CONNAÎTRE SENSIBILISER ASSISTER CONSERVER

2017

Identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central

État des connaissances – boîte-à-outils – perspectives

Conservatoire Botanique National

MASSIF CENTRAL

Identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central

État des connaissances – boîte-à-outils – perspectives

2017

Rédaction des synthèses et parties générales, coordination contributions thématiques

Benoît RENAUX & Anne VILLEMEY

Contributions thématiques :

Grégory AGNELLO (Evinerude : Lichens), Raphaël BEC (IPAMAC : Cartes d'État-major), Benjamin CALMONT (SHNAO : Coléoptères saproxyliques), Jaoua CELLE (CBN Massif central : Bryophytes), Émilie DUPUY (CEN Auvergne : Micromammifères), Lilian GIRARD (Chauve-souris Auvergne : Chauves-souris), Maud GIRONDE-DUCHER (ONF : Archives forestières), Laurent LATHUILLIERE (ONF : Archives forestières et Structure des peuplements), Solenne MULLER (CPIE du Velay : Amphibiens), Benoît RENAUX (CBN Massif central : Flore vasculaire, Champignons, Trame forestière, Sol et archéologie, Structure des peuplements), Aurélie SOISSONS (CEN Auvergne : Syrphes), Pierre TOURET (LPO Auvergne : Oiseaux), Anne VILLEMEY (CBN Massif central : Cartes d'État-major, Flore vasculaire, Champignons, Trame forestière), Sylvain VRIGNAUD (Gastéropodes)

Enquête sur les projets et études en cours ou réalisés dans le massif central, sur les forêts anciennes, matures et à haute valeur écologique :

Anne VILLEMEY (CBN Massif central), Magali ROSSI (REFORA), Émilie DUPUY (CEN Auvergne)

Cartographie

Véronique HAMANDJAN, Mathieu MERCIER, Thierry VERGNE, Anne VILLEMEY

Saisie CHLORIS®

Céline GOUDARD

Coordination générale du projet

Benoît RENAUX & Juliette TILLIARD-BLONDEL

Relecture

Laurent CHABROL & Juliette TILLIARD-BLONDEL

Conservatoire Botanique National

MASSIF CENTRAL

Ce programme
« Identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central » est financé par :

Le projet « Outils pour identifier et caractériser les FA du Massif central » est cofinancé(e) par l'Union européenne. L'Europe s'engage dans le Massif central avec le fonds européen de développement régional.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Opération soutenue par l'État
FONDS NATIONAL D'AMÉNAGEMENT ET DE DÉVELOPPEMENT DU TERRITOIRE

RÉGION Nouvelle-Aquitaine

Allier le Département

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

Retrouvez les résultats complets, la boîte-à-outils, l'enquête, l'appel à témoignage ainsi que l'actualité du programme « Forêts anciennes du Massif central » du CBNMC sur notre site internet : **http://cbnmc.fr/forets_anciennes**

web

Ce document doit être référencé comme suit :
RENAUX B. & VILLEMEY A. (coord.) 2017. – *Identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central*. *État des connaissances – boîte-à-outils – perspectives*. Conservatoire botanique national du Massif central \ Union Européenne (FEDER Massif central), République française (FNADT), Région Auvergne-Rhône-Alpes, Région Nouvelle-Aquitaine, Département de l'Allier, 94 p. + 1 volume d'annexes.

Les contributions thématiques de l'annexe 2 sont à référencer sous la forme « Prénom1 NOM1, Prénom2 NOM2 & Prénom3 NOM3, date du document, Nom de la contribution *in* » suivi de la référence générale du document citée précédemment (« RENAUX B. & VILLEMEY A. (coord.) 2017. – *Identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central*. … 94 p. + 1 volume d'annexes »

Date de parution : mars 2017

Conservatoire Botanique National
MASSIF CENTRAL

REMERCIEMENTS

En plus des contributeurs à la boîte-à-outils, aux synthèses thématiques et à l'enquête sur les études et programmes relatifs aux forêts anciennes matures et à haute valeur de conservation dans le Massif central (voir auteurs), qui ont également participé aux ateliers et groupes de travail, nous remercions ici toutes celles et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce programme, notamment en participant aux ateliers de travail organisés par le CBNMC et au comité scientifique du projet, ou simplement à l'occasion d'échanges techniques plus informels,

Juliet ABADIE, Anaïs AELLEN, Jean ANDRE, Catherine AVON, Mathieu BACONNET, Olivier BARDET, Nicole BARRIERE, Alain-Gilles BASTIDE, Corinne BAUVET, Raphaël BEC, Medhi BECUWE, Luc BELENGUIER, Laurent BERGES, Laurent BERNARD, Philippe BERTRAND, Julie BERTROU, Bernard BOISSON, Marie BONNEVIALLE, Nathalie BOUDOUL, Guillaume BOYER, Magali BOYER, Didier BRANCA, Antoine BRIN, Olivier BROUSSEAU, Jérôme BUSSIERE, Albane CHALEAT, André CHARLES, François CHIFFET, Aurélien CLAVREUL, Philippe COCHET, Loïc COMMAGNAC, Jean-Claude CORBEL, Stéphane CORDONNIER, Gilles CORRIOL, Maria Filomena DA PALMA, Sylvie DALLET, Laure DANGLA, Albert DAVID, Roland DE MILLER, Marie-Christine DELABRE, Mélanie DESCAMPS, Maria DIAZ DE QUIJANO, Régis DIDIER, Christine DODELIN, Jean-Luc DUPOUEY, Bernard ETLICHER, Sandrine GARDET, Grégoire GAUTIER, Alain GERVAISE, Jean-Marc GHITTI, Sophie GIRAUD, Natacha GRANGER, Francis HALLÉ, Etienne HERAULT, Jean-François HOLTHOF, Philippe JANSSEN, Annick JAVOUREZ, Vincent JUILLET, Floriane KONDRATOW, Alain LADET, Anaïs LAFAYE, Thierry LALLEMAND, Alexandra LECOMTE, Mickaël LECOQUEN, Nathanaël LEFEBVRE, Jonathan LENOIR, Laura LEOTOING, Jean LETERME, Marc LUTZ, Sylvain MARSY, Albane MATRICON, Dominique MAURIN, Cindy MERLOT, Élodie MICHEL, Cathy MIGNON-LINET, Pierre MOSSANT, Didier MULNET, Nadine NOGARET, Yoan PAILLET, Sandrine PARADIS, Martin PAVLIK, Vincent PERREZ, Florent PERRIER, Anthony PORTE, Marie-Anne REVAKA, Elsa RIVAUD, Bruno ROLLAND, Romain ROUAUD, René ROUSTIDE, Caroline SALOMON, Florence SEMIOND, Maryse TORT, Thierry TOUZET, Daniel VALLAURI, Franck WATEL,

ainsi que Léo MALZIEU pour son travail de stage de Master 2, qui a jeté les bases du travail réalisé sur la flore vasculaire et l'ancienneté,

et au sein du Conservatoire botanique national du Massif central les collègues ayant contribué au programme sur les forêts anciennes, en particulier Philippe ANTONETTI, Laurent CHABROL, Guillaume CHOISNET, Vincent HUGONNOT, Vincent LÉTOUBLON, Mickaël MADY, Luce MANSOT, Amandine MONTAIGNE, Olivier NAWROT, Pascale NOËL, Stéphane PERERA et Marine POUVREAU.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 4

2. ENJEUX ET DÉFINITIONS 6

2.1. Les enjeux de la biodiversité forestière 6

2.1.1. La forêt, enjeu majeur pour la biodiversité dans le Massif central 6

2.1.2. Les forêts anciennes et à caractère naturel, un patrimoine rare et remarquable 6

2.1.3. Un patrimoine menacé 7

2.2. L'ancienneté, un long héritage 9

2.3. Vieux bois et maturité 10

2.4. Autres paramètres liés à la maturité 11

2.5. Intégrité de structure et de composition du peuplement 12

2.6. Continuité spatiale 16

2.7. Naturalité, état de conservation, biodiversité 16

3. ENQUÊTE SUR LES PROJETS ET ÉTUDES EN COURS OU RÉALISÉS DANS LE MASSIF CENTRAL, SUR LES FORÊTS ANCIENNES, MATURES ET À HAUTE VALEUR ÉCOLOGIQUE 18

3.1. Résultats généraux 18

3.2. Types de projets 21

3.2.1. Inventaire de peuplements forestiers anciens, matures ou à haute valeur écologique 21

3.2.2. Inventaire d'espèces liées aux forêts anciennes et/ou matures 22

3.2.3. Numérisation de cartes anciennes 23

4. BOITE-À-OUTILS 24

4.1. Contexte et objectifs 24

4.2. Synthèses des résultats 26

4.2.1. Contributions par groupes taxonomiques et espèces bioindicatrices 26

4.2.2. Contributions pour les autres thématiques 27

4.2.3. Groupes ou thématiques ayant donné lieu à production d'une synthèse bibliographique sans production d'un outil directement utilisable 27

4.3. La boîte-à-outils 29

4.3.1. Archives forestières 30

4.3.2. Cartes d'État-major 32

4.3.3. Sol et archéologie 35

4.3.4. Structure des peuplements 36

4.3.5. Trame forestière 38

4.3.6. Coléoptères saproxyliques 40

4.3.7. Flore vasculaire 42

4.3.8. Lichens 43

4.4. Résumé des synthèses n'ayant pas donné lieu à la réalisation d'un outil 48

4.4.1. Amphibiens 48

4.4.2. Bryophytes 48

4.4.3. Champignons 49

4.4.4. Chauves-souris 49

4.4.5. Gastéropodes 50

4.4.6. Micromammifères 51

4.4.7. Oiseaux 51

5. BILAN ET PERSPECTIVES 52

5.1. Les forêts anciennes, une thématique forte pour le Massif central 52

5.1.1. État d'avancement de la numérisation des forêts de l'État major 52

5.1.2. Un fort enjeu pour le Massif central mais des réalités locales différentes 54

5.1.3. Pertinence d'une approche « trame forestière » à l'échelle du Massif central 55

5.2. Stratégie d'amélioration des connaissances cartographiques et historiques : vers une carte des forêts anciennes du Massif central ? 56
5.2.1. Numérisation des forêts de l'État-major sur le reste du Massif central 56
5.2.2. Vers une carte des usages anciens dans le Massif central ? 57
5.2.3. Vers une carte de l'ancienneté des forêts du Massif central ? 58
5.3. Identification des vieilles forêts et des peuplements matures 60
5.4. Stratégie d'amélioration des connaissances sur les groupes taxonomiques indicateurs 61
5.4.1. Flore vasculaire 61
5.4.2. Communautés végétales et usages anciens 62
5.4.3. Test de l'outil « Lichens épiphytes » et travail sur les lichens patrimoniaux 63
5.4.4. Développement d'indicateurs bryologiques 64
5.4.5. Autres groupes taxonomiques potentiellement intéressants 64
5.5. Stratégie de conservation de la biodiversité forestière 65
5.5.1. Développement des bonnes pratiques de gestion et mesures intégratives au sein des forêts de production 65
5.5.2. Place des réserves forestières intégrales et forêts en libre évolution 69
5.5.3. Une stratégie globale pour des actions locales 70
5.5.4. Pertinence d'une approche « Massif central » 71
5.6. Vers une meilleure connaissance de la trame forestière 72
6. CONCLUSIONS 74
BIBLIOGRAPHIE 78
ANNEXES 94

1. INTRODUCTION

Alors qu'ils couvraient environ 10 % du Massif central au XIXème siècle, les milieux forestiers représentent aujourd'hui un tiers de la surface du territoire et constituent 60% des réservoirs de biodiversité potentiels (IPAMAC 2011) ! Seule une partie de ces forêts, dîtes « anciennes », ont survécu aux déboisements successifs : elles se distinguent par l'absence de défrichement depuis au moins la première moitié du XIXème siècle, quelle que soit la gestion forestière pratiquée. Cette continuité forestière peut remonter à des temps beaucoup plus anciens (forêt médiévale, forêt antique...).

Les forêts « anciennes » hébergent une biodiversité originale, typiquement forestière, constituée d'espèces qui ne se rencontrent que rarement ailleurs. C'est particulièrement le cas dans les forêts non exploitées depuis des décennies, ou dans lesquelles une gestion peu intensive a su ménager la présence de bois mort, de vieux arbres et d'arbres porteurs de microhabitats. Lorsqu'une forêt est défrichée (agriculture, urbanisation, etc.), on peut observer la disparition de ces espèces originales, mais aussi des changements profonds et durables dans le sol. Même après reconstitution du couvert arboré, les bouleversements dus au pâturage, à la fertilisation, au chaulage ou au labour influent sur la flore, la faune et les champignons du sol et du sous-bois durant des siècles. Les espèces à faible capacité de dispersion, contrairement à certaines plantes aux graines voyageuses ou à des espèces animales très mobiles, mettront des siècles à conquérir de nouveaux terrains.

Préoccupés par la conservation de ce patrimoine naturel particulier, de nombreux organismes de préservation de l'environnement, des collectivités et acteurs de la filière forêt-bois ou de la gestion des milieux naturels se mobilisent sur l'ensemble du Massif central pour étudier, suivre et préserver les forêts anciennes du territoire, et la biodiversité forestière dans son ensemble, associée par exemple aux peuplements matures. Pour identifier les forêts anciennes, il est indispensable de disposer d'outils, à la fois communs à tous les acteurs, mais aussi adaptés au contexte régional et local. Afin de mettre en place des actions efficaces et réalistes, prenant notamment en compte la dimension économique et sociale de la forêt, il est indispensable de pouvoir caractériser ces forêts, leur degré d'ancienneté, mais aussi leur potentiel d'accueil de la biodiversité, la maturité et l'intégrité de la composition et de la structure des peuplements, la naturalité, l'état de conservation… Seul un diagnostic le plus fiable possible des enjeux peut faire ressortir les priorités et la sensibilité des différents secteurs, afin de dimensionner les actions à mener. Il est donc indispensable que les forestiers, gestionnaires et tous les porteurs d'actions sur les forêts anciennes, notamment dans le cadre d'actions soutenues par le FEDER Massif central, disposent d'outils de diagnostic.

Une boîte-à-outils ne peut pas forcément prétendre rassembler que des outils parfaits, qui seraient à la simples et peu coûteux à mettre en œuvre mais pourtant très précis. Certains s'appuient sur des groupes taxonomiques plus ou moins difficiles, et peuvent être affaires de spécialistes. D'autres peuvent être plus simples et utilisables par un public plus large. Tous les indicateurs ont leurs limites, en termes de fiabilité, de degré de développement (de la version test à l'outil éprouvé), de difficulté de mise en œuvre. Les

paramètres évalués peuvent en outre varier. Cette boîte-à-outils doit donc préciser les limites de chaque outil, et en donner un « mode d'emploi ».

Ainsi, avec les soutien de l'Europe (FEDER - Fonds européen pour le développement régional, Programme opérationnel interrégional Massif central 2014-2020), de l'État (FNADT - Fonds national d'aménagement et de développement du territoire), des Régions Auvergne-Rhône-Alpes et Nouvelle Aquitaine et du département de l'Allier, le CBN Massif central et ses nombreux partenaires techniques (CEN Auvergne, CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, CBN du Bassin parisien, Chauve-souris Auvergne, CPIE du Velay, Evinerude, IGN, LPO Auvergne, ONF parcs du Massif central, SHNAO…[1]) ont élaboré une « boîte-à-outils » pour identifier et caractériser les forêts anciennes du territoire.

Aussi, de manière à dresser un état des lieux des travaux déjà existants sur les forêts anciennes, matures et à haute valeur écologique du Massif central, le CBN Massif central a lancé, avec le concours du REFORA, de l'IPAMAC[2] et du CEN Auvergne, un recensement des projets passés et en cours sur ce sujet. Enfin, cette synthèse nous a conduit à développer une réflexion prospective ouvrant d'une part sur la stratégie d'amélioration des connaissances, et d'autre part sur la prise en compte de la biodiversité forestière.

Fig. 1 – Une forêt ancienne dans le massif du Sancy. © S. Perera – CBNMC.

[1] Respectivement : CBN = Conservatoire botanique national, CEN = Conservatoire d'espaces naturels, IGN = Institut national de l'information géographique et forestière, LPO = Ligue pour la Protection des Oiseaux, ONF = Office national des forêts, SHNAO = Société d'Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny

[2] Respectivement : REFORA = Reseau Ecologique Forestier Rhône-Alpes, IPAMAC = Réseau des Parcs du Massif central

2. ENJEUX ET DÉFINITIONS

2.1. Les enjeux de la biodiversité forestière

2.1.1. La forêt, enjeu majeur pour la biodiversité dans le Massif central

Les forêts représentent 36 % du territoire du Massif central (IPAMAC 2011), avec de fortes disparités (17 % dans l'Allier contre 45 % en Lozère et 55 % en Ardèche). Une réflexion conduite sur la trame écologique du Massif central (IPAMAC 2011) a mis en évidence le rôle majeur des milieux forestiers, puisqu'ils constituent 60% des réservoirs de biodiversité potentielle. Le diagnostic de la biodiversité en Auvergne[3] et les SRCE[4] (Schéma régionaux de cohérence écologique) mettent aussi en avant l'importance des forêts pour la biodiversité.

En dehors des plantations d'essences exotiques, souvent plus pauvres en biodiversité, on observe un grand nombre de types forestiers, reflet de la diversité des conditions écologiques rencontrées dans le Massif central et de sa position de carrefour bioclimatique. Outre les paramètres écologiques, une partie de la variété des forêts du Massif central s'explique par les activités humaines, actuelles et passées. Les paramètres anthropiques influent grandement sur la richesse écologique – actuelle et future – d'une forêt. La communauté scientifique considère les forêts anciennes et, en leur sein, les peuplements matures, riches en vieux arbres porteurs de microhabitats et en bois mort, comme des hauts-lieux de la biodiversité (SCHNITZLER-LENOBLE 2002 ; QUEZEL & MEDAIL 2003 ; VALLAURI *et al.* 2006 ; VALLAURI *coord.* 2007 ; BASILICO *et al.* 2014). Ces forêts revêtent en outre un intérêt patrimonial, scientifique et culturel propre, en tant qu'écosystèmes, hérités et évolutifs, et pas uniquement pour les besoins de la conservation d'espèces rares et menacées (VALLAURI 2007 ; VALLAURI et al. 2010). La naturalité[5] y est parfois très forte, avec des caractéristiques proches d'une forêt naturelle, mais certains peuplements gardent aussi pour qui sait les déchiffrer les traces d'activités humaines disparues, ce qui en fait des monuments tant naturels qu'historiques.

2.1.2. Les forêts anciennes et à caractère naturel, un patrimoine rare et remarquable

Une forêt ancienne est définie, dans le contexte écologique et historique du Massif central, comme n'ayant pas connu de défrichement depuis la première moitié du XIXème siècle (VALLAURI *et al.* 2012 ; BASILICO *et al.* 2014; LATHUILLIERE & GIRONDE 2014a ; CATEAU et al. 2015). Cette époque correspond à la fois à la période de recul maximal des

[3] http://www.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/diagnostic-de-la-biodiversite-en-auvergne-r395.html
[4] voir http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/le-srce-de-rhone-alpes-adopte-a3346.html et http://extranet.srce.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/adoption-definitive-du-srce-auvergne-a68.html
[5] En écologie scientifique, ce terme désigne pour un écosystème l'ensemble des qualités définissant la nature, sa composition (diversité, indigénat), son organisation et sa complexité (maturité, processus fonctionnels), sa dynamique (ancienneté, spontanéité, résilience).

forêts et à la période de réalisation des cartes de l'État-major qui dressent un état des lieux très précis de l'occupation du sol. Ces forêts seraient minoritaires, car le Massif central a été massivement déboisé jusqu'au milieu du XIXème siècle, époque à laquelle la forêt couvrait semble-t-il environ 10 % du territoire d'après les estimations. On n'observe plus guère de forêts vierges[6] dans le Massif central : celles qui avaient survécu aux défrichements successifs ont été impactées plus ou moins par l'activité humaine, et souvent exploitées plus ou moins intensivement dans le passé, pour le bois d'œuvre mais aussi pour le bois de chauffe.

Certaines espèces ne se rencontrent que dans les forêts anciennes : en effet, elles peuvent mettre des siècles voire des millénaires à regagner leur place dans une forêt récente (succédant à un épisode d'utilisation cultural ou pastoral), du fait de leurs faibles capacités de dispersion (VERHEYEN *et al.* 2003), ou de modifications durables des caractéristiques du sol suite à un épisode d'usage agricole ou d'occupation humaine (DUPOUEY *et al.* 2002 ; GRAAE, HANSEN & SUNDE 2004). Des interactions biotiques (compétition avec les espèces de forêt récente) ou un effet de dépression génétique dû au faible nombre d'individus ayant fondé la population ayant recolonisé la forêt récente (VELLEND 2004 ; FLINN & VELLEND 2005) peuvent également être en cause.

La biodiversité y est d'autant plus remarquable que la gestion est demeurée suffisamment peu intensive pour ménager la présence de vieux arbres, porteurs de microhabitats, ainsi que de bois mort, éléments indispensables à de nombreuses espèces forestières ; en effet, 1/4 des espèces forestières dépendent du bois mort, de nombreuses espèces vivent sur les troncs et dans les cavités (BOBIEC *et al.,* 2005 ; STOCKLAND *et al.* 2004, VALLAURI *et al.* 2002, VALLAURI *et al.* 2005). Parmi les forêts anciennes, on trouve des peuplements à fort indice de naturalité, composés d'essences autochtones dans lesquels aucune coupe n'a été réalisée depuis plusieurs décennies, laissant s'exprimer pleinement ce potentiel de diversité biologique de forêt ancienne (GILG 2004 ; PAILLET *et al.* 2010 ; CATEAU *et al.* 2014). En l'absence d'intervention depuis au moins 50 ans, on parle alors de « forêt à caractère naturel »[7]. Ces forêts sont les plus remarquables mais aussi les plus rares, et ne concerneraient que 0,2 % des forêts de France métropolitaine selon les estimations (rapport MAAPRAT-IFN 2011).

2.1.3. Un patrimoine menacé

De multiples menaces peuvent peser sur les forêts anciennes et la biodiversité qu'elles abritent. Le défrichement et la fragmentation par des aménagements lourds (routes, voies ferrées, urbanisme…) représentent le péril le plus extrême. Une gestion forestière inappropriée voire l'exploitation des secteurs les plus sensibles peut également mettre à mal

[6] On parlerait de forêt « naturelle » ou « vierge » pour une forêt qui n'aurait pas connu de modification notable de structure et de composition en dehors de prélèvement très limités : cueillette, chasse, prélèvement ponctuels de bois (RAMEAU & MORTIER 1993 *in* GRESLIER *et al*. 1995).

[7] On parle de forêt « à caractère naturel » pour une forêt ancienne constituée d'essence autochtones, exploitée par le passé, mais dont l'absence d'exploitation depuis au moins 50 ans a permis la reconstitution de caractéristiques propres aux forêts naturelle : présence de vieux arbres et de bois mort, spontanéité des processus sylvigénétiques (définition utilisée par Réserves naturelles de France : GILG 1997, GILG & SCHWOEHRER 1999). Certains auteurs parlent également de forêt « subnaturelle » (MORTIER 1990, GRESLIER 1993, GRESLIER *et al.* 1995…).

un patrimoine qui mettrait au mieux des centaines d'années à se reconstituer, voire pourrait être perdu de manière irréversible. En effet la plupart des espèces d'arbres sont très longévives, et un arbre n'atteint son stade de maturité puis de sénescence qu'au bout d'un à plusieurs siècles. Or, l'exploitation forestière réduit mécaniquement la présence de vieux arbres et de bois mort, niches écologiques indispensables à la biodiversité forestière[8] (PAILLET *et al.* 2010, PERNOT *et al.* 2014). Dans le cas extrême d'un déboisement, le retour des espèces typiques de forêt anciennes et la persistance des traces des usages agricoles se compte en siècles voire en millénaires (GAUBERVILLE *et al.* 2010).

Les politiques forestières actuelles visent à augmenter les prélèvements de bois, notamment pour développer la filière bois, et le bois-énergie. S'il est exploité de manière durable, le bois est en effet une ressource renouvelable. La tendance actuelle est en outre une sylviculture de plus en plus orientée vers la production d'arbres de diamètre moyen (40 à 50 cm), avec des cycles courts. Une diminution de la proportion de peuplements matures, de vieux arbres et de bois mort dans les forêts du Massif central est donc à prévoir dans les années à venir. Or, dans l'esprit du Grenelle de l'Environnement et de la Stratégie nationale de la biodiversité (SNB), l'augmentation de la production de bois doit se faire en cohérence avec la préservation de la biodiversité forestière. Pour organiser cette mobilisation accrue de bois, prévue notamment par certains axes du POI du FEDER Massif central[9], il est donc crucial de caractériser et d'identifier les forêts anciennes du Massif central, afin d'y cibler des actions spécifiques. Ces actions, qui peuvent aller de simples mesures de bonnes pratiques sylvicoles[10] à la non intervention complète, doivent en outre être proportionnées avec le niveau d'enjeu et de sensibilité des forêts anciennes identifiées, en lien avec l'historique des usages forestiers (forêt ancienne exploitée de longue date, plus ou moins intensément, ou au contraire absence d'exploitation depuis plusieurs décennies). Il est donc indispensable non seulement de disposer d'outils pour localiser les forêts anciennes, mais aussi pour évaluer au cas par cas leur état de conservation, leur intérêt en termes de biodiversité et leur sensibilité vis-à-vis de différentes modalités de gestion.

8 Dans des forêts naturelles ou subnaturelles, le volume de bois mort peut atteindre entre 40 et plusieurs centaines de m^3/ha avec des arbres de tous diamètres, alors qu'il varie de quelques m^3/ha à quelques dizaines de m^3/ha en France forêt exploitée avec une faible représentation des arbres de gros diamètre qui sont pourtant des supports indispensables à la biodiversité (VALLAURI & PONCET 2002 ; VALLAURI *et al.* 2002 ; IGN 2011 ; PERNOT *et al.* 2013).

9 PROGRAMME OPÉRATIONNEL FEDER Massif central 2014-2020, notamment Axe 2 « Concrétiser le potentiel économique de la filière bois du Massif central » : http://www.gip-massif-central.org/wp-content/uploads/2015/08/Programme-Op%C3%A9rationnel-FEDER-Massif-central-2014-2020.pdf

10 Voir notamment GOSSELIN & PAILLET 2010 et KRAUS & KRUMM (dir.) 2013. Ces mesures consistent par exemple en la conservation d'arbres sénescents, morts et porteurs de microhabitats, la constitution d'ilots de sénescence et de vieillissement…

2.2. L'ancienneté, un long héritage

Les forêts anciennes se distinguent par l'absence de défrichement depuis au moins la première moitié du XIXème siècle, quelle que soit la gestion forestière pratiquée. En raison de leur ancienneté, ces forêts peuvent constituer des hauts-lieux de la biodiversité en hébergeant des espèces qui ne se rencontrent que rarement ailleurs. Lorsqu'une forêt est défrichée (agriculture, urbanisation, routes, etc.), on peut observer la disparition de ces espèces forestières, mais aussi des changements profonds et durables dans le sol.

La continuité de l'état boisé permet la présence d'espèces à faibles capacités de dispersions, ainsi que d'espèces sensibles aux modifications à long terme des caractéristiques du sol suite à un épisode agricole.

Fig. 2 – Sceau de Salomon multiflore *(Polygonatum multiflorum)* et Maïanthème à deux feuilles (*Maianthemum bifolium*) © A. Descheemacker - CBNMC

L'ancienneté est un gradient, et cette continuité forestière peut remonter à des temps beaucoup plus anciens (forêt médiévale, forêt antique…). Après une période d'usage non forestier, on assiste à un retour des espèces typiquement forestières, mais celui-ci peut être très long. C'est notamment le cas des plantes à faible capacité de dispersion qui, contrairement à certaines plantes aux graines voyageuses ou à des espèces animales très mobiles, mettront des siècles à conquérir les terrains à nouveau forestiers. Certaines plantes à bulbe ou à rhizome (Muguet[11], Maïanthème à deux feuilles, Sceau de Salomon multiflore…), ou des plantes dont les graines sont disséminées par les fourmis (Anémone sylvie, Euphorbe des bois, Laîche des bois, Luzule des bois, Mélique uniflore[12]…) se déplacent de moins de 30 mètres par siècle ! En outre, les modifications induites dans le sol par le pâturage, la fertilisation, le chaulage ou le labour influent sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol, perdurent très longtemps. Dans le Massif forestier de Tronçais (03), à l'emplacement d'anciennes fermes gallo-romaines, ces différences relavites aux terrains demeurés des forêts ou des landes s'observent même 1500 ans après le retour de la forêt, avec également des effets sur la flore, la faune et les champignons du sol. Il est donc important non seulement d'identifier les forêts qui l'étaient déjà il y a 2 siècles, mais surtout celles qui le sont depuis des temps beaucoup plus anciens, peut-être même depuis la reconquête de la forêt après la dernière glaciation !

L'ancienneté est un gradiant : il est important d'idenfier les forêts les plus anciennes car ce sont potentiellement les plus riches en espèces et cortèges écologiques typiques des forêts anciennes, et les plus rares !

[11] *Convallaria majalis*

[12] Anémone sylvie (*Anemone nemorosa*), Euphorbe des bois (*Euphorbia amygdaloides*), Laîche des bois (*Carex sylvatica)*, Luzule des bois (*Luzula sylvatica*), Mélique uniflore (*Melica uniflora*)…

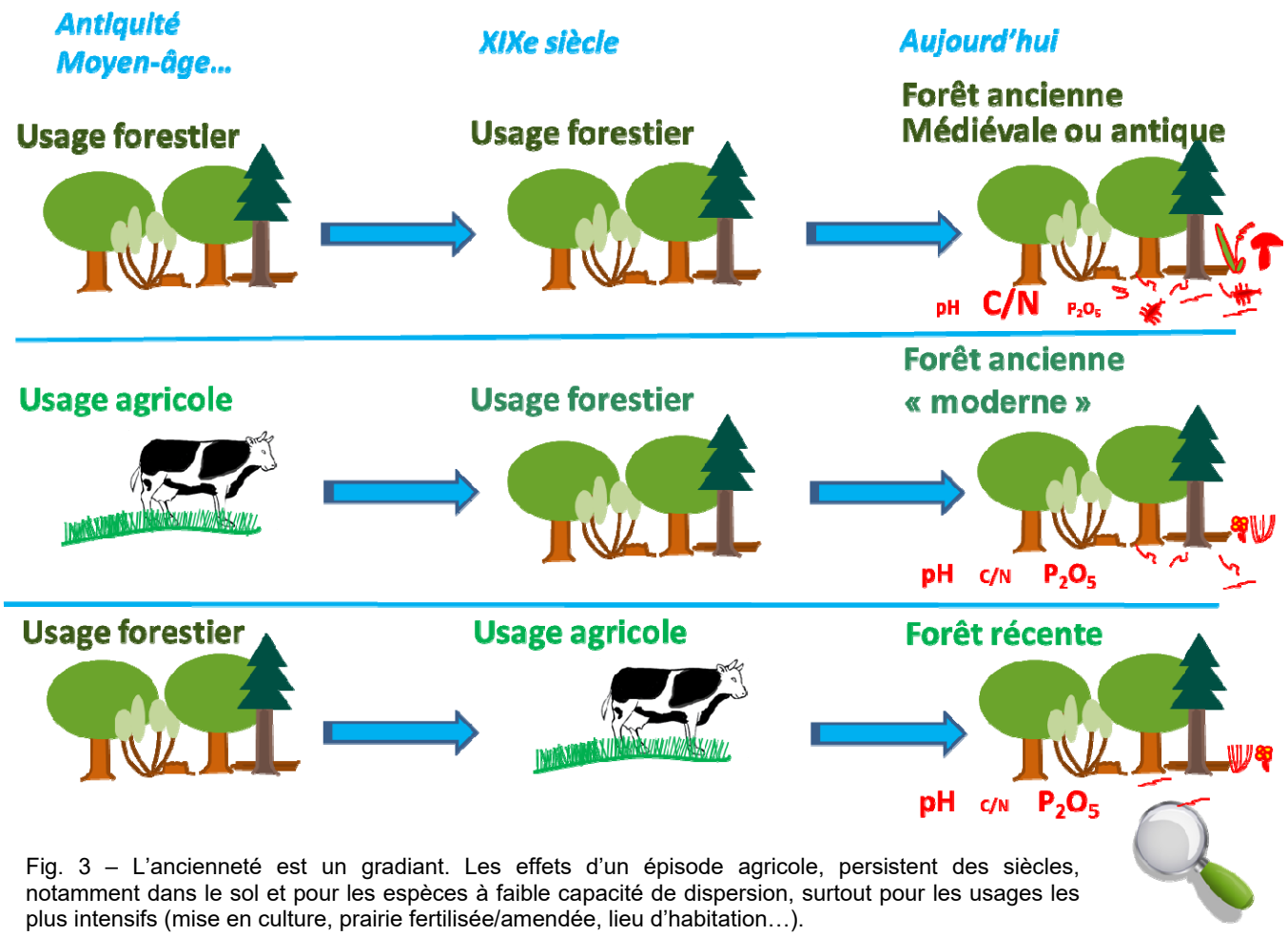


Fig. 3 – L'ancienneté est un gradiant. Les effets d'un épisode agricole, persistent des siècles, notamment dans le sol et pour les espèces à faible capacité de dispersion, surtout pour les usages les plus intensifs (mise en culture, prairie fertilisée/amendée, lieu d'habitation…).

2.3. Vieux bois et maturité

Toutes les espèces forestières ne sont pas liées à l'ancienneté et aux caractéristiques, notamment pédologiques, qui en résultent. Davantage de groupes taxonomiques semblent dépendre d'éléments liés à la maturité (voir fig. 7), comme la présence de vieux arbres, souvent porteurs de microhabitats, et de divers types de bois mort, debout ou au sol, dont des arbres de fort diamètre. Par exemple, 1/4 des espèces forestières dépendent du bois mort, et de nombreuses espèces vivent sur les troncs et dans les cavités. Or, en tronquant le cycle sylvigénétique, en prélevant les arbres avant qu'ils ne dépérissent et en supprimant ceux porteurs de blessures et microhabitats, tares qui déprécient la valeur économique de l'arbre, la sylviculture rajeuni les forêts et entraine une raréfaction de ces niches écologiques liées à la maturité.

Dans une forêt ancienne, la biodiversité est donc d'autant plus remarquable que la gestion actuelle et passée est demeurée suffisamment peu intensive pour ménager la présence d'arbres sénescents, porteurs de microhabitats, ainsi que de bois mort, éléments indispensables à de nombreuses espèces forestières.

Après des siècles de surexploitation, notamment du fait d'énormes besoins en bois énergie pesant sur des surfaces forestières réduites à peau de chagrin, les forêts du Massif central sont aujourd'hui globalement plus matures et mieux pourvues en bois mort. Ainsi, on compterait actuellement en moyenne d'après l'IGN environ 10 m^3/ha de bois mort sur pied et 22 m^3/ha de bois mort au sol, avec de très fortes disparités locales et surtout un manque de bois mort de gros diamètre, indispensables à de nombreuses espèces. Certaines espèces cavicoles et saproxyliques nécessitent la présence de 20 à 50 m^3/ha pour se maintenir, les plus sensibles plus de 100 m^3/ha, volumes couramment observées dans les forêts

naturelles. Dans un contexte d'intensification de l'exploitation des forêts, notamment pour le bois énergie, ce patrimoine de « vieux bois », tout juste en voie de reconstitution, est donc à préserver. Il est en outre nécessaire d'identifier non seulement les secteurs actuellement pourvus en bois mort et arbres sénescents, mais surtout ceux dans lesquels ces compartiments se sont maintenus même à l'époque où les forêts étaient le plus intensément exploitées ! En effet, de la même manière qu'une espèce de forêt ancienne peut mettre des siècles à reconquérir une forêt après un épisode agricole, certaines espèces dépendantes des « vieux bois » et à faible capacité de dispersion mettront des siècles à recoloniser un secteur suite à une rupture de continuité du compartiment « vieux bois ».

C'est dans les peuplements dans lesquels aucune coupe n'a été réalisée depuis plusieurs décennies que le potentiel biologique est le plus élevé, surtout si la forêt est ancienne et qu'elle a conservé des attributs de forêt naturelles (essences autochtones, structure étagée et hétérogène…). Les peuplements âgés, en cours de maturation biologique car ayant dépassé l'âge d'exploitabilité économique, ne représenteraient en France que 2% des forêts de chênes et 5 % des forêts de hêtre[13]. En l'absence d'intervention depuis au moins 50 ans, on peut parfois parler de « forêt à caractère naturel ». Ces forêts sont les plus remarquables mais aussi les plus rares, et ne concerneraient que 0,2 % des forêts de France métropolitaine selon les estimations[14]. Il est donc crucial d'identifier ces peuplements les plus remarquables.

Plus largement, il est nécessaire de prendre en compte vieux bois disséminés dans des peuplements moins matures, par exemple sous forme d'arbres hérités de périodes plus anciennes, y compris d'anciens arbres ruraux situés dans des forêts récentes ayant recolonisé des secteurs bocagers ou avec des arbres isolés. Ceci illustre que la maturité peut s'exprimer à toutes les échelles : non seulement à celle du peuplement entier (ce sont les « vieilles forêts ») mais aussi à l'échelle de l'arbre, et même au sein d'un d'un même arbre grâce aux microhabitats (souches de vieilles cépées, nécroses et blessures…).

2.4. Autres paramètres liés à la maturité

À l'échelle du peuplement, la maturité est une notion qui dépasse le compartiment « vieux-bois », marqué par l'abondance d'arbres morts, âgés (donc généralement de gros diamètre, sauf sur station à forte contrainte) et sénescents, ainsi que de dendromicrohabitats. La maturité se traduit au niveau du sol, notamment de la litière. On assiste ainsi à une accumulation progressive de matière organique (feuilles, bois mort…) au fil du cycle puis à une minéralisation au moins partielle en cas de coupe ou de trouée de taille importante, consécutive à une tempête par exemple. (voir § **4.3.3. Sol et archéologie** et contribution complète en Annexe 2).

La maturité joue aussi sur la compétition entre espèces, et notamment la lumière reçue au niveau des strates inférieures. On observe ainsi une variation de la lumière reçue au sol au fil du cycle sylvigénétiques, avec des stades de régénération riches en espèces pionnières et héliophiles si la trouée est de taille suffisamment importante, puis une fermeture du peuplement avec forte compétition entre les arbres lors des phases initiales et optimales. En fin de cycle, correspondant aux peuplements surnatures des stades terminal

[13] Données 2015 de l'Inventaire forestier de l'IGN
[14] Rapport MAAPRAT-IFN 2011

et de déclin, le peuplement est caractérisé par une plus grande hétérogénéité structurale et un couvert végétal plus ouvert, avec augmentation de l'hétérogénéité de la lumière reçue au sol et présence de trouées favorables à l'expression de la strate herbacée (JANSSEN 2016).

