dans l'indice de biodiversité potentielle (Larrieu & Gonin, 2008), présentée selon la grille de lecture de la méthode d'évaluation de la naturalité.....	117
Figure 59. Comparaison de l'indice générique de naturalité et de l'IBP pour les 52 peuplements évalués.....	119
Figure 60. Comparaison des valeurs de l'indice générique d'empreinte humaine et de l'IBP pour les 52 peuplements de l'échantillon.....	119
Figure 61. Distribution des poids des facteurs dans l'indice de Libis (2011), présentée selon la grille de lecture de la méthode d'évaluation de la naturalité.....	120
Figure 62. La valeur des indices de naturalité et d'empreinte spécifiques aux hauts lieux pour une partie de l'échantillon (INhl > 7) et quelques autres forêts de référence.....	122

SOMMAIRE DES ANNEXES NUMÉRIQUES

Les méthodes et outils

- Fiche d'évaluation complète de la naturalité, version 1.1
- Fiche d'évaluation complète de la naturalité, version 1.2
- Field sheet for the complete evaluation of naturalness, version 1.2 
- Fiche d'évaluation rapide de la naturalité, version 1.2
- Field sheet for the rapid assessment of naturalness, version 1.2 
- Aide-terrain
- Tableur de saisie version 1.2
- Fiche IBP version 2.7 ACM

Les résultats

- Fiches d'évaluation complète de la naturalité des 52 peuplements (version 1.1)
- Valeurs des indices pour les 52 peuplements évalués

Bibliographie détaillée par site

- Forêt d'Aiguines
- Bois du Chapitre
- Chartreuse de Valbonne
- Forêt du Fangu
- Forêt de La Massane
- Forêt de la Sainte-Baume

Maquette
Sambou-Dubois

Impression
France Documents
Papier 100 % recyclé



Résumé - Forêts anciennes de Méditerranée française et des montagnes limitrophes. Références pour la naturalité régionale.

Ce rapport propose de caractériser la naturalité des forêts méditerranéennes. Une méthode multicritère d'évaluation de la naturalité est proposée à l'échelle du peuplement. 52 peuplements ont fait l'objet d'une évaluation ; ils sont représentatifs de la diversité des hauts lieux forestiers des 15 départements du sud de la France, de l'étage méso- méditerranéen au subalpin. Les peuplements de l'échantillon sont en moyenne caractérisés par une diversité des arbres relativement élevée (supérieure à 5 espèces, à l'exception notable de quelques hêtraies), une grande densité de microhabitats (diversité plafonnée supérieure à 10/ha, plus de 5 loges de pics/ha pour la moitié de l'échantillon), une structure irrégulière au moins en diamètre, une surface terrière supérieure à 25 m²/ha, un âge du peuplement avancé (au moins la moitié de la longévité de l'essence), un nombre de très très gros bois (TTGB) et un volume de bois mort variables (mais parfois supérieur à 10 TTGB/ha et à 50 m³/ha de bois mort pour les peuplements les plus naturels), une dynamique dominée par les dryades mais comportant rarement toutes les phases de la sylvigénèse. L'empreinte humaine est généralement faible après 1960 mais importante avant (pâturage, charbonnage, etc.). La non exploitation du bois est attestée depuis 1880 à La Massane, 1886 à Comus et 1897 à Lente. Une analyse factorielle conduit à l'ordination de l'échantillon en 7 groupes de naturalité croissante, puis une recherche d'indice synthétique est engagée. Selon les indices proposés, les peuplements de plus haute naturalité sont des sapinières ou hêtraies-sapinières (Bois noir de Breil, Zonza, Bois du Chapitre). Une sapinière du Ventoux ainsi que les hêtraies de Zicavo et La Massane suivent, avec un indice de naturalité spécifique aux hauts lieux supérieur à 8/10. Pour les autres habitats, quelques peuplements se démarquent (chêne vert du Fangu – Omita, exceptionnel pour l'habitat ; chênaie blanche de Montchamp à Païolive ; avec un indice de naturalité spécifique supérieur à 7/10). Ces résultats ouvrent une discussion générale sur l'amélioration de la méthode proposée pour l'évaluation de la naturalité à l'échelle du peuplement et sur les perspectives d'application à la gestion, qu'elle soit productive ou conservatoire.



Magali Rossi
mrossi@wwf.fr

Daniel Vallauri
dvallauri@wwf.fr

Pierre Bardin

Eugénie Cateau

WWF
6 rue des Fabres
F-13001 Marseille
dvallauri@wwf.fr

<http://www.foretsanciennes.fr/>