

**Caractérisation et étude de la fonctionnalité des  
peuplements forestiers de deux sites Natura 2000  
cantaliens**

**Stage effectué par Ninon Jordan**

**Pôle Cantal du Conservatoire d'Espaces Naturels d'Auvergne**

**Chalinargues, 15170 Neussargues-en-Pinatelle**



**Responsable de stage : Christophe Grèze**

**Tuteur académique : Jean-Michel Boissier**



**Année Universitaire 2020-2021**



# SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| GLOSSAIRE .....  |    |
| REMERCIEMENTS : .....                                  |    |
| INTRODUCTION .....                                     | 1  |
| PARTIE 1 : CADRE DU STAGE .....                        | 2  |
| I/ Organisme d'accueil .....                           | 2  |
| PARTIE 2 : CONTEXTE DE L'ETUDE .....                   | 4  |
| I/ Relation entre forêts et chiroptères .....          | 4  |
| III/ Menaces .....                                     | 12 |
| IV/ Présentation des sites d'étude .....               | 14 |
| PARTIE 3 : METHODOLOGIE .....                          | 18 |
| I/ Plan d'échantillonnage .....                        | 18 |
| II/ Protocole de terrain .....                         | 19 |
| III/ Analyses des données .....                        | 20 |
| PARTIE 4 : RESULTATS .....                             | 24 |
| I/ Analyses statistiques .....                         | 24 |
| II/ Indices de maturité et perméabilité des sols ..... | 24 |
| III/ Connectivité .....                                | 26 |
| PARTIE 5 : DISCUSSION .....                            | 34 |
| I/ Structure des trames .....                          | 34 |
| II/ Priorisation des interventions de gestion : .....  | 35 |
| III/ Pistes de gestion et perspectives .....           | 36 |
| IV/ Retours critiques sur l'étude .....                | 37 |
| V/ Développement personnel .....                       | 39 |
| CONCLUSION .....                                       | 40 |
| BIBLIOGRAPHIE .....                                    | 41 |
| ANNEXES .....  | 43 |
| .....  | 45 |
| .....  | 46 |
| RESUME .....   | 48 |
| ABSTRACT .....   | 48 |

## **GLOSSAIRE**

ASA : Association syndicale autorisée (regroupement forestier)

CBNMC : Conservatoire botanique national du Massif Central

CEN : Conservatoire d'espaces naturels

CMC : Chemin de moindre coût

CNPF : Centre national de la propriété forestière

COPIL : Comité de pilotage

DOCOB : Document d'objectifs

IBP : Indice de biodiversité potentielle

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

INPN : Inventaire national du patrimoine naturel

IPAMAC : Association inter-parcs du Massif Central

ONF : Office national des forêts

ZSC : Zone spéciale de conservation

ZPS : Zone de protection spéciale

## **REMERCIEMENTS :**

Je souhaite remercier Christophe Grèze de m'avoir permis de réaliser un stage enrichissant tant sur le plan professionnel que personnel. Je ne pouvais espérer mieux comme lieu de stage pour terminer mes études. Merci de m'avoir fait confiance, de m'avoir ouvert les portes de ton métier, et de m'avoir transmis cette envie de faire bouger les choses.

Je remercie également Emilie Dupuy de m'avoir épaulé tout au long de ces six mois. Merci pour ton énergie communicative.

Un grand merci également aux autres collègues; Valentin, Lionel, Julia, Ilaria et Julien. Merci pour votre accueil chaleureux qui donne envie de rester ! Bien sûr merci aussi pour votre aide : le moindre coup de pouce a joué ! C'était un réel plaisir de faire partie de l'équipe.

Merci à toute l'équipe du CEN Auvergne que j'ai pu rencontrer ou contacter durant ces 6 mois de stage. Merci pour votre disponibilité et votre bienveillance.

Je remercie également Thibaut et les bénévoles qui m'ont été d'une aide précieuse lors de la phase de terrain. Vous avez assuré !

Merci à Laurent Lathuillière et Benoit Renaux pour votre appui technique non négligeable et votre patience.

Merci à Tommy, Farha, et Mélanie pour le soutien. Merci à Benjamin pour les relectures. Merci à Meven de m'avoir apporté la lumière au moment le plus sombre.

Et merci à Maud et Marta, pour votre aide incommensurable.

## INTRODUCTION

En France métropolitaine, l'occupation du sol est dominée, après l'agriculture, par la forêt, qui couvre une surface de près de 16.9 millions d'hectares