Ainsi, un peuplement mature peut abriter à la fois des espèces liées aux arbres sénescentes et localement des espèces qui étaient présentes dans les stades jeunes. Cette hétérogénéité, cette mosaïque de bouquets d'arbres (appelées éco-unités) correspondant à tous les stades de maturité possibles, est une des caractéristiques des forêts à caractère naturel, et de la maturité d'un écosystème forestier (SCHNITZLER 2002, GIURGIU *et al.* 2001, GILG 2004) et rejoint la notion de « vieille forêt » (SAVOIE coord. 2011 & 2015). L'influence de la maturité sur la structure de la forêt est davantage développée dans un chapitre dédié (voir § **4.3.4. Structure des peuplements** et contribution complète en Annexe 2). C'est cette complexité structurale, propre à la forêt et sans égale parmi les écosystèmes terrestres, qui est à l'origine d'une biodiversité également incomparable[15]. Maturité et ancienneté ont des effets congruents sur la biodiversité (JANSSEN à paraître), ce qui fait que c'est dans les vieilles forêts qu'elle est optimale.

2.5. Intégrité de structure et de composition du peuplement

Outre l'ancienneté et la maturité, d'autres paramètres influent sur la biodiversité forestière. C'est notamment le cas de la structure horizontale et verticale du peuplement, et de sa composition en essences. La diversité du peuplement en essences autochtones, sa la structuration verticale en strates (plusieurs strates arborées et arbustives, strate herbacée et muscinale) et son hétérogénéité spatiale (mosaïque de peuplements ou bouquets d'âge différents, présence de petites trouées, alternance spatiale et temporelle des essences principales…) sont favorables à la biodiversité, et certaines groupes y sont très sensibles (vertébrés notamment). Comme l'ancienneté –qui est la continuité temporelle de la présence d'arbres et d'un sol forestier- et la maturité, la biodiversité actuelle dépend aussi de la continuité dans le temps de l'intégrité du peuplement en termes de structure et de composition, et plus globalement du maintien de sa fonctionnalité biologique. Le maintien d'un couvert forestier relativement continu, en dehors de petites trouées dues à la chute ou à l'exploitation d'un arbre ou d'un bouquet d'arbre peut être nécessaire à la présence de certaines espèces dépendantes de la persistance d'une ambiance ombragée et tamponnée hydriquement et thermiquement (certaines mousses et lichens notamment). Le microclimat régnant sous la canopée étant fonction non seulement du maintien ou non d'un couvert continu mais aussi du climat général, l'effet de coupes à blanc peut être plus ou moins fort sur une même espèce en fonction du contexte forestier et stationnel. En climat chaud et sec, l'effet microclimatique du couvert forestier peut être plus stratégique qu'en climat froid et arrosé.

[15] Selon le contexte écologique, une forêt naturelle européenne peut accueillir plus de 10.000 espèces sur une surface de quelques milliers d'hectares, ou plus de 5 000 sur quelques centaines d'hectares. La faune, représente les 2/3 de cette biodiversité (dont 90 % d'insectes), la flore entre 10 et 20 % (VALLAURI & NEYROUMADE 2009).

La durée totale du cycle est d'environ 300 à 350 ans ; G = surface terrière des arbres vivants
D = densité totale des arbres de diamètre supérieur à 12,5 cm

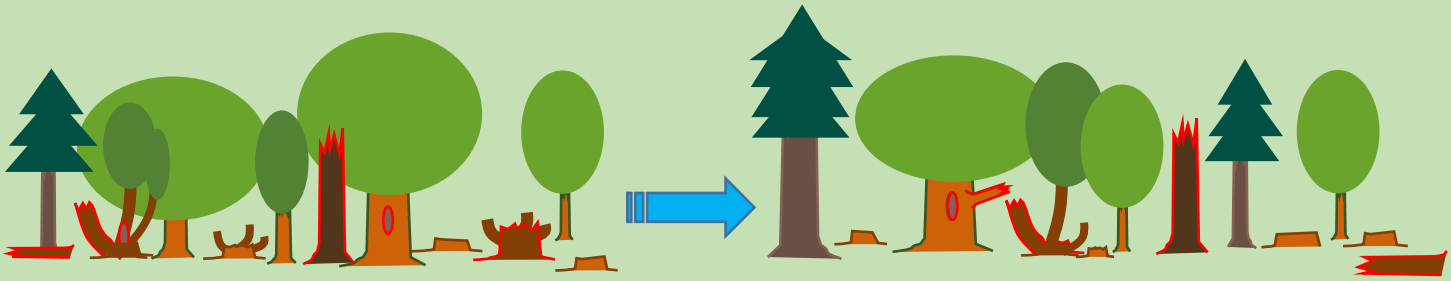
dessins réalisés par l'IRSTEA Grenoble d'après Gonin, 1988

Phase	Illustration	Durée moyenne (années)	Principales charactéristiques
Régénération		60 à 125	Faible recouvrement du couvert ; un grand nombre de bois morts dans les catégories PB, GB, TGB et TTGB ; désintégration du peuplement avec un grand nombre de bois morts debout dans les catégories BM, GB, TGB et TTGB ; régénération abondante ; grand nombre de perches à la fin de la phase ; faible G (< 20 m^2) ; D < 300 arbres.ha^{-1}
Initiale		50 à 70	Peuplement fermé ; forte densité (500 à 1000 arbres.ha^{-1}) ; un grand nombre de perches ; peuplement régularisé avec dominance des PB en début de phase et BM > PB en fin de phase
Optimale		50 à 80	Peuplement fermé ; D d'environ 500 arbres.ha^{-1} ; forte dispersion des diamètres mais dominance des BM ; quelques perches ; quelques chandelles, surtout dans les catégories PB et BM
Terminale		50 à 80	Peuplement fermé ; D moyenne = 300 à 400 arbres.ha^{-1} ; forte dispersion des diamètres mais dominance des GB, TGB et TTGB ; chandelles éparses dans les catégories TGB et TTGB mais pas de désintégration massive du peuplement par groupe d'arbres ; pas de régénération ; forte G (jusqu'à 125 m^2.ha^{-1})
Déclin		10 à 20	Faible recouvrement du couvert ; groupes de chandelles dans les catégories GB, TGB et TTGB ; quelques régénérations et perches en fin de phase, mais moins nombreuses qu'en phase de régénération ; catégorie de diamètre dominante = BM

Fig. 4 – Principales phases du cycle sylvigénétique et leurs caractéristiques en hêtraie-sapinière. Extrait de LARRIEU 2014, d'après LARRIEU *et al.,* 2012 ; GONIN 1988 ; BASTIEN & GAUBERVILLE 2011, modifié.

Cas d'une forêt ancienne modérément exploitée dans le passé comme aujourd'hui…

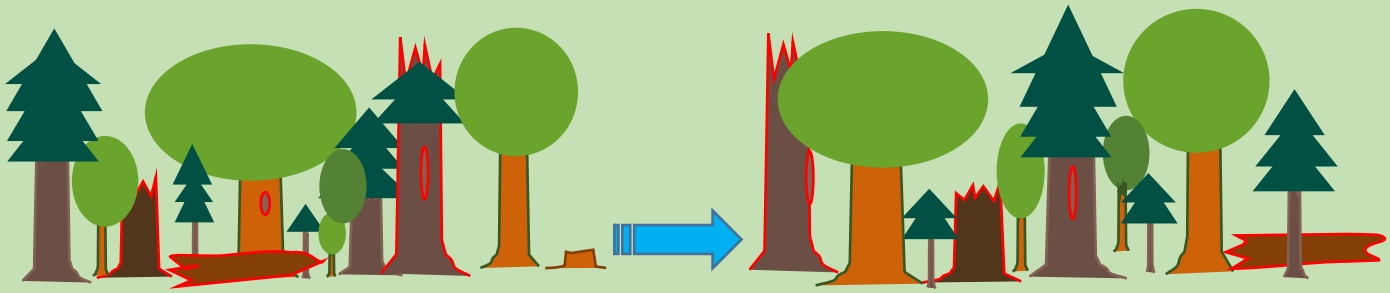
Il y a 200 ans *Aujourd'hui*



Autrefois, cette forêt était exploitée de manière peu intensive, avec persistance ponctuellement de bois mort et vieux arbres, notamment en montagne dans les secteurs moins accessibles et difficilement exploitables, ou sous forme de vieilles cépées… Même si la forêt est exploitée, une partie des espèces de la forêt originelle a donc pu se maintenir. Aujourd'hui, la gestion sylvicole perdure mais intègre la conservation d'arbres sénescents, à microhabitats ainsi que de bois mort, ce qui permet de conserver le patrimoine d'espèces hérité du passé.

Cas d'une vieille forêt : peuplement mature sans exploitation depuis une longue période au sein d'un massif ancien…

Il y a 200 ans *Aujourd'hui*

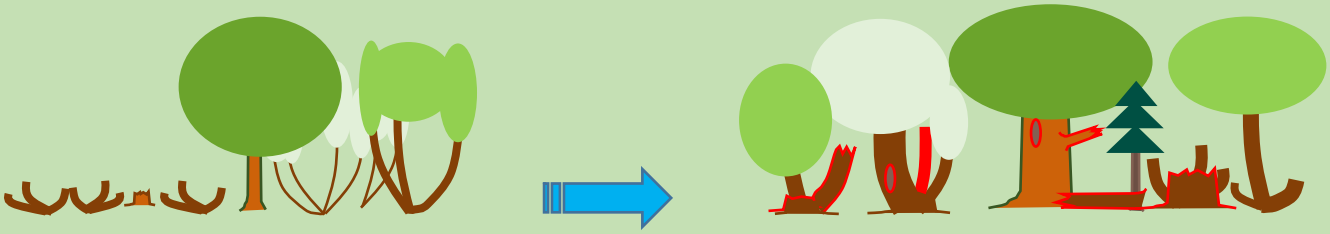


Ce secteur n'a été que marginalement exploité dans le passé, en dehors de prélèvements anciens pontuels n'ayant pas modifié la structure naturelle de la forêt. Les volumes et la diversité de types de bois mort sont très élevés, les très vieux arbres représentent une part importante du capital sur pied. Ils sont remplacés à leur mort par des plus jeunes, assurant le renouvellement naturel de la forêt et lui conférant une structure horizontale et verticale irrégulière et étagée. On peut rencontrer dans ce type de forêt les espèces les plus exigentes en termes de volumes de bois mort, de taille des arbres, de densité de microhabitats, ainsi que celles dont les faibles capacités de recolonisation interdisent un retour rapide suite à une discontinuité de leur niche (défrichement ou période de surexploitation de la forêt).

Fig. 5 – Illustration de la continuité temporelle des compartiments associés à la maturité et aux « vieux bois » au travers de plusieurs exemples. Les vieux bois, arbres morts et dendromicrohabitats sont figurés en rouge.

Cas d'une forêt ancienne autrefois surexploité pour le bois de chauffe (taillis ou taillis-sous-futaie), aujourd'hui peu exploité (peuplement vieilli)

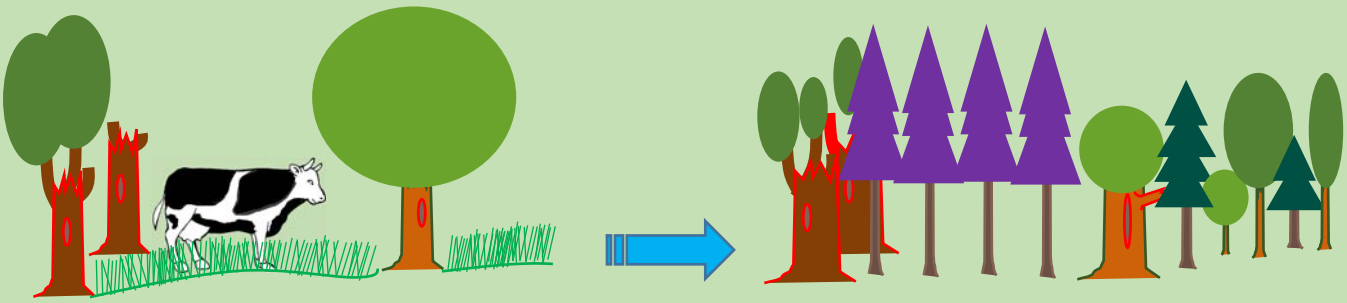
Il y a 200 ans *Aujourd'hui*



Autrefois, les énormes besoins en bois de feu (charbon, industries, chauffage…) entrainent la surexploitation de cette forêt. Le peuplement est rajeuni fréquemment par les coupes de taillis. Même le bois mort et les arbres sénescents sont prélevés. Les groupes écologiques qui leur sont liés ont disparu.
Suite à la révolution industrielle (remplacement du bois par les énergies fossiles) et à l'exode rural, la pression sur la forêt a diminué. Les prélèvements s'y limitent à quelques coupes de taillis pour l'autoconsommation. Le peuplement est aujourd'hui plus mature, riche en vieux arbres et bois mort. Le traitement passé en taillis puis son abandon sont à l'origine de nombreux microhabitats favorables à la biodiversité : cavités de pied sur les tiges issues d'anciennes cépées, cavités de tronc et basses branches mortes dans le houppier des arbres de réserve... Les espèces les plus mobiles (oiseaux…) ont recolonisé les premiers la forêt, mais d'autres moins mobiles pourront mettre des siècles à revenir. Cette recolonisation dépendra des capacités des différentes espèces, de la proximité des populations relictuelles les plus proches, de la connectivité de la trame forestière dans le paysage, de la gestion menée alentour…

Cas d'une forêt récente avec peuplements jeunes mais présence de vieux arbres ruraux hérités du bocage autrefois présent…

Il y a 200 ans *Aujourd'hui*



Autrefois, le paysage était ici agricole (prairies, cultures…), mais la présence d'arbres ruraux sous forme de haies ou d'arbres isolés permettait la présence de certaines espèces forestières liées aux vieux arbres, microhabitats des arbres têtards présents dans les haies, etc…
Suite à la déprise agricole et pastorale, les prairies et cultures ont été plantées d'essences exotiques, ou ont été recolonisées spontanément par la forêt. Les anciens arbres ruraux ont été parfois conservés et constituent aujourd'hui des éléments de maturité épars dans une forêt globalement jeune, qui conservent une partie du patrimoine hérité du bocage disparu et pourront à l'avenir permettre aux cortèges associés de recoloniser les forêts récentes si celles-ci leurs offrent les microhabitats dont elles dépendent, liés notamment aux vieux arbres et au bois mort.

Fig. 6 – Illustration de la continuité temporelle des compartiments associés à la maturité et aux « vieux bois » au travers de plusieurs exemples. Les vieux bois, arbres morts et dendromicrohabitats sont figurés en rouge (suite)

2.6. Continuité spatiale

Les forêts anciennes et les peuplements matures constituent des réservoirs de biodiversité. Leur sauvegarde passe par une prise en compte de la fonctionnalité des écosystèmes forestiers, et doit intégrer des notions de continuité spatiale, en plus de la continuité temporelle évoquée précédemment pour l'ancienneté, la maturité, la structure ou la composition des peuplements. Une réflexion sur la connectivité et la perméabilité de la trame forestière dans son ensemble est donc nécessaire. En effet, les forêts récentes ainsi que le maillage bocager assurent la connexion boisée entre les massifs anciens. Ces corridors permettent les indispensables échanges génétiques entre des populations d'espèces particulièrement sensibles à la fragmentation de leur trame. Ils permettent aussi la migration d'espèces dans un contexte de reconquête des massifs récents à partir des forêts anciennes (notamment depuis la fin du XIXème siècle), et plus récemment dans un contexte d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques. La trame écologique du Massif central identifie notamment cet enjeu de continuité forestière au sud du massif, avec un axe forestier depuis l'Ardèche jusqu'à l'Aude qui assure la connexion entre les Pyrénées et les Alpes, mais cet enjeu se pose en d'autres endroits et d'autres échelles. Enfin, les domaines vitaux de nombreuses espèces forestières étant souvent vastes (notamment parmi les vertébrés supérieurs), elles ne sauraient subsister uniquement dans quelques petits ilots anciens. La fonctionnalité de cette trame forestière passe non seulement par sa répartition spatiale, mais aussi par sa qualité, et son maintien dynamique au cours du temps. Le maintien d'une trame de vieux bois est en particulier indispensable, avec un maillage d'arbres morts, sénescents ou porteurs de microhabitats, d'ilots de sénescences et de zones plus vastes en libre évolution.

2.7. Naturalité, état de conservation, biodiversité

« La naturalité est une notion intégratrice qui « synthétise l'expression en un lieu des propriétés écologiques intrinsèques de la Nature » (VALLAURI et al. 2017), avec une résonnance forte pour les forêts qui constitueraient la végétation spontanée sur la quasi-totalité du territoire du Massif central (à l'exception des stations les plus sèches ou humides, et peut être des plus hauts sommets). Cette notion regroupe les caractéristiques propres aux forêts naturelles : biodiversité (richesse en espèces), indigénat de celles-ci, complexité structurale, maturité, microhabitats, nécromasse, intégrité des processus dynamiques et fonctionnels assurant notamment le renouvellement et sa résilience face aux perturbations, continuité spatiale et temporelle (ancienneté)…

Ces éléments se retrouvent déjà dans les concepts d' « état de conservation » ou dans l'indice de biodiversité potentielle (voir § **4.3.4. Structure des peuplements** et contribution complète en Annexe 2), mais elle intègre des valeurs plus philosophiques et éthiques, comme la spontanéité (caractère naturel de la dynamique observé), le sentiment de nature et les traces d'activités anthropiques… Si la biodiversité est très élevée dans les écosystèmes forestiers à forte naturalité, dont l'état de conservation est également très bon, et qu'à l'autre extrémité du gradient les peuplements les plus artificiels (d'indice de naturalité très faible) sont généralement pauvres en biodiversité (par exemple, une jeune plantation équienne très dense d'essence exotique), tous les indices d'anthropisation ne sont pas

toujours synonymes de moindre biodiversité. C'est le cas de microhabitats favorables à la biodiversité mais issus de pratiques anciennes, souvent abandonnées. On peut citer par exemple les blessures et nécroses causées par la coupe des cépées et arbres têtards (anciens arbres ruraux ou arbres forestiers dont les rameaux feuillés étaient récoltés pour nourrir le bétail).

Fig. 7 – Effet de l'ancienneté, de la maturité et de l'intégrité de structure et de composition du peuplement pour les différents groupes taxonomiques d'après les synthèses réalisées pour la « la boîte-à-outils » (voir partie 4.)

	Ancienneté	Maturité Bois mort, vieux bois, µhabitats…	Intégrité Composition et structure du ppt
Sol	*** 1	* 2	* 2
Lichens épiphytes	** 3	***	***
Mousses	** 4	***	**
Plantes vasculaires	***	** 5	* 5
Champignons	***	***	* 6
Coléoptères saproxyliques	* 3	***	* 6
Syrphes	* 3	***	***
Mollusques		**	**
Amphibiens		**	***
Micromammifères		*	***
Chauve-souris	*	***	***
Oiseaux		***	***

[1] Effet si usages anciens intensifs (bâtiments, labour, épierrement, fertilisation, amendement, pâturage intensif…).
[2] Influence au niveau de l'humus.
[3] Lié au maintien dans le temps d'éléments boisés plus ou moins denses et continus, sous forme de peuplements constitués, ou de haies et d'arbres isolés, n'impliquant donc pas forcément l'ancienneté au sens strict. Derrière le maintien d'éléments arborés, c'est la continuité de la présence de bois mort qui influe sur les espèces saproxyliques. Le maintien d'une ambiance microclimatique tamponnée et hygrosciaphile semble en outre très important pour les lichens épiphytes les plus exigeants, ce qui implique la continuité d'une canopée relativement continue surtout sous climat sec.
[4] Selon les espèces : ancienneté (espèces humicoles et terricoles), maturité (saprolignicoles, corticoles), intégrité de la structure du peuplement (saprolignicoles, corticoles, saxicoles…).
[5] Principalement via la compétition entre les espèces pour la lumière, avec une diminution de la lumière au sol entre le stade de régénération, très ouvert, et les stades suivants, puis de nouveau une ouverture du peuplement lors du stade terminal et surtout de déclin (mortalité importante de gros arbres ouvrant la canopée). Le paramètre « vieux bois » semble n'intervenir que marginalement.
[6] Via la spécialisation de certaines espèces pour certains arbres et la moindre capacité d'acceuil des exotiques.

3. ENQUÊTE SUR LES PROJETS ET ÉTUDES EN COURS OU RÉALISÉS DANS LE MASSIF CENTRAL, SUR LES FORÊTS ANCIENNES, MATURES ET À HAUTE VALEUR ÉCOLOGIQUE

Cliquez sur les icones ci-dessus pour accéder à la page internet de l'enquête
A gauche page générale (formulaire pour participer, synthèses…) *A droite carte interactive listant les projets*

3.1. Résultats généraux

L'enquête menée sur l'ensemble de l'ancienne région Rhône-Alpes fin 2015-début 2016 par le REFORA avait permis de contacter 87 personnes de 47 structures différentes, et de recenser 65 projets recensés dont 22 sur le Massif central. L'enquête du REFORA a été complétée en 2016 par une enquête du CBN Massif central sur l'ensemble du territoire du Massif central. Suite à l'atelier sur les forêts anciennes organisé lors des 3e rencontres végétales du Massif central à Saint Etienne (29 mai 2015), un bordereau commun avait été réalisé, et la décision avait été prise de mutualiser les moyens et résultats (liste des personnes contactées par la première enquête pour la compléter et réaliser si besoin des relances, mutualisation des résultats…). Le CEN Auvergne a en outre réalisé une synthèse spécifique des actions des CENs du Massif central, et l'IPAMAC a assuré le relai de l'annonce auprès des parcs du Massif central.

L'enquête réalisée par le CBN Massif central a permis de contacter 194 personnes appartenant à 153 structures différentes. 49 personnes ont répondu (réponses négatives incluses) et 19 d'entre elles ont envoyé un ou plusieurs formulaire(s), pour un total de 52 formulaires remplis (Fig. 8). Le tableau en **Annexe 1** recense l'ensemble des programmes, avec en outre les formulaires bruts qui nous ont été transmis et la synthèse des actions des CENs dans le Massif central réalisée par le CEN Auvergne.

Quelques chiffres en bref…

- **194 personnes** contactées par le CBNMC issus de **153 structures**
- **74 projets recensés par le CBNMC et le REFORA** sur le MC dont **52 par le CBNMC**. 36 ne concernent qu'une thématique, 38 projets combinent au moins deux thématiques
- **16 projets à numérisation des cartes anciennes**, avec numérisation des forêts de l'État-major sur 47% du Massif central (parcs du Massif central, département de l'Allier, plus divers petits secteurs)
- **44 projets avec inventaire des peuplements** (structure, bois mort, microhabitats…basés sur IBP, PSDRF ou d'autres protocoles)
- **60 projets avec inventaire d'espèces** (le plus souvent coléoptères saproxyliques ou flore vasculaire, plus rarement chauves-souris, mousses, lichens, oiseaux cavicoles, champignons et autres taxons

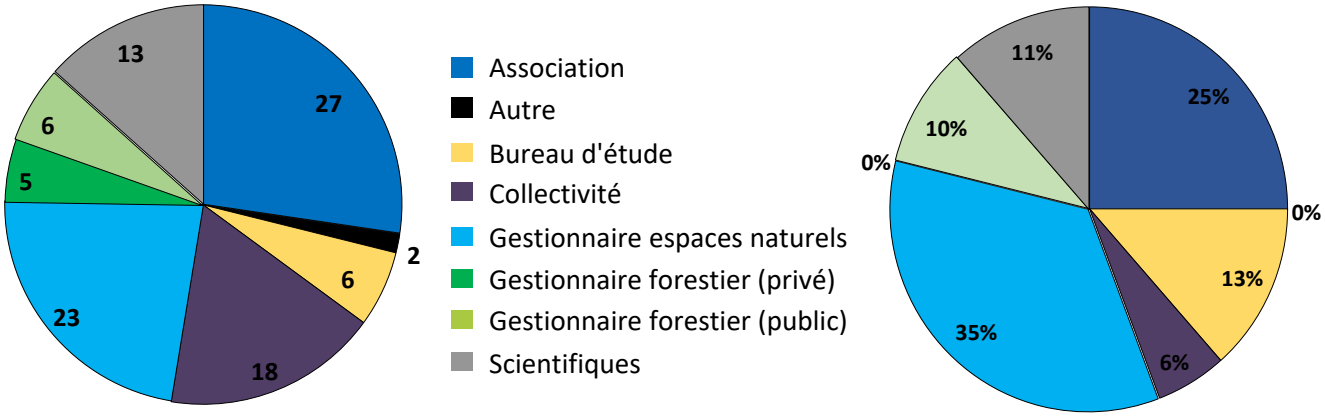


Fig. 8 – Part des personnes contactées (à gauche) et des formulaires collectés (à droite) par le CBNMC par type de structure.

Parmi les 52 projets recensés par le CBNMC, 24 ne concernent qu'une thématique (inventaire d'espèces liées aux forêts anciennes/matures ou inventaire de peuplement ou numérisation de cartes anciennes), 28 projets combinent au moins deux thématiques (Fig. 9). Parmi les 74 projets recensés pour le Massif central (REFORA et CBNMC), 36 ne concernent qu'une thématique, 38 projets combinent au moins deux thématiques (Fig. 10).

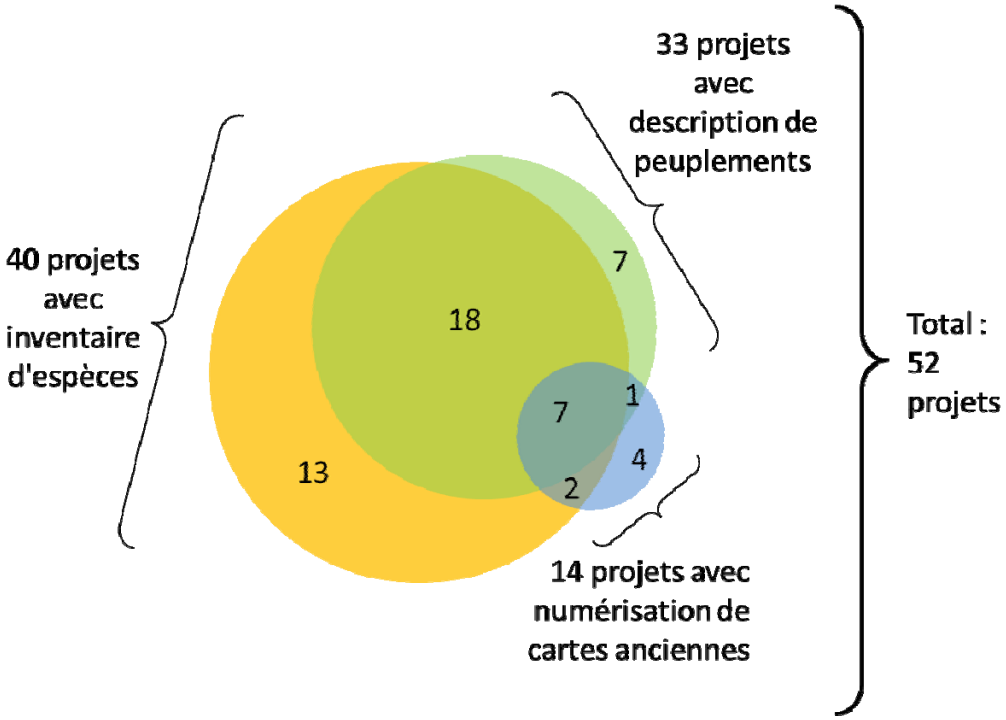


Fig. 9 – Nombre de projets recensés par le CBNMC par thématiques

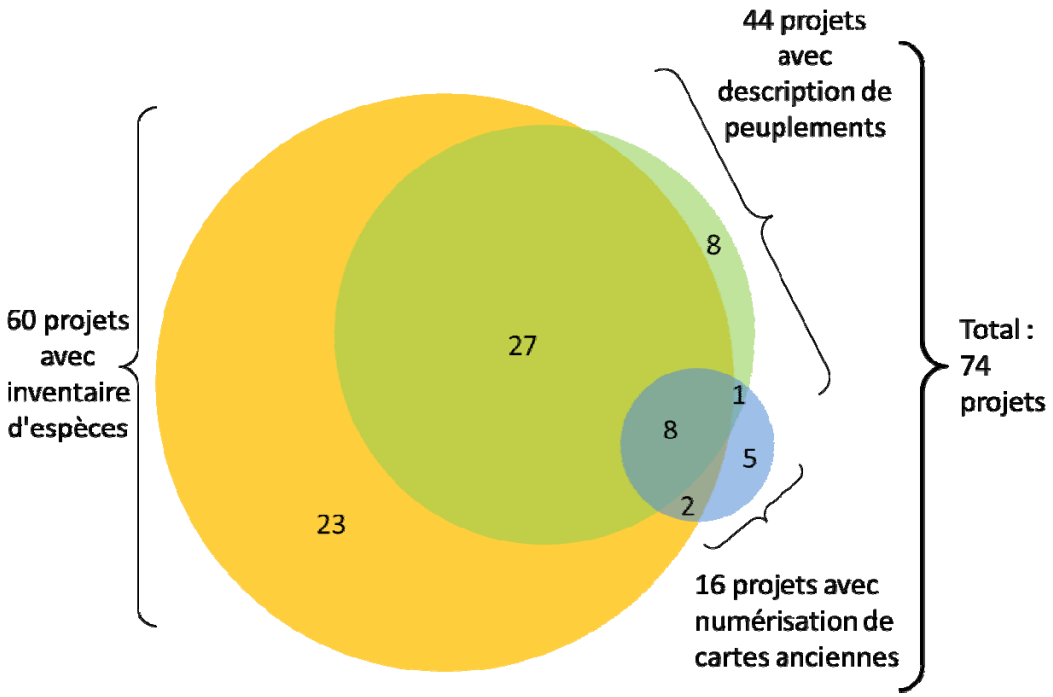


Fig. 10 – Nombre de projets recensés par le CBNMC et le REFORA par thématiques

3.2. Types de projets

3.2.1. Inventaire de peuplements forestiers anciens, matures ou à haute valeur écologique

Des descriptions et inventaires de peuplements forestiers ont été réalisés pour 44 projets, répartis dans l'ensemble du Massif central (Fig. 11). L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) et le Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières (PSDRF) sont les deux méthodes les plus couramment employées, mais il y a également une part non négligeable des projets qui utilisent d'autres protocoles que ceux listés dans l'enquête (Fig. 12).

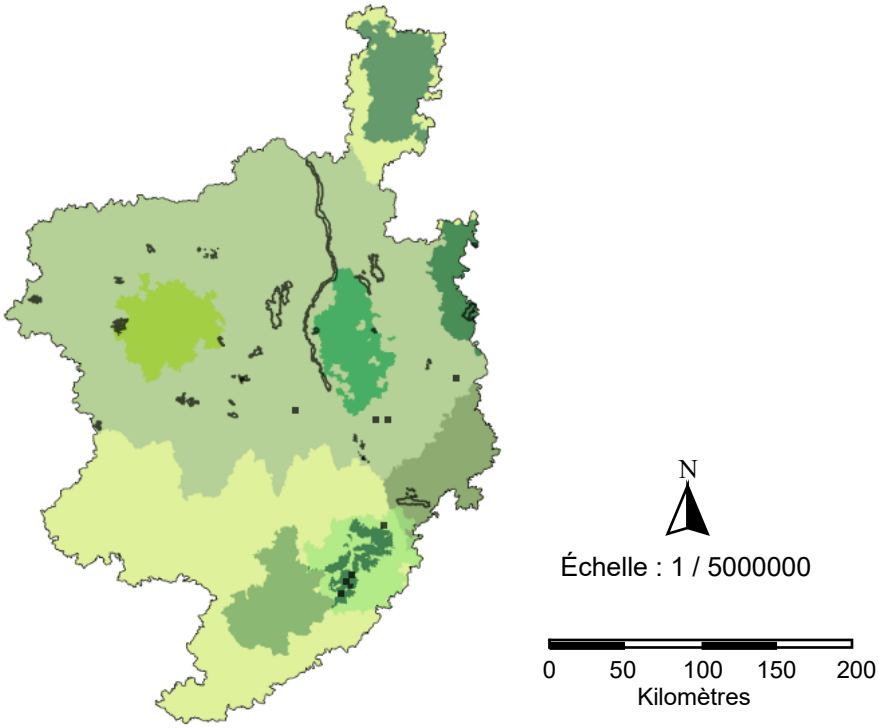


Fig. 11 –Localisation des projets incluant des descriptions de peuplements forestiers.

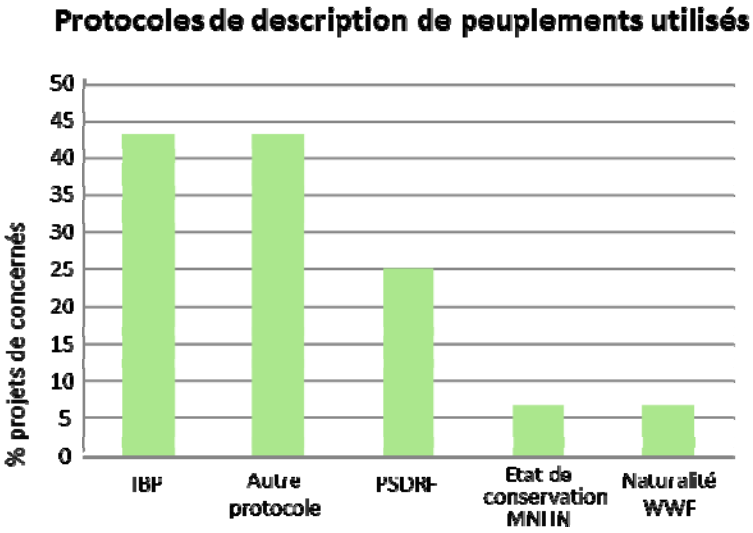


Fig. 12 – Types des protocoles utilisés dans les projets.

3.2.2. Inventaire d'espèces liées aux forêts anciennes et/ou matures

Des inventaires d'espèces liées aux forêts anciennes et/ou matures ont été réalisés dans différents secteurs répartis sur l'ensemble du Massif central (Fig. 13). 60 projets sont concernés. Les coléoptères saproxyliques et la flore vasculaire sont les groupes taxonomiques les plus souvent échantillonnés (Fig. 14), suivis par les chauves-souris, mousses, lichens et oiseaux cavicoles.

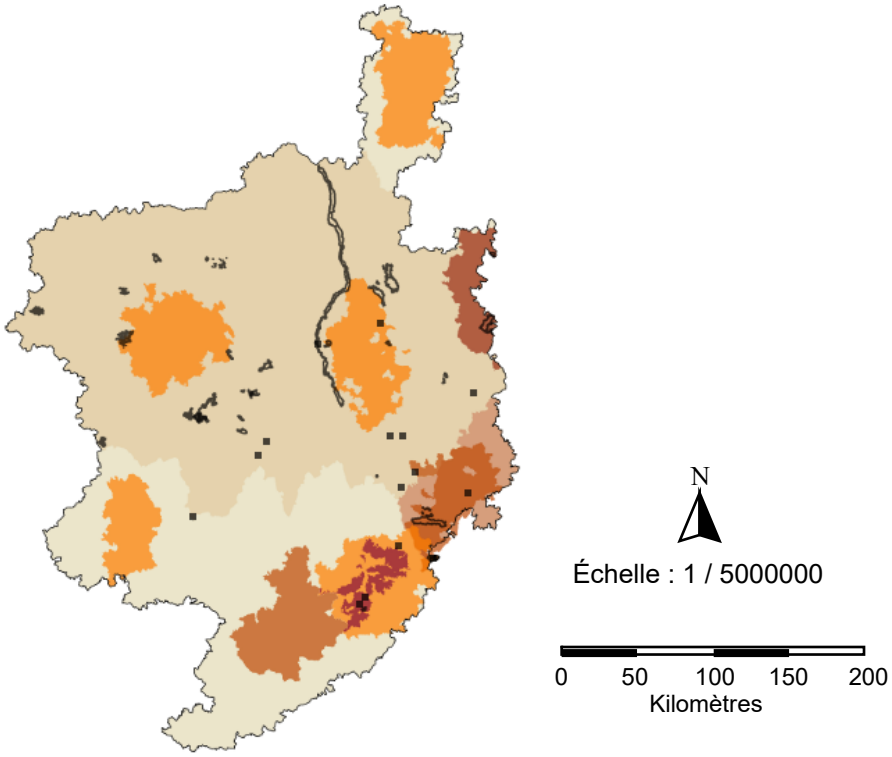


Fig. 13 – Localisation des projets incluant des inventaires d'espèces liées aux forêts anciennes et/ou matures (en haut)

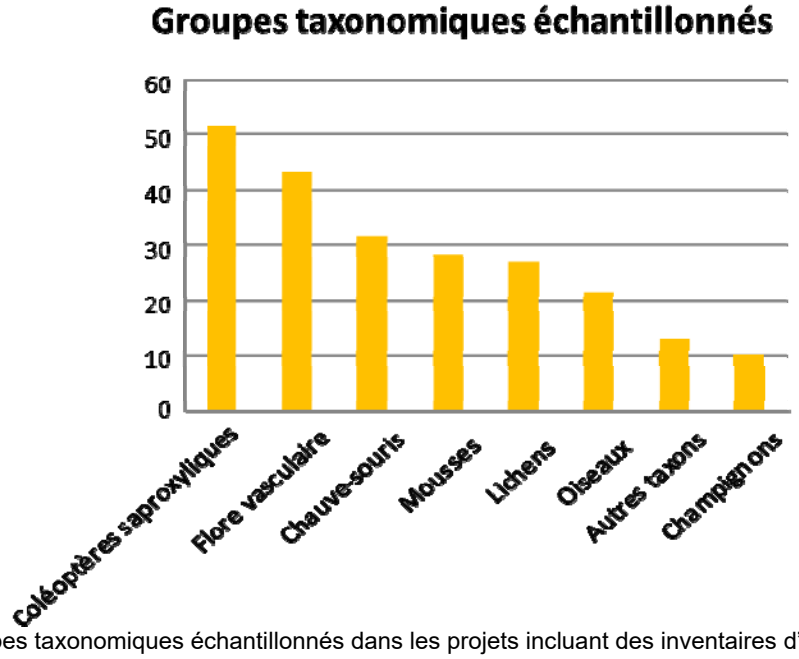


Fig. 14 – Groupes taxonomiques échantillonnés dans les projets incluant des inventaires d'espèces. Un même projet peut concerner plusieurs groupes taxonomiques.

3.2.3. Numérisation de cartes anciennes

Seuls 16 projets ont utilisé des cartes anciennes, mais ceux-ci concernent trois quart du territoire du territoire du Massif central (Fig. 9). Néanmoins tous n'ont pas abouti à la vectorisation des usages (Fig. 10). Les cartes anciennes numérisées sont celles de l'Etat-major dans huit cas sur dix (Fig. 11).

À l'heure actuelle, la vectorisation des forêts de l'Etat-major est finalisée sur près de la moitié du territoire du Massif central (47%) qui correspond à l'ensemble des parcs et projets de parcs du Massif central, au département de l'Allier et à quelques secteurs de tailles plus modestes (Fig. 10). Le croisement de cette vectorisation avec les forêts actuelles a permis de produire une couche d'évolution des forêts depuis le milieu du XIXème siècle (forêts présumées anciennes, récentes et disparues).

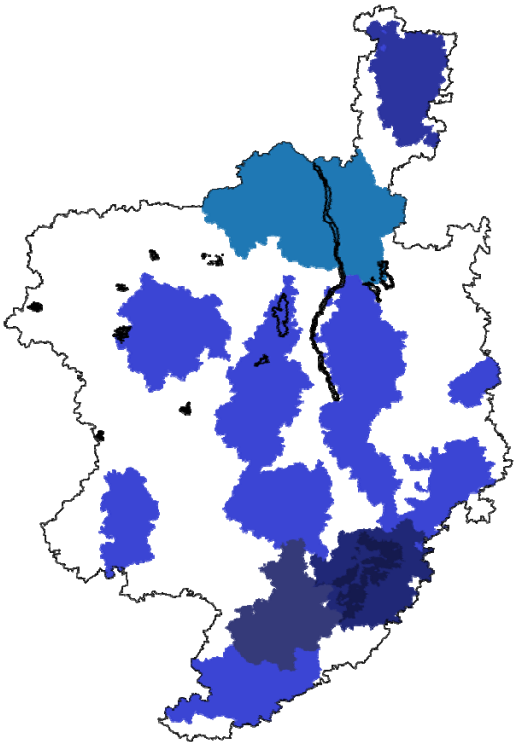


Fig. 15 –Localisation des projets ayant abouti à la vectorisation des forêts de cartes anciennes.

N

Échelle : 1 / 5000000

0 50 100 150 200
Kilomètres

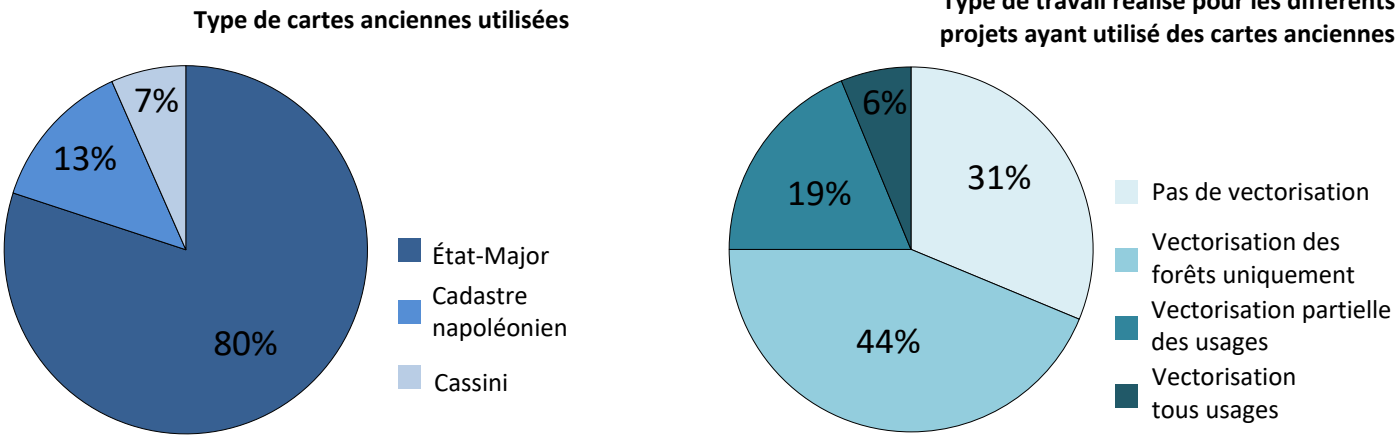


Fig. 16 –Type de carte ancienne numérisée et vectorisation des usages en pourcentage des projets comportant la numérisation de cartes anciennes

4. BOITE-À-OUTILS

Cliquez ici pour accéder à la page internet de la Boîte-à-outils

4.1. Contexte et objectifs

Une boîte-à-outils concertée et multi-acteurs pour identifier et la caractériser les forêts anciennes du Massif central…

Le CBN Massif central et ses partenaires (CEN Auvergne, Chauve-souris Auvergne, CBN Pyrénées et Midi-Pyrénées, CBN Bassin parisien, CPIE du Velay, Evinerude, IGN, IPAMAC, LPO Auvergne, ONF, SHNAO) ont élaboré une **« boîte-à-outils »** spécifique aux forêts du Massif central. L'objectif est de fournir des outils pour identifier et hiérarchiser les enjeux en termes de conservation, afin d'éclairer les choix de gestion et d'action, notamment dans le cadre de l'appel à projet biodiversité « forêts anciennes » du Programme opérationnel interrégional Massif central 2014-2020. Ces outils permettent **d'étayer une présomption d'ancienneté**, obtenue par exemple en comparant les forêts actuelles avec celles présentes sur les cartes de l'État-major, comme réalisé dans les Parcs du Massif central (IPAMAC), le département de l'Allier (CBN Massif central) ou plus ponctuellement dans d'autres secteurs (cœurs de biodiversité forestière du SRCE Limousin…). Ils permettent aussi d'en **caractériser la maturité, l'état de conservation** ou encore la **biodiversité potentielle**, afin d'évaluer les enjeux.

Ces synthèses ont en outre permis de préciser (voir Fig. 7) les paramètres influençant les différents groupes taxonomiques visés, liés notamment à l'**ancienneté** ou à la gestion actuelle et passée du peuplement (**maturité**, **intégrité** de la **composition** et de la **structure** du peuplement…).

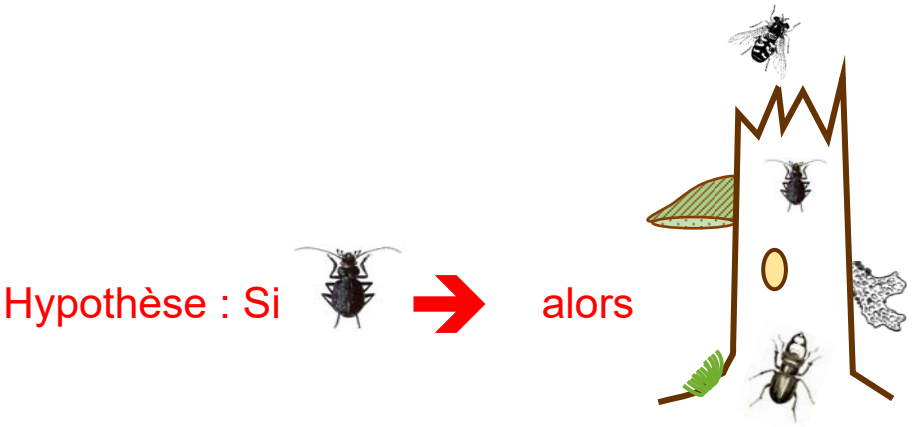


Fig. 17 – Illustration du principe de l'utilisation d'une espèce indicatrice (ici un coléoptère saproxylophage) pour identifier un compartiment écologiques et la présence potentielle des espèces associée (ici le compartiment « gros bois mort sur pied », lié à la maturité, et les espèces d'insectes, de mousses, de lichens, de champignons… associées).

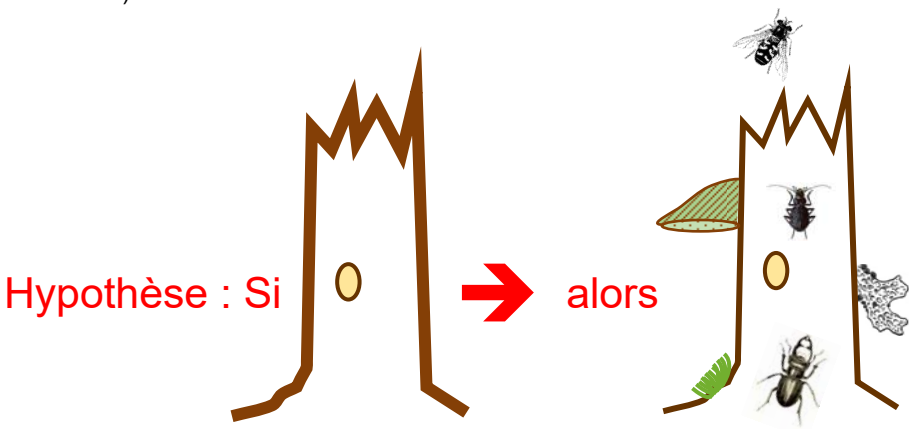


Fig. 18 – Illustration du principe de l'utilisation d'une caractéristique physique du peuplement (ici un bois mort sur pied de gros diamètre) pour identifier la présence potentielle des espèces inféodées à cette niche (insectes, mousses, lichens, champignons…).

Certains outils sont basés sur l'utilisation **d'espèces bioindicatrices**, et se fondent sur l'hypothèse que si certaines espèces sont présentes alors la niche écologique dont elles dépendent et les conditions écologiques auxquelles elles sont sensibles sont réunies (Fig. 17). D'autres se basent sur l'étude des **caractéristiques physiques de la forêt** (Fig. 18) : caractéristiques dendrologiques (structure du peuplement, présence de vieux arbres et de bois mort, existence de certains dendromicrohabitats), pédologiques (caractéristiques chimiques du sol), traces d'usages anciens en surface ou dans le sol (archéologie). L'étude des caractéristiques physiques de la forêt peut porter sur le présent mais aussi sur son passé : vestiges archéologiques évoqués précédemment et documents d'archive textuelle, pictographique ou cartographique.

4.2. Synthèses des résultats

4.2.1. Contributions par groupes taxonomiques et espèces bioindicatrices

De nombreux groupes taxonomiques ont fait l'objet de synthèses, afin de préciser leur sensibilité vis-à-vis de l'ancienneté, de la maturité, d'autres caractéristiques de la forêt. Certains d'entre eux peuvent dès à présent être utilisés comme **bioindicateurs**, et une **méthode ainsi que des listes d'espèces indicatrices** sont alors proposées. C'est le cas de la **flore vasculaire** pour **l'ancienneté**. Les **coléoptères saproxyliques**, les **lichens** et les **syrphes** sont quant à eux indicateurs de **maturité et d'une continuité écologique de la forêt ou d'éléments boisés dans le temps**, notion qui ne recoupe que partiellement celle d'ancienneté.

Ainsi, la présence actuelle de certains **coléoptères saproxyliques** indique que des vieux arbres et surtout du bois mort se sont toujours maintenus sur le site, ce qui n'a pas été forcément le cas dans toutes les forêts anciennes, notamment lorsqu'elles ont été surexploitées dans le passé (taillis pour le charbonnage ou le bois de chauffe par exemple). A contrario, le maintien de vieux arbres dans le paysage n'implique pas forcément la présente d'une forêt, et des coléoptères saproxyliques peuvent se maintenir dans un environnement agricole comportant des arbres ruraux sénescents et morts au sein de haies ou comme arbres isolés.

Certains **lichens épiphytes** sont associés au maintien de la présence de gros arbres et d'une ambiance microclimatique tamponnée, et peuvent donc être sensibles au maintien d'un couvert forestier continu, surtout sous climat sec. Enfin, les **syrphes** sont un groupe particulièrement intégrateur de plusieurs paramètres importants de l'écosystème forestier. En plus d'être sensibles à la présence d'arbres sénescents et de gros arbres morts (certaines espèces ont des larves saproxyliques, avec parfois une spécialisation importante pour le type de bois mort ou de microhabitat), les adultes sont floricoles et dépendent de la floraison du sous-bois, ce qui implique la présence d'un peuplement structuré et hétérogène ou trouées et lisières, naturelles ou non. Enfin, les syrphes sont sensibles à la connectivité spatiale du massif, ce qui est probablement aussi le cas pour d'autres groupes taxonomiques liés à l'ancienneté ou à la maturité, notamment les moins mobiles comme les plantes vasculaires. Une espèce peut en effet être présente aujourd'hui car les conditions écologiques dont elle dépend se sont maintenues dans le temps (sous-bois avec sol forestier pour la flore vasculaire, bois mort à proximité pour les coléoptères saproxyliques, etc…), mais aussi parce qu'elle a pu recoloniser la forêt après une période défavorable, depuis une zone refuge plus ou moins éloignée (évolution de la répartition des secteurs matures dans le paysage du fait de l'exploitation forestière, recolonisation d'une zone anciennement déboisée…).

Aucun indicateur n'est parfait. Chacun diffère en outre selon les paramètres qu'il évalu (ancienneté, maturité, structure…), sa précision, sa portée temporelle et spatiale, sa fiabilité, sa facilité de mise en œuvre…. Il est donc crutial de croiser différentes approches.

4.2.2. Contributions pour les autres thématiques

Les **cartes anciennes**, notamment les cartes de **l'État-major** donnent une « photographie » de l'occupation du sol à un moment donné ; croisées avec une carte des forêts actuelles, il est ainsi possible d'identifier sur l'ensemble du territoire couvert les secteurs potentiellement anciens. Il ne s'agit que d'une présomption d'ancienneté qui doit être étayée par d'autres approches. Une forêt présente aux deux périodes ayant pu être défrichées, connaître une période d'utilisation agricole, puis se reconstituer. Outre cette incertitude dans la reconstitution historique de la forêt, la précision des cartes reste inférieure à celle de cartes actuelles. Même si ce travail est long et que les documents ne sont pas toujours disponibles, en particulier pour les forêts privées, l'étude des **archives forestières** peut permettre de reconstituer le « puzzle » de l'histoire du secteur étudié. Elles fournissent des éléments précieux, notamment pour l'identification des **forêts anciennes**, mais aussi pour comprendre la maturité et la biodiversité actuelle. L'étude des **sols forestiers et du patrimoine archéologique** donne des éléments précis sur certains usages passés intensifs, notamment agricoles (fertilisation, labour, chaulage, pâturage intensif…). Pour finir, la description de la **structure du peuplement** et des caractéristiques des arbres qui le compose est l'approche la plus directe de la **maturité** et de la **structure** et de la **composition** actuelle du peuplement. Cette approche est aussi utilisée pour estimer la **biodiversité potentielle, l'état de conservation** ou la **naturalité** d'une forêt. Dans une certaine mesure, elle donne des **éléments sur l'histoire de la forêt**, au travers de l'architecture des arbres ou cépées âgés, mais c'est surtout l'état actuel qui est évalué, raison pour laquelle on parle par exemple de biodiversité potentielle. Un compartiment peut en effet être présent aujourd'hui (par exemple des dendromicrohabitats ou des arbres dépérissant ou morts), et être favorable à certaines espèces, mais celles-ci ne seront présentes que si les conditions sont demeurées favorables dans le temps, ou si elles ont eu le temps et la possibilité physique de recoloniser leur niche depuis des zones refuges.

4.2.3. Groupes ou thématiques ayant donné lieu à production d'une synthèse bibliographique sans production d'un outil directement utilisable

Aucun indicateur n'a pu être produit pour les **amphibiens**, les **bryophytes**, les **champignons**, les **chiroptères**, les **gastéropodes**, les **micromammifères** et les **oiseaux**. Ceux-ci ont fait l'objet de synthèses bibliographiques concernant leurs exigences écologiques en termes d'ancienneté, de maturité, d'intégrité de la structure et de la composition du peuplement, ou d'autres paramètres. Les **bryophytes** et **champignons** sont des groupes particulièrement prometteurs pour la réalisation d'une méthode de bioindication de l'ancienneté ou de la maturité (en fonction des espèces).

Des outils existent pour analyser la connectivité et la fonctionnalité de divers aspects de la **trame forestière**, et cet aspect fondamental pour la conservation de la biodiversité forestière a fait l'objet d'une synthèse bibliographique.

Le résumé de ces contributions est présenté au **§ 4.3. Boîte-à-outils**.

Tableau de synthèse des outils disponibles pour identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central : paramètres visés, niveau de développement, modalités pratiques d'utilisation

Types d'outils	Nom des outils	Paramètres visés par l'indicateur ou la méthode[1] – état boisé du terrain (Profondeur temporelle de l'outil[13] : passée (continuité) / actuelle (ancienneté))	Maturité (passée (continuité) / actuelle)	Intégrité structure composition (passée (continuité) / actuelle)	Continuité spatiale (passée (continuité) / actuelle)	Intérêt comme outil/indicateur d'après la biblio	niveau de développement de l'outil[4]	Domaine de validité[11] – Autre contexte que le Massif central	Contextes similaires	Massif central	Modalités pratiques de mise en œuvre des outils dans le Massif central[12] – Méthodologie ou indicateur disponible ?	Existence de listes d'espèces indicatrices ?	Existence de clefs d'interprétation (formule, valeurs seuils...)	Remarques
Outils disponibles dans la boîte-à-outils (voir § 4.3. Boîte-à-outils)														article complet en ANNEXE 2 ou sur http://www.cbnmc.fr/index.php/fr/missions/vegetation/forets-anciennes-du-massif-central/outils-forets-anciennes
Indicateurs physiques et historiques	Archives forestières	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✗ (5)	Nécessite une bonne connaissance des archives et de l'histoire, notamment pour les déchiffrer et comprendre de quoi les documents traitent. Cette approche est généralement précise mais peut être chronophage, notamment si les archives ne sont pas classées.
	Carte État-major	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	Temps de vectorisation des forêts sur une carte de l'État-major : entre 15.000 et 50.000 ha de territoire vectorisés par jour.
	Sol / archéo	✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓ (6)	Coût des analyses pour un échantillon : entre 30 et 40 € pour préparation, pH, C, N, P_2O_5. Ajouter 15 à 25 € pour S/T et certains cations, sans compter le δ15N. Temps prélèvement variable selon le protocole : possibilité de faire plusieurs dizaines de prélèvements par jour si prélèvements rapides de l'horizon A, mais seulement quelques prélèvements si analyses pédologiques complètes couplées avec d'autres mesures. Plusieurs dizaines de placettes par site sont généralement réalisées dans les études. Coût du LiDAR estimé à 250 €/km² pour une zone > 100 km².
	Structure des peuplements	(✓)	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓ (7)	La durée par placette dendrologique de type PSDRF simplifié est évaluée à 20-50 min avec 2 opérateurs nécessaires. Pour le PSDRF complet, un binôme entraîné réalisera 4 à 8 placettes/jour selon la complexité du terrain, soit 120j/homme pour la réalisation de 180 placettes, incluant déplacements, temps de formation et de saisie. Pour un protocole très simplifié (clef d'identification du type de structure de peuplement par classe de diamètre et dénombrement des (très) très gros bois et gros bois morts), le temps peut être réduit à une quinzaine de minutes pour un seul opérateur. Temps de photointerprétation des peuplements sur photographie aérienne estimé à 50 minutes pour 100 ha de forêt pour une interprétation de tous les peuplements.
Indicateurs intégratif liés à la structure	Indice de biodiversité potentielle (IBP)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (8)	✓	Selon les auteurs, 15-20 min /ha/ personne sont le plus souvent suffisantes (24 à 32 ha par jour et par personne), durée pouvant atteindre 10 ou 25 min dans les cas extrêmes. Cette durée incluant le temps de parcours, la durée du seul relevé IBP sera plus faible s'il est couplé à d'autres observations (description de parcelles, relevé dendrométrique...). Tenir compte d'une phase d'apprentissage pendant laquelle la durée est augmentée d'au moins 50 %. Au minimum 15 % de la surface et au moins 1ha doivent être parcourue par parcelle.
	Indice Naturalité WWF	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (8)	✓	Les auteurs indiquent une durée maximum d'une heure pour une parcelle homogène de moins de 10 ha, avec 2 opérateurs nécessaires. La version simplifiée réduit ce temps à 30 minutes pour un seul opérateur.
	Méthodo état de conservation MNHN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (8)	✓	L'évaluation de l'état de conservation se déroule en trois étapes : la préparation de l'évaluation, la réalisation de la phase de terrain (placettes de 20m de rayon), et enfin l'analyse des données et le commentaire et la valorisation de l'évaluation. Les auteurs estiment le coût du protocole à environ 100 euros/placette en plaine et 150 euros/placette en montagne, avec un nombre de placettes minimum à réaliser en fonction de la complexité écologique de la forêt (une vingtaine de placettes par type d'habitat était préconisée dans la précédente version de la méthodologie).
Outils d'analyses géomatiques de la connectivité de la trame					✓ (9)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓ (10)	
Indicateurs fondés sur les espèces bioindicatrices	Coléoptères saproxyliques	(✓)	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Coût comparable à une étude syrphe
	Flore vasculaire	✓					✓	➔✓	✓	✓	✓ (2)	✓	✓ (2)	✓	Le matériel est relativement léger et peu couteux (loupe, flores, planche et fiches de terrain). Une durée approximative de 20 à 40 minutes par relevé de 400 m² peut être envisagée (hors trajets et déterminations complémentaires au laboratoire), avec une dizaine à une vingtaine de placettes à répartir dans la forêt par grand type de compartiment écologique.
	Lichens épiphytes	(✓)	✓	✓			✓	➔✓	✓	✓	✓ (3)	✓	✓ (3)	✓	Le terrain peut être réalisé sur 1 ou 2 jours, selon le site (dégagé/embroussaillé, plat/vallonné...). Une phase de bureau sera obligatoire pour les microlichens dont le temps d'étude variera fortement selon l'habitude de l'intervenant sachant qu'à une journée de terrain correspond a minima 2-3 j de bureau.
	Syrphes	(✓)	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Le coût de la méthode (achat matériel, pose et relevé des pièges, tri et détermination, analyse) est d'environ 10000 € pour 5 à 10 ha suffisamment homogène suivies par 4 à 6 pièges (il est demandé de placer 2 pièges par type d'habitat).
Autres outils potentiels abordées dans les synthèses (voir § 4.4.)														article complet en ANNEXE 2 ou sur http://www.cbnmc.fr/index.php/fr/missions/vegetation/forets-anciennes-du-massif-central/outils-forets-anciennes
Indicateurs fondés sur les espèces bioindicatrices	Bryophytes terricoles et humicoles	Voir Fig. 7. À préciser selon les résultats des analyses.					✓	➔	✓	✓	✗	✗		
	Champignons mycorhyziens						✓	➔	✓	✗	✗	✗		
	Amphibiens					à confirmer	✗	✗		✗		✗		
	Chauve-souris						✗	✗		✗		✗		
	Mollusques						✗	✗		✗		✗		
	Micromammifères						✗	✗		✗		✗		
	Oiseaux						✗	✗		✗		✗		

(1) ✓ : avéré, (✓) : dans certains cas seulement. La continuité de certaines caractéristiques peut indiquer l'ancienneté mais la relation n'est pas systématique ni symétrique. Par exemple l'absence de continuité du compartiment vieux bois ne signifie pas nécessairement que la forêt est récente. À l'inverse, la continuité de certaines caractéristiques comme la présence de vieux arbres n'implique pas nécessairement qu'ils se trouvaient en forêt et que la forêt est ancienne : ils pouvaient s'agir d'un réseau dense de haies et d'arbres ruraux.

(2) listes d'espèces et indicateurs produits spécifiquement pour le Massif central, mais probables problèmes de fiabilité en contexte de hêtraies-sapinières montagnardes et de forêts humides à bois dur atlantique.

(3) liste adaptée et indicateurs adaptés au Massif central car produits en dehors : à tester sur le terrain (notamment la pertinence des seuils pour le Massif central).

(4) ✓ : opérationnel, ➔✓ : à tester avant généralisation de l'emploi, ➔ : à développer, ✗ : non disponible.

(5) un tableau permettant de confronter les différents indices récoltés (Diagramme temporel de continuité forestière) est disponible, mais les documents d'archives sont à interpréter au cas par cas.

(6) les usages anciens intensifs (culture, pâturage intensif...) peuvent être identifiés grâce à des anomalies dans les caractéristiques chimiques identifiées par comparaison entre prélèvements dans des conditions écologiques similaires.

(7) des seuils de diamètre ont été définis pour définir les arbres considérés comme matures ou les bois morts considérés comme de gros diamètre. En revanche, les seuils de densité de ces éléments nécessaires pour qu'un peuplement soit défini comme suffisemment matures sont à définir en fonction du contexte local, notamment historique.

(8) liste d'espèces considérées comme exotiques ou autochtones disponibles dans les flores locales.

(9) l'intégration de données anciennes peut permettre d'analyse la continuité de la trame dans le passé.

(10) la connectivité étant calculée pour une espèce -ou un groupe d'espèces- considéré, les seuils dépendent du choix des espèces choisies. Ces valeurs sont à rechercher dans la littérature ou à obtenir par des études locales.

(11) Domaine géographique dans lequel l'outil a été mis au point et/ou testé avec succès. ✓ : oui , ✗ : non.

(12) ✓ : disponible ➔✓ : disponible dans certains cas, ✗ : non disponible.

(13) Certains outils donnent des indications sur les caractéristiques actuelles de la forêt (par exemple, la maturité actuelle du peuplement pour l'outil "structure des peuplements"), d'autre sur sa continuité temporelle (par exemple la continuité boisée pour l'outil "flore vasculaire").

Fig. 19 – Synthèse des outils retenus, à développer et des groupes taxonomiques n'ayant pas donné lieu à mise au point d'un outil.

4.3. La boîte-à-outils

La partie suivante présente les outils retenus de manière succincte. Les articles complets avec les sources scientifiques, la méthode complète et tous les documents utiles (listes d'espèces, feuilles de calcul...) sont disponibles sur la page internet de la boîte-à-outils (http://www.cbnmc.fr/index.php/fr/missions/vegetation/forets-anciennes-du-massif-central/outils-forets-anciennes).

Les outils sont présentés dans l'ordre suivant :

Indicateurs physiques et historiques

4.3.1. Archives forestières
« Méthode d'identification et de caractérisation des forêts anciennes grâce aux archives forestières » par Laurent LATHUILLIERE & Maud GIRONDE-DUCHER (ONF)

4.3.2. Cartes d'État-major
« Cartographier les forêts anciennes à partir des cartes d'État-major » par Raphaël BEC (IPAMAC) & Anne VILLEMEY (CBN Massif central) »

4.3.3. Sol et archéologie
« Sol, patrimoine archéologique et usages anciens » par Benoît Renaux (CBN Massif central)

4.3.4. Structure des peuplements
« Structure des arbres et des peuplements, maturité et ancienneté » par Benoît RENAUX & Laurent LATHUILLIÈRE

4.3.5. Trame forestière
« Trame forestière, forêts anciennes et peuplements matures » par Anne VILLEMEY & Benoît RENAUX (CBN Massif central)

Indicateurs fondés sur les espèces bioindicatrices

4.3.6. Coléoptères saproxyliques
« Les coléoptères saproxyliques et les forêts anciennes » par Benjamin CALMONT (SHNAO)

4.3.7. Flore vasculaire

« Des listes d'espèces indicatrices à un outil opérationnel pour identifier les forêts anciennes et récentes à partir de la flore vasculaire » par Anne VILLEMEY & Benoît RENAUX (CBN Massif central)

4.3.8. Lichens
« Lichens épiphytes et forêts anciennes »
par Grégory AGNELLO (Evinerude)

4.3.9. Syrphes
« Les syrphes, indicateurs de forêts anciennes ? Synthèse bibliographique des connaissances disponibles » par Aurélie SOISSONS (CEN Auvergne)

4.3.1. Archives forestières

« Méthode d'identification et de caractérisation des forêts anciennes grâce aux archives forestières »
par Laurent LATHUILLIERE & Maud GIRONDE-DUCHER (ONF)

Mots-clés : forêts anciennes – archives forestières – diagramme temporel de continuité forestière

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) :
L'identification des forêts anciennes fait habituellement appel aux cartes anciennes, notamment la carte d'Etat-major. Si celle-ci est très instructive, elle ne représente qu'un élément de présomption, qui plus est ponctuel dans le temps, et nécessite d'être complétée par d'autres ressources documentaires historiques. Parmi celles-ci, les **archives forestières** sont des ressources stratégiques, complémentaires aux approches cartographiques, et doivent être intégrées dans les recherches de forêts anciennes, notamment pour caractériser la **continuité du couvert forestier**, au-delà de la présence ancienne de forêt attestée par des cartes, et pour mieux appréhender l'état actuel, l'évolution sylvicole et la valeur écologique de ces forêts anciennes.

Les **archives forestières de l'Administration des Eaux et Forêts** (1820-1965), conservées à l'Office National des Forêts ou aux Archives départementales, sont particulièrement utiles pour attester de la continuité boisée d'une forêt publique. Elles portent sur les XIXème et XXème et donnent de précieuses informations sur la période charnière de la transition forestière (minimum forestier situé généralement au milieu du XIXème). On y trouve notamment :
- des documents d'aménagements forestiers anciens ;
- des rapports des services forestiers sur les autorisations de coupes ;
- des cartes et plans forestiers ;
- des Procès-verbaux de reconnaissance, d'arpentage, de délimitation ou de bornage des forêts ;
- des **livrets journaliers** et registres d'ordres des préposés des Eaux et Forêts qui relatent leurs activités quotidiennes.
- des actes administratifs liés à la gestion foncière et forestière, notamment les **actes de soumission au régime forestier** (et les rapports correspondants), courriers et correspondances entre les services forestiers, l'administration, les propriétaires, etc. ;
- des constats d'infractions, des contentieux ou des contestations de propriétés ou de limites ;
- des descriptifs et états récapitulatifs des travaux réalisés en forêts.

D'autres archives peuvent également être mobilisées, aux archives nationales, départementales (notamment pour les XVIIème, XVIIIème et XIXème siècles, et les archives forestières sous l'Ancien Régime) et communales, ou dans des archives privées. Il faut citer notamment les livres terriers, les procès-verbaux et jugements, qui peuvent être très explicites, et sont parfois accompagnés de cartes et plans précis, les cartes postales et les archives photographiques. Enfin, il convient de citer l'intérêt de l'analyse de la toponymie.

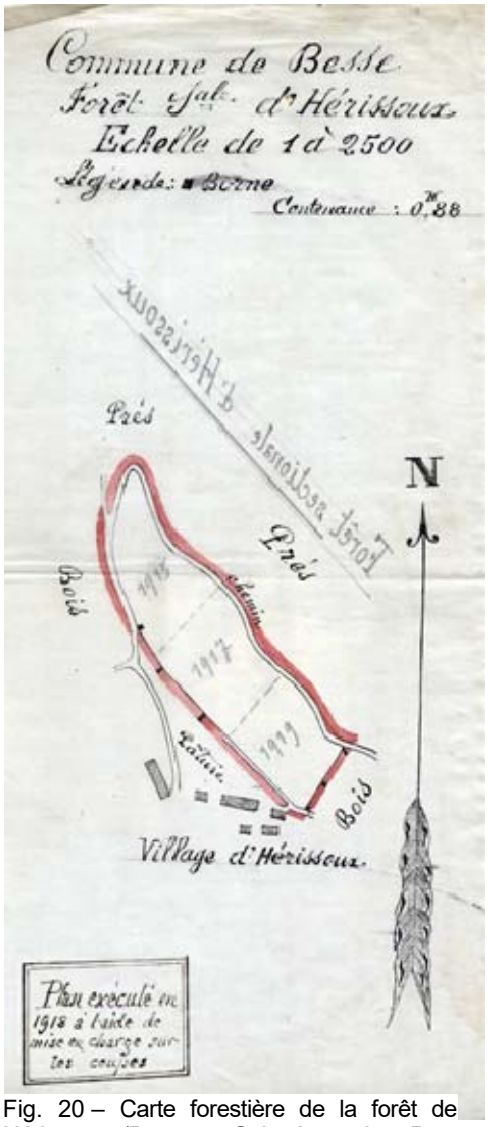


Fig. 20 – Carte forestière de la forêt de Hérissoux, (Besse et Saint-Anastaise, Puy-de-Dôme) avec indication de la date des coupes et localisation des bornes.

L'étude des **archives forestières** doit être croisée avec les autres approches, décrites par ailleurs :

- utilisation des **cartes anciennes** (Cassini, Etat-major, cadastre napoléonien,….) ;
- **approche écologique** avec notamment des recherches sur la flore ou les cortèges saproxyliques supposés indicateurs de l'ancienneté forestière ;
- **approche physionomique**, analysant la composition, la structure et la conformation des arbres et des peuplements.

L'ensemble des résultats obtenus au cours des recherches et avec les différentes méthodes peuvent être reportés sur un **Diagramme Temporel de Continuité Forestière (DTCF)**, qui constitue un mode de représentation multidisciplinaire, novateur, facile à enrichir progressivement d'indices nouveaux à la manière d'un puzzle « éco-sylvo-historique ». Les éléments rassemblés sont structurés le long d'une frise chronologique, ponctuée de repères temporels, et avec trois niveaux de connaissance :

- éléments argumentant contre la continuité ou identifiant une discontinuité : ex. absence sur une carte ancienne, rapport présentant un déboisement ou un défrichement
➔ ***discontinuité apparente*** ;

- éléments incertains vis-à-vis de la continuité, parce que trop imprécis dans la description de la « forêt », dans le temps ou géographiquement
➔ ***continuité supposée ou incertaine*** ;

- éléments argumentant pour la continuité forestière
➔ **continuité établie / attestée.**

Ce travail peut être fait à différentes échelles spatiales, notamment au niveau d'une forêt (= un propriétaire), d'un massif, ou d'un groupe de parcelles ayant connu une histoire semblable (ex. les anciens « quart en réserve »).

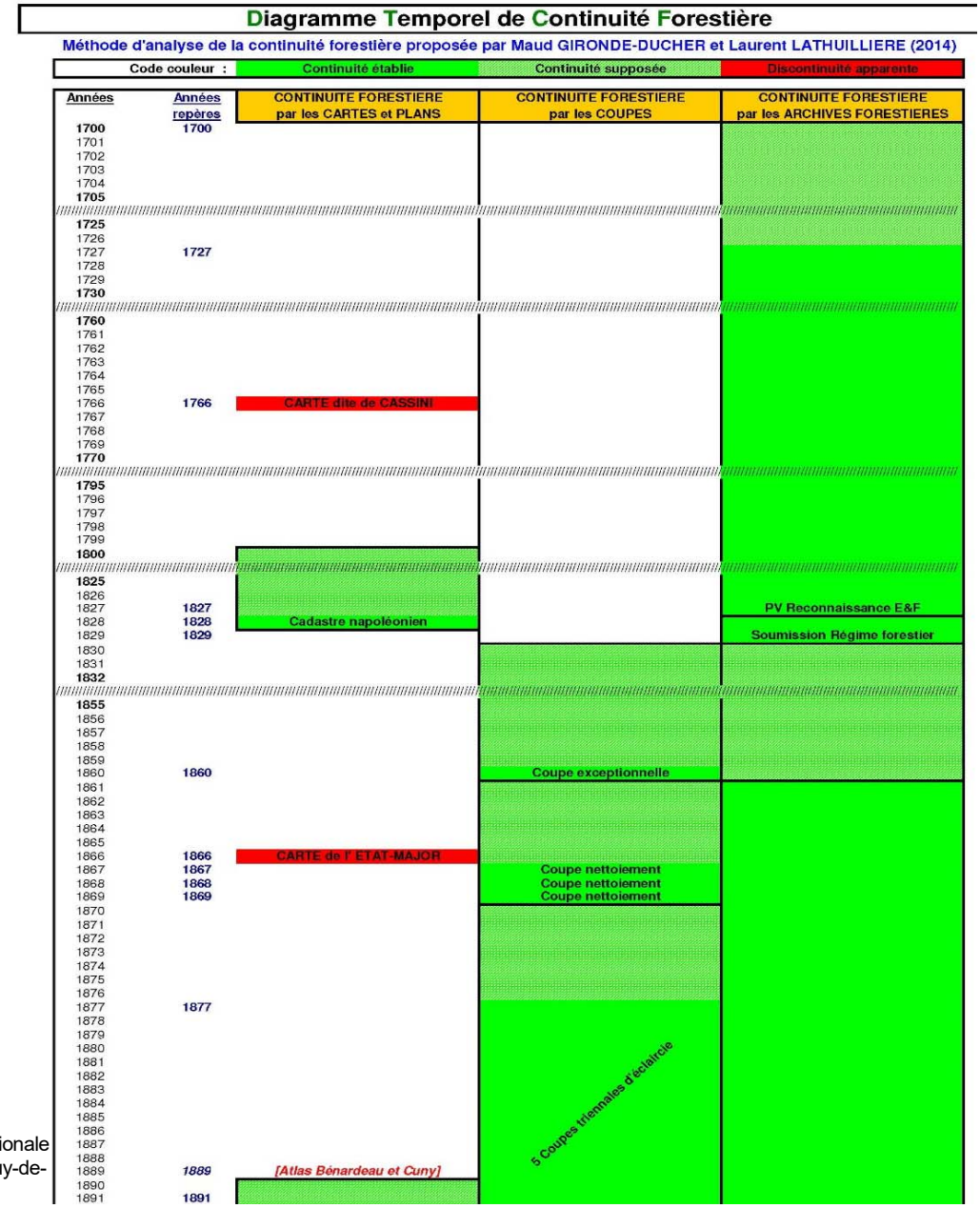


Fig. 21 – Extrait du DTCF pour la forêt sectionale de Hérissoux, Besse et Saint-Anastaise, Puy-de-Dôme

4.3.2. Cartes d'État-major

« Cartographier les forêts anciennes à partir des cartes d'État-major »
par Raphaël BEC (IPAMAC) & Anne VILLEMEY (CBN Massif central) »

Mots-clés : forêt de l'État-major – forêt actuelle – cartes anciennes – vectorisation – géoréférencement

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) :
Parmi les différentes cartes anciennes disponibles, la carte d'État-major est la meilleure candidate pour préidentifier les forêts anciennes en France. Elle est disponible sur (quasiment) tout le territoire métropolitain, elle est précise et la période des levées de terrain correspond au « minimum forestier ».
La méthode proposée, mise au point avec le concours technique de l'IGN, détaille les différentes étapes pour obtenir une couche d'évolution identifiant les forêts présumées anciennes :

- obtention de la carte d'État-major en fichier raster géoréférencé, et traitement éventuel de l'image ;
- vectorisation des forêts de l'État-major (le type d'espace boisé est renseigné, de même que la confiance dans l'identification du figuré, notamment dans le cas de couleurs illisibles) ;
- correction du géoréférencement grâce à une grille de transformation de l'IGN basée sur la localisation de 11865 clochers présents sur les cartes d'État-major et les cartes actuelles ;
- croisement des forêts de l'État-major avec forêts actuelles (couche Végétation de la BD Topo® de l'IGN, BD Forêt® V1 ou V2 de l'IGN, cartographies locales d'habitats ou de végétation).

Cette méthode a été appliquée pour identifier les forêts présumées anciennes et récentes sur l'ensemble des parcs et projets de parcs du Massif central (Parcs naturels régionaux et projets de Parcs naturels régionaux, Parc national des Cévennes). Ce travail a également été réalisé par le CBNMC sur certains secteurs du Limousin et le département de l'Allier, où il a permis de produire un poster de vulgarisation et de sensibilisation. Les limites inhérentes à la méthode invitent à utiliser cette carte des forêts présumées anciennes avec précautions. En effet, il s'agit d'une comparaison de deux « photographies » de l'occupation du sol à deux périodes différentes, entre lesquelles les forêts présentes sur les cartes de l'État-major ont pu être défrichées, connaître une période d'utilisation agricole, puis se reconstituer. Outre cette incertitude dans la reconstitution historique de la forêt, la précision des cartes de l'État-major reste inférieure aux cartes actuelles. Par mesure de précaution, on considèrera donc un décalage éventuel des contours des forêts anciennes, récentes ou disparues de l'ordre d'une cinquantaine à une centaine de mètres après application de la grille de correction. Pour confirmer l'ancienneté des forêts, il est ainsi nécessaire de réaliser des recherches historiques complémentaires (voir **4.3.1 Archives forestières**) et de croiser les résultats avec d'autres approches, basées sur les caractéristiques physiques de la forêt (pédologiques, dendrologiques, topographiques et archéologiques…) et la présence d'espèces bioindicatrices (voir notamment **4.3.7 Flore vasculaire**).

D'autres cartes anciennes existent, notamment les cartes de Cassini, dont les forêts ont été vectorisées sur l'ensemble de la France hors Savoie (correspondant aux départements actuels de Savoie et Haute Savoie), Comté de Nice et Corse, (VALLAURI, GREL, GRANIER & DUPOUEY 2012). Les cartes de Cassini sont moins précises que celle de l'État-major (imprécision des contours et non prise en compte des massifs trop petits) et datent du milieu du XVIIIe siècle, période à laquelle les défrichements étaient encore intenses, mais peuvent permettre de faire remonter au XVIIIe siècle l'ancienneté d'un grand massif identifié sur les cartes de l'État-major.

Quelles données cartographiques sont disponibles et où les trouver ?

La couche d'information cartographique des forêts de l'État-major est disponible sur demande auprès des parcs du Massif central (IPAMAC) ou du CBNMC (sur le département de l'Allier). Les couches d'évolution (représentant forêts présumées anciennes, récentes et disparues) sont, elles, propriété partagée entre les parcs ou le CBNMC (sur le département de l'Allier) et l'IGN, puisqu'elles ont été créées par croisement avec la BD Forêt® de l'IGN. Leur utilisation implique donc de disposer des droits d'utilisation de ces couches. Il est nécessaire de citer l'origine de ces données dans tout document les utilisant.

La couche d'évolution produite par comparaison entre les cartes de Cassini et CORINE Land Cover® est disponible sur CD-ROM (VALLAURI, GREL, GRANIER & DUPOUEY 2012). Elle est libre de droit sous réserve de mention de son origine.

Ces données vectorisées permettent des traitements de données sur logiciel de SIG. Pour les personnes ne disposant pas de ces couches, ou dans les secteurs où les forêts de l'État-major n'ont pas encore été vectorisées, il est possible d'effectuer une comparaison visuelle entre les forêts actuelles et forêts présentes à certaines époques sur les sites de l'IGN https://remonterletemps.ign.fr/ et https://www.geoportail.gouv.fr/. Les couches anciennes visualisables (en fichier raster) sont, en plus des cartes de l'État-major et de Cassini, la carte IGN au 1 : 50 000 de 1950 et des photos aériennes historiques (1950-1965). Les forêts actuelles peuvent quant à elles être identifiées grâce aux photographies aériennes les plus récentes ou aux cartes de végétation actuelles (BD Forêt®, CORINE land cover®). Enfin, des photographies aériennes plus anciennes peuvent être visualisées ou commandées sur le site « remonter le temps », les plus anciennes datant de 1919.

D'autres cartes anciennes nationales existent, mais ne sont pas disponibles sous les formes évoquées précédemment en dehors de petits territoires ayant fait l'objet d'initiatives particulières : atlas des routes royales de Trudaine, Inventaire Daubrée (Atlas des Forêts de France), cadastre napoléonien…On peut citer enfin les nombreuses cartes locales présentes dans les archives forestières (voir **4.3.1 Archives forestières**).

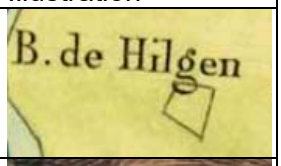
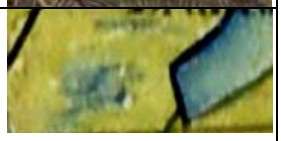
Type de milieu	Figuré(s)	Illustration
Forêt	Vert, vert-jaune ou jaune	
Forêt pâturée	Variable : mélange de vert et de rose, mélange de vert et de bleu, vert-bleu	
Forêt marécageuse	Traits et taches bleues irrégulière sur fond vert	
Verger	Jaune avec un maillage régulier de point	
Verger planté sur prairie	Vert avec un maillage régulier de point	

Fig. 22 –Principaux figurés représentant les forêts ou milieux agroforestiers habituellement rencontrés sur les cartes de l'État-major, extrait de Favre *et al.* 2013 (dans certains cas, il peut être intéressant de vectoriser les vergers, notamment les vergers de châtaignier abondants dans certaines régions).

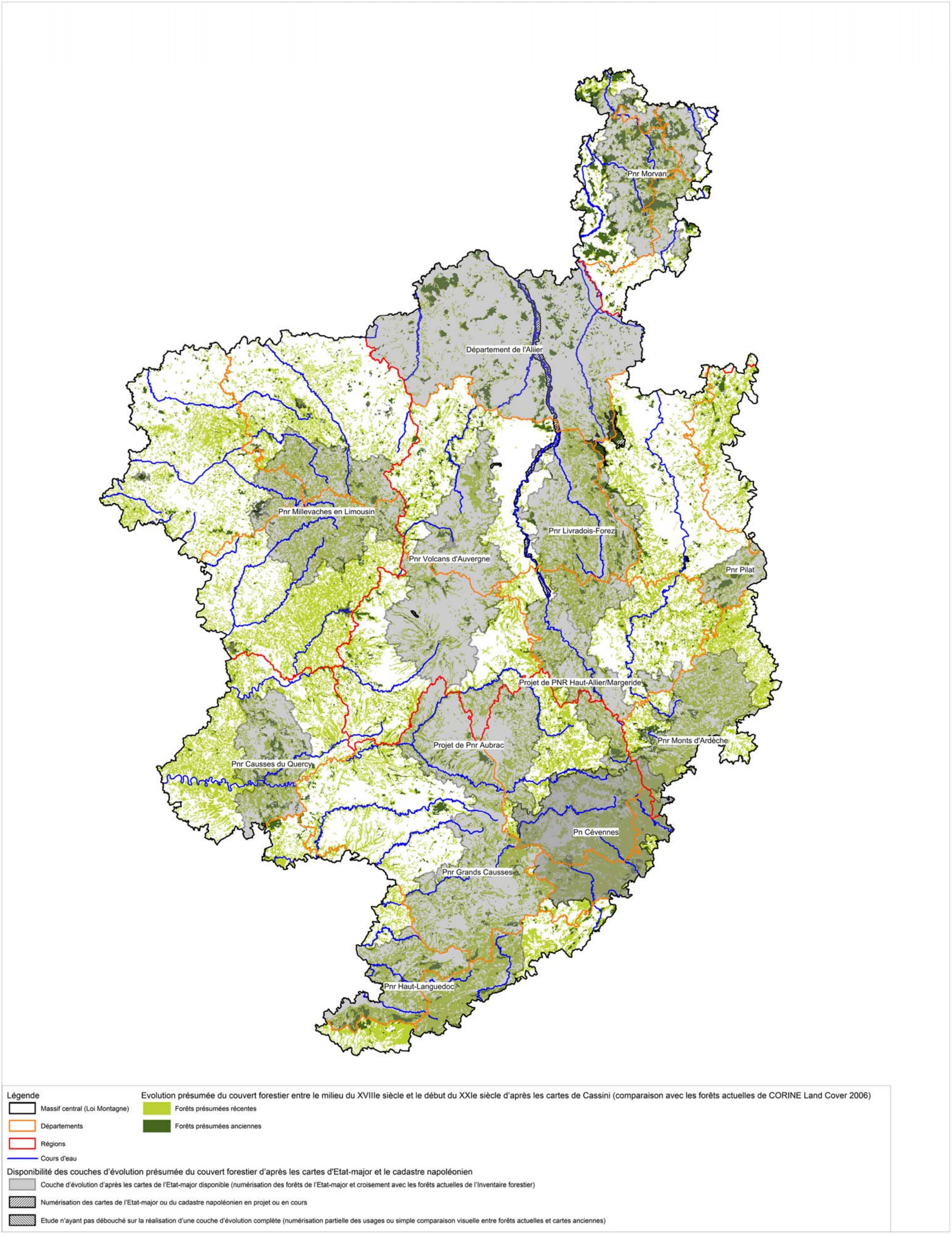


Fig. 23 – Disponibilité des données cartographiques vectorisées de présomption d'ancienneté obtenues d'après les cartes anciennes pour le Massif central.

La présomption d'ancienneté d'après les cartes de Cassini est disponible pour l'ensemble de la France (et donc du Massif central). VALLAURI, GREL, GRANIER & DUPOUEY 2012). La couche d'évolution d'après les cartes d'État-major est disponible sur le territoire des parcs et projets de parcs du Massif central ainsi que dans le département de l'Allier, dans lequel les autres usages ont également été vectorisés par l'IGN (voir sur le site Géoportail). Cette carte peut permettre d'orienter le choix des territoires pour lesquels la vectorisation des cartes d'État-major serait prioritaire, en fonction du travail déjà réalisé, de la proportion de forêts présumées anciennes d'après les cartes de Cassini, etc…

4.3.3. Sol et archéologie

« Sol, patrimoine archéologique et usages anciens » par Benoît Renaux (CBN Massif central)

Mots-clés : Forêts anciennes, pédologie, fouilles archéologiques, pH, P2O5, C/N, δ15N, LiDAR

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) :
En **surface, on peut trouver trace d'usages non forestiers** (restes de murs et de bâtiments, terrasses agricoles, terrassement ou excavations, épierrement…) mais aussi forestiers (plateformes ou chaudrons de charbonnage, bornes forestières, biefs utilisés pour le sciage en long). Des anomalies topographiques plus discrètes peuvent trahir des parcellaires, bâtiments ou mares disparus depuis longtemps, mais ils nécessitent un œil de spécialiste voire l'usage du LiDAR aéroporté. Cette approche peut permettre de pré-identifier les secteurs à étudier par des méthodes plus précises mais aussi invasives et coûteuses. **Dans le sol, l'archéologue peut en effet reconstituer la nature et la chronologie des occupations humaines successives**, mais une telle approche ne peut être menée en plein sur de vastes zones. L'approche historique est également très pertinente, que ce soit par l'étude de bases de données nationales ou de savoirs plus locaux (travaux sur les usages locaux anciens…).

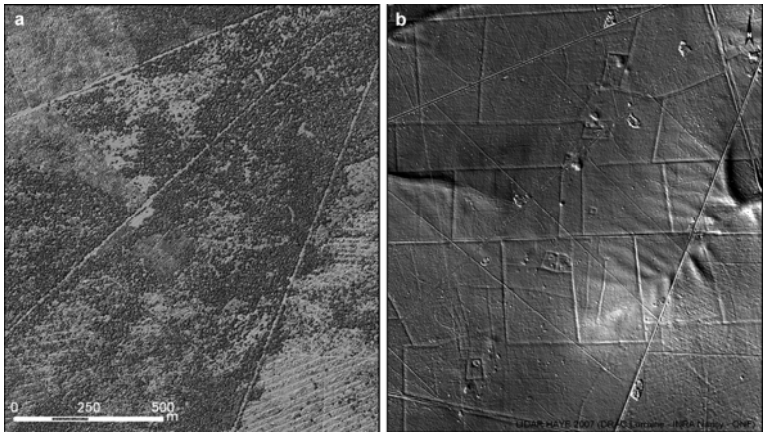


Fig. 24 – Exemple d'utilisation du LIDAR, en forêt de Haye (54). A gauche, orthophotographie aérienne, à droite image LIDAR

La pédologie permet d'identifier certains usages parfois très anciens, notamment agricoles. Les sols forestiers gardent ainsi la mémoire d'usages gallo-romains, alors que plusieurs générations d'arbres se sont succédé en surface et que la forêt est présumée présente depuis des temps immémoriaux. Labour, épierrement, pâturage, érosion résultant d'un sol mis à nu, fertilisation et chaulage ont laissé des traces dans la structure du sol (horizon remanié ou tassé, semelle de labour), mais aussi dans sa chimie. Ainsi les zones anciennement perturbées par des habitations, activités artisanales ou agricoles sont trahies par des pH, taux de phosphore assimilable, d'azote et d'abondance de l'isotope 15 de l'azote (δ15N) plus élevés que dans les forêts immémoriales ou anciens parcours extensifs (anciennes landes ou pelouses…). Le taux de carbone organique et le rapport C/N (Carbone/Azote) sont en revanche moins élevés. **Aucun seuil n'existe dans l'absolu, et c'est la mise en évidence d'anomalies dans ces valeurs (valeurs localement différentes de celles d'autres secteurs pourtant situés dans des conditions écologiques et des peuplements comparables) qui permet de révéler des usages anciens non forestiers.** Contrairement aux usages agricoles intensifs, un passé de parcours (lande, pelouse…) pâturé extensivement laisse peu de traces dans le sol.

La maturité du peuplement semble surtout influer sur les caractéristiques de l'humus, via le dépôt progressif de matière organique (feuilles, bois mort…) et sa minéralisation en cas de mise en lumière consécutive à une coupe ou des chablis très importants. C'est surtout le cas dans les forêts acidiphiles à humus épais (moder, mor).

4.3.4. Structure des peuplements

« Structure des arbres et des peuplements, maturité et ancienneté » par Benoît RENAUX (CBN Massif central) & Laurent LATHUILLIÈRE (ONF)

Mots-clés : bois mort – biodiversité – dendrologie – état de conservation – IBP – naturalité – traitement sylvicole – très gros bois

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) :
L'analyse de la structure du peuplement forestier et des caractéristiques dendrologiques des arbres qui le compose est la façon la plus directe d'aborder la maturité, à travers l'abondance et la diversité en bois mort de diamètre important et la présence d'arbres vivants, de fortes dimensions et/ou vieux. Ces derniers correspondent généralement à la classe des très gros bois et au-delà. En préalable aux mesures dendrologiques de terrain, l'analyse des cartes de peuplement et de végétation, ainsi que des photographies aériennes actuelles et passés et des cartes anciennes, peut permettre de pré-identifier les secteurs potentiellement favorables à la présence de peuplements matures. Ces éléments permettent de proposer une méthode d'identification des secteurs matures, dans le cadre notamment d'une politique de déploiement d'un réseau de vieux bois associant arbres habitats, ilots de sénescence et zones plus vaste en libre évolution. Si la méthode et les critères à identifier sont assez bien connus, **les seuils** notamment en termes de densité d'arbres vivants et morts de gros diamètre devront être **adaptés au contexte historique du Massif central**. L'analyse de la composition et de la structure

Principales étapes pour identifier les secteurs matures… (voir l'article complet pour la méthode complète).

1- Préidentification au bureau des secteurs potentiellement matures grâce aux photographies aériennes actuelles et cartes d'ancienneté, si possible d'autres cartes et photographies anciennes, les archives…
Les peuplements ciblés possèdent les caractéristiques suivantes :
- l'**ancienneté** d'après au moins les cartes d'État-major ;
- présence des **dryades naturelles** ;
- **structure caractéristique** du peuplement (**arbres de grande taille** avec souvent jeunes arbres intercalés, sans trace de coupe récente ni de piste de débardage…)
- **présence de bois mort**, notamment le bois mort debout et d'arbres dépérissant, visible en infrarouge couleur.

2- Validation par parcours de terrain. Les informations suivantes doivent notamment être relevées :
- localisation du peuplement ;
- recouvrement des essences des strates arborées et arbustives ;
- densité de **très gros et très très gros bois vivants** (y compris sénescents), diamètre et essence du plus gros arbre vivant ;
- **densité de bois mort de gros diamètre** debout et au sol ;
- **traces** éventuelles **d'exploitation** et d'usages anciens ;
- statut foncier et s'il existe le statut de protection règlementaire ou de préservation contractuel ;
- paramètres susceptibles de favoriser ou empêcher l'exploitation forestière.
- d'autres rubriques peuvent être utilement renseignées (stade de décomposition des arbres morts, volume ou l'abondance de bois mort de faible dimension, présence d'essences exotiques, nombre et type de dendro microhabitats, type de végétation d'habitats ou de station, le stade du cycle sylvigénétique…

Les **seuils de classes de diamètre** pour les très (très) gros bois vivants ainsi que les gros bois morts **dépendents du type d'essence et du contexte**. Hors contexte méditerranéen ou station à forte contrainte, et hors essences pionnières peu longévives ou atteingnant de faibles dimensions, la classe 70 cm marque le seuil des très gros bois vivants, 90 cm celui des très vivants très gros bois ; tandis que la classe 40 cm est le diamètre de précomptage des gros bois morts. Ces seuils sont abaissés en contexte contexte méditerranéen ou station à forte contrainte et pour certaines essences (**voir l'article complet**).
La définition des secteurs retenus comme matures suite aux inventaires de terrain dépend de seuils de densité en gros arbres vivants et de bois mort à définir selon le contexte écologique et surtout historique.

horizontale et verticale du peuplement, ainsi que des caractéristiques physiques des arbres qui le composent peuvent être suivies au moyens de protocoles, notamment le PSDRF (protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières), dont nous proposons en outre des versions simplifiées (**voir l'article complet**). Ces mesures dendrométriques servent aussi de base à l'évaluation de la biodiversité potentielle (IBP), de la naturalité et de l'état de conservation, notions qui partagent des fondements communs mais correspondent à des réalités différentes et peuvent dans certains cas diverger légèrement (cas des microhabitats issus du traitement ancien en taillis-sous-futaie, favorables à la biodiversité mais indices d'anthropisation).

- **L'indice de biodiversité potentielle (IBP)**[16] a été développé pour évaluer la capacité d'accueil « potentielle » du peuplement pour la biodiversité, en fonction de ses caractéristiques ;
- La notion d'état de conservation, qui peut être évaluée par une **méthode mise au point par le Muséum national d'histoire naturelle**[17], va au-delà de l'évaluation de la maturité, intégrant par exemple la présence de la régénération (renouvellement de la forêt), d'éventuels déséquilibres (pression d'herbivorie…), la présence d'espèces exotiques notamment…
- La naturalité est une notion intégratrice, qui regroupe des caractéristiques propres aux forêts naturelles que l'on retrouve à des degrés divers dans les forêts anthropisées, selon un gradient. La naturalité inclut la diversité, l'intégrité de la composition floristique, la complexité structurale du peuplement, sa maturité, la diversité en microhabitats, l'intégrité des processus fonctionnels, la continuité temporelle (ancienneté) et spatiale (connectivité), la spontanéité de la dynamique et la résilience de l'écosystème. Ces éléments se retrouvent déjà dans l'état de conservation et dans l'indice de biodiversité potentielle, mais des valeurs plus philosophiques et éthiques sont associées, comme la spontanéité (caractère naturel de la dynamique observé), le sentiment de nature et les traces d'activités anthropiques. **Un indice du WWF permet de mesurer le degré de naturalité et ses différentes composantes**[18].

Fig. 25 – Arbres de haut-jet ayant poussé dans une ambiance forestière (en haut à gauche), vielle cépée probablement agée (en haut à droite), hêtres plessés caractéristiques d'une ancienne occupation agricole au milieu de plantations d'épicéas réalisées sur d'anciennes prairies (en bas à gauche), vieux châtaignier bas branchu ayant poussé en contexte rural (en bas à

Enfin, l'architecture des vieux arbres du peuplement donne des indices sur le passé de la forêt et le contexte, forestier, agricole, ou mixte (bois pâturés notamment) dans lequel ils se sont installés puis ont poussé. L'analyse de la structure du peuplement actuel, pour identifier les peuplements matures ou la biodiversité potentielle, n'est pas sans limites. En particulier, la présence actuelle du compartiment « vieux bois » n'implique pas qu'il s'est forcément maintenu dans le passé et/ou dans l'espace (à l'échelle d'un massif forestier) de manière continue ; or, une discontinuité dans le passé a pu causer la disparition des groupes taxonomiques qui en dépendent. L'approche structurale doit par conséquent être croisée avec d'autres outils développés par ailleurs, tels que ceux faisant appel aux espèces bioindicatrices et à l'étude de l'histoire de la forêt au travers de ses archives.

[16] http://www.foretpriveefrancaise.com/n/ibp-indice-de-biodiversite-potentielle/n:782).
[17] https://inpn.mnhn.fr/docs/N2000_EC/Eval_EC_habitats_forestiers_version2_MNHN-SPN_2016.zip
[18] http://www.foretsanciennes.fr/wp-content/uploads/Rossi-Vallauri-2013.pdf

4.3.5. Trame forestière

« Trame forestière, forêts anciennes et peuplements matures » par Anne VILLEMEY & Benoît RENAUX (CBN Massif central)

Mots-clés : trame verte – connectivité – corridors – fonctionnalité - systèmes d'Information géographique

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) :
Si les autres outils présentés (§ 4.3.1 à 4.3.4 et § 4.3.6 à 4.3.9) permettent d'identifier et de caractériser une forêt et d'identifier les éléments à plus fort enjeu de conservation, la préservation de la biodiversité forestière implique non seulement des actions sur les forêts les plus remarquables mais aussi un travail sur l'ensemble de la trame forestière, et au-delà sur la connectivité du paysage pour les espèces forestières, notamment les plus sensibles à la fragmentation.

Des outils d'analyse spatiale existent pour caractériser la trame forestière et évaluer sa fonctionnalité, sa perméabilité et sa connectivité. Ils peuvent permettre d'identifier les points sensibles à sauvegarder ou restaurer, et de mieux comprendre l'impact de l'aménagement du territoire ou de la politique menée en matière d'aires protégées sur la trame forestière. Pour caractériser la trame forestière et évaluer sa fonctionnalité, on se base sur la connectivité du paysage, définie comme « le degré avec lequel le paysage facilite ou limite les mouvements entre les taches de ressources ». Cette **connectivité varie donc en fonction des caractéristiques des espèces** : par exemple, un paysage dominé par des peuplements peu matures peut être suffisamment connecté pour une espèce forestière généraliste comme l'Écureuil roux et être déconnecté pour des espèces saproxyliques exigeantes peu mobiles comme les Acalles, coléoptères liées aux litières et au bois mort au sol qui ont besoin de ressources « relais » pour se disperser (îlots matures, vieux arbres, bois mort isolés…).

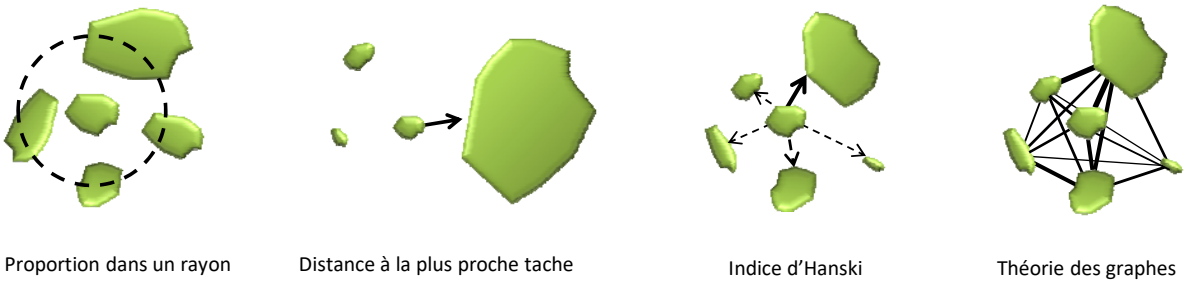


Figure 26 : Indices de connectivité structurels (Villemey 2015).

Les outils des Systèmes d'Information Géographique (SIG) peuvent être utilisés pour modéliser les relations espèce-habitat et mesurer la connectivité du paysage. De nombreux métriques du paysage ont été développées pour quantifier la connectivité des habitats (Fig. 26), les indices structurels les plus simples correspondant à la distance moyenne entre taches d'habitat ou à la proportion d'habitat dans un rayon donné. Certains comme l'indice de Hanski peuvent prendre en compte en outre les capacités de dispersion des espèces. Plus récemment, l'utilisation de la théorie des graphes en écologie du paysage a connu un large essor, le paysage étant représenté sous forme d'un réseau dont les taches d'habitat forment les nœuds qui sont connectés entre eux par des liens.

Tous ces indices assimilent le paysage à un ensemble de taches favorables insérées dans une matrice homogène défavorable. Or pour une espèce forestière, traverser un espace bocager, un paysage d'openfield ou une zone urbaine n'est pas comparable. De même, une forêt pourra être plus ou moins favorable en fonction de ces caractéristiques et de son degré d'artificialisation. C'est pourquoi, des modélisations spatiales qui intègrent la résistance des éléments constitutifs de la matrice au cours de la dispersion ont été développées par la suite pour améliorer l'estimation de la connectivité fonctionnelle (modélisations basées sur des « cartes de friction » ou « surfaces de résistance »). Une fois paramétrée, cette surface de résistance est utilisée pour évaluer les « distances effectives » entre taches (Fig. 27) en calculant le chemin de moindre coût.

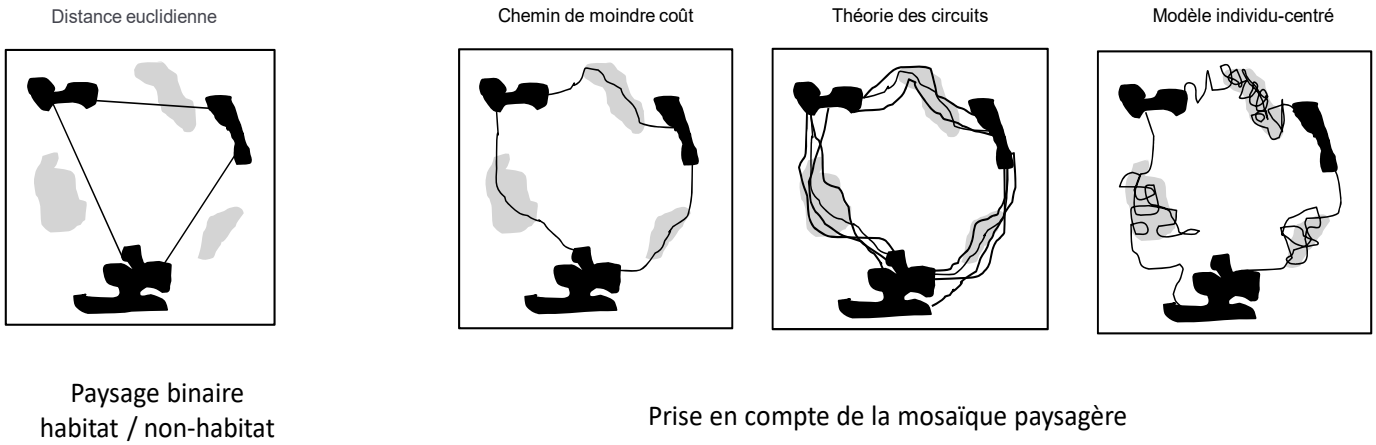


Fig. 27 – Prise en compte de l'hétérogénéité de la matrice paysagère dans la modélisation de la dispersion. Figure issue de (Villemey 2015), d'après Rayfield, Fortin & Fall 2011.

Ces méthodes peuvent être appliquées à la caractérisation de la trame forestière, mais nécessitent d'une part des données cartographiques (éléments constitutifs de la trame, y compris des éléments non forestiers : types de végétation et de peuplements, caractéristiques d'ancienneté, de maturité…), et d'autre part des données de traits de vie sur les espèces pour lesquelles la connectivité est mesurée (caractéristiques biologiques relatives aux capacités de dispersion notamment). En fonction du niveau de détails de ceux-ci, on privilégiera tels ou tels indice de connectivité. Entre connectivité structurelle, facile à calculer mais peu réaliste, et connectivité réelle, très informative mais difficile à obtenir, un bon compromis réside dans la modélisation spatiale de la connectivité fonctionnelle. Cependant, une validation *a posteriori*, par des données empiriques, est essentielle, notamment si ces modèles intègrent des valeurs de coût de résistance à la dispersion.

Evaluer la connectivité de la trame forestière pour une espèce ou un groupe d'espèces en tout point de l'espace permet de mettre en évidence les zones déconnectées du réseau d'habitats forestiers pour lesquelles on peut réfléchir à des opérations de restauration de la connectivité. D'autre part, des outils développés dans la théorie des graphes mesurent l'importance relative des taches dans la connectivité du « réseau d'habitat », et mettent en exergue les taches cruciales qui garantissent la connectivité du reste du réseau. Cette 'priorisation spatiale' permet de définir des priorités d'aménagement et de conservation, de définir des sites optimaux pour mettre en place des mesures favorables à la trame de vieux bois par exemple.

.

Outil Espèces bioindicatrices

4.3.6. Coléoptères saproxyliques

« Les coléoptères saproxyliques et les forêts anciennes » par Benjamin CALMONT (SHNAO)

Mots-clés : forêt – coléoptères saproxyliques – ancienneté – maturité

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) :

Les coléoptères saproxyliques[19] forment un groupe d'espèces qui, par définition, sont donc intimement liés aux écosystèmes forestiers.

En effet, ils dépendent directement à un ou plusieurs stades ou état de leur vie de bois mort ou mourant. Ils sont d'une importance majeure tant par le nombre d'espèces que par le nombre d'individus dans le recyclage par décomposition du bois. **De par leurs exigences écologiques, ils permettent de caractériser la maturité des forêts, mais aussi dans certains cas l'ancienneté de ces dernières**. Il existe une liste d'espèces de coléoptères bioindicateurs de qualité des forêts françaises publiée Brustel (2003, **voir annexe 2 « Les coléoptères saproxyliques et les forêts anciennes »**), qui fait référence en France et qui permet de caractériser nos forêts. Certaines des espèces de cette liste, les espèces d'Indice Patrimonial de niveau 4, peuvent permettre de caractériser grâce à leurs exigences écologiques, l'ancienneté des massifs forestiers.

Deux indices sont utilisés, et correspondent à deux notions bien distinctes. L'**indice de patrimonialité (Ip**, décliné en Ipn et Ips pour le nord ou le sud de la France) caractérise le niveau de rareté et de patrimonialité des différentes espèces, celles **d'indice de plus élevé (Ip 4) étant les plus rares, d'enjeu élevé en termes de conservation**.

Fig. 28 – Le Pique-prune ou Barbot (*Osmoderma eremita* Scopoli, 1763.), espèce des cavités des très vieux arbres, en régression en France.

Ip	Présence sur l'aire considérée	Abondance locale des populations	Localités connues de l'espèce
/	Non		
1	Oui	Oui	En nombre
2	Oui		En nombre
2	Oui	Oui	Peu nombreuses
3	Oui		Peu nombreuses
4	Oui	Oui /	Très peu à unique

L'intérêt patrimonial d'une forêt, d'une ripisylve ou d'un bocage peut être évalué en fonction du nombre d'espèces de coléoptères d'Ip 4 inventoriées. 3 classes sont proposées :

- classe 1 : aucune espèce Ip = 4 : forêt d'intérêt patrimonial local à régional ;
- classe 2 : une à trois espèces Ip = 4 : forêt d'intérêt patrimonial régional à national ;
- classe 3 : plus de trois espèces Ip = 4 : forêt d'intérêt patrimonial national à supra-national.

Le second indice (If) traduit davantage l'état du compartiment « vieux bois » (bois morts et dépérissant) dans la forêt, et peut mettre en évidence un manque de bois mort -ou de certains types de bois-mort aujourd'hui ou dans le passé. Cet indice situant le niveau d'exigence biologique des

[19] Une espèce saproxylique est "impliquée dans, ou dépendante, du processus de décomposition fongique du bois, ou des produits de cette décomposition. Elle est associée à des arbres tant vivants que morts. Par convention, deux autres regroupements d'organismes sont inclus dans cette définition : i) les espèces associées aux écoulements de sève et à leurs produits de décomposition, et ii) les organismes autres que les champignons qui se nourrissent directement du bois." (Alexander 2008).

coléoptères saproxyliques pour l'habitat larvaire est dénommé « **If** » pour « **indice en lien avec le fonctionnement de la saproxylation** ».
Il est décliné en 4 classes, les deux dernières rassemblant les espèces les plus exigeantes en termes d'intégrité du compartiment « vieux bois ». **Les deux indices peuvent être additionnés pour obtenir une évaluation de l'enjeu « coléoptères saproxyliques » dans la forêt.** Les espèces dont la somme des indices If et Ip est supérieure à 6, sont considérées comme déterminantes sans conditions.

If	Rareté des types de bois (volumes, essences)	Niveau de dégradation du matériau	Organismes en interface avec le bois	Exemples
0	Organismes non-saproxyliques			
1	espèces pionnières dans la dégradation du bois, et/ou peu exigeantes en terme d'habitat.			
		frais		*Poecilium alni, Cerambycidae* Xylophage des branches de chênes
		moyen		*Melasis buprestoides, Eucnemidae* Sur petits bois "évolués" de feuillus
2	**espèces exigeantes en terme d'habitat** : liées aux gros bois, à des essences peu abondantes, demandant une modification particulière et préalable du matériau par d'autres organismes et/ou prédatrices peu spécialisées.			
		carié		*Xantochroa carniolica*, *Oedemeridae* Saproxylophage (essences très variées)
		carié	oui	*Tillus elongatus, Cleridae* prédateur Polyphage de xylophiles secondaires
		frais	oui	*Colydium elongatum, Colydiidae* prédateur de petits xylophages (bois divers)
	oui	frais		*Saperda octopunctata, Cerambycidae* xylophage sur Tilleul
	oui	moyen		*Oplosia cinerea, Cerambycidae* xylophage surtout sur Tilleul
3	**espèces très exigeantes** dépendantes le plus souvent des espèces précédentes (prédateurs de proies exclusives ou d'espèces elles-mêmes exigeantes) ou d'habitats étroits et rares (champignons lignicoles, cavités, très gros bois en fin de dégradation, gros bois d'essences rares…).			
		moyen	oui	*Bolitophagus* sp., *Tenebrionidae* mycétophages des polypores
	oui	carié		*Osmoderma eremita*, *Cetoniidae* en grandes cavités de feuillus
	oui	carié	oui	*Brachygonus* sp., *Elateridae* prédateurs en cavités
	oui	frais	oui	*Dermestoides sanguinicollis*, *Cleridae* prédateur de grosses proies sur gros feuillus
	oui	moyen	oui	*Mycetoma suturale, Melandryidae* mycétophage (*Lasiochlaena* spp. Sur gros bois)

Absence d'Ip4 et d'espèces à If élevé = forêt récente ?

Si la présence d'espèces d'indices Ip et If élevés indique la continuité dans le temps d'une forêt ou d'éléments boisés (bocage…), avec volume élevé de bois sénescents, morts et à microhabitats, notamment de gros diamètre, leur absence ne peut pas amener à conclure systématiquement au caractère récent de la forêt, mais simplement à une rupture de continuité dans le temps du compartiment « vieux bois ». Cette discontinuité peut être due à l'absence complète d'une forêt ou d'éléments arborés dans le passé, mais aussi à la présence d'une forêt surexploitée, dans laquelle les vieux bois avaient été éliminés du fait d'une pression d'exploitation trop forte (peuplement très jeune, récolte du bois mort et des arbres dépérissants pour le bois de chauffe…)

4.3.7. Flore vasculaire

« Des listes d'espèces indicatrices à un outil opérationnel pour identifier les forêts anciennes et récentes à partir de la flore vasculaire » par Anne VILLEMEY & Benoît RENAUX (CBN Massif central)

Mots-clés : Forêts anciennes – espèces indicatrices – flore vasculaire - indicateur – seuil – taux d'erreur.

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) : Certaines espèces de la flore vasculaire répondent à l'ancienneté des forêts via leur sensibilité aux propriétés chimiques du sol et leur capacité de dispersion. C'est le groupe qui a été le plus souvent utilisé pour établir des listes d'espèces indicatrices de forêts anciennes et récentes. À partir de larges bases de données floristiques, **nous avons établi des listes d'espèces indicatrices adaptées aux trois grands ensembles biogéographiques du Massif central**. Pour cela, grâce aux cartes de l'État-major, nous avons comparé les fréquences de chaque espèce entre forêts présumées anciennes et récentes, en tenant compte d'autres facteurs environnementaux susceptibles d'influencer leur présence. A partir de ces listes, nous avons évalués des indicateurs et des seuils associés permettant de distinguer forêts anciennes et récentes et nous avons estimé le taux d'erreur. Pour les zones sous influence continentale et atlantique, la liste commune d'espèces indicatrices est la plus pertinente. Pour ces zones, le **ratio entre le nombre d'espèces indicatrices de forêts anciennes et le nombre d'espèces indicatrices de forêts récentes est le meilleur indicateur**. A partir de cet indicateur, que nous appelons ratio IFA pour Indice Floristique d'Ancienneté, nous proposons des seuils permettant de distinguer forêts anciennes et récentes et des niveaux de fiabilité associés à la classification obtenue. En revanche, nos résultats ne permettent pas d'établir des listes suffisamment étoffées pour la zone sous influence supra-méditerranéenne, et de développer un outil opérationnel. Malgré les limites inhérentes à notre approche, nous estimons que la flore vasculaire est un bon candidat pour évaluer l'ancienneté d'une forêt. L'outil que nous proposons doit être mis « à l'épreuve du terrain » avant toute utilisation en routine.

Cet outil n'en est qu'un parmi d'autres, et comme les autres il contient une marge d'erreur, c'est donc par la combinaison de plusieurs outils que la fiabilité des conclusions en termes d'ancienneté des forêts augmentera.

Taxons indicateurs de forêt ancienne	
Abies alba	*Ilex aquifolium*
Adenostyles alliariae	*Impatiens noli-tangere*
Ajuga reptans	*Juncus conglomeratus*
Anemone nemorosa	*Lamium galeobdolon*
Athyrium filix-femina	*Lonicera nigra*
Betonica officinalis	*Lonicera periclymenum*
Blechnum spicant	*Luzula nivea*
Cardamine amara	*Luzula pilosa*
Carex flacca	*Luzula sylvatica*
Carex pilulifera	*Lysimachia nemorum*
Carex sylvatica	*Maianthemum bifolium*
Carpinus betulus	*Melica uniflora*
Chrysosplenium oppositifolium	*Milium effusum*
Circaea alpina	*Oxalis acetosella*
Clinopodium grandiflorum	*Prenanthes purpurea*
Convallaria majalis	*Quercus petraea*
Deschampsia cespitosa	*Ranunculus aconitifolius*
Digitalis purpurea	*Ranunculus repens*
Doronicum austriacum	*Rumex arifolius*
Dryopteris carthusiana	*Ruscus aculeatus*
Dryopteris dilatata	*Sambucus racemosa*
Euphorbia amygdaloides	*Saxifraga rotundifolia*
Fagus sylvatica	*Sorbus torminalis*
Galium odoratum	*Stellaria nemorum*
Geranium nodosum	*Streptopus amplexifolius*
Gymnocarpium dryopteris	*Tilia cordata*
Hypericum pulchrum	*Tilia platyphyllos*
	Vaccinium myrtillus

Taxons indicateurs de forêt récente	
Acer pseudoplatanus	*Holcus lanatus*
Achillea millefolium	*Juniperus communis*
Agrostis capillaris	*Lactuca muralis*
Anthoxanthum odoratum	*Lonicera xylosteum*
Asplenium adiantum-nigrum	*Lycopodium clavatum*
Bistorta officinalis	*Moehringia trinervia*
Brachypodium gr. pinnatum	*Myosotis gr. sylvatica*
Calluna vulgaris	*Nardus stricta*
Campanula rotundifolia	*Picea abies*
Carex rostrata	*Pilosella officinarum*
Castanea sativa	*Pinus sylvestris*
Cirsium palustre	*Poa trivialis*
Cornus sanguinea	*Potentilla erecta*
Corylus avellana	*Prunus avium*
Crataegus monogyna	*Prunus spinosa*
Cytisus oromediterraneus	*Pseudotsuga menziesii*
Cytisus scoparius	*Quercus pubescens*
Dryopteris filix-mas	*Quercus robur*
Epilobium angustifolium	*Ribes alpinum*
Erica tetralix	*Rosa canina*
Eriophorum angustifolium	*Rumex acetosella*
Euphorbia cyparissias	*Salix caprea*
Festuca gr. ovina	*Sambucus nigra*
Fragaria vesca	*Sorbus aria*
Fraxinus excelsior	*Stellaria holostea*
Galium aparine	*Teucrium scorodonia*
Galium gr. mollugo	*Urtica dioica*
Galium saxatile	*Veronica chamaedrys*

Fig. 29 – Liste d'espèces indicatrices de forêts anciennes et récentes pour les domaines atlantique et continental du Massif central

Calcul du ratio IFA* pour un relevé floristique

**IFA = Indicateur floristique d'ancienneté*

Fig. 30 – Mode de calcul de l'Indice floristique d'ancienneté

Zone atlantique

Flore vasculaire

< 10 espèces → Impossible de conclure

≥ 10 espèces

Zone continentale

Flore vasculaire

< 10 espèces → Impossible de conclure

≥ 10 espèces

Zone supra-méditerranéenne

Flore vasculaire → Impossible de conclure

Liste d'espèces indicatrices commune

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Nb d'espèces indicatrices forêts anciennes} + 1}{\text{Nb d'espèces indicatrices forêts récentes} + 1}$$

Ratio IFA

- → Surement en forêt ancienne
- 1,5
- → Probablement en forêt ancienne
- 0,67
- → Surement en forêt récente

→ Ancienneté de la forêt

Ratio IFA

- → Surement en forêt ancienne
- 1
- → Impossible de conclure

→ Ancienneté de la forêt

Une feuille de calcul Excel© permet d'obtenir directement un diagnostic de présomption d'ancienneté

$$\text{Ratio IFA} = \frac{\text{Nombre d'espèces indicatrices forêts anciennes} + 1}{\text{Nombre d'espèces indicatrices forêts récentes} + 1}$$

Secteur biogéographique dans lequel est présente la forêt (voir carte dans l'onglet "carte") — Atlantique / Continental

Type de forêt — Forêts de montagne (étage du hêtre et du sapin)

- Forêts collinéennes (etage de végétation de la hêtraie-chênaie-charmaie)
- Forêts de montagne (étage du hêtre et du sapin)
- Forêts d'éboulis et de ravins (sol mobile et généralement dominé par les éléments grossiers, pente souvent forte à très
- Forêts humides à bois dur (présen

Nombre total d'espèces dans le relevé (espèces de forêts anciennes, récentes et autres espèces) : **20** — **la forêt est sûrement ancienne**

Résultats

Ratio IFA pour le relevé : 2,0 — **la forêt est surement ancienne**

Taxons indicateurs de forêts anciennes	1 si espèce présente dans le relevé
Abies alba	1
Adenostyles alliariae	
Ajuga reptans	
Anemone nemorosa	
Athyrium filix-femina	1
Betonica officinalis	
Blechnum spicant	1
Cardamine amara	
Carex flacca	
Carex pilulifera	
Carex sylvatica	
Carpinus betulus	
Chrysosplenium oppositifolium	
Circaea alpina	
Clinopodium grandiflorum	
Convallaria majalis	
Deschampsia cespitosa	
Digitalis purpurea	
Doronicum austriacum	
Dryopteris carthusiana	1

Taxons indicateurs de forêts récentes	1 si espèce présente dans le relevé
Acer pseudoplatanus	1
Achillea millefolium	
Agrostis capillaris	
Anthoxanthum adoratum	
Asplenium adiantum-nigrum	
Bistorta officinalis	
Brachypodium gr. pinnatum	
Calluna vulgaris	
Campanula rotundifolia	
Carex rostrata	
Castanea sativa	
Cirsium palustre	
Cornus sanguinea	
Corylus avellana	
Crataegus monogyna	
Cytisus oromediterraneus	
Cytisus scoparius	
Dryopteris filix-mas	
Epilobium angustifolium	
Erica tetralix	

4.3.8. Lichens

« Lichens épiphytes et forêts anciennes » par Grégory AGNELLO (Evinerude)

Mots-clés : forêts anciennes, lichens, indice de continuité forestière.

Synthèse de la méthode (voir l'article pour la méthode complète) :
Les forêts anciennes représentent un écosystème particulier avec son cortège d'espèces sciaphiles et ombrophiles. Parmi celles-ci, les lichens sont largement représentés dans de telles forêts. Si toutes les espèces ne sont pas inféodées aux boisements anciens, certaines auront tendance à se retrouver principalement dans ces milieux.

L'étude bibliographique de travaux européens et nord-américains fournit une liste d'espèces potentiellement utilisables pour la création d'un **indice de continuité forestière (ICF)** adapté au Massif Central. Dans cet indice, le terme "continuité" doit être pris dans son sens temporel et non spatial : l'ICF sert à estimer le **double critère d'ancienneté (continuité écologique) et de maturité (âge des arbres)** d'une forêt que l'on peut considérer dès lors comme "vieille". Cet ICF, bien que décliné dans différents pays et donc différents climats, repose sur un principe simple : une liste d'espèces est donnée comme représentatives de vieilles forêts pour la zone biogéographique concernée.

$$ICF = \frac{\text{Nombre d'espèces de l'inventaire figurant dans la liste de continuité forestière}}{\text{Nombre total d'espèces de la liste}} \times 100$$

Si la valeur du dénominateur est fixe car fonction de la liste préétablie, la valeur du numérateur peut varier entre 0 (aucune espèce de l'inventaire ne figure dans la liste) et celle du dénominateur (toutes les espèces de la liste sont présentes dans l'inventaire). **Ainsi les boisements ayant un ICF élevé pourront être qualifiés de vieux.**

Selon COPPINS & COPPINS (2002), l'interprétation de l'indice peut être la suivante :
0 - 25 % => aucune indication de continuité écologique.
30 - 45 % => premiers signes de continuité écologique.
50 - 70 % => nette évidence d'une continuité écologique.
75 - 100 % => preuve évidente de la présence d'un boisement ancien à longue continuité écologique.

Hormis en région méditerranéenne pour la France, les travaux menés sur la continuité forestière ont été réalisés dans d'autres pays. Ainsi, outre la flore partiellement différente de la nôtre, les conditions climatiques locales pourront elles aussi être distinctes de celles observées dans le Massif central. **La liste bibliographique (page suivante) et les seuils proposés ici devront donc être testés sur le terrain avant de pouvoir être officialisés.**

Lien entre continuité écologique et gestion forestière

La **continuité** des conditions **écologiques** auxquelles sont sensibles les lichens bioindicateurs fait référence non seulement au maintien de vieux arbres dans le peuplement (via notamment une capacité de colonisation assez lente de nouveaux arbres) mais aussi au maintien d'une ambiance microclimatique tamponnée sous le couvert forestier, d'un point de vu thermique, hydrique et lumineux. D'autres espèces, notamment parmi les mousses et les champignons peuvent y être sensibles. L'influence de la gestion forestière (mode de gestion, intensité et fréquence des coupes…) sur le maintien ou non de ces paramètres peut varier en fonction du climat local : des coupes importantes auront par exemple un effet désèchant plus important en contexte de climat chaud et sec qu'en climat froid et humide de montagne.

	Départements													
Espèces	**03**	**07**	**12**	**15**	**19**	**23**	**42**	**43**	**46**	**48**	**63**	**69**	**87**	
Agonimia allobata		X									X			
Arthonia vinosa			X	X		X					X		X	
Bacidia biatorina											X			Lobarion
Bacidia subincompta	X	X		X										Probable
Biatora efflorescens		X								X	X			Probable
Biatora vernalis		X	X	X			X	X		X	X			
Biatoridium monasteriense							X				X			
Bryoria bicolor			X	X			X	X		X	X	X	X	Probable
Calicium salicinum	X	X	X	X			X		X		X		X	
Calicium trabinellum											X			
Calicium viride	X	X	X	X							X		X	
Catinaria atropurpurea		X	X	X						X				Lobarion
Cetrelia olivetorum		X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	
Chaenotheca brunneola		X		X						X	X		X	
Chaenotheca chrysocephala		X	X	X	X			X		X	X			
Chaenotheca furfuracea	X	X	X	X	X		X	X		X	X		X	
Chaenotheca trichialis			X	X						X			X	
Cladonia parasitica	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	
Collema nigrescens	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	Lobarion
Collema subflaccidum		X	X	X	X				X	X				
Cresponea premnea		X	X	X							X		X	
Fuscopannaria sampaiana		X			X					X			X	Lobarion
Gyalecta arbuti		X												
Gyalecta carneola		X	X		X					X			X	
Gyalecta derivata		X									X			
Gyalecta truncigena		X	X		X				X		X			
Heterodermia subneglecta				X	X			X		X				
Hypotrachyna taylorensis			X	X				X						
Lobaria pulmonaria	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
Lobarina scrobiculata	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
Loxospora elatina		X		X							X			
Menegazzia terebrata				X	X		X	X	X		X	X		Probable
Mycobilimbia epixanthoides		X		X						X	X			Probable
Mycobilimbia pilularis	X	X	X	X							X	X		
Mycoblastus sanguinarius					X									
Nephroma parile		X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	Lobarion
Nephroma resupinatum		X	X	X			X			X	X			
Pannaria conoplea		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Pannaria rubiginosa			X	X			X		X	X	X		X	Lobarion
Parmeliella triptophylla		X	X	X	X				X	X	X		X	
Parmotrema crinitum	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	
Pectenia atlantica		X	X							X				Lobarion
Pectenia plumbea		X	X	X	X				X	X			X	
Peltigera collina	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	
Peltigera horizontalis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Ricasolia amplissima		X	X	X	X		X			X	X		X	
Ricasolia laetevirens				X	X				X					
Sclerophora pallida		X									X		X	
Sticta canariensis				X	X	X								Probable
Sticta fuliginosa		X	X	X	X	X		X	X		X		X	
Sticta limbata		X	X	X	X	X			X	X	X		X	
Sticta sylvatica		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Thelopsis rubella		X	X			X				X				
Thelotrema lepadinum	X		X				X	X	X		X		X	Probable

Fig. 31 – Proposition d'une liste d'espèces pour l'établissement d'un ICF du Massif Central.

4.3.9. Syrphes

Syrphes
« Les syrphes, indicateurs de forêts anciennes ? Synthèse bibliographique des connaissances disponibles » par Aurélie SOISSONS (CEN Auvergne)

Mots-clés : syrphes – maturité – ancienneté – connectivité – continuité forestière

Résumé : Les syrphes sont considérés par un public de plus en plus nombreux comme des indicateurs de « l'état de conservation » des milieux naturels, dont les forêts. Cependant, au-delà de la présence des microhabitats spécifiques nécessaires au développement des larves, les autres critères expliquant la présence des espèces et des peuplements ne sont pas toujours bien nets. Cette synthèse fait le point de la bibliographie existante et des principaux éléments connus à ce sujet, en axant en particulier sur le lien avec l'ancienneté des forêts. Elle montre que de nombreux facteurs, notamment l'ancienneté mais également la surface de la forêt ou le contexte paysager actuel et passé, jouent sur les peuplements de syrphes.

Fig. 32 – Copie d'écran de la page d'accueil du site Syrfid utilisé pour la méthode Syrph the Net.

Le principe de la **méthode Syrph the Net (Stn) repose sur la comparaison de listes d'espèces observées sur un site et une liste d'espèces attendues (prédites), dite de référence, bâtie sur le postulat d'une parfaite intégrité de l'écosystème étudié**. Cette liste locale de référence peut être constituée grâce au site internet Syrfid, **http://syrfid.ensat.fr/,** qui donne les caractéristiques à la fois biologiques, écologiques, chorologiques et de statut démographique national et européen des espèces.

Ce système permet d'attribuer une note d'intégrité écologique (de 0 à 100 %) et de « patrimonialité » à l'ensemble du milieu échantillonné et de poser un diagnostic écologique en fonction des traits de vie des espèces prédites-présentes et prédites-absentes. Il est pertinent pour les milieux boisés ainsi que pour les milieux non boisés qui leur sont associés.

Au contraire des larves qui ont des exigences écologiques spécifiques, la majorité des espèces de syrphes sont floricoles à l'état adulte, ce qui les rend d'une capture relativement aisée par piégeage dans l'alcool à l'aide de tentes Malaise (les modalités du protocole sont précisées dans l'article).

L'indice « d'intégrité de l'habitat » correspond au ratio entre le nombre d'espèces au rendez-vous (effectivement observées) et le nombre d'espèces prédites. Il donne l'ordre de grandeur de la fonctionnalité de l'habitat et des microhabitats pour le peuplement de syrphes :

- **au-delà de 85 % : excellente,**
- **entre 76 % et 85 % : très bonne,**
- **entre 50 % et 75 % : bonne,**
- **entre 40 % et 50 % : moyenne,**
- **Inférieure à 40 % : faible.**

Au-delà de l'ordre de grandeur général, une analyse précise des différents habitats larvaires et des différents traits de vie (ou exigences écologiques) des espèces au rendez-vous et des espèces manquantes doit être réalisée pour la station de manière globale et pour chaque habitat présent. Cette analyse a pour objectif d'identifier les compartiments écologiques en bon état et ceux qui présentent des défaillances.

4.4. Résumé des synthèses n'ayant pas donné lieu à la réalisation d'un outil

Les articles complets peuvent être consultés sur la **page internet de la boîte-à-outils** et en Annexe 2.

4.4.1. Amphibiens

« Amphibiens, ancienneté et maturité forestière » par Solenne MULLER (CPIE du Velay)

Synthèse biblio Espèces bioindicatrices

Mots-clés : amphibiens – indicateur – forêt

Résumé : Les amphibiens utilisent les forêts comme habitat terrestre, et de façon plus marquée encore pour la Salamandre tachetée (*Salamandra salamandra*). En cas de rupture du couvert forestier, la recolonisation des amphibiens est supposée intervenir après quelques dizaines d'années. Ainsi, ils ne sont pas un indicateur pertinent pour l'évaluation de l'ancienneté des forêts dans le Massif central. Néanmoins, des aspects de la fonctionnalité peuvent être mesurés grâce à ce groupe, notamment eu égard à leurs besoins en microhabitats et en bois mort.

4.4.2. Bryophytes

« Bryophytes, ancienneté et maturité des forêts » par Jaoua CELLE (CBN Massif central)

Synthèse biblio Espèces bioindicatrices

Mots-clés : Forêts anciennes – espèces indicatrices – bryophytes– maturité – saproxlignicoles

Résumé : Les forêts sont des phytocœnoses qui hébergent une grande richesse bryologique en lien avec la diversité des microhabitats. Parmi les nombreuses publications concernant les bryophytes et les forêts, une très large majorité traite de la maturité des forêts et plus rarement de l'ancienneté. Ainsi, les travaux relatifs à la bryoflore associée au bois mort sont très nombreux et mettent en évidence leur grande sensibilité aux diverses modifications fonctionnelles liées à la gestion sylvicole. La démarche d'utiliser les bryophytes comme bioindicateurs est assez récente et relativement peu développée. Les listes de bryophytes indicatrices de forêts anciennes issues des différentes publications sont très différentes les unes des autres. L'analyse que nous avons mené de notre côté sur les données bryologiques du Massif central nous a permis d'obtenir une liste d'espèces indicatrices que nous avons testée sur le terrain. Le protocole élaboré et testé ne s'intéressait qu'aux bryophytes du sol, le compartiment saxicole stricte (rochers) et saprolignicoles (bois pourrissants) ayant été exclu (car nécessitant un niveau avancé en bryologie). Ce test peu concluant nous amène à revoir notre approche de

manière critique. Des propositions d'améliorations sont faites afin d'optimiser cet outil, avec l'intégration du compartiment saprolignicole et de son cortège qui semble assez prometteur en termes d'indication de l'ancienneté. Mais ces améliorations nécessiteront d'être testées sur le terrain avant de produire un « outil bryophyte » opérationnel. Enfin, si l'ancienneté est un sujet de préoccupation important, celui-ci ne doit pas masquer l'importance de la maturité pour la bryoflore. Les nouveaux objectifs de mobilisation du bois à l'échelle du Massif central posent question quant-à la préservation d'un patrimoine bryologique remarquable, comme en témoignent de très nombreuses publications d'Europe de l'Est et du Nord.

4.4.3. Champignons

« Champignons, ancienneté et maturité des forêts » par Anne VILLEMEY & Benoît RENAUX (CBN Massif central)

Synthèse biblio Espèces bioindicatrices

Mots-clés : Forêts anciennes – espèces indicatrices – mycologie – mycorhizien – saproxylique

Résumé : Les champignons représentent une part importante de la biodiversité forestière et jouent des rôles fonctionnels majeurs. Néanmoins, c'est un groupe taxonomique relativement méconnu à cause de la difficulté d'étude qu'ils présentent. Si certaines espèces saproxyliques semblent associées aux stades matures et au bois mort, l'influence de l'ancienneté est moins évidente car peu d'études se sont penchées sur cette question. Les champignons mycorhiziens pourraient être de bons candidats pour indiquer l'ancienneté des forêts car ils réagissent aux propriétés chimiques du sol. Pour le Massif central comme en France, aucune liste d'espèces indicatrices de forêts anciennes n'est encore disponible. D'un point de vue pratique, les relevés mycologiques requièrent un certain nombre de réplicats sur plusieurs années, un temps de laboratoire conséquent et des compétences très importantes. Pour être opérationnel et accessible à un plus grand nombre, il faudrait réfléchir à un outil basé sur des espèces facilement identifiables par des naturalistes non mycologues. Pour conclure, certaines espèces saproxyliques sont associées aux peuplements matures, et il est possible que les champignons, notamment mycorhiziens, soient de bons candidats pour bio indiquer les forêts anciennes. Cependant, les connaissances actuelles nécessitent d'être étoffer par des études spécifiques sur ce sujet pour proposer un outil opérationnel.

4.4.4. Chauves-souris

« Les chiroptères sont-ils indicateurs de l'ancienneté des forêts » par Lilian GIRARD (Chauve-souris Auvergne)

Synthèse biblio Espèces bioindicatrices

Mots-clés : Chiroptères – Forêts anciennes – Indicateurs

Résumé : Seuls mammifères volants en Europe, les chiroptères sont des prédateurs très spécialisés dans leur rythme biologique ou la sélection de leur ressource trophique. Cette stratégie spécialiste

implique pour toutes les espèces une fréquentation des forêts. Certaines espèces exclusivement forestières, comme le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) gîtent et s'alimentent en forêt, d'autres n'exploitent les milieux boisés que quelques heures par nuit. De nombreuses études s'attachent à faire le lien entre divers paramètres de structure des forêts et la diversité des cortèges d'espèces de chauves-souris observées très sensibles à la densité de gros bois et micro-habitat, tout comme au mode de régime et traitement mis en œuvre dans la gestion forestière. La stratification verticale est aussi un paramètre explicatif des densités et diversités observées. Néanmoins, aucune étude ne tente de faire le lien entre l'ancienneté de la continuité forestière et les chiroptères. Les méthodes d'études acoustiques mises en place pour étudier les chauves-souris sont dorénavant suffisamment cadrées et standardisées pour permettre d'imaginer un protocole comparatif entre forêt ancienne et récente. Ce type d'étude permet de définir différentes variables d'activité, de diversité et richesse spécifiques avec pourquoi pas l'estimation de valeurs seuil, pouvant faire des chiroptères de bons indicateurs de l'ancienneté des forêts. Ceci pourrait être d'autant plus intéressant de mettre en lien ces résultats avec ceux obtenus pour l'entomofaune, proie exclusive des chauves-souris.

4.4.5. Gastéropodes

« Les gastéropodes et les forêts anciennes » par Sylvain VRIGNAUD

Synthèse biblio Espèces bioindicatrices

Mots-clés : forêt – gastéropodes – ancienneté – maturité

Résumé : Les escargots et limaces jouent un rôle important dans le fonctionnement des forêts, de la litière notamment. Des études ont montré que les peuplements de gastéropodes réagissent à l'ancienneté des forêts (continuité de l'état boisé), à la maturité des peuplements forestiers (disponibilité du bois mort au sol), et à leur exploitation (temps depuis la dernière coupe, sélection d'essence). Néanmoins, il est parfois difficile de distinguer l'effet de ces différents aspects, et peu d'études se sont spécifiquement dédiées à l'établissement de listes d'espèces indicatrices de forêts anciennes. Sur la base d'une étude et à dire d'expert, une liste d'espèces potentiellement indicatrices de forêts anciennes présentant une continuité du bois mort au sol est proposée. Aux vues des connaissances actuelles sur la thématique « gastéropodes et forêts anciennes » et sur la répartition des espèces dans le Massif central, cette liste doit être considérée comme préliminaire, des études sur le terrain sont indispensables pour l'étayer.

4.4.6. Micromammifères

« Les micromammifères : un groupe pertinent pour l'identification et caractérisation des forêts anciennes du Massif Central ? » par Emilie DUPUY (CEN Auvergne)

Synthèse biblio Espèces bioindicatrices

Mots-clés : forêts anciennes – forêts mâtures – micromammifères – Muscardin – Mulot à collier – Campagnol roussâtre.

Résumé : Les micromammifères sont des espèces importantes dans les écosystèmes forestiers. Ils représentent pourtant un groupe encore assez méconnu. Même si la connaissance sur la biologie de plusieurs espèces est aujourd'hui plutôt bien renseignée dans la bibliographie, peu de données sont disponibles quant à leurs besoins et exigences en termes d'habitats. Il ressort néanmoins que la diversité, l'abondance et la répartition des micromammifères dans les habitats forestiers sont fortement influencées par la structuration verticale de la végétation, sa densité, la présence de microhabitats et de bois mort au sol. Peu d'espèces sont strictement forestières et il est donc assez difficile de pourvoir utiliser ce groupe pour la caractérisation des forêts anciennes du Massif Central.

4.4.7. Oiseaux

« Avifaune, ancienneté et maturité forestière » par Pierre TOURET (LPO Auvergne)

Synthèse biblio Espèces bioindicatrices

Mots-clés : avifaune – oiseaux – forêts anciennes – maturité – biodiversité – gros bois – bois mort – micro habitats – fonctionnalité – espèces indicatrices

Résumé : Une révision rapide de l'état des connaissances permet de dégager les enseignements de plusieurs décennies de recherche scientifique. L'avifaune réagit en lien avec la structure forestière. L'âge des arbres et leur taille, les cavités et le bois mort, jouent un rôle dans cette structure et dans la composition de l'avifaune. La composition des communautés d'oiseaux change au cours des stades forestiers et on peut suivre au cours du temps ces assemblages qui sont typiques de l'âge de la forêt et de sa structure. La maturité et la biodiversité d'une forêt peuvent être suivies par la définition de ces communautés d'espèces d'oiseaux. Par contre, la notion d'ancienneté (150-200 ans minimum de couvert forestier sans interruption) ne peut sans doute pas être définie par l'avifaune. La notion d'espèce indicatrice est, comme souvent, à manier avec précaution.

5. BILAN ET PERSPECTIVES

5.1. Les forêts anciennes, une thématique forte pour le Massif central

5.1.1. État d'avancement de la numérisation des forêts de l'État major

Un partenariat technique fructueux entre l'IGN, l'IPAMAC et le CBNMC a permis en 2016 de réaliser un important travail de vectorisation des cartes de l'État-major, qui n'avait été débuté que dans de rares territoires (PN des Cévennes par exemple). Au total, 130 journées d'opérateurs ont été nécessaires pour réaliser ce travail.

Ces forêts de l'État-major ont ensuite été croisées avec la BD Forêts®[20], représentant les forêts actuelles en fonction des essences dominantes, ce qui a permis de réaliser une couche d'évolution présumée (forêts présumées anciennes / récentes / disparues), première pierre à l'identification des forêts anciennes du Massif central.

La BD forêt® distinguent les différents types de forêts en fonction des essences dominantes, de manière assez fine pour la version 2. Il est en outre possible d'analyser les caractéristiques des forêts anciennes et récentes en termes d'essences dominantes, distinguant en particulier les forêts d'essences autochtones de certains types de plantations (Douglas et Pins exotiques en particulier). La seule limite est l'absence de distinction entre les peuplements d'Épicéa (exotique dans le Massif central) qui ne sont pas distingués de ceux de Sapin blanc (autochtone dans les montagnes du Massif central). La surface concernée par le travail de l'IPAMAC sur les parcs et le nôtre sur le département de l'Allier représente 40.701 km² sur les 83.993 km² que compte le Massif central, soit 49 % de la surface totale du Massif central et environ 70% de ses forêts actuelles. Ces résultats montrent qu'il est possible d'aboutir à des résultats rapides, surtout en mutualisant les moyens.

La couche d'évolution obtenue par le CBNMC et l'IGN sur le département de l'Allier a fait l'objet de plusieurs demandes de partenaires, gestionnaires de milieu naturels[21], forestiers[22] et urbains[23] illustrant qu'elle répond à un réel besoin en termes de gestion forestière, de conservation des milieux naturels et d'aménagement du territoire.

[20] version 1 ou 2 © IGN, en fonction des disponibilités
[21] Dans le cadre d'un programme de constitution d'un réseau de réserves forestières par le CEN Auvergne ainsi que d'une étude sur les forêts alluviales du val d'Allier.
[22] Pour le plan de gestion d'une forêt certifiée FSC
[23] Pour la pour la réalisation d'un PLUI

	Surface totale étudiée (ha)	Surface territoire / Surface Massif central	Forêts actuelles		Forêts au XIXe siècle		Facteur d'évolution du taux de boisement	Forêts anciennes		Forêts récentes		Déboisements	
			Surface (ha)	Taux de boisement (%)	Surface (ha)	Taux de boisement (%)		Surface (ha)	Taux de boisement (%)	Surface (ha)	Taux de boisement (%)	Surface (ha)	Part des forêts du XIXe s. (%)
Pnr Millevaches en Limousin	347213	**4,1%**	192802	**55,5%**	23236	**6,7%**	**8,3**	18320	**9,5%**	174482	**90,5%**	4916	**21,2%**
PN Cévennes	372998	**4,4%**	253401	**67,9%**	60330	**16,2%**	**4,2**	53727	**21,2%**	199674	**78,8%**	3295	**5,5%**
Pnr Haut-Languedoc	314486	**3,7%**	186903	**59,4%**	59694	**19,0%**	**3,13**	51411	**27,5%**	135492	**72,5%**	8291	**13,9%**
Pnr Livradois-Forez	346855	**4,1%**	191021	**55,1%**	57728	**16,6%**	**3,31**	53614	**28,1%**	137408	**71,9%**	4114	**7,1%**
Pnr Grands Causses	327937	**3,9%**	119628	**36,5%**	50753	**15,5%**	**2,36**	36786	**30,8%**	82842	**69,2%**	13965	**27,5%**
ex Proj. Pnr Haut-Allier	186696	**2,2%**	86644	**46,4%**	30286	**16,2%**	**2,86**	26813	**30,9%**	59831	**69,1%**	3481	**11,5%**
Pnr Volcans d'Auvergne	388957	**4,6%**	119527	**30,7%**	43711	**11,2%**	**2,73**	37606	**31,5%**	81922	**68,5%**	6106	**14,0%**
Proj. Pnr Aubrac	295158	**3,5%**	101027	**34,2%**	46927	**15,9%**	**2,15**	35432	**35,1%**	65595	**64,9%**	11495	**24,5%**
Pnr Pilat	71881	**0,9%**	35221	**49,0%**	14219	**19,8%**	**2,48**	12764	**36,2%**	22457	**63,8%**	1455	**10,2%**
Pnr Monts d'Ardèche	228144	**2,7%**	149730	**65,6%**	73666	**32,3%**	**2,03**	64356	**43,0%**	85374	**57,0%**	9313	**12,6%**
Pnr Causses du Quercy	183039	**2,2%**	77906	**42,6%**	54236	**29,6%**	**1,44**	37946	**48,7%**	39960	**51,3%**	16289	**30,0%**
Pnr du Morvan	287935	**3,4%**	135523	**47,1%**	88564	**30,8%**	**1,53**	79697	**58,8%**	55826	**41,2%**	8867	**10,0%**
Département 03	736531	**8,8%**	153492	**20,8%**	101941	**13,8%**	**1,51**	72580	**47,3%**	79137	**51,6%**	29265	**28,7%**
Total parcs MC	3351299	**39,9%**	1649333	**49,2%**	603350	**18,0%**	**2,73**	508472	**30,8%**	1140863	**69,2%**	91587	**15,2%**
Total parcs MC et département Allier	4087830	**48,7%**	1802825	**44,1%**	705291	**17,3%**	**2,56**	581052	**32,2%**	1220000	**67,7%**	120852	**17,1%**
Superficie totale Massif central	8399385	**100%**	≈ 2939800	**35%**	?	**?**	**?**	?	**?**	?	**?**	?	**?**

Fig. 33 – Evolution présumée des surfaces forestières dans le Massif central par comparaison des cartes d'État-major et des forêts actuelles. D'après croisement avec les cartes d'État-major (source IPAMAC dans les parcs / CBNMC pour le département de l'Allier) et la BD Forêtc© IGN®. Source : IGN synthèse des données de l'inventaire forestier pour la GRECO G Massif central : http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/GRECO_G.pdf

5.1.2. Un fort enjeu pour le Massif central mais des réalités locales différentes

Les résultats suivants sont issus du travail d'IPAMAC (IPAMAC 2016) sur les Parcs du Massif central et du CBNMC sur le département de l'Allier, ainsi que de la synthèse réalisée sur l'ensemble de la France (DUPOUEY *et al.* 2016). De façon générale, le taux de forêts anciennes varie entre 9,5 % des forêts actuelles (PNR de Millevaches) et 59 % (PNR du Morvan), avec une moyenne de 32 % pour l'ensemble des territoires vectorisés et de très fortes disparités (Fig. 33). Ces fortes disparités traduisent des réalités bien différentes selon les territoires, ce qui souligne la nécessité d'un travail au niveau local, à l'échelle d'un Parc, d'un département, ou d'entités plus petites (site Natura 2000, territoires de chartes forestières etc…). Néanmoins plusieurs grands types de territoires peuvent être distingués, et ils se retrouvent pour certains dans de nombreuses parties du Massif central, avec des « profils » similaires en termes de couverture forestière et d'histoire de la forêt, de ratio forêts anciennes/forêts récentes, de contextes écologiques...

- Le cas des **territoires de moyenne montagne** est le profil le plus répandu à travers le Massif central. Il est constitué de plateaux volcaniques ou de massifs cristallins anciens offrant un relief peu accidenté mais entaillé de vallées. Ces territoires, **relativement peu boisés au XIXème siècle** (le taux de boisement était alors de 10 % à 20 %) et modelés par une agriculture de montagne de type polyculture-élevage sont aujourd'hui plus fortement boisés (taux de boisement multiplié entre 2 et 5), et comptent une proportion **20 à 45 % de forêts anciennes dans une matrice de forêts plus récentes**, issue de plantation ou de recolonisation spontanée. C'est notamment le cas du Parc national des Cévennes, des PNR du Haut-Languedoc, du Livradois-forez, des Grands Causses, des Volcans d'Auvergne et du Pilat, et les territoires du Projet de PNR d'Aubrac et du Haut-Allier. Dans le département de l'Allier, c'est aussi le cas des Bois Noirs et de la Montagne Bourbonnaise. La trame forestière y est aujourd'hui très hétéroclite, avec des forêts anciennes minoritaires entourées de forêts récentes, issues de recolonisation spontanée ou plantées. Les réalités peuvent être différentes à une échelle plus locale, en fonction de l'altitude et de la géologie par exemple

D'autres cas de figures se retrouvent régulièrement dans le Massif central, dans de vastes territoires ou parfois au sein des régions de moyenne montagne décrits précédemments.

- Quelques secteurs étaient déjà fortement boisés au XIXème siècle (au moins 30 % de taux de boisement), avec une progression plus modérée de la forêt (au maximum doublement de la surface). Ces territoires comptent donc des surfaces importantes de forêts anciennes (entre 40 % et 60%). C'est le cas des PNR du Morvan et des Monts d'Ardèche, mais ces territoires revêtent eux même des réalités et des contextes historiques, socio-économiques et écologiques différents. L'abondance de forêts anciennes ne doit pas cacher certaines menaces, comme la conversion dans le Morvan de nombreuses forêts semi-naturelles en plantations de résineux exotiques (Douglas, Épicéa commun…). Le cas des grands massifs forestiers anciens des montagnes d'Ardèche se retrouve localement dans de nombreux massifs granitiques, aux altitudes élevées (Haut-Forez, parties sommitales des monts de la Madeleine et des Bois Noirs, nord de la Margeride…).

- Les plaines et collines bocagères sont emblématiques du nord du Massif central (Allier, Creuse….). Dans l'Allier, on observe une faible évolution du taux de boisement et une forte proportion de forêts anciennes, mais aussi un fort taux de déboisements. Cette pression

sur les forêts est localement toujours très forte (mise en culture, plus récemment infrastructures linéaires). Le bocage revêt en lui-même des enjeux forestiers, contribuant notamment à la trame de vieux bois parfois absente des forêts elles-mêmes. Il est soumis à des pressions très fortes (arrasement de haies, dépérissement du fait d'un entretien non adapté).

- Au contraire de ces territoires riches en forêts anciennes, les forêts avaient quasiment disparues au XIXème siècle sur certains secteurs. C'est le cas du plateau de **Millevache** qui comptait moins de 5 à 10 % de taux de boisement il y a deux siècles, et dans lequel les **forêts anciennes sont donc relictuelles**. Avec la déprise agricole, on a assisté à une explosion des surfaces forestières (multiplication par 8), qui constituent une part importante des forêts actulles. On retrouve ce cas de figure dans de **nombreux territoires, souvent situés sur socle cristallin à l'étage collinéen moyen ou supérieur**. L'élevage autrefois omniprésent a délaissé les parcours extensifs non mécanisables et peu fertiles. Dans les zones qui se prêtaient à sa culture, la vigne qui couvrait autrefois de nombreux côteaux a également laissé fréquemment la place à la forêt, suite notamment aux attaques du *Phylloxera*. On retrouve ce type de profil dans les territoires de coteaux, collines, pays coupés et secteurs de petites gorges entaillant le socle critallin, notamment dans l'Allier ou le Puy-de-Dôme. Autrefois, les taux de boisement y étaient très faibles (importance des parcours ovins ou des vignes dans le passé), et **les forêts actuelles sont abondantes mais majoritairement récentes**.
- Enfin, certains territoires étaient déjà peu boisés, et le sont toujours très peu. C'est le cas des Limagnes, notamment Auvergnates, et des grandes vallées alluviales, dans lesquelle on ne compte quasiment plus de forêts anciennes.

En termes de préservation de la biodiversité et de fonctionnalité de la trame forestière, ces situations se traduisent par des problématiques forestières locales, propres à certains territoires, mais aussi des enjeux et thématiques communes au Massif central (voir § 5.4.4.).

5.1.3. Pertinence d'une approche « trame forestière » à l'échelle du Massif central

La connection entre massifs forestiers est une nécessité écologique, qui peut s'envisager à l'échelle locale mais doit aussi être abordé tout son sens à l'échelle du Massif central. C'est notamment le cas de l'arc forestier du sud du Massif central, qui joint les Alpes aux Pyrénées (Monts d'Ardèche, Cévennes, Grands Causses et Haut-Languedoc). Mentionné dans le diagnostic de l'IPAMAC (2011), il couvre deux régions administratives (Rhône-Alpes-Auvergne et Occitanie). Il existe également un arc nord-sud de massifs de moyennes montagnes cristallines sous influences océaniques plus ou moins atténuées, entre les Monts de la Madeleine, montagne Bourbonnaise, Bois Noirs, Forez, Livradois, et plus au sud les hautes vallées de la Loire, de l'Allier et la Margeride. Bien que séparé par des secteurs de plaine et de bocage, cet arc se prolonge encore au nord par le Morvan ou le Beaujolais. Le taux de boisement y est globalement important et la proportion de forêts anciennes non négligeable (voire très importante dans certains secteurs comme le Morvan). S'il est en bonne partie situé sur la région Auvergne-Rhône-Alpes, cet arc déborde sur les régions Bourgogne-Franche-Comté et Occitanie. Il nécessite donc une réflexion supra-régionale, et ne peut en outre être abordé que par le réseau des Parcs puisqu'une partie du territoire est situé en dehors. Pour illustrer la pertinence d'une approche « Massif central » dans la prise en compte des corridors écologiques, on peut citer enfin l'exemple des Hautes-

combrailles, qui prolongent à l'est le plateau de Millevaches, avec des problématiques assez voisines concernant les forêts sur ces plateaux cristallins sous influence océanique plus ou moins marquées, anciennement très agricoles, assez pauvres en forêts anciennes, et massivement enrésinés.

Ces exemples illustrent autant de continuités structurantes à l'échelle du Massif central, et démontrent la pertinence de cette approche.

5.2. Stratégie d'amélioration des connaissances cartographiques et historiques : vers une carte des forêts anciennes du Massif central ?

La suite du travail entrepris passe à la fois par la poursuite de la vectorisation des forêts des cartes de l'État-major sur le reste du Massif central (voir § 5.2.1), mais aussi par l'acquisition de données plus fines sur le type d'usage ancien (voir § 5.2.2).

5.2.1. Numérisation des forêts de l'État-major sur le reste du Massif central

Sur les secteurs hors parcs et hors du département de l'Allier, représentant 51% du Massif central et environ 30% de ses forêts actuelles, la vectorisation des cartes de l'État-major est à poursuivre, selon la méthode déjà employée (voir § 4.3.2 Cartes d'État-major de la boîte-à-outils) et en coordination avec l'IGN. Les couches nouvellement acquises seront à transmettre à l'IGN qui pourra mettre l'ensemble des couches à disposition de tous. Les modalités de mise à disposition des couches produites seront à préciser, de manière à ce qu'elles puissent être valorisées et utilisées par le plus grand nombre dans le respect de la propriété intellectuelle (notamment si la couche d'évolution est produite par croisement avec une donnée de l'IGN).

Les secteurs à numériser en priorité pourraient être choisit en fonction des critères suivants :

- secteurs disposant d'enjeux importants, c'est-à-dire d'un fort taux de forêts anciennes (rôle de réservoir) ou au contraire d'un faible taux (fort enjeu dans la conservation des forêts anciennes restantes, enjeux autour de la trame de forêts récentes en termes de recolonisation par les espèces de forêts anciennes depuis les noyaux anciens…). Les données recueillis peuvent ainsi permettre de sensibiliser à la thématique et de susciter des actions.
- secteurs dans lesquels des partenaires susceptibles de porter des actions sont demandeurs de données sur les forêts anciennes (sensibilisation, contractualisation, acquisition foncière). Il s'agit notamment :
    - de sites Natura 2000, afin d'orienter la mise en place de contrats Natura 2000 forestiers (nécessité en outre d'identifier les peuplements matures) ;
    - des territoires de chartes forestières prenant en compte la thématique des forêts anciennes ;
    - de départements souhaitant prendre en compte l'ancienneté dans la gestion des forêts départementales ou des Espaces naturels sensibles ;

- secteurs dans lesquels des financements sont mobilisables, y compris en synergie avec d'autres programmes.

5.2.2. Vers une carte des usages anciens dans le Massif central ?

Au-delà de la simple distinction « forêt ancienne ou récente », obtenue par vectorisation des forêts des cartes de l'État-major, une connaissance plus fine du type d'occupation ancienne non forestière serait très utile.

En effet, l'impact des différents usages sur le sol et la biodiversité forestière n'est pas le même, et de nombreuses études ont montré que ce sont les usages les plus intensifs (culture, prairies, habitations ou usages pour l'artisanat) qui laissent le plus de traces dans les sols, au contraire d'un pacage extensif (voir § **4.3.3. Sol et archéologie** de la boîte-à-outils). Une telle connaissance permettrait d'affiner les listes d'espèces indicatrices d'ancienneté et de décliner des listes d'espèces indicatrices de certains usages (voir notamment l'outil § **4.3.7. Flore vasculaire** de la boîte-à-outils). Elle permettrait aussi de proposer des actions en faveur de la biodiversité des forêts anciennes au-delà des seules forêts anciennes : par exemple, une forêt récente issue de la recolonisation d'anciens parcours (landes, pelouses…) pourra plus aisément retrouver un sol de forêt ancienne, puisque celui-ci est moins profondément et durablement modifié qu'une forêt récente sur terrasse cultivée. Elle pourra donc plus facilement être recolonisée par des espèces de forêt ancienne qu'une forêt sur d'anciennes terrasses, surtout si elle est agrégée autour d'un massif ancien (connectée).

Pour le moment, la numérisation complète de tous les usages anciens des cartes de l'État-major n'a été réalisée que dans le département de l'Allier, l'IGN ayant complété la vectorisation des forêts effectuée par le CBNMC en vectorisant tous les autres usages. Le niveau de détail des types d'usages (voir Fig. 34) est très fin, ce qui laisse augurer des développements intéressants.

Le croisement des cartes d'occupation ancienne avec des cartes de végétations actuelles serait très éclairant. Des cartes locales (sites Natura 2000 par exemple) pourraient être valorisées, mais aussi les cartes de séries de végétation obtenues dans le cadre du programme CARHAB[24]. La connaissance de l'occupation ancienne du sol permettrait de mieux comprendre certains types de végétation observés aujourd'hui, en particulier la présence de végétations forestières différentes de celles attendues théoriquement dans un compartiment écologiquedonné (par exemple, sur roche acide, la présence de végétations non acidiphiles du fait d'un usage agricole ancien, à l'origine de taux d'azote et de pH plus importants que dans les forêts anciennes voisines sur un même substrat).

[24] Programme de Cartographie nationale des habitats terrestres (CarHAB) au 1 : 25000e actuellement en phase de test sur le territoire du Livradois-Forez et du Pilat.

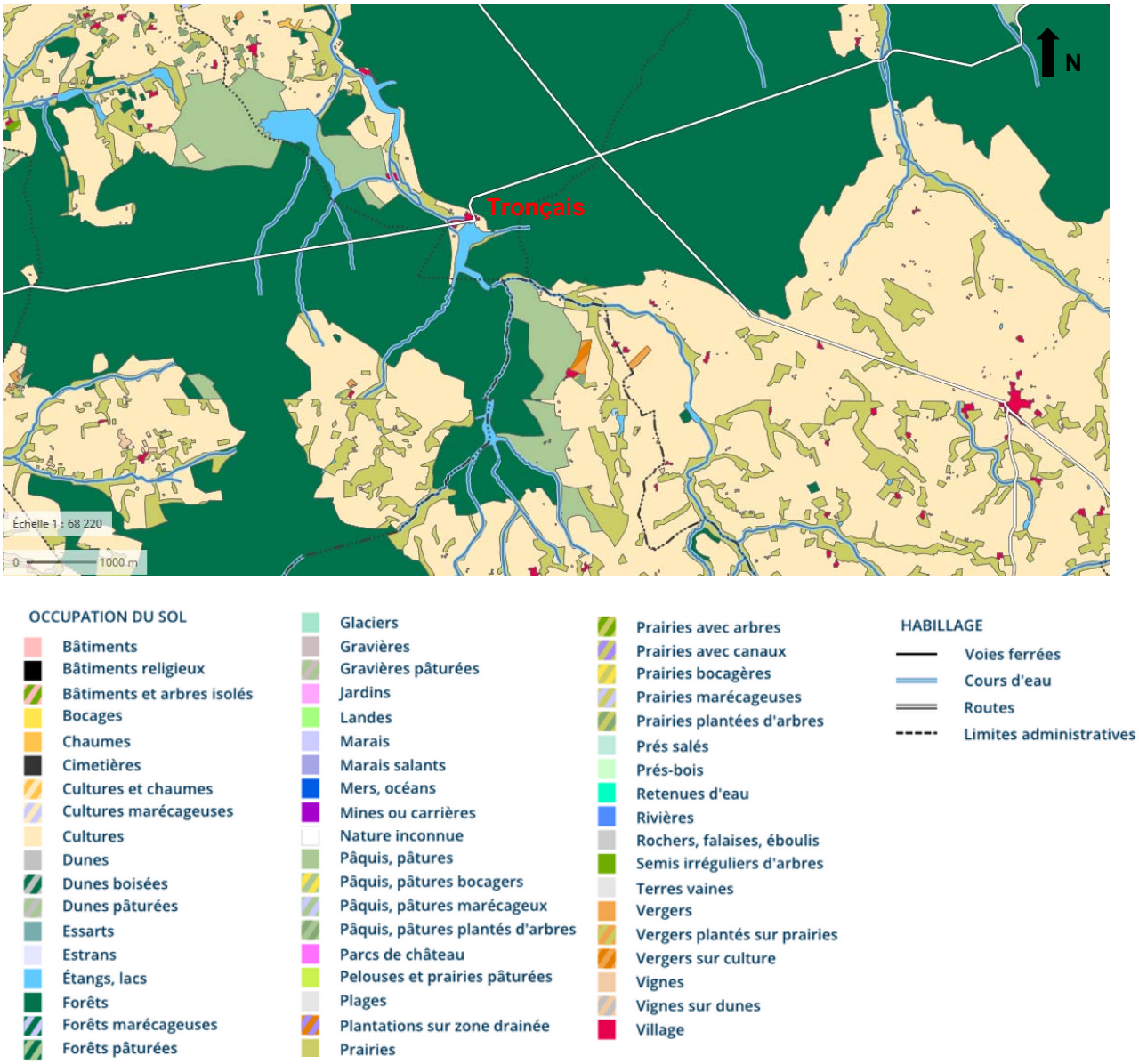


Fig. 34 – Occupation du sol historique d'après le site Géoportail (©IGN) dans le secteur de la forêt de Tronçais.

5.2.3. Vers une carte de l'ancienneté des forêts du Massif central ?

Le passage de cartes de présomption d'ancienneté, comme celles disponibles actuellement sur la base des cartes de l'État-major (voir notamment § **4.3.2. Cartes d'État-major** de la boîte-à-outils) ou de Cassini, nécessite un long travail de validation. Il faut en effet vérifier si, au-delà de la présence conjointe d'une forêt aujourd'hui et sur la carte ancienne, cette présence s'est maintenue entre les deux époques.

Ce travail est possible grâce à la **boîte-à-outils**, notamment les outils **archives forestières** (voir § **4.3.1.**), **flore vasculaire** (voir § **4.3.7.**) et enfin l'étude du sol et des vestiges archéologiques (voir § **4.3.3.**). D'autres indicateurs peuvent être utiles, même s'ils portent davantage sur la continuité de certains compartiments spécifiques comme ceux liés par exemple à la maturité.

La validation d'une présomption d'ancienneté, assise sur les cartes d'État-major, a été réalisée sur 17 territoires tests répartis dans les différents Parcs et projets de Parcs du Massif central (fig. 35), par exploitation des archives forestières disponibles. L'utilisation de la flore vasculaire indicatrice d'ancienneté avec le ratio IFA (voir § **4.3.7. Flore vasculaire**) aurait été également un moyen complémentaire d'y valider la présomption d'ancienneté, surtout en valorisant des données floristiques existantes, mais le travail n'a pas pu être mené faute de temps.

17 secteurs forestiers étudiés

Cévennes	Forêt du Sapet (Lanuéjols et St-Etienne-du-Valdonnez)
	Bois Noir (Altier)
Monts d'Ardèche	Bois de Cuze (Labastide sur Besorgues, Lachamp-Raphaël, Laviolle)
PPNR SGA	Bois de Pouzas (Saugues)
Haut-Languedoc	Forêt d'Hautaniboul (Montagne Noire)
	Forêt de Sérignan (St Pons de Thomières)
Causses du Quercy	Forêt de la Braunhie (Caniac-du-Causse)
Grands Causses	Bois de Tries (Vézins-de-Lévézou et Ségur)

PNR Pilat	Massif de Taillard Saint Sauveur en Rue et Burdigne
PNR Millevaches	Forêt de Mirambel Saint-Rémy
	Bois Peyre Saint Georges Nigremont
PNR Morvan	Forêt domaniale au Duc Quarré-les-tombes
PNR Livradois-Forez	Bois d' Albafond et autres (Halles Basses, Valcivières)
	Bois de Châtaignier-Perrier (Valcivières)
PPNR Aubrac	Forêt de Lacalm (Lacalm, Bois de Guirande, Aveyron)
PNR Volcans d'Auvergne	Forêt sectionale des Broussoux et Autres Forêt sectionale de Charlut et Autres (Saint Genès-Champespe)

24

Fig. 35 – Liste des secteurs ayant fait l'objet d'une validation de l'ancienneté par l'IPAMAC (extrait de la présentation réalisée lors du Comité de suivi Forêts anciennes du Massif central, M. Bonnevialle 1-12-16).

Concernant l'utilisation des archives et les recherches historiques en forêt, les méthodes d'études sont bien connues et décrites (voir § **4.3.1.** et **4.3.3.**), mais l'accès aux documents reste une limite importante. L'accès et l'analyse des documents connus nécessite un travail croisé d'historiens, de forestiers et de naturalistes (ou d'une personne ayant plusieurs de ces compétences). La collecte et le référencement des documents non versés aux archives restent à faire. **L'appel à témoignage lancé par le CBNMC** via le site internet des forêts anciennes du Massif central[25] vise à contribuer à cet effort, mais le concours des archives départementales, des historiens professionnels ou de simples collectionneurs de documents historiques (cartophiles par exemple) est nécessaire.

[25] http://cbnmc.fr/index.php/fr/missions/vegetation/forets-anciennes-du-massif-central/temoignages

5.3. Identification des vieilles forêts et des peuplements matures

Au delà de l'ancienneté, il est indispensable d'identifier les secteurs à plus fort enjeux, notamment de maturité, probablement minoritaires et très sensibles à l'exploitation forestière. C'est un besoin récurent des partenaires notamment pour déployer un réseau de forêts en libre évolution (ilots de sénescence, contrats Natura 2000 arbres sénescents, réserves biologiques forestières, réseau FRENE[26], parcelles forestières au sein de Réserves naturelles régionales, nationales ou d'Espaces naturels sensibles…).

La boîte-à-outils permet, grâce à une méthode basée sur l'analyse de la structure dendrologique des peuplements (voir § 4.3.4.), d'identifier les peuplements actuellement matures. Le travail s'articule en 2 phases, avec un travail de préidentification cartographique suivi d'une validation de terrain pour les secteurs ciblés. L'analyse préparatoire vise à identifier les peuplements présentant une certaine structure et n'ayant pas fait l'objet d'une exploitation récente. Cette méthode sera déployée par le CBNMC sur plusieurs secteurs du Massif central[27]. Les méthodes actuelles de préidentification sont basées sur la photointerprétation manuelle de photographies aériennes actuelles et anciennes par un opérateur formé à la méthode, mais l'apport de la télédétection et du traitement d'image offrirait un gain de temps très important. L'Inventaire forestier de l'IGN ou des laboratoires spécialisés dans la télédétection pourraient contribuer à la méthode.

Les pistes suivantes sont notamment à envisager :

- identification des secteurs matures d'après la taille des houppiers, avec des seuils fixés en fonction du compartiment écologique (la délimitation des compartiments écologiques pourrait se baser sur le fond écologique produit par l'IGN pour le programme CARHAB) ;
- identification des secteurs riches en bois mort et arbres sénescents d'après la réponse en infrarouge couleur ;
- utilisation du LIDAR pour identifier la hauteur dominante et la structure verticale des peuplements (avec prise en compte du compartiment écologique pour identifier des seuils de hauteur dominante en fonction du type de station).

Les données récoltées de manière « manuelle » sur les secteurs test pourront permettre de valider les premiers résultats obtenus de manière automatique.

Dans l'identification des secteurs matures, il convient aussi d'aborder la continuité temporelle de ce compartiement, ce que n'apporte pas l'analyse de la structure du peuplement actuel. C'est pourtant fondamental dans le maintien des espèces associées à la maturité, notamment celles à faible capacité de recolonisation. C'est possible grâce à des outils basés sur des groupes bioindicateurs (notamment coléoptères saproxyliques, syrphes et lichens, voir § 4.3.6. 4.3.8. et 4.3.9.). Il serait alors possible, comme pour l'ancienneté (recherche des forêts les plus anciennes), de préciser la profondeur temporelle de cette maturité, et d'identifier les forêts n'ayant pas subi de discontinuité écologique. Ce sont elles qui sont probablement les plus rares, et elles abritent potentiellement des espèces disparues ailleurs.

---

[26] Plan d'action pour la constitution d'un réseau de forêts en évolution naturelle en Rhône-Alpes.

[27] Les dossiers sont en cours de montage, et les zones suivantes sont pressenties : zones test dans le PNR des Volcans d'Auvergne et des Causses du Quercy, forêts alluviales du Val d'Allier, Communauté d'agglomération Loire-Forez, forêts départementales ou ENS de plusieurs départements…

5.4. Stratégie d'amélioration des connaissances sur les groupes taxonomiques indicateurs

5.4.1. Flore vasculaire

Grâce au travail réalisé cette année sur la flore vasculaire, faisant suite à celui de Léo Malzieu (MALZIEU 2015), il est possible d'utiliser en routine l'indice floristique d'ancienneté (voir § 4.3.7. Flore vasculaire). Néanmoins, il serait à tester avec plus d'attention sur les hêtraies-sapinière montagnardes de la zone continentale afin de vérifier si le seuil fixé pour identifier les forêts anciennes ne mériterait pas d'être rehaussé. Dans la zone atlantique, les premiers tests montrent que les seuils et listes d'espèces seraient à améliorer pour les hêtraies-sapinières montagnardes et les forêts humides à bois dur.

Certaines espèces, à traits de vie typiques d'espèces de forêts anciennes et présentes très majoritairement en forêt ancienne, ne sont pas ressorties dans la liste d'espèces indicatrices d'ancienneté, ce qui peut paraître surprenant (cas de la Scille lyis-jacinthe notamment). Le manque de données floristiques en forêt récente dans le secteur Cantal-Sancy pourrait en être une explication. La réalisation de placettes tests, réparties aléatoirement en forêts anciennes et récentes, y compris en plantation, permettrait d'infirmer ou de confirmer ces doutes.

Pour d'avantage de fiabilité, il est important de croiser plusieurs méthodes. Ceci est également vrai pour l'indicateur flore. L'utilisation d'un panel d'indicateurs différents en plus de la flore permettra en outre d'obtenir un retour sur la fiabilité des listes et seuils proposés (une réponse contradictoire de la flore vasculaire par rapport à d'autres indicateurs réputés plus fiables, comme l'utilisation des archives, pourrait faire douter de sa fiabilité).

Il sera en outre intéressant de croiser la réponse de la flore à la maturité, ce lien ayant été mis en évidence par certaines études, même si celles-ci concernent des contextes différents (JANSSEN 2016). Derrière la notion de maturité, il semble que ce soit surtout l'influence de la compétition entre les espèces, notamment l'influence de l'ombre des strates dominantes sur la flore du sous-bois, qui soit en jeu. Les relevés floristiques destinés à tester l'outil flore devront donc inclure des mesures dendrologiques (maturité, structure du peuplement, recouvrement des strates en lien avec la lumière parvenant au sol, etc…).

Il n'a pas été possible lors de notre étude de produire une liste d'espèces ou un indicateur pour la zone supraméditerranéenne du Massif central. Ceci peut être du à une absence de réponse de la flore à l'ancienneté dans ce secteur ou à sa non détection du fait du jeu de données employé ou des méthodes d'analyse. Les résultats de la thèse en cours de Juliet Abadie sur la réponse de la flore des forêts du Lubéron à l'ancienneté (IMBE/IRSTEA), de même que les méthodes d'analyse employées, pourront permettre de jeter un regard nouveau sur les forêts supraméditerranéennes du Massif central, dans l'espoir d'aboutir à la mise en place d'un indicateur floristique d'ancienneté comme cela a été possible sur les secteurs atlantique et continental. La prise en compte du type d'usage ancien (pacage ou culture notamment) pourrait permettre d'avoir des résultats plus fins.

L'opportunité d'un travail sur les taxons forestiers patrimoniaux, qui ne ressortent pas dans les listes du fait de leur présence trop faible dans le jeu de données, serait à étudier. Certaines espèces sont en effet suspectées d'avoir un lien avec l'ancienneté, et peut être certaines pratiques forestières, par exemple les orchidées forestières mycorhyziennes. Même si l'intérêt pratique d'espèces très rarement rencontrées peut être plus limité que celui d'espèces réagissant à l'ancienneté mais plus courantes, ce travail permettrait d'accroître les connaissances sur le déterminisme de taxons à enjeu de conservation élevé. En plus de tester l'ancienneté, il pourrait être intéressant de tester l'effet d'autres paramètres écologiques ou anthropiques, liés par exemple à la gestion actuelle et passée, ce qui éclairerait les actions de conservation en faveur de ces espèces (par exemple, réponse à la lumière, effet du travail du sol ou de certaines pratiques forestières…).

5.4.2. Communautés végétales et usages anciens

Le travail réalisé au CBNMC par Léo Malzieu (MALZIEU 2015) avait permis de mettre en évidence des réponses différentes à l'ancienneté de plusieurs espèces en fonction du compartiment écologique (par exemple, *Galium apparine* est plus fréquent en forêt récente en contexte mésophile, mais en forêt ancienne en contexte d'éboulis, qui constitue probablement son habitat primaire de même que les mégaphorbiaies intraforestières et des bords de zones humides). Il laissait donc entrevoir la possibilité de listes d'espèces de forêt ancienne ou récente différentes en fonction du compartiment écologique, et au-delà des combinaisons d'espèces caractéristique d'un type d'usage ancien dans un contexte écologique donné. Ces différences de réponses en fonction du contexte écologique ne semblent pas suffisantes pour empêcher l'utilisation d'une liste d'espèces et d'un indicateur unique (voir § **4.3.7. Flore vasculaire**).

Néanmoins, une analyse plus fine du déterminisme des combinaisons d'espèces en fonction des usages anciens pourrait permettre un diagnostic plus fin. Dans une forêt donnée, la liste des espèces rencontrées et leur abondance dépendent non seulement des conditions écologiques, mais aussi d'autres paramètres liés à son histoire ou de ses liens avec les milieux voisins (voir pour plus de détail la synthèse sur la **Flore vasculaire** en Annexe 2) :

- effet à très long terme sur les caractéristiques physicochimiques du sol des pratiques agricoles telles que la fertilisation, le chaulage, le labour, l'épierrement, l'irrigation, le pâturage intensif… ;
- espèces qui n'ont pas un optimum forestier mais étaient présentes dans les milieux préexistants, (par exemple dans la lande, la prairie ou la pelouse précédent la forêt récente), correspondant à la dette d'extinction ;
- espèces forestières, notamment de forêts anciennes, recolonisant progressivement une forêt récente, d'autant plus facilement que leur capacité de recolonisation est importante (crédit de colonisation…).

L'étude des communautés végétales et de leurs déterminismes, naturel et anthropique, est le champ de la phytosociologie. S'il est couramment admis dans les milieux agropastoraux que le mode de gestion (niveau de fertilisation, fauche ou pâturage…) est tout aussi déterminant pour les groupements végétaux observés que le contexte écologique, le type d'usage ancien n'est encore que partiellement pris en compte en phytosociologie forestière.

Dans les milieux agropastoraux, certaines combinaisons sont caractéristiques de pratiques données mais uniquement dans un contexte stationnel précis : par exemple, la présence d'espèces des milieux humides dans les prairies mésophiles peut indiquer un haut niveau de fertilisation, alors que ces espèces se retrouveront dans des types plus mésotrophiles en prairie humide (KOPECKÝ 1984). Il pourrait en être de même en forêt, la présence d'espèces nitratophiles pouvant indiquer un usage agricole ancien en contexte de hêtraie-chênaie, alors qu'elle ne voudra rien dire en forêt d'éboulis ou en forêt humide. En forêt de Tronçais (DAMBRINE *et al.* 2007), on constate par exemple que la coexistence d'espèces acidiphiles avec des espèces nitratophiles est typique des anciens parcellaires gallo-romains dans ce contexte écologique. Ainsi, dans un compartiment écologique, on pourra observer des « anomalies » (combinaisons atypiques) par rapport à la végétation attendue, la végétation de référence correspondant alors à celle observée en forêt ancienne dans le même compartiment écologique.

Les résultats seraient très utiles pour mieux comprendre la répartition des végétations actuelles. Les ponts avec le programme CarHAB peuvent être nombreux. D'une part, il peut être intéressant de disposer du type de compartiment écologique dans lequel se situe la forêt étudiée pour identifier les forêts récentes. Une telle donnée a été produite par l'IGN pour le programme CarHAB. Ceci permettrait de prédire le cortège floristique attendu dans une série de végétation donnée, puis d'identifier les forêts récentes via d'éventuels écarts à ce cortège théorique (par exemple, des espèces nitratophiles dans un type de végétation acidiphile). L'apport de la connaissance de l'occupation ancienne peut être également intéressant pour améliorer les cartes de végétation, particulièrement celles basées sur la télédétection comme pour le programme CarHAB. La cartographie des séries de végétation est pour le moment basée uniquement sur des compartiments écologiques théoriques définis uniquement d'après les paramètres physiques (topographie, roche mère, altitude…).

5.4.3. Test de l'outil « Lichens épiphytes » et travail sur les lichens patrimoniaux

Puisqu'il a été mis au point en dehors du Massif central, l'indicateur lichen est à utiliser et tester, en confrontant comme pour les autres indicateurs, dont la flore, les résultats obtenus avec les différentes méthodes.

La liste des espèces présentes sera à affiner en fonction de l'amélioration des connaissances sur ce groupe taxonomique, qui sont largement perfectibles du fait du faible nombre de personnes y travaillant.

L'enquête participative menée par la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes sur certains lichens[28] a permis de recueillir 2751 observations, qui seront analysés en 2017. La répartition des espèces sera analysée en fonction des caractéristiques de la station (type de phorophyte, type de milieu forestier ou arboré, conditions écologiques notamment climatiques…). La répartition de certaines espèces forestières suspectées d'être liées à l'ancienneté de la forêt ou à la gestion forestière actuelle et passée pourra être étudiée. Des résultats sont attendus pour certaines espèces réputées liées à la continuité écologique de la forêt, notamment *Lobaria pulmonaria* et *Lobarina scrobiculata.*

[28] http://enquetelichensauvergne.mnhn.fr/

Enfin, certains programmes d'inventaires de lichens pourraient être couplés à l'approche bioindicatrice utilisée dans le programme forêts anciennes, en ciblant éventuellement certains milieux ou certaines espèces dans les inventaires.

5.4.4. Développement d'indicateurs bryologiques

La synthèse bibliographique effectuée met en évidence le fort potentiel des bryophytes comme bioindicateurs, tant pour l'ancienneté que d'autres paramètres, en particulier la maturité (voir Bryophytes, ancienneté et maturité des forêts » par Jaoua CELLE, résumé § 4.4.2. « Bryophytes).

Les bryophytes forestières sont en effet fortement dépendantes de microhabitats conditionnés par la qualité de la phytocœnose d'accueil. Elles sont à ce titre influencées par la maturité des peuplements (et au-delà des paramètres liés à la lumière, l'hygrométrie…) et un grand nombre d'autres paramètres stationnels. L'influence de l'ancienneté des forêts sur la bryoflore n'a été étudiée que plus récemment, mais certaines espèces semblent réagir à ce paramètre.

L'analyse des données bryologiques du système d'information Chloris © du CBNMC n'a pas permis d'obtenir des résultats opérationnels comparables à ceux obtenus pour la flore (liste d'espèces et seuils). Des espèces sont ressorties de l'analyse, avec une fréquence significativement plus importante en forêts anciennes ou en forêts récentes, mais le nombre d'espèces analysées était réduit, et d'autres paramètres que l'ancienneté n'ont pu être pris en compte (car absent des données de Chloris), notamment la maturité.

Un travail exhaustif sur les bryophytes, l'ancienneté et la maturité, reste à entreprendre. Il nécessiterait au-delà de l'analyse des données existantes de nouvelles levées de terrain, avec relevé de paramètres écologiques et dendrologiques afin de tester en plus de l'ancienneté des paramètres liés à la maturité. Comme pour la flore vasculaire, un travail sur des espèces patrimoniales ciblées serait intéressant.

5.4.5. Autres groupes taxonomiques potentiellement intéressants

La littérature scientifique et des travaux de recherche en cours indiquent que plusieurs groupes taxonomiques pourraient être intéressants comme indicateurs d'ancienneté.

En particulier, les champignons forment un groupe taxonomique très prometteur pour l'identification des forêts anciennes et matures. Certains champignons saproxyliques sont des marqueurs de vieilles forêts (CORRIOL & HANNOIRE 2011) qui cumulent ancienneté et maturité. Les champignons saproxyliques seraient plutôt des marqueurs de maturité, mais il est possible que certains permettent d'identifier les forêts anciennes (CORRIOL, *com. pers*). Des espèces mycorhiziennes pourraient être indicatrices d'ancienneté, cependant d'autres études sont nécessaires pour valider cette hypothèse. Pour le Massif central comme pour la France, il n'y a pas aujourd'hui de listes d'espèces indicatrices de forêts anciennes disponibles. Une fois ces listes développées, il pourra être intéressant de décliner l'outil en une version « expert » et une version « grand public », avec si cela est possible la sélection d'espèces facilement identifiables par des naturalistes non mycologues.

Les coléoptères saproxyliques et les syrphes sont d'excellents bioindicateurs, notamment de maturité et de continuité de ce compartiment dans le temps (voir § **4.3.5. Coléoptères saproxyliques** et § **4.3.9. Syrphes**). Toutefois, B. CALMONT (voir « Les coléoptères saproxyliques et les forêts anciennes » en Annexe 2) indique que d'autres groupes d'invertébrés pourraient être explorés, notamment parmi les Diptères (*Tipulidae, Asilidae* …), les Hétéroptères (*Aradidae* notamment), les Hyménoptères (*Formicidae*, *Siricidae*, *Ichneumonidae* …) pourraient eux aussi être de bons bioindicateurs pour les forêts, même si bon nombre de taxons sont d'identification délicate dans certains groupes. En particulier, les *Aradidae* et les fourmis rousses ont été étudiés pour caractériser l'ancienneté des forêts ou la fonctionnalité de différents compartiments.

Les arthropodes des sols et des litières (Myriapodes, chilopodes et diplopodes) pourraient également être un groupe prometteur, en particulier pour l'étude des usages anciens.

Les araignées, notamment celles de la canopée (OXBROUGH & ZIESCHE *in* KRAUS et KRUMM (dir.) 2013) et les abeilles charpentières (espèces du genre Xylocope) pourraient également être étudiées, les secondes pondant dans des bois pourris ou sénescents.

Enfin, on peut citer les papillons dits « de nuit » (Hétérocères), sous-ordre très diversifié qui compte plus de 5000 espèces en France en grande partie forestières, soit 20 fois plus que de papillons de jour. Certaines espèces pourraient constituer de bons indicateurs, surtout pour ceux ayant des chenilles consomatrices de lichens.

5.5. Stratégie de conservation de la biodiversité forestière

5.5.1. Développement des bonnes pratiques de gestion et mesures intégratives au sein des forêts de production

Dans les forêts gérées, qui représentent la plus grande partie des surfaces forestières, des mesures de type intégratives peuvent permettre de préserver la biodiversité forestière d'une forêt et d'améliorer sa capacité d'accueil, tout en garantissant le maintien des autres fonctions (production de bois, de services, rôle social…).

Même si les connaissances sur l'effet des différents modes de gestion sylvicole sur la biodiversité restent toujours à parfaire, les connaissances actuelles[29] permettent de formuler certaines préconisations, parmi lesquelles on peut citer pour la gestion des forêts exploitées (GOSSELIN & PAILLET 2010, KRAUS & KRUMM (dir.) 2013, BASILICO *et al.* 2014) :

- Privilégier les essences autochtones et le mélange d'essences (plus grande biodiversité des peuplements mélangés, capacité d'accueil plus grande des espèces autochtones) ;
- Diversifier les traitements et privilégier les peuplements pluristratifiés et irréguliers (effet sur de nombreux groupes, par exemple oiseaux, chauve-souris…) ;

[29] Notamment grâce aux synthèses bibliographiques par groupes taxonomiques (voir § 4.3. et § 4.4., les contributions complètes en Annexe 2). Voir également KRAUS & KRUMM (dir.) 2013, BASILICO et al. 2014, JANSSEN 2016, PAILLET *et al.* 2010, PERNOT *et al.* 2013, VALLAURI *et al.* 2005, VALLAURI 2007… Pour les effets par groupe taxonomique voir également la Fig. 7.

- Favoriser les trouées de taille modérée ou la sylviculture à couvert continu, si l'essence objectif visée et les caractéristiques du peuplement le permettent, surtout sous climat sec (effet desséchant des coupes trop importantes, notamment sur certains lichens et bryophytes épiphytes)
- Éviter le travail du sol (surtout en profondeur), les amendements et traitements phytosanitaires (effets négatifs sur la flore et les sols), et préserver les sols en raisonnant la circulation des engins pour éviter leur tassement ;
- Conserver un nombre suffisant d'arbres porteurs de microhabitats (avec la plus grande variété de microhabitats possibles), d'arbres sénescents, et d'arbres morts debout et au sol.
  - La conservation d'arbres sénescents et morts de fort diamètre[30] est l'objectif le plus important. La présence d'un volume équivalent de petits bois morts n'équivaut pas à celle d'un gros arbre de fort diamètre, car chaque type de bois mort à son propre cortège en espèces. Or, si les rémanents de faible diamètre peuvent constituer localement des volumes importants, les gros bois mort sont généralement très rares en forêts exploitées (KRAUS & KRUMM (dir.) 2013.
  - En termes de microhabitats comme de types de bois morts, la plus grande diversité est à rechercher, la spécialisation des espèces est souvent très forte. On cherchera ainsi à avoir des arbres morts debouts et sur pied (leur conservation garantissant la présence d'arbres morts au sol), de degrés de décomposition, d'essences ou situés dans les contextes d'éclairement variées (LARRIEU & CABANETTES 2012, LARRIEU *et al.* 2012, KRAUS & KRUMM (dir.) 2013).
  - Selon le type de forêt, des quantités de bois mort allant de 20 à 50 m³/ha ont été identifiées comme nécessaires pour le maintien de la plupart des espèces saproxyliques, mais les plus exigeantes ont besoin de plus de 100 m³/ha (KRAUS & KRUMM (dir.) 2013).
  - Au-delà de densités et de volumes moyens à l'hectare, la répartition des arbres morts, sénescents et à microhabitats devra être la plus équilibrée possible. En termes de densité, il est préconisé de préserver au moins cinq à dix arbres-habitat par hectare (grands arbres morts, arbres âgés, arbres habitats, etc.).
- Mettre en place dans les forêts exploitées un réseau d'ilots de sénescence (de taille unitaire supérieure à 1 ha selon MÜLLER *et al.,* 2012), à positionner préférentiellement dans les peuplements d'essences autochtones présentant les attributs de maturité les plus intéressants, espacés d'au plus un à deux kilomètres (distance convenant à la plupart des espèces mais pouvant s'avérer problématique pour certaines autres selon BRUNET & ISACSSON 2009).

Il est souhaitable d'appliquer ces mesures à l'ensemble des forêts exploitées, dans le principe de multifonctionnalité des forêts, avec un compromis à trouver entre les enjeux environnementaux et les autres services rendus par la forêt (économiques, sociaux…). L'accent sera mis d'autant plus fortement sur les mesures de bonne gestion forestière (notamment en termes de densité de vieux bois et arbres habitats) lorsque les enjeux environnementaux sont élevés. De même, il sera plus intéressant de placer un ilot de

[30] Voir § 4.3.4 Structure des peuplements pour les diamètres de gros bois morts et très gros bois vivants retenus en fonction du contexte. Hors stations à contraintes très fortes ou essences de faibles dimensions celui des arbres vivants excède généralement 60 à 90 cm, tandis que les bois morts sont considérés comme de gros diamètre à partir de 30 à 40 cm (dans les deux cas le diamètre varie selon la zone bioclimatique).

sénescence dans un peuplement d'essence autochtone, dont le potentiel d'accueil est plus élevé qu'un peuplement d'essence allochtone de même âge et structure.

Des outils incitatifs existent pour mettre en place ces mesures, notamment des mesures de type conventionnelles portant sur la conservation d'arbres habitats ou d'ilots (contrats Natura 2000 « arbres sénescents » par exemple) destinés à couvrir tout ou partie des manques à gagner. Dans les massifs plus vastess détenus par un propriétaire unique, l'objectif alloué à la parcelle sera précisé dans le plan de gestion ou d'aménagement, avec classement de la parcelle -ou partie de parcelle. En forêt publique, des ilots de sénescence (arrêt de l'exploitation) ou de vieillissement (date d'exploitation différée) existent. On peut citer enfin les mesures prises dans les aménagements forestiers, comme en forêt publique le classement de certaines parcelles en « série d'intérêt écologique » ou « hors sylviculture », mais ce classement peut être remis en causes à l'aménagement suivant, contrairement par exemple au classement en Réserve biologique qui est pérenne. La sensibilisation des propriétaires aux bonnes pratiques de gestion est une excellente solution, ainsi que la certification des pratiques forestières. Il est souhaitable d'une manière générale que ces objectifs soient plus élevés dans les forêts de production disposant d'objectifs de préservation de la biodiversité (site Natura 2000, Espaces naturels sensibles, Réserve de Biosphère, Parc naturel régional…).

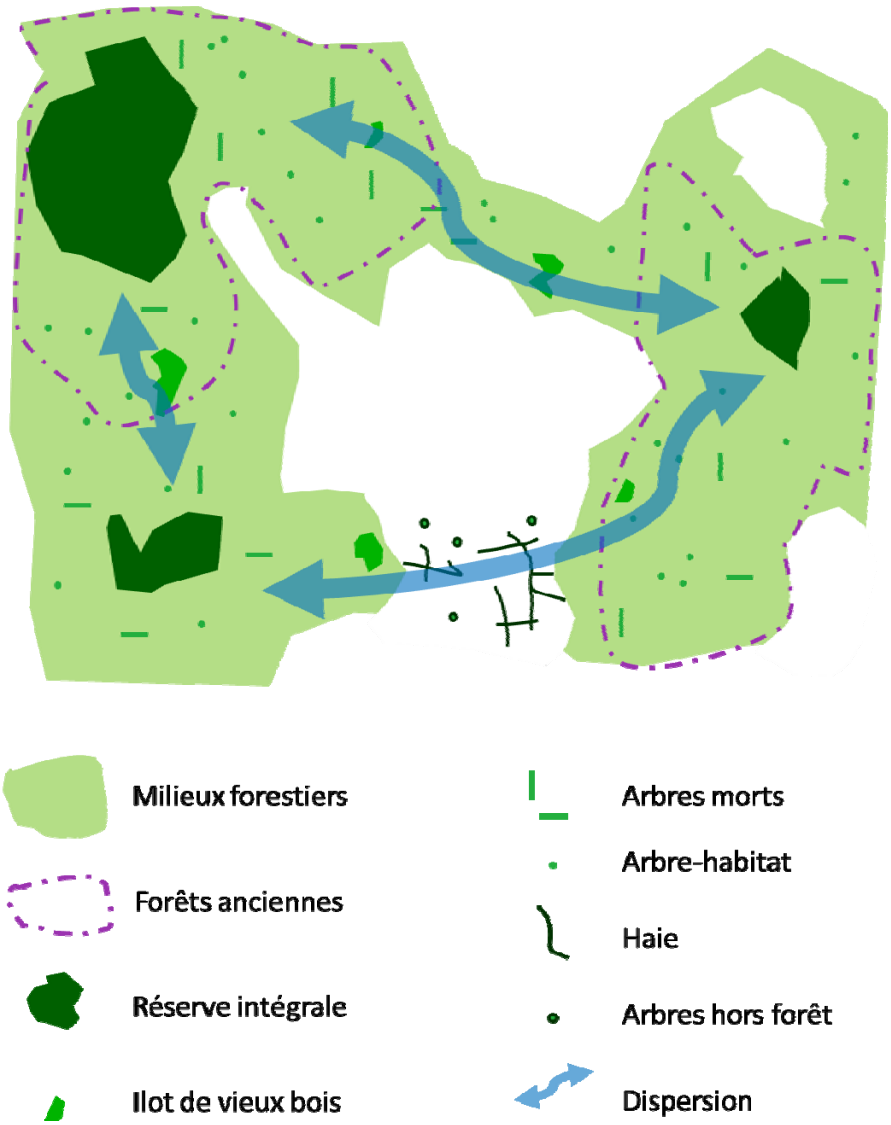


Fig. 36 – Déclinaison de la stratégie de conservation de la biodiversité forestière à l'échelle d'un Massif forestier.

5.5.2. Place des réserves forestières intégrales et forêts en libre évolution

Les mesures de gestion intégrée décrites précédemment s'adressent à la plus grande partie des surfaces forestières, gérées dans un souci de multifonctionnalité, mais ne peuvent suffire à la conservation d'une trame de vieux bois fonctionnelle. Les seuils atteints en termes de volumes de diversité d'arbres morts, sénescents et à microhabitats ne sont pas suffisants en forêt gérée pour les espèces les plus exigeantes, ou pour assurer des populations optimales en espèces associées à ces éléments de maturité.

Même pour des espèces moins exigeantes, l'arrêt de l'exploitation sur un maillage de secteurs de taille plus ou moins importante est la mesure la plus favorable à moyen terme[31] pour certains groupes typiquement forestiers comme les bryophytes, les champignons lignicoles, les coléoptères saprolignicoles, carabes, acariens oribatides, oiseaux cavicoles, etc. (PAILLET *et al.* 2010), car il est le plus à même de garantir le maintien des compartiments les plus sensibles à l'exploitation (PERNOT *et al* . 2013). Ces zones de protection forte, en libre évolution, peuvent en outre servir de zone source pour les espèces des vieilles forêts.

En plus de garantir une diversité optimale pour les espèces spécialistes des peuplements matures, ou de celles les plus sensibles au dérangement (par exemple la Cigogne noire chez les oiseaux), un réseau de forêt en libre évolution fournit également des sites d'études précieux pour mieux comprendre les mécanismes de fonctionnement d'une forêt en dynamique naturelle, ce qui a des utilités non seulement pour la connaissance et la conservation mais aussi pour la sylviculture (KRAUS & KRUMM (dir.) 2013), surtout dans un contexte de changement climatique. Il convient enfin de citer l'intérêt que de vastes zones en libre évolution présentent d'un point de vue éthique et social (VALLAURI 2007).

Ces zones de non-intervention doivent être de grande taille, de manière notamment à limiter les effets de lisière (perturbations causées à l'extérieur de la réserve). KRAUS & KRUMM (dir.) 2013 indiquent des surfaces comprises entre dix et plusieurs centaines d'hectares, ce qui correspond aussi aux tailles minimales fixées pour les réserves biologiques domaniales (50 ha en plaine, 100 ha en montagne).

Des outils juridiques et financiers existent pour mettre en place ces forêts en libre évolution, parmi lesquelles on peut citer les Réserves biologiques intégrales des forêts publiques et les Réserves naturelles régionales et nationales, ainsi que les sites gérés par des associations (Conservatoires d'espaces naturels ou certaines associations de protection de la nature) si toutefois la libre évolution est prévue par leur plan de gestion, ce qui n'est pas toujours le cas. L'acquisition foncière peut être un outil intéressant, elle est d'ailleurs utilisée par le Parc national des Cévennes pour contribuer à un réseau de forêt en libre évolution, ou par des associations telles que les CEN (notamment les CEN Auvergne, Limousin et Rhône-Alpes, ou encore l'association Forêts sauvages). En dehors du Parc national des Cévennes, la taille des parcelles est souvent plus proche de l'ilot (voir § 5.4.1). D'autres moyens d'action peuvent être mobilisés, tels que le programme FRENE[22] ou le programme Européen Rewilding Europe[32]. Les politiques départementales menées sur les Espaces naturels sensibles en faveur de la biodiversité forestière diffèrent selon les départements, mais pourraient contribuer utilement à la trame de vieux bois à tous les

[31] L'effet de l'arrêt de la gestion est déjà visible 30 ans après sa mise en place selon PAILLET *et al.* (2010).
[32] https://www.rewildingeurope.com

niveaux, pas une sylviculture prenant en compte les préconisations en faveur de la biodiversité forestière et le choix de laisser certaines parcelles ou certains sites en libre évolution.

5.5.3. Une stratégie globale pour des actions locales

Si des actions locales peuvent avoir un effet direct sur la biodiversité des parcelles dans lesquelles elles sont mises en place, elles contribuent à la fonctionnalité globale de la trame forestière. Les mesures de type intégrative (bonnes pratiques sylvicoles en forêt de production voir § 5.4.1.) et ségrégatives (libre évolution, voir § 5.4.2.) sont aussi indispensables l'une que l'autre à la conservation de la biodiversité forestière (KRAUS & KRUMM 2013). Il est important de prendre en compte la trame forestière dans son ensemble. Les forêts récentes ainsi que le maillage bocager peuvent assurer par exemple la connexion entre les massifs anciens, de même que les arbres morts et arbres habitats répartis dans des peuplements globalement peu matures jouent un rôle de relai entre les ilots matures et les grandes zones en libre évolution.

Instrument	Description	Catégorie	Echelle
Zones de non-intervention de grande taille (entre dix et plusieurs centaines d'hectares)	Zone centrale de Parc national, vaste réserve forestière intégrale, Réserve naturelle régionale ou nationale, Espaces naturels sensibles…	s	Paysage
Protection des vieux peuplements, îlots de vieux bois	Protection des vieux peuplements dotés d'arbres matures et morts en tant qu'îlots et habitats relais dans les forêts exploitées commercialement. Îlots de sénescence et de vieillissement, peuplements en libre évolution.	s, i	Tache de forêt Peuplement
Rétention structurelle	Rétention d'éléments structurels clés des habitats, tels que les arbres habitat, et le bois mort sur pied et au sol.	i	Locale
Eléments de perméabilité hors forêt	Haies, arbres isolés hors forêt et bosquets qui peuvent servir de relais lors de la dispersion des espèces entre massifs forestiers	_	Locale

Fig. 37 – Instruments de conservation pouvant être mis en œuvre dans la trame forestière. Tableau inspiré et adapté de (KRAUS and KRUMM 2013). (« s » : mesures ségrégatives, « i » : mesures intégratives).

Une trame perméable aux espèces permet les indispensables échanges génétiques entre populations. Elle permet aussi la migration d'espèces dans un contexte de reconquête des massifs récents à partir des forêts anciennes (notamment depuis la fin du XIXème siècle), et plus récemment dans un contexte d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques. Enfin, les domaines vitaux des espèces forestières étant souvent vastes, elles ne sauraient subsister que dans quelques petits ilots isolés, même anciens et très matures. La fonctionnalité de cette trame forestière passe non seulement par sa répartition spatiale, mais aussi par sa qualité. Le maintien d'une trame de vieux bois est en particulier indispensable en forêt exploitée, avec un maillage d'arbres morts, d'ilots de sénescences et de zones plus vastes en libre évolution. Les haies et arbres ruraux jouent également un rôle important dans la connexion de massifs forestiers souvent séparés par des zones agricoles.

Pour améliorer la trame forestière, on peut à la fois augmenter la qualité des taches d'habitat (voir § 5.4.1. et 5.4.2. : présence de vieux arbres, de bois mort, d'arbres à microhabitats, travail sur la structure et la composition des peuplements…), augmenter les surfaces forestières (en tirant par exemple partie d'accrus spontanés issus de la déprise agricole), et enfin améliorer la perméabilité de matrice paysagère entourant les forêts, par le maintien et l'implantation de haies (NAAF & KOLK 2015) et d'arbres ruraux hors forêt (ROSSI *et al.* 2016).

En ce qui concerne les espèces associées aux forêts anciennes, la trame forestière devra prendre en compte leur faible vitesse de dispersion (par exemple 30 m par siècle en moyenne pour les plantes vasculaires de forêts anciennes (DUPOUEY *et al.* 2002). Le projet Distrafor (ARCHAUX 2014) a ainsi montré que la flore colonise plus facilement les forêts récentes au contact d'un massif ancien que celles sans contact direct, l'effet de la distance étant secondaire et indétectable au-delà de 100 m (BASILICO *et al.* 2014). Les mesures de gestion à promouvoir sont, en termes d'aménagement du territoire, d'éviter le défrichement et le morcellement des forêts anciennes, d'éviter les travaux forestiers avec fort remaniement du sol (conversion en plantation d'essence exotique avec travail sur sol), et de favoriser la reconnexion des massifs anciens. On peut, par exemple, profiter de éléments boisés ou en devenir (friches, fourrés, linéaires de haies, forêts récentes), directement adjacents aux forêts anciennes existantes (NORDEN *et al.* 2014) Les stratégies de développement de la filière économique forêt-bois doivent se faire en cohérence avec une stratégie de préservation de la biodiversité forestière, liée notamment à l'ancienneté et la maturité, qu'il est possible de définir à plusieurs niveaux.

5.5.4. Pertinence d'une approche « Massif central »

La mise en place d'actions en faveur de la biodiversité forestière, notamment des forêts anciennes et matures, nécessite un portage au niveau local qui soit adapté aux spécificités du territoire. Les cartes de présomption réalisées d'après les cartes d'État-major, mais aussi la description des peuplements forestiers (par exemple par Sylvoécorégions de l'IGN), les cartes de végétation réalisées localement ou les travaux menées sur le paysage à l'occasion d'atlas du paysage ou ceux qui préparent les SRCE (Schéma régionaux de cohérence écologique)[33] permettent de faire ressortir les spécificités et enjeux généraux d'un territoire.

L'exploitation des cartes d'État-major et leur croisement avec les types de peuplements actuels, réalisé par l'IPAMAC (2016) sur les Parcs et projets de Parcs du Massif central et le CBNMC sur le département de l'Allier (RENAUX & VILLEMEY 2016 ; RENAUX, VILLEMEY & TILLIARD-BLONDEL 2016) permet d'ores et déjà de faire ressortir des problématiques communes à certains territoires typiques du Massif central.

Dans les territoires de moyenne montagne très répandus dans le Massif central, les forêts anciennes représenteraient entre un quart et un tiers des forêts actuelles.

- Autrefois enclavées dans les milieux agricoles, elles sont aujourd'hui connectées plus ou moins efficacement par des forêts récentes, la plupart peu matures, certaines très artificielles (issues de plantation d'essences exotiques).

[33] Voir notamment http://www.paysages.auvergne.gouv.fr/, http://www.rdbrmc-travaux.com/spge/site_v2/IMG/pdf/pays7fam.pdf, http://www.limousin.developpement-durable.gouv.fr/atlas-des-paysages-du-limousin-a102.html...

L'amélioration de la perméabilité et des capacités d'accueil de ces forêts par rapport aux espèces de forêts anciennes est une piste de travail, notamment à l'heure où les plantations du FFN[34] arrivent à maturité et que se pose la question de leur renouvellement vers des peuplements plus résilients et résistants par rapport aux aléas naturels (tempêtes, ravageurs…) et plus accueillant pour la biodiversité.

- Les forêts anciennes qui sont demeurées jusqu'à aujourd'hui, composées de hêtre et de sapin, ne sont pas exemptes de pressions (actuelles comme passées) ; elles ont pu être gérées de façon très intensive dans le passé, par exemple pour le bois énergie, et les peuplements matures (voire des vieilles forêts) sont probablement aussi rares que précieux. Plus récemment, certaines ont été converties en plantations d'essences exotiques, et cette tendance est plus que toujours d'actualité (plantation d'essences exotiques à forte productivité). Enfin, si les prélèvements se concentrent actuellement sur les plantations résineuses issues du FFN, il est fort probable que les sapinières anciennes feront l'objet d'une pression accrue une fois la ressource constituée par ces plantations épuisée.

D'autres cas de figures se retrouvent dans le Massif central.

- Les territoires, plutôt minoritaires, dans lesquels les forêts anciennes représentent des surfaces importantes (Morvan, Ardèche…) ;
- Le cas des plateaux cristallins ou volcaniques, sur lesquels les forêts anciennes ont généralement un caractère relictuel (exemple du plateau de Millevaches et des hautes-Combrailles, mais aussi dans un autre contexte géologique beaucoup moins marqué par la déprise comme celui du Devès), avec un fort enjeu de préservation du patrimoine des forêts anciennes et de reconquête des massifs récents ;
- La place du châtaignier dans certains territoires (Châtaigneraie Limousine, ardéchoise ou des Cévennes), qui pose des questions spécifiques (anciens vergers aujourd'hui à l'abandon, avec des vieux arbres habitats, etc…) ;
- Les forêts sous influences supraméditerranéennes, avec une limite parfois floue entre usages anciens forestier/non forestier (parcours en forêt ?) ;
- Les bocages (celui de l'Allier par exemple), secteurs riches en forêts anciennes peuvent représenter une proportion importante des forêts récentes, mais avec de forts défrichements ces 150 dernières années et une pression localement importante (infrastructures linéaires notamment) ;
- Les grandes plaines alluviales et Limagnes, dans lesquels les forêts anciennes ont souvent presque entièrement disparu.

5.6. Vers une meilleure connaissance de la trame forestière

Des outils SIG et d'analyse de données existent pour évaluer la connectivité d'un paysage et de ses éléments pour les différentes espèces ou groupes d'espèces susceptibles de s'y rencontrer, **mais ils nécessitent une connaissance suffisante du territoire à étudier et des espèces cibles (voir § 4.3.5. Trame forestière).**

La compilation des données existantes et le recueil éventuel de données complémentaires est donc un préalable à cette analyse quantitative de la trame forestière, le risque étant de mener une réflexion purement théorique sur la trame forestière, et au final de déployer des mesures inapropriées. Ajoutons que même en l'absence d'un travail d'analyse de la connectivité de la trame, ce travail de connaissance est indispensable pour identifier les secteurs à enjeu de conservation le plus élevé.

[34] Fond forestier national

Les données à rassembler seraient en particulier les suivantes :

- localisation des secteurs laissés en libre évolution pérenne ou temporaire, ou faisant l'objet de mesures de gestion en faveur de la conservation de « vieux bois » et arbres habitats : ilots de sénescence et de vieillissement, réserves biologiques, parcelles contractualisées (programme FRENE[22], contrats Natura 2000…), parcelles au sein de Réserves naturelles régionales, nationales, d'ENS, en zone centrale de Parc national ou propriétés d'association faisant l'objet de telles mesures ;
- données relatives à l'ancienneté des peuplements (d'après les cartes anciennes, secteur à l'ancienneté validée et quantifiée d'après différentes méthodes décrites notamment dans la boîte-à-outils **§ 4.3**) ;
- cartes des types de végétation et de peuplements, incluant les milieux non forestiers, ainsi que les éléments ponctuels de type haies ou au contraire infrastructures de transport ;
- données relatives à la maturité des peuplements ou à d'autres caractéristiques structurelles, à leur état de conservation, la biodiversité potentielle qu'ils hébergent (IBP) ou encore leur degré de naturalité (données issues d'études, de documents, d'aménagements forestiers, points de l'inventaire forestier de l'IGN…)

Différentes études sur l'ancienneté et la maturité ont été réalisées, ou sont en cours de réalisation (voir notamment § **2.4. Enquête sur les projets et études en cours ou réalisées dans le Massif central, sur les forêts anciennes, matures et à Haute valeur de conservation**) ou programmées pour les années à venir. Elles apportent et apporteront des données très utiles, et seront à compiler pour pouvoir être croisées et utilisées. Une réflexion sur l'accès aux données et modalités de mise à disposition est un préalable indispensable, particulièrement pour les données sur les forêts privées.

Fig. 38 – Sapin mort et chandelle dans une forêt ancienne du massif du Cantal.

6. CONCLUSIONS

Cette première étape du programme « Forêts anciennes du Massif central » a permis de faire un état des connaissances, de commencer à réunir les acteurs de la thématique, de rassembler des outils pour leur étude, et de préciser des axes de travail et d'action. L'ensemble des résultats est développé et mis à disposition sur un site internet dédié, **http://cbnmc.fr/forets_anciennes**. Ces travaux sont le fruit d'une très large et fructueuse collaboration, avec notamment le concours technique du CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, du CBN du Bassin parisien, du CEN Auvergne, de Chauve-souris Auvergne, du CPIE du Velay, du bureau d'étude Evinerude, de l'IGN, du PN des Cévennes, de l'IPAMAC et de nombreux autres parcs du Massif central, de la LPO Auvergne, de l'ONF, de la SHNAO et du REFORA, et la participation de nombreuses personnes aux ateliers : chercheurs, naturalistes, forestiers, historiens, géographes, gestionnaires...

Un premier état de l'art des forêts anciennes dans le Massif central

L'enquête menée sur l'ensemble du Massif central par le CBNMC, le REFORA et le CEN Auvergne a permis de **recenser 74 études et projets** portant sur les **forêts anciennes, matures et à haute valeur de conservation**. 38 projets combinent au moins deux approches. 44 incluent des inventaires dendrologiques, 60 utilisent des groupes d'espèces bioindicatrices ou liées à l'ancienneté ou la maturité. Enfin, 16 intégrent l'étude de cartes anciennes, avec en particulier la vectorisation des forêts de l'État-major sur l'ensemble des parcs et projets de parcs du Massif central (IPAMAC) et le département de l'Allier. Tous les projets réalisés n'ont pas nécessairement été recensés, et d'autres sont en cours ou à venir : l'enquête, basée sur la participation des porteurs de projets, se poursuit.

L'analyse de la littérature scientifique confirme l'importance de l'ancienneté pour certains groupes taxonomiques (flore vasculaire, bryophytes, champignons mycorhiziens, invertébrés du sol et des litières…). Ces espèces sont liées au maintien dans le temps d'un sol forestier et d'une « ambiance » forestière[35]. Non seulement l'usage agricole en modifie le sol, mais ces modifications perdurent plus d'un millénaire après. Certaines espèces ont, en outre, des capacités de recolonisation limitées, et peuvent mettre des centaines d'années à recoloniser une forêt récente. D'autres caractéristiques comme la **maturité** ou **l'intégrité de structure et de composition du peuplement** revêtent une importance tout aussi grande, surtout si elles se sont maintenues dans le temps. La maturité, qui se traduit notamment par l'abondance d'arbres sénescents, porteurs de dendromicrohabitats et de bois morts, joue un rôle fondamental pour de nombreux groupes, notamment saprolignicoles et cavicoles, parmi les mousses, lichens, champignons, coléoptères saproxylophages, syrphes, oiseaux et chauves-souris. Elle joue probablement un rôle important également pour d'autres groupes (mollusques, amphibiens…). Un peuplement irrégulier et stratifié est aussi très important pour de nombreux groupes (lichens épiphytes, syrphes, chauves-souris, oiseaux, micromammifères…). **Ces paramètres agissent en effet en synergie, et illustrent la complexité de l'écosystème forestier dans ses 4 dimensions** : non seulement dans **l'espace** (du sous-sol aux strates dominantes, incluant une grande diversité de niches et microhabitats), mais en plus dans le temps, la biodiversité actuelle dépendant de la **continuité temporelle de ces compartiments**. L'ancienneté illustre un des aspects de cette continuité temporelle.

[35] C'est-à-dire d'un couvert forestier favorisant la présence d'espèces d'ombre ou demi-ombre, avec interruptions temporaires possibles à l'occasion de trouées naturelles ou de coupes.

Une boîte-à-outils co-construite et multidisciplinaire…

Dans le contexte actuel d'accroissement des prélèvement de bois, il est urgent d'identifier non seulement les forêts anciennes, surtout les plus anciennes et celles ayant conservé des attributs de maturité faisant généralement défaut en forêt exploitée (arbres sénescents, arbres morts…). C'est le cas des « vieilles forêts »[36], mais aussi de certaines forêts exploitées de manière suffisamment extensive. Une **boîte-à-outils** est proposée pour identifier ces forêts remarquables, probablement rares, mais aussi permettre un diagnostic écologique de tout type de forêt. **9 outils sont mis à disposition de tous sur la page internet des forêts anciennes sur le site du CBN Massif central**. Ils sont basés sur des **espèces bioindicatrices** (coléoptères saproxyliques, flore vasculaire, lichens épiphytes, syrphes), mais aussi sur l'analyse des **caractéristiques dendrologiques et pédologiques des peuplements**, et enfin de leur **histoire** (cartes anciennes, archives et vestiges archéologiques). **Il est nécessaire de croiser plusieurs approches pour obtenir des résultats fiables.**

… au service de la gestion durable des forêts anciennes du Massif central

Quel que soit le type de forêt étudié, l'objectif est le même : **identifier les enjeux écologiques pour proposer des actions adaptées**, pouvant aller de la libre évolution des peuplements les plus remarquables à la prise en compte de la biodiversité dans une optique de gestion forestière multifonctionnelle. Mesures intégratives[37] comme ségrégatives[38] sont tout autant indispensables à la préservation de la biodiversité forestière, notamment des forêts anciennes. Un travail d'animation et de sensibilisation est à mener pour que de telles mesures soient mises en œuvre, en lien étroit avec les forestiers, propriétaires et acteurs de la filière forêt-bois. Celle-ci doit s'appréhender à l'échelle de la trame paysagère dans son ensemble, au travers par exemple des Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE). Outre la continuité temporelle, la continuité spatiale est en effet très importante pour de nombreuses espèces. Des outils existent pour analyser cette **continuité de la trame forestière**, cibler les discontinuités à restaurer, identifier les « nœuds » et réservoirs de biodiversité stratégiques, mais aussi proposer des améliorations de la perméabilité de l'ensemble de la trame. Ces outils **nécessitent des connaissances suffisantes du territoire et des espèces ciblées pour pouvoir donner des résultats**.

Vers un observatoire des forêts anciennes du Massif central

La mise en commun des données sur la végétation, les peuplements et leurs caractéristiques (ancienneté, maturité…) à l'échelle du Massif central est donc un des enjeux des années à venir, non seulement pour mieux connaître le fonctionnement de la trame forestière, mais aussi pour orienter les actions le plus efficacement possible, en particulier le déploiement d'une trame de vieux bois. L'identification des projets réalisés et en cours constituait la première étape. D'autres données de terrain seront à acquérir et mutualiser (identification des peuplements matures, cartographie des types de végétation et des forêts anciennes, répartition et écologie des espèces notamment de forêt anciennes…).

Amélioration des connaissances sur les espèces et de la boîte-à-outils

L'amélioration des connaissances sur ces espèces permettra en outre de parfaire les outils existants (flore vasculaire dans certains secteurs ou pour les espèces rares, lichens épiphytes) et de mettre au point de nouveaux indicateurs d'ancienneté ou de maturité (bryophytes, champignons micorhyziens et saprolignicoles). Ceci illustre bien trois missions

[36] Peuplements à la fois anciens et matures, non exploités depuis une période suffisante pour qu'ils aient pu retrouver certaines caractéristiques proches des forêts naturelles
[37] Mesures d'accompagnement de la gestion forestière
[38] De type réserve intégrale

importantes pour le CBNMC : l'amélioration des connaissances sur la flore et les végétations, le porter à connaissances et la sensibilisation aux enjeux écologiques, et enfin l'appui aux partenaires via la réalisation d'outils.

Cartographie des forêts présumées anciennes et connaissance des usages anciens

Le travail de préidentification des forêts anciennes grâce aux cartes de l'État-major est à poursuivre. L'action concertée des parcs du Massif central, de l'IGN et du CBNMC a déjà permis de vectoriser près de la moitié du territoire, dont 70 % de ses forêts actuelles. Ce travail est à réaliser sur le reste du territoire, avec non seulement l'identification des forêts de l'État-major mais aussi des autres usages anciens. Le type d'usage ancien (culture, prairie, pâquis, verger…) influe en effet grandement sur la biodiversité actuelle. C'est aussi pour cela qu'une meilleure connaissance des pratiques anciennes et de la gestion passée des forêts est nécessaire. L'utilisation des archives forestières a démontré tout son intérêt pour étayer une présomption d'ancienneté, mais nécessite d'une part un travail d'analyse des archives déjà collectées et d'autre part la collecte de nouveaux documents, notamment privés. C'est en ce sens qu'un appel à témoignage sur les usages anciens en forêt est lancé[39].

Vers un observatoire de la biodiversité forestière du Massif central

Un groupe de travail s'est mis progressivement en place depuis 2015 autour des forêts anciennes du Massif central, notamment autour de projets de dimension transrégionale soutenus par le FEDER Massif central comme les programmes du CBN Massif central et de l'IPAMAC. Les résultats obtenus en un peu plus d'un an de travail illustrent l'efficacité d'un travaille en synergie au sein d'un collectif multidisciplinaire. Ce collectif est appelé à s'enrichir encore. Dans le prolongement des ateliers animés en juillet 2015 et 2016 lors du festival « Les Arts ForeZtiers », l'apport des arts et sciences humaines[40] est attendu, pour amener à une prise de conscience de la valeur éthique et culturelle des forêts anciennes, non seulement au travers de forêts multifonctionnelles accueillantes pour la biodiversité, mais aussi d'un réseau de forêts en évolution naturelle. Des retombées pour le tourisme sont à attendre, dans un Massif central qui tire son attractivité de son côté « nature ».

Pour une politique forestière, industrielle et énergétique intégrant les enjeux écologiques

Au-delà de l'acquisition d'outils et connaissance, qui est à poursuivre, le déploiement d'actions en faveur de la biodiversité des forêts anciennes est un défi à relever. Les forestiers, publics et privés, sont à intégrer encore davantage, et des ponts sont à créer avec la filière forêt-bois ou les politiques dans le cadre de la transition énergétique. Le développement d'une filière bois vertueuse en termes de substitution aux énergies fossiles et de stockage de carbone doit se faire en ménageant la présence des vieux arbres et du bois mort en forêt, ce qui est non seulement une nécessité pour la biodiversité, mais aussi la fertilité des stations et le stockage du carbone en forêt. Ce stockage efficace, durable et gratuit de carbone en forêt, en surface puis dans le sol (ROSSI *et al.* 2015), n'est que trop rarement pris en compte, d'autant que la majorité du bois prélevé en forêt a une durée de vie de quelque année seulement[41]. Ceci plaide aussi pour une sylviculture orientée vers la production de gros bois de qualité destinés à des produits « nobles » à longue durée de vie (menuiserie, ameublement, construction…). Enfin, la moitié du stock de carbone en forêt se

[39] **http://www.cbnmc.fr/index.php/fr/missions/vegetation/forets-anciennes-du-massif-central/temoignages**
[40] Notamment philosophes, sociologues, historiens…
[41] 9 ans de durée de vie apparente moyenne pour une grume destinée au bois d'œuvre, ce qui prend en compte les 40 ans de durée de vie de la partie destinée à une charpente, mais des durées de vie beaucoup plus courte pour les chutes et parties moins « nobles » de la grume.

trouve dans les sols[42], une réflexion sur une sylviculture respectueuse des sols et maximisant leur rôle de stockage de carbone est à mener.

[42] Sur les 2 211 MtC (millions de tonnes de carbone) stoquée en forêt française, la biomasse (arbres principalement) représente 1 147 MtC et le sol 1 074 tC !

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie générale

Pour la bibliographie relative aux synthèses thématiques et sur les groupes d'espèces, voir les articles correspondants en **Annexe 2**.

ARCHAUX Fr. 2014. - *Dispersion et Persistance de la Biodiversité dans La Trame Forestière*. Distrafor. Irstea.

BASILICO L., BONTEMPS F., SAPIJANSKAS J. & CORDONNIER Th. 2014. - *Synthèse Biodiversité du programme Gestion forestière & Politiques publiques : 1 Lisières, connectivité, colonisation : La biodiversité dans l'espace et le temps forestiers.* GIP ECOFOR, 6 p. Disponible à http://bgf.gip-ecofor.org [cité le 10 mars 2017].

BASILICO L., BONTEMPS F., SAPIJANSKAS J. & CORDONNIER Th. 2014. - *Lisières, Connectivité, Colonisation : la Biodiversité dans l'espace et le Temps forestiers." Synthèse*. Programme Biodiversité Gestion forestière et Politiques publiques.

BASILICO L., BONTEMPS F., SAPIJANSKAS J. & GOSSELIN Fr. 2014. - *Synthèse Biodiversité du programme Gestion forestière & Politiques publiques 2 : Quels indicateurs pour la biodiversité forestière ?* GIP ECOFOR, 6 p. Disponible à http://bgf.gip-ecofor.org [cité le 10 mars 2017].

BASILICO L., BONTEMPS F., SAPIJANSKAS J. & MORIN X. 2014. - *Synthèse Biodiversité du programme Gestion forestière & Politiques publiques 3 : Quels compromis entre biodiversité, production et autres services forestiers ?* GIP ECOFOR, 8 p. Disponible à http://bgf.gip-ecofor.org [cité le 10 mars 2017].

BASTIEN Y. & GAUBERVILLE C. 2011. - *Vocabulaire forestier*. Ed. IDF – AgroParisTech – ONF. 554 p.

BOBIEC A., GUTOWSKI J.M., LAUDENSLAYER W.F., PAWLACZYK P. & ZUB K. 2005. - *The afterlife of a tree*. WWF Poland, Bialystok, Poland, 252 p.

BOUGET C. 2007. - Enjeux du bois mort pour la conservation de la biodiversité et la gestion des forêts ; Biodiversity conservation and forest management: dead wood is at stake [archive], CEMAGREF / EFNO. *Rendez-vous Techniques ONF* **16** : 55-59.

BRUNET J. & ISACSSON G. 2009 Restoration of beech forest for saproxylic beetles - effects of habitat fragmentation and substrate density on species diversity and distribution ». *Biodiversity and Conservation* **18** : 2387-2404.

CATEAU E., LARRIEU L., VALLAURI D., SAVOIE J.-M., TOUROULT J. & BRUSTEL H. 2015. - Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. *Académie des Sciences, Institut de France, Compte-rendu Biologies* **338** : 58-73.

CLAUDE A. 1995. - Les Papillons en forêt. *Revue forestière française* **2** : 170-172.

CLAUDE A. 2001. - Papillons et sylviculture. *Revue forestière française*, **LIII**, numéro spécial 2001 : 171-175.

CORRIOL G. & HANNOIRE C. 2011. Champignons saproxyliques. *In Projet FEDER- Forêts Pyrénéennes Anciennes de Midi-Pyrénées* : 81-93.

DUPOUEY J.L., SCIAMA D., KOERNER W., DAMBRINE E., RAMEAU J.C. 2002. - La végétation des forêts anciennes. *Revue Forestière Française* **54**(6) : 521-532.

DUPOUEY J.L., AMIAUD B., CHAUCHARD S., BERGES L., ABADIE J., ARCHAUX F., AVON C., BEC R., BONNEVIALLE M., BURST M., CORDONNIER T., DECONCHAT M., DECOCQ G., DELCOURTE M., FUHR M., GREL A., HEINTZ W., JANSSEN P., LANDMANN G., LARRIEU L., LEROY N., MONTPIED P., PANAÏOTIS C., RENAUX B., ROCHEL X., THOMAS M., SALVAUDON A., VALLAURI D. & VILLEMEY A. 2016. - Cartographie des forêts anciennes de France - Objectifs, bilan et perspectives. *In* Colloque Géohistoire de l'environnement et des paysages, 12-14/10/2016, Toulouse [présentation orale avec résumé].

DUPOUEY J.-L., SCIAMA D., KOERNER W., DAMBRINE É. & RAMEAU J.-CL. 2002. - La végétation des forêts anciennes. *Revue Forestière Française* **54**(6) : 521–32.

DREAL Auvergne-Rhône-Alpes 2017. - *Schéma Régional de Cohérence Ecologique d'Auvergne-Rhône-Alpes* : Disponible à http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-regional-de-coherence-ecologique-r2296.html [cité le 10 mars 2017].

FLINN K. M. & VELLEND M. 2005. - Recovery of Forest Plant Communities in Post-Agricultural Landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment* **3**(5): 243–250.

GAUBERVILLE C., DUPOUEY J.-L. & DAMBRINE E. 2010. - Agricultures d'hier et forêts d'aujourd'hui. *Forêt-entreprise* **191** : 58-60.

GILG O. 2004 - *Forêts à caractère naturel : caractéristiques, conservation et suivi*. Montpellier : Atelier technique des espaces naturels, 96 p. (Gestion des milieux et des espèces).

GILG O. & SCHWOEHRER C. 1999. - *Évaluation de l'importance du patrimoine naturel forestier (forêts subnaturelles et réserves forestières intégrales) dans le réseau des réserves naturelles*. Réserves Naturelles de France, 35 p.

GOSSELIN M. & PAILLET Y. 2010. - *Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière*. Éditions Quae, 160 p. (Collection guides pratiques).

GRESLIER N. 1993. - *Inventaire des forêts subnaturelles de l'arc alpin français*. Engref/Cemagref, 65 pages + annexes. Disponible à http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_PFB.pdf [cité le 10 mars 2017].

GRESLIER N., RENAUD J.-P. & CHAUVIN CH. 1995. - Les forêts subnaturelles de l'arc alpin français. Réflexion méthodologique pour un recensement et une typologie des principales forêts alpines peu transformées par l'homme. *Revue Forestière Française* **3** : 241-254.

GRAAE B.-J., HANSEN T. & SUNDE. P.-B. 2004. - The Importance of Recruitment Limitation *in* Forest Plant Species Colonization: A Seed Sowing Experiment. *Flora - Morphology, Distribution*, *Functional Ecology of Plants* **199**(3): 263-270. DOI :10.1078/0367-2530-00154.

IGN 2011. - *Indicateurs de gestion durable des forêts françaises métropolitaines*, édition 2010. IGN / MAAPRAT. Chevillon Imprimeur – Sens. Disponible à http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique80 [cité le 10 mars 2017].

IPAMAC 2011. - *Trame écologique du Massif central : identification d'une trame écologique du Massif central avec extension vers les Pyrénées - rapport de synthèse*. Association des Parcs naturels du Massif central, 55 p.

JANSSEN Ph. 2016. - *Influences relatives de l'ancienneté et de la maturité sur la biodiversité : implications pour la conservation en forêts de montagne*. Thèse, Université Grenoble Alpes / IRSTEA, 310 p. + annexes.

JANSSEN P., FUHR M., CATEAU E., NUSILLARD B. & BOUGET C. 2017. - Forest continuity acts congruently with stand maturity in structuring the functional composition of saproxylic beetles. *Biological Conservation* **205** : 1-10.

JANSSEN P., CATEAU E., FUHR M., NUSILLARD B., BRUSTEL H. & BOUGET C. 2016. - Are biodiversity patterns of saproxylic beetles shaped by habitat limitation or dispersal limitation? A case study in unfragmented montane forests. *Biodiversity and Conservation* **25**(6) :1167-1185.

KOPECKÝ K. 1984. - Der Apophytisierungsprozess und die Apophytengesellschaften der Galio-Urticetea mit einigen Beispilen aus der südwestlichen Umgebung von Praha. *Folia geobotanica et phytotaxonomica* 19(1) : 113-138.

KRAUS D., KRUMM F. (dir.) 2013. - *Les approches intégratives en tant qu'opportunités de conservation de la biodiversité forestière*. Institut européen des forêts, 308 p.

LARRIEU L. & CABANETTES A. 2012. - Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech–fir forests. Canadian Journal of Forest Research **42**(8): 1433-1445.

LARRIEU L., CABANETTES A. & DELARUE A. 2012. - Impact of sylviculture on dead wood and on the distribution and frequency of tree microhabitats in Montane Beech-Fir forests of the Pyrenees. European journal of Forest Research **131**(3) : 773-786.

LATHUILLIERE L. & GIRONDE-DUCHER M. 2014a. - *Sémantique autour des forêts anciennes – Bibliographie*. Réseau Habitats-Flore – Office National des Forêts, 35 p.

LATHUILLIERE L. & GIRONDE-DUCHER M. 2014b. - *Méthodologie d'identification des forêts anciennes en Auvergne. Apports respectifs des différentes cartographies historiques et des archives forestières. Focus sur la forêt sectionale de Hérissoux - Commune de Besse-et-Saint-Anastaise (63) – Puy-de-Dôme*. Réseau Habitats-Flore - Office National des Forêts, 45 p. + annexes.

LATHUILLIERE L. & GIRONDE-DUCHER M. 2014c. - *Questionnaire à propos des forêts anciennes - Synthèse générale*. Réseau Habitats-Flore – Office National des Forêts, 34 p.

LENOIR J., GEGOUT J.-C., MARQUET P.-A., RUFFRAY B. de & BRISSE H. 2008. - A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science* **320**(5884) : 1768-1771.

LORBER D. & VALLAURI D. 2007. - *Contribution à l'analyse des forêts anciennes de l'écorégion méditerranée. - 1. Critères et indicateurs du gradient de naturalité*. Rapport WWF, Marseille, 95 p.

MORTIER F. 1990. - *Sylvigenèse et structure spatiales en forêts tempérées : synthèse bibliographique et étude de cas, forêt primaire de plaine, forêt secondaire non exploitée de montagne*. Mémoire de DEA, ENGREF, 190 p.

MÜLLER M., LACHAT T. & BÜTLER T. 2012. - Wie gross sollen altholzinseln sein?. *Schweizerisches Zeitschrift für Forstwesen* **163** : 49-56.

NAAF T. & KOLK J. 2015. - Colonization Credit of Post-Agricultural Forest Patches in NE Germany Remains 130–230 years after Reforestation. *Biological Conservation* **182** (February): 155–63. doi:10.1016/j.biocon.2014.12.002.

NORDEN B., DAHLBERG A., BRANDRUD T. E., FRITZ Ö., EJRNAES R. & OVASKAINEN O. 2014. - Effects of Ecological Continuity on Species Richness and Composition in Forests and Woodlands: A Review. *Ecoscience* **21**(1): 34–45. DOI:10.2980/21-1-3667.

PAILLET Y., BERGES L., HJÄLTEN J, ODOR P, AVON C, BERNHARDT-RÖMERMANN M, BIJLSMA RJ, DE BRUYN L, FUHR M, GRANDIN U, KANKA R, LUNDIN L, LUQUE S, MAGURA T, MATESANZ S, MESZAROS I, SEBASTIA MT, SCHMIDT W, STANDOVAR T, TOTHMERESZ B, UOTILA A, VALLADARES F, VELLAK K & VIRTANEN R. 2010. - Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology* **24**(1) : 101-112.

PAILLET Y., PERNOT C., BOULANGER V., DEBAIVE N., FUHR M., GILG O. & GOSSELIN F. 2015. - Quantifying the recovery of old-growth attributes in forest reserves: A first reference for France. *Forest Ecology and Management* **346** : 51-64.

PERNOT C., PAILLET Y., BOULANGER V., DEBAIVE N., FUHR M., GILG O., GOSSELIN F. 2013. - Impact de l'arrêt d'exploitation forestière sur la structure dendrométrique des hêtraies mélangées en France. *Revue Forestière Française* **5** : 445-461. Doi : 10.4267/2042/53707.

QUEZEL P. & MEDAIL F. 2003. - *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Collection Environnement, Paris, 573 p.

ROSSI M., ANDRE J. & VALLAURI D. 2015. - *Le carbone forestier en mouvements. Éléments de réflexion pour une politique maximisant les atouts du bois*. Lyon, Rapport REFORA, 40 p.

ROSSI J.-P., GARCIA J., ROQUES A. & ROUSSELET J. 2016. - Trees Outside Forests in Agricultural Landscapes: Spatial Distribution and Impact on Habitat Connectivity for Forest Organisms. *Landscape Ecology* **31**(2): 243–54. DOI:10.1007/s10980-015-0239-8.

SAVOIE J.M. (coordinateur), BARTOLI M., BRIN A., BRUSTEL H., CELLE J., CORRIOL G., COSTE C., HANNOIRE C., HARREL M., LARRIEU L., SARTHOU V. & VALLADARES L. 2011. - *Forêts pyrénéennes anciennes de Midi-Pyrénées*. Rapport d'Étude de projet FEDER 2008-2011. Ecole d'Ingénieurs de PURPAN/DREAL Midi-Pyrénées, 320 p.

SAVOIE J.M. (coordinateur), BARTOLI M., BLANC F., BRIN A., BRUSTEL H., CATEAU E., CORRIOL G., DEJEAN S., GOUIX N., HANNOIRE C., INFANTE SANCHEZ M., LARRIEU L., MARCILLAUD Y., VALLADARES L. & VICTOIRE C. 2015. - *Vieilles forêts pyrénéennes de Midi-Pyrénées. Deuxième phase. Evaluation et cartographie des sites. Recommandations*. Rapport final. Ecole d'Ingénieurs de PURPAN/DREAL Midi-Pyrénées, 125 p.

SCHNITZLER-LENOBLE A. 2002. - *Écologie des forêts naturelles d'Europe. Biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires*. Editions Tec & Doc, Londres, Paris, New York, 271 p.

STOKLAND J., TOMTER S. & SÖDERBERG U. 2004. - Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring: experiences from Scandinavia in Marchetti, M. (Ed). *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operationality*, EFI workshop, November 12th-15th 2003, Firenze, Italy, vol. **51** : 207-226.

VALLAURI D., ANDRE J. & BLONDEL J. 2002. - *Le bois mort, un attribut vital de la biodiversité de la forêt naturelle, une lacune des forêts gérées*. Rapport scientifique. WWF, 34 p.

VALLAURI D. & PONCET L. 2002. - *La protection des forêts en France. Indicateurs 2002*. Rapport WWF-France, Paris, 100 p. + annexes

VALLAURI D. 2007. - *Biodiversité, naturalité, humanité. Application à l'évaluation des forêts et de la qualité de la gestion*. WWF, Marseille, 86 p.

VALLAURI D., ANDRE J., DODELIN B., EYNARD-MACHET R. & RAMBAUD D. 2005. - *Bois mort et à cavité : une clé pour les forêts vivantes*. Tech & Doc Lavoisier, Paris, 405 p.

VALLAURI D., ANDRE J., GENOT J-C, DE PALMA J-P, EYNARD-MACHET R., 2010. - *Biodiversité, naturalité, humanité, Pour inspirer la gestion des forêts*. Éditions Lavoisier, 474 p.

VALLAURI D., GREL A., GRANIER E. & DUPOUEY J.-L. 2012. - *Les forêts de Cassini. Analyse quantitative et comparaison avec les forets actuelles*. Rapport WWF/INRA, Marseille, 64 p. + CD.

VALLAURI D. & NEYROUMADE E. 2009. - Les forêts françaises : une biodiversité à la fois riche et menacée. *Responsabilité & environnement* **53** : 75-82.

VELLEND M. 2004. - Parallel Effects of Land-Use History on Species Diversity and Genetic Diversity of Forest Herbs. *Ecology* **85**(11): 3043-3055. DOI : 10.1890/04-0435.

VERHEYEN K., HONNAY O., MOTZKIN G., HERMY M. & FOSTER D. R. 2003. - Response of Forest Plant Species to Land-Use Change: A Life-History Trait-Based Approach. *Journal of Ecology* **91**(4): 563–577.

Bibliographie relative aux études réalisées dans le Massif central sur les forêts anciennes, matures et à haute valeur de conservation.

Voir aussi les résultats de l'enquête réalisée sur les projets relatifs aux forêts anciennes, matures et à haute valeur de conservation dans le Massif central sur la page internet dédiée : http://www.cbnmc.fr/index.php/fr/missions/vegetation/forets-anciennes-du-massif-central/recensement-des-projets-menes-dans-le-massif-central et en **Annexe 1**.

ANSONNAUD J.-P., BUSSIÈRE J. & VALLADARES L. 2013. - Les forêts remarquables du Parc naturel régional des Grands Causses : une histoire de nature et d'hommes. *Patrimòni* **46** (sept.-oct. 2013) et **47** (nov.-déc. 2013).

BACCONNIER A. & DOLIDIER M. 2012. - *Évaluation de la biodiversité et de la naturalité du bois de Païolive*. Rapport BTS-GPN/WWF/Association Païolive, 47 p.

BACONNET M. & SULMONT E. à paraître. – La gestion des forêts anciennes du Parc national des Cévennes *In Actes des troisièmes rencontres végétales du Massif central, 27-30 mai 2015, Saint-Étienne*. Conservatoire Botanique National du Massif central, Chavaniac-Lafayette.

BACONNET M. 2014. – *Caractérisation des enjeux de naturalité des forêts anciennes en forêt domaniale de l'Aigoual gardois*. Mémoire de fin d'études, AgroParisTech, Nancy, France, 93 p.

BARATAUD M. & GIOSA S. 2012. - *Biodiversité des chiroptères et gestions forestières en Limousin*. Rapport d'étude Groupe Mammologique et Herpétologique du Limousin, 2012 : 32.

BARDET O. 2014 – *Diagnostic de la biodiversité associée aux vieux bois, arbres de gros diamètre et bois mort dans forêts du Morvan, Volet Bryophytes*. Conservatoire botanique nationale du Bassin Parisien, délégation Bourgogne. 24 p. +annexes

BARNOUIN T., SOLDATI F. & NOBLECOURT T. 2012/2013. - *Échantillonnage des coléoptères saproxyliques sur les secteurs à enjeux en forêt domaniale des Chambons (07)*. ONF/Réseau entomologie, 33/44 p.

BARNOUIN T., SOLDATI F., NOBLECOURT T. 2012/2013. - Échantillonnage des coléoptères saproxyliques sur les secteurs à enjeux en forêt domaniale des Chambons (07). ONF/Réseau entomologie, 33/44 p.

BAUVET C. 2009. - *Premier inventaire des lichens de la forêt domaniale des Chambons (communes de Borne et de Saint-Étienne-de-Lugdarès) (projet de réserve biologique du Grand Tanargue)*. Rapport PNR Monts d'Ardèche/FRAPNA 07/0NF, 62 p.

BAUVET C. 2009. - *Premier inventaire des lichens de la forêt domaniale des Chambons (communes de Borne et de Saint-Étienne-de-Lugdarès) (projet de réserve biologique du Grand Tanargue)*. Rapport PNR Monts d'Ardèche/FRAPNA 07/0NF, 62 p.

BAUVET C. 2009. – *Premier inventaire des lichens forestiers de la forêt domaniale des Chambons (projet de réserve biologique du grand Tanargue – Borne 07)*. Rapport FRAPNA Ardèche, 66 p.

BAUVET C. 2011. - *Complément d'inventaire des lichens corticoles de Païolive*. Rapport Association Païolive/FRAPNA 07/WWF, 82 p.

BAUVET C. 2011. – *Complément d'inventaire des lichens corticoles de Païolive*. Rapport FRAPNA Ardèche, 86 p.

BAUVET C. 2011. - *Inventaire complémentaire des lichens de la forêt domaniale des Chambons (communes de Borne et de Saint-Étienne-de-Lugdarès) (projet de réserve biologique du Grand Tanargue)*. Rapport PNR Monts d'Ardèche/FRAPNA 07/0NF, 72 p

BAUVET C. 2011. - *Inventaire des lichens de la forêt domaniale des Chambons (communes de Borne et de Saint-Étienne-de-Lugdarès) (projet de réserve biologique du Grand Tanargue)*. Rapport PNR Monts d'Ardèche/FRAPNA 07/0NF, 72 p.

BAUVET C. 2012. – *Inventaire des lichens de la Réserve Naturelle Nationale de la vallée de Chaudefour*. Rapport FRAPNA Ardèche, 86 p.

BAUVET C. 2014. – *Réserve Naturelle Régionale des Grads de Naves. Suivi des placettes lichens (action SE3)*. Rapport Région Rhône-Alpes/FRAPNA 07, 38 p.

BAUVET C. 2015. - *Inventaire des lichens dans la Réserve Naturelle Régionale des Gorges de la Loire (communes de Saint-Étienne & Unieux, Loire)*. FRAPNA Ardèche, 75 p.

BELLENFANT S. 2014 - *Diagnostic de la biodiversité associée aux vieux bois, arbres de gros diamètre et bois mort des forêts du Morvan : volet Lichens*. Société d'histoire naturelle d'Autun, 14 p.

BERTRAND E. 1996. - Les sites antiques. *La Lettre du Pays de Tronçais* 1-48.

BOISSIER J-M. & GIVORS A. 2007. - *Étude écologique et typologie des stations forestières du site N.2000 "Landes et forêts du bois des Barthes" dans la vallée de la Gagnière (sud Ardèche)*. Rapport PNR Monts d'Ardèche, XX p.

BOUYON Ch. 1994. - Coléoptères saproxylophages dans le haut bassin de l'Allier. Compte rendu des recherches effectuées en 1993 et 1994. *Nature Haute-Loire*, 22 p + cartes.

BRICAUD O., BAUVET C. 2006. - *Aperçu de la végétation lichénique du bois de Païolive (Ardèche).*Rapport Association Païolive/FRAPNA 07/WWF, 48 p.

BUFFAULT P. 1924. - Quelques forêts anciennes du Cantal. *Revue de la Haute-Auvergne* **XXII**(45) : 210-241.

CALMONT B. & BACHELARD P. 2001. - *Recherche des espèces de Coléoptères et Lépidoptères de la directive « Habitat-Faunes-Flores) sur le site Natura 2000 de la plaine des Varennes (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc naturel régional Livradois-Forez.

CALMONT B. 2002. - *Étude entomologique et herpétologique des habitats d'éboulis thermophiles et des forêts de ravin sèches associées sur le site de la forêt de la Comté (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Office National des Forêts, 35 p.

CALMONT B. 2002. - *Recherche des espèces de Coléoptères à valeur patrimoniale sur la partie forestière du Gros Turluron (Billom, 63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc naturel régional Livradois-Forez, 9 p.

CALMONT B. 2003. - *Étude du peuplement des Coléoptères de la Pessière de la Fontaine salée, Chastreix (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny, 19 p.

CALMONT B. 2004. - *Étude entomologique des Coléoptères saproxyliques de la vallée du Fossat, Pré Daval sur la commune de Job (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc naturel régional Livradois-Forez, Conseil général du Puy-de-Dôme, 39 p.

CALMONT B. 2005. - *Étude des coléoptères saproxyliques de la forêt alluviale du site du Moulin (Dallet, 63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, 34 p.

CALMONT B. 2005. - *Étude des coléoptères saproxyliques de la forêt alluviale du château de Chadieu (Authezat, 63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, 33 p.

CALMONT B. 2005. - *Étude des coléoptères saproxyliques et Carabidae de la Réserve Naturelle des Sagnes de La Godivelle*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc naturel régional des volcans d'Auvergne et Réserve Naturelles de France.

CALMONT B. 2005. - *Étude des coléoptères saproxyliques et Carabidae du site ENS de la Tourbière de Sagnes Bourrue (Jeansagnière, 42)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conseil général de la Loire.

CALMONT B. 2005. - *Étude entomologique des Coléoptères inscrits sur la directive Habitats-Faune-Flore sur les sites Natura 2000, des coteaux de Clermont-Ferrand et de Riom (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne.

CALMONT B. 2005. - *Étude entomologique des Coléoptères saproxyliques de la vallée du Fossat, Pré Daval, sur la commune de Job (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc naturel régional Livradois-Forez, Conseil général du Puy-de-Dôme.

CALMONT B. 2006. - *Étude entomologique des Coléoptères saproxyliques patrimoniaux des Gorges de la Sioule*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Office National des Forêt.

CALMONT B. 2006. - *Inventaire des Coléoptères saproxyliques d'intérêt communautaire sur le site Natura 2000 « Gorges de l'Allier et affluents » FR8301075*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Syndicat Mixte d'Aménagement du Haut-Allier, 52 p.

CALMONT B. 2006. - *Inventaire des coléoptères saproxyliques de la réserve naturelle nationale du Rocher de la Jaquette (Mazoires 63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Société pour l'Etude et la Protection de la Nature dans le Massif central. 56 p.

CALMONT B. 2007a. - Étude des coléoptères saproxyliques des bois de la Comté. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conseil général des Puy-de-Dôme, 132 p.

CALMONT B. 2007b. - *Étude entomologique des Coléoptères saproxyliques, sur la Réserve Naturelle des Gorges de l'Ardèche*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Société de Gestion des Gorges de l'Ardèche ; Conseil général de l'Ardèche, 156 p.

CALMONT B., 2007c. - *Étude des Coléoptères saproxyliques de la forêt alluviale de Chadieu (Authezat, 63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, 91 p.

CALMONT B. 2008. - *Étude des coléoptères de la Directive Habitats Faune Flore sur le site des Gorges de la Rhue*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Direction régionale de l'environnement Auvergne.

CALMONT B. 2008. - *Étude des coléoptères saproxyliques des bois de la Comté*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Projet IBISCA, RADEAU DES CIMES.

CALMONT B. 2008. - *Étude entomologique des Coléoptères saproxyliques, sur la Réserve Naturelle des Gorges de l'Ardèche*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Société de Gestion des Gorges de l'Ardèche et Conseil Général de l'Ardèche (Troisième et dernière année).

CALMONT B. 2009. - *Étude des coléoptères bioindicateurs et patrimoniaux sur le site d'implantation du train à crémaillère sur le puy de Dôme (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ S.N.C Lavalin (deuxième année).

CALMONT B. 2009. - *Étude des coléoptères du sommet du Puy-de-Dôme, sur le site d'implantation du train à crémaillère sur le puy de Dôme (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ S.N.C Lavalin (première année).

CALMONT B. 2009. - *Étude des Coléoptères Saproxyliques de la hêtraie de Saint-Julien du Gua (07)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny / Conseil général de l'Ardèche, 144 p.

CALMONT B. 2009. - *Étude des coléoptères saproxyliques du bois de Païolive*. Rapport Conseil général de l'Ardèche, 139 p.

CALMONT B. 2009. - *Étude des coléoptères saproxyliques du bois de Païolive (07)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny / Conseil général de l'Ardèche, 140 p.

CALMONT B. 2009. - *Étude du* Carabus arvensis *et autres* Carabidae *ainsi que de* l'Osmoderma eremita *et des coléoptères saproxiliques associés sur le site du crêt Pet du Loup (69).* Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny - Aubière.

CALMONT B. 2009. - *Recherche des coléoptères patrimoniaux et notamment de la Rosalia alpina sur le site Natura 2000 du Pont de Desge (43)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Syndicat Mixte d'Aménagement du Haut-Allier.

CALMONT B. 2010. - *Diagnostic et Plan Biodiversité Livradois Forez (Volet Coléoptères)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc Naturel Régional Livradois-Forez.

CALMONT B. 2010. - *Étude des populations d'invertébrés sur le site Natura 2000 « Sommets du Nord Margeride FR8301070. Les Coléoptères*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Syndicat Mixte d'Aménagement du Haut-Allier.

CALMONT B. 2010. - *Lépidoptères et coléoptères inscrits à l'annexe II de la directive européenne « Habitats-Faune-Flore » sur le site Natura 2000 de la Plaine des Varennes (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc Naturel Régional Livradois-Forez.

CALMONT B. 2011. - *Étude des « Coléoptères saproxyliques » bioindicateurs de qualité des forêts françaises dans les châtaigneraies ardéchoises.* Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ PNR Monts d'Ardèche, 121 p.

CALMONT B. 2011. - *Étude des « Coléoptères saproxyliques » des réserves naturelles nationales de Chastreix-Sancy*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Réserves Naturelles de France et Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne.

CALMONT B. 2011. - *Étude des « Coléoptères saproxyliques » des réserves naturelles nationales de Chaudefour*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Réserves Naturelles de France et Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne.

CALMONT B. 2011. - *Étude des coléoptères saproxyliques sur le site ENS bois de Païolive et gorges du Chassezac Site Natura 2000 bois de Païolive et moyenne vallée du Chassezac (07)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conseil Général de l'Ardèche (deuxième année).

CALMONT B. 2011. - Présence de *l'Histeridae Merohister ariasi* (Marseul, 1864) dans le département de l'Ardèche (*Coleoptera Histeridae*). *Rutilans* **XIV**(1) : 16-18.

CALMONT B. 2012. - *Étude des "Coléoptères saproxyliques du Fossat, commune de Job (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conseil général du Puy-de-Dôme, CEN Auvergne, PNRLF. 123 p.

CALMONT B. 2013. - *Étude des coléoptères saproxyliques sur l'E.N.S. de la châtaigneraie de Beaumont (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Clermont-Communauté.

CALMONT B. 2013. - *Étude des coléoptères saproxyliques sur le Grand Site de France du puy de Dôme(63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conseil départemental du Puy de Dôme.

CALMONT B. 2013. - *Étude des coléoptères saproxyliques sur les Sites Natura 2000 Gorges de la Rhue (15), Gorges de la Dordogne et du Marilhou (15), Gorges de l'Allier et affluents (43)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ DREAL Auvergne.

CALMONT B. 2013. - *Inventaire des coléoptères saproxyliques des gorges du Chavanon (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conservatoire des Espaces Naturels d'Auvergne.

CALMONT B. 2013. - *Synthèse sur les coléoptères de la Directive-Habitats Faune Flore présents sur le site de la Haute-vallée de la Dordogne (63 et 15)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ DREAL Auvergne.

CALMONT B. 2014. - *Étude des coléoptères saproxyliques sur l'E.N.S. de la châtaigneraie de Beaumont(63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Clermont-Communauté.

CALMONT B. 2014. - *Études Environnementales et réalisation d'investigations sur les insectes patrimoniaux (Lépidoptères, Coléoptères) dans le cadre des effets des travaux projetés sur le site du barrage des Essarts, sur les communes de Saint-Amandin et de Condat (15)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Société Hydro-Electrique du Midi (GDF SUEZ).

CALMONT B. 2014. - *Inventaire des coléoptères saproxyliques sur l'E.N.S. du Bec de Dore (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Conseil général du Puy-de-Dôme.

CALMONT B. 2014. - Inventaire des coléoptères sur le site Crussol-Soyons (07). Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Communauté de communes Rhône Crussol.

CALMONT B. 2014. - *Recherche et cartographie de l'Osmoderma eremita sur le site de la carrière de Blot-l'église (63)*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ LPO Auvergne.

CALMONT B., BACHELARD P. & BOITIER E. 2002. - *Prospections entomologiques et chiroptérologiques au lieu-dit « le Chalard » (communes d'Olliergues, Marat et Saint-Gervais-sur-Meymont). Recherches d'espèces à valeur patrimoniale*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Soberco Environnement, 23 p.

CALMONT B., BACHELARD P. & BOITIER E. 2003. - *État des connaissances entomologiques sur le territoire du projet de Réserve naturelle du Sancy (Puy-de-Dôme). Lépidoptères, Orthoptères et Coléoptères*. Société Histoire Naturelle Alcide-d'Orbigny \ Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, 33 p.

CARTIER A. & JOUVE L. 2014. – *Diagnostic de la biodiversité associée aux vieux bois, arbres de gros diamètre et bois mort des forêts du Morvan, Étude des Chiroptères forestiers*. Société d'Histoire Naturelle d'Auvergne, 38 p. + annexes.

CELLE J. 2010. - *Premier inventaire des bryophytes en forêt domaniale des Chambons*. Conservatoire botanique national du Massif central, Parc Naturel Régional des Monts d'Ardèche, 22 p.

CELLE, J., HUGONNOT, V. & RENAUX, B. 2014. - Intérêt des bryophytes des micro-habitats pour le diagnostic fonctionnel des phytocénoses forestières : l'exemple de la Forêt domaniale des Chambons (Ardèche, France). *Revue d'écologie* **69**(2) : 85-100.

CEN Limousin 2013. - *Le CEN Limousin et la préservation de la biodiversité dans les gorges de la Dordogne et ses affluents (19), Diagnostic écologique de propriétés forestières & nouvelles stratégies foncières*. Conservatoire d'espaces naturels du Limousin, 165 p.

CHABROL L. & MAURIN D. 2016 - *Réalisation de cartographies des végétations - Massifs forestiers anciens, potentiellement anciens ou forêts de gorges – Notice descriptive des habitats forestiers*. Office National des Forêts \ Conservatoire Botanique National du Massif central, Parc naturel régional de Millevaches en Limousin, 27 p.

CHABROL L. 2016. - *Réalisation de cartographies des végétations - Massifs forestiers anciens, potentiellement anciens ou forêts de gorges. Site d'intérêt écologique majeur (SIEM) de bois Peyre (Saint-Georges-Nigremont, 23)*. Conservatoire Botanique National du Massif central, Parc naturel régional de Millevaches en Limousin, 4 p.

CHAMBORT R. & CHABROL L. 2013. - *Première Liste Rouge des Coléoptère saproxyliques et phytophages du Limousin*. Société Entomologique du Limousin. 25 p.

DAMBRINE E., DUPOUEY J.-L., LAÜT L., HUMBERT L., THINON M., BEAUFILS T. & RICHARD H. 2007. - Present forest biodiversity patterns in France related to former Roman agriculture. *Ecology* **88** : 1430-1439.

DESROZIERS C. 2012. - *État initial du degré de naturalité des forets de la réserve naturelle régionale des Gorges de la Loire (42)*. Mémoire. Université de Lorraine/FRAPNA Loire, 23 p. + annexes.

DETROIT C. 2014. - *Diagnostic de la biodiversité associée aux vieux bois, arbres de gros diamètre et bois mort des forêts du Morvan, Volet oiseaux*. Société d'Histoire Naturelle d'Auvergne, 45 p.

DEVROYE P. 2012. - *Premier état des lieux des pratiques forestières et de la physionomie des forêts de la RNN Chastreix-Sancy*. 86 p.

DEVROYE P. 2014. - *Diagnostics IBP des forêts de la RNN Chastreix-Sancy*. 83 p.

DEVROYE P. 2014. - *Une trame d'arbres pour la biodiversité dans la RNN Chastreix-Sancy*. 45 p.

DODELIN B. 2014. - Inventaires des coléoptères saproxyliques dans trois forêts du Morvan. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon* **83**(9-10) : 219-234.

DODELIN B. 2015. - *Inventaire des coléoptères dans la Réserve Naturelle Régionale des Gorges de la Loire (communes de Saint-Étienne & Unieux, Loire)*. 45 p.

FAUCON 1994. - Les hêtraies du haut bassin de l'Allier. Recensement, typologie et cartographie. *Nature Haute-Loire*, 54 p + annexes et cartes.

FRAPNA Rhône & CRPF Rhône-Alpes 2014. - *Étude de vieilles forêts dans le Haut Beaujolais : rapport de synthèse*. DDT du Rhône, 59 p.

FRAPNA Rhône 2009. - *Prospection des milieux humides et des amphibiens en forêts départementales (69)*. Conseil Général du Rhône, 29 p.

GIRONDE-DUCHER M. 2014. - *Étude écologique et historique des Massifs forestiers anciens des forêts publiques d'Auvergne*. Rapport de stage de Master 2. ONF agence Montagnes d'Auvergne / Université Joseph Fourier, 88 p.

HOLTHOF J-F. (coord.) 2008. - *Cahiers de Païolive*, 1ère édition, Aubenas, 254 p.

HUGONNOT V. 2009. - Mousses et hépatiques de Païolive (Ardèche et Gard, France). *Bulletin de la Société Botanique du Centre-ouest* n° spécial **34**, 293 p.

IPAMAC 2016. - *Les forêts anciennes des parcs naturels du Massif central : étude cartographique et approche historique*.

KRISTO O. 2011. - *Inventaire des Vieilles forêts de l'Isère. Mise en place d'un protocole d'étude et application sur une zone test*. Rapport de projet de fin d'études. ENSAT / FRAPNA. 56 p.

KRISTO O. 2012. - *Forêts à haute valeur écologique : états et statuts actuels en Rhône-Alpes. Synthèse*. REFoRA.

LADET A. & BAUVET C. 2011. - *Inventaire des vieilles forêts de montagne dans le département de l'Ardèche, mise au point de la méthodologie et inventaire préliminaire*. FRAPNA Ardèche, 52 p.

LATHUILLIERE L. 2012. - Petite histoire botanique de quelques essences forestières de l'Auvergne au travers des flores et atlas de 1800 à 2010. *In Actes des Premières Rencontres Végétales du Massif central – Le Puy-en-Velay*, 2010, 105-111.

LATHUILLIERE L. 2013a. - Les Eaux et Forêts au fil de la Sioule ou petite histoire forestière du Puy-de-Dôme. *Les Dossiers Forestiers de l'Office National des Forêts* **24** : 173-199.

LATHUILLIERE L. 2013b. - La transition et la reconquête forestières au XIXème siècle sur la commune de Besse (Puy-de-Dôme), ou comment les forestiers ont fait une place à la forêt dans l'univers pastoral des hautes montagnes d'Auvergne. Histoire et traditions forestières – 2ème colloque – *Les Dossiers Forestiers de l'Office National des Forêts* **26** : 13-42.

LATHUILLIÈRE L., LE COQUEN M. & RENAUX B. 2015. - Le Pin sylvestre en Auvergne : Approche phytoécologique et historique. In Actes des Secondes Rencontres Végétales du Massif central - Limoges, 2012, 123–134.

LATHUILLIERE L., LE-COQUEN M. & RENAUX B. 2015. - Le Pin sylvestre en Auvergne : approche phytoécologique et historique. In Actes des Secondes Rencontres Végétales du Massif central - Limoges, 2012, 123-134.

LAÜT L. 2001. - *L'occupation du sol dans l'Antiquité en forêt de Tronçais. Prospection-Inventaire - Prospection thématique annuelle – Sondages*. DFS, SRA Auvergne, 120 p.

LAÜT L. 2004. - Le paysage antique de la forêt de Tronçais, bilan des travaux d'E. Bertrand et des recherches récentes. *Bulletin de la Société des Amis de la Forêt de Tronçais* **49** : 49-88.

LAÜT L. 2007. - La mémoire des forêts. *In* Actes du colloque « forêt, archéologie et environnement » du 14-16 décembre 2004, (Nancy : Office national des forêts : Institut national de la recherche agronomique ; Direction régionale des affaires culturelles de Lorraine), 99-107.

LAÜT L. 2011. - *Le site des Petits Jardins à Isle-et-Bardais (03), du sanctuaire antique à l'atelier de tuilier du haut moyen âge. Auvergne. Circonscription des antiquités préhistoriques et historiques*. Clermont-Ferrand : Circonscription des antiquités d'Auvergne, Archéologie en Auvergne (Collection). <halshs-00744300>

LAÜT L., DUPOUEY J.L., DAMBRINE E. & HUMBERT L. 2015. - La forêt domaniale de Tronçais, approches archéologiques et environnementales de l'occupation antique In : Actes du VIIème colloque AGER de Rennes : Silva et Saltus en Gaule romaine : dynamique et gestion des forêts et des zones rurales marginales (friches, landes, marais…), 27-28 octobre 2004.

LEBVRE V. 2010. – *Les forêts anciennes du Parc national des Cévennes. Contribution à l'élaboration d'une stratégie de gestion et de préservation*. Mémoire de fin d'études. AgroParisTech-ENGREF, Nancy, France, 139 p.

LEMPERIERE G., PERNON F., SLOBODKIN R., DESCHANEL M., 1996. - Inventaires entomologiques en altitude. Le cas des réserves biologiques domaniales du Mont Mézenc et du col de La Chavade. In : Actes du séminaire (Limoges, 1995), collection Patrimoines Naturels (25) : 23-30.

LEROY Th. *et al.* 2015. *Plan de gestion 2014-2018 de la RNN Chastreix-Sancy*. PNR Volcans d'Auvergne, 158 p. + annexes.

LEVY G. 2012. - *Recherche et cartographie des forêts anciennes en chaîne des Puys*. Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, 28 p.

LPO 2010. - Mission rapaces. *Bulletin de liaison du réseau Aigle botté* **2/3**, 12 p.

MALZIEU L. 2015. - *Établissement d'une liste d'espèces végétales indicatrices des forêts anciennes du Massif Central*. Rapport de stage de Master 2. Conservatoire Botanique National Massif Central / Université Joseph Fourier - Grenoble 1. 56 p., 8 annexes.

MAURIN D. & CHABROL L. 2016 - *Réalisation de cartographies des végétations - Massifs forestiers anciens, potentiellement anciens ou forêts de gorges – Notice descriptive de gestion*. Office National des Forêts \ Conservatoire Botanique National du Massif central, Parc naturel régional de Millevaches en Limousin, 20 p.

MAURIN D. 2016 - *Réalisation de cartographies des végétations - Massifs forestiers anciens, potentiellement anciens ou forêts de gorges. Site d'intérêt écologique majeur (SIEM) de Grand Bois (Poussanges, St-Frion et Croze, 23)*. Office National des Forêts, Parc naturel régional de Millevaches en Limousin, 4 p.

MAURIN D. 2016 - *Réalisation de cartographies des végétations - Massifs forestiers anciens, potentiellement anciens ou forêts de gorges. Site d'intérêt écologique majeur (SIEM) de la Molestie (Bonnefond et Pradines, 19)*. Office National des Forêts, Parc naturel régional de Millevaches en Limousin, 4 p.

MAURIN D. 2016 - *Réalisation de cartographies des végétations - Massifs forestiers anciens, potentiellement anciens ou forêts de gorges. Site d'intérêt écologique majeur (SIEM) des Tempêtiers (Tarnac et Toy-Viam, 19)*. Office National des Forêts, Parc naturel régional de Millevaches en Limousin, 4 p.

MERLOT C. 2015. - *Étude de faisabilité d'un partenariat institutionnel en faveur de la biodiversite des forets en auvergne*. Rapport de Master. E.P.G.M. Montagne, Université de Savoie Chambéry Annecy, DREAL Auvergne.

MICHAU D. 2000. - *Inventaire ornithologique. Forêt domaniale de La Chavade*. ONF.

MORITEL G. & BOEGLIN Y. 2010. - *Vieilles forêts de montagne. Test d'un indice d'évaluation de la biodiversité forestière*. FRAPNA Loire, 9 p.

NICOT F.-X. 2006. - *Réserve biologique intégrale du Mont-Aigu. Dossier de création et premier plan de gestion*. Premier projet, rapport ONF/PNRMA, 56 p + annexes.

NICOT F.-X. 2007. - *Réserve biologique dirigée du Grand Tanargue. Dossier de création et premier plan de gestion. Premier projet*. ONF/PNRMA, 97 p.

ONF 2012. - *Réserve biologique intégrale des sources de l'Ardèche. Forêt domaniale de La Chavade (Ardèche). Rapport de présentation en vue de la création de la réserve et Premier plan de gestion. Période d'application : 2012 – 2019*. Office national des forêts, version finale, 119 p.

ONF 2015. - *Réserve biologique du Grand Tanargue. Forêt domaniale des Chambons et du Tanargue*. Rapport de présentation en vue de la création de la réserve. Premier plan de gestion. Période d'application : 2015 - 2025, version CNPN, 174 p.

PARADIS-GRENOUILLET S., ALLEE P., SERVERA VIVES G. & PLOQUIN A. 2014. - Sustainable management of metallurgical forest on Mont Lozère (France) during the Early Middle Ages. *Environmental Archaeology*

PENTERIANI V.1994. - L'Aigle botté (*Hieraaetus pennatus*) dans le haut-Allier. *Nature Haute-Loire*, 24 p.

PNR MORVAN 2014. - *Diagnostic de la biodiversité associée aux vieux arbres, arbres de gros diamètre et bois mort du Morvan*. Rapport final. Parc naturel régional du Morvan, 26 p.

POUVARET S. 2012. - *Évaluation des effets de la non-intervention sylvicole sur la biodiversité à l'échelle de la vallée du Fossat - Enjeux et principes méthodologiques*. Conservatoire des Espaces naturels d'Auvergne, 42 p. + annexes.

PRÉVOSTO B., CURT T., DAMBRINE E. & COQUILLARD P. 2004. - Natural tree colonization of former agricultural lands in the French Massif Central: impact of past land use on stand structure, soil characteristics and understorey vegetation. In O. Honnay, K. Verheyen, B. Bossuyt, and M. Hermy, eds. *Forest Biodiversity: Lessons from History for Conservation*, (Wallingford: CABI) : 41-53.

RAMBAUD F. 2013. - *Caractéristiques dendrométriques de trois sites forestiers du Morvan : évaluation de la quantité de bois mort, arbres de gros diamètre et arbres à cavités*. Rapport de stage licence professionnelle. Université de Lorraine/Parc naturel régional du Morvan, 36 p. + annexes.

RAMIER 1998. - *Étude du genre* Erebia *(*Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae*) dans la Forêt domaniale de La Chavade (Ardèche)*. Rapport de stage, 14 p. + annexes

RENAUX B. & VILLEMEY A. 2016. – *Cartographie des forêts présumées anciennes du département de l'Allier d'après les cartes de l'État-major*. Conservatoire botanique national du Massif central \ Département de l'Allier, 33 p.

RENAUX B. 2014. - *Actualisation de la cartographie des habitats naturels et semi-naturels du site Natura 2000 FR8301065 « Vallées et coteaux thermophiles de la région de Maurs »*. Conservatoire botanique national du Massif central \ Centre permanent d'initiatives pour l'environnement de Haute-Auvergne, 31 p.

RENAUX B., VILLEMEY A. & TILLIARD-BLONDEL 2016. – *Les forêts anciennes de l'Allier… un patrimoine d'avenir. Poster.* Conservatoire botanique national du Massif central \ Département de l'Allier.

RICHARD H. 2003. - *Forêt de Tronçais, Le Brethon et Saint- Bonnet-Tronçais (03), tests polliniques (Besançon)*. Rapport, 3 p.

ROUBINET C. 2015. - *Animation foncière dans le cadre de la préservation de boisements favorables aux chiroptères – Mesures compensatoires liées à la suppression du passage à niveau n°15 à Borne (contournement RN102)*. Conservatoire des Espaces Naturels d'Auvergne \ DIR Massif central, 26p.

ROUBINET C. 2016. - *Animation foncière et diagnostics d'éligibilité de 2 sites de compensation - Mission 2 "Préservation et gestion durable d'une forêt vieillissante favorable à l'avifaune".* Conservatoire des Espaces Naturels d'Auvergne \ RTE 2Loires, 107p.

ROUSSE D. 2012. - *Vieilles forêts. Recherche dans le département du Rhône, phase d'expérimentation*. FRAPNA Rhône, 47p.

ROUSSE D. 2015. - *Recherche de vieilles forêts - site ENS des Crêts Boisés de l'Ouest Lyonnais (Rhône) – Document provisoire*. FRAPNA Rhône/Conseil Départemental du Rhône, 20 p.

SARTHOU V. & SPEIGHT M.C.D. 2013. - *Évaluation du potentiel de Biodiversité à l'aide des Diptères Syrphides : Le cas d'écosystèmes forestiers, zone du Mont Aigoual (Parc National des Cévennes, Lozère)*. Syrphis Agro environnement, Parc national des Cévennes et Office national des forêts, 57p.

SAUTIÈRE C. & CALMONT B. 2014. – *Elateroidea* nouveaux ou peu communs du département de l'Ardèche. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon* **83**(7-8) : 186-204.

SAUTIÈRE C., CALMONT B. & COACHE A. 2012. – *Amorphocephala cornata* (Germar, 1817) : sa découverte en Ardèche et le point sur sa répartition en France. *L'Entomologiste* **68(**2) :103-108.

SLOBOBKIN R. 1995. - *Inventaire entomologique en vue des classements en Réserve biologique dirigée de La Chavade et du Mont Mézenc*. Rapport Université de Paris 7, 51 p. + annexes.

SOISSONS A. 2011. - *Étude d'une forêt alluviale à bois tendre du Val d'Allier par l'analyse des syrphes*. Conservatoire d'espaces naturels de l'Allier, 22p. + annexes.

THOMAS C. 2013. - *Étude du cadastre napoléonien de la RNN Chastreix-Sancy*. 25 p.

TOMMASINO J. 2013. - *Étude de peuplements forestiers sur des parcelles en non intervention, gorges de l'Allier (43)*. Conservatoire d'Espaces naturels d'Auvergne \ Plan Loire Nature, 40 p.

TOMMASINO J. 2014. - *Indice de Biodiversité Potentielle et potentialité de mise en place de contrat Natura 2000 "bois sénescent". Site Natura 2000 FR8302019 – site de Lacoste (15)*. Conservatoire d'Espaces naturels d'Auvergne, 24 p.

VALLADARES L., BRIN A., ANSONNAUD J.-P. & BUSSIÈRE J. 2013. - *Inventaire des écosystèmes forestiers remarquables du Parc naturel régional des Grands Causses (Aveyron)*. Presented at Naturalité, vers une autre culture des eaux & des forêts Chambéry, FRA (2013-09-17 - 2013-09-20).

VANNIER F. 2014. - *Inventaire du petit patrimoine bâti de la RNR des gorges de la Loire et proposition d'actions*. Rapport de stage Syndicat Mixte d'Aménagement des Gorges de la Loire, 81p.

VILLEMEY A. & RENAUX B. 2016. - *Caractérisation écologique de parcelles forestières des gorges de la Loire, propriété du CEN Auvergne*. Conservatoire botanique national du Massif central / Conservatoire des Espaces Naturels d'Auvergne. 15 p. + annexes.

VILLIERME-PUPUTAUKI L. 2011. - *Le cirque de la Fontaine salée : étude diachronique de la végétation entre 1948 et 2009*. Rapport de stage, 50 p.

WAWRZYNIAK C. 2007. - *Étude de l'habitat forestier de grande naturalité. Inventaires naturalistes sur l'espace naturel sensible "Gorges du Chassezac et bois de Païolive"*. Rapport CG 07/ONF, 36 p.

ANNEXES

Annexe 1 – Programmes et études recensées par l'enquête du CBNMC et du REFORA, et synthèse des actions des CENs dans le Massif central par le CEN Auvergne.

Annexe 2 – Contributions à la boîte-à-outils et synthèses pour les groupes taxonomiques n'ayant pas donné lieu à la production d'un outil.

CONNAÎTRE SENSIBILISER ASSISTER CONSERVER

Identifier et caractériser les forêts anciennes du Massif central

État des connaissances – boîte-à-outils – perspectives

Ce rapport présente les résultats de la première étape du programme forêts anciennes du Massif central, repris en partie sur un site internet dédié (**http://cbnmc.fr/forets_anciennes**). C'est le fruit d'une très large collaboration, avec notamment le concours technique du CEN Auvergne, de Chauve-souris Auvergne, du CPIE du Velay, du bureau d'étude Evinerude, de l'IGN, de l'IPAMAC et de nombreux parcs du Massif central, de la LPO Auvergne, de l'ONF, de la SHNAO et du REFORA.
74 études et projets portant sur les forêts anciennes, matures et à haute valeur de conservation ont été recensés. 44 projets incluaient des inventaires dendrologiques, 60 utilisaient des groupes d'espèces bioindicatrices ou liées à l'ancienneté ou la maturité, 16 ont utilisé des cartes anciennes, surtout les cartes de l'État-major, dont les contours des forêts ont été vectorisées sur 49% du territoire (parcs et projets de parcs du Massif central ainsi que le département de l'Allier), soit environ 70% des forêts actuelles du Massif central.

L'analyse de la littérature scientifique, notamment via des contributions de partenaires pour certains groupes taxonomiques, confirme l'importance de l'ancienneté, mais aussi de la maturité, de l'intégrité de la structure et de la composition du peuplement. Plus largement la continuité temporelle et spatiale de ces éléments sont précisés. Ces éléments, qui se retrouvent notamment dans les « vieilles forêts », agissent en synergie.

Une boîte-à-outils, produite avec de nombreux partenaires, permet d'identifier et de caractériser les forêts anciennes, notamment leur degré d'ancienneté et leur maturité. 4 indicateurs utilisent des espèces bioindicatrices (coléoptères saproxyliques, flore vasculaire, lichens épiphytes, syrphes). 4 se fondent sur l'analyse des caractéristiques dendrologiques et pédologiques des peuplements, et enfin leur l'histoire (cartes anciennes, archives et vestiges archéologiques). Le mode d'analyse de la continuité de la trame est précisé. Pour chaque groupes taxonomiques, y compris ceux n'ayant pas débouché sur un indicateur opérationnel, l'effet de la maturité et de l'ancienneté sont précisés.

Les résultats obtenus et les nombreux échanges avec les partenaires financiers, scientifiques et techniques ont permis de préciser les perspectives de travail pour la suite du programme : analyse de la trame forestière, poursuite de la vectorisation des usages anciens, amélioration de certains indicateurs et des connaissances sur la trame forestière, identification des peuplements matures… Une stratégie de conservation de la biodiversité forestière, notamment des forêts anciennes, est enfin proposée.

Mots clés : Boîte-à-outils, espèces bioindicatrices, archives, cartes d'État-major, dendrologie, pédologie, archéologie, enquête, trame forestière, vieux bois, microhabitats, continuité temporelle et spatiale

Retrouvez les résultats complets, les outils, l'enquête, l'appel à témoignage ainsi que l'actualité du programme « Forêts anciennes » du CBNMC sur notre site internet : ***http://cbnmc.fr/forets_anciennes***

web

Conservatoire botanique national du Massif central

Siège & antenne Auvergne
Le Bourg
43230 CHAVANIAC-LAFAYETTE
Téléphone : 04 71 77 55 65
Télécopie : 04 71 77 55 74
Courriel : conservatoire.siege@cbnmc.fr
Site Internet : www.cbnmc.fr

Antenne Limousin
SAFRAN
2, avenue Georges Guingouin
CS80912 - Panazol
87017 LIMOGES Cedex 1
Téléphone : 05 55 77 51 47

Antenne Rhône-Alpes
Maison du Parc
Moulin de Virieu - 2, rue Benaÿ
42410 PÉLUSSIN
Téléphone : 04 74 59 17 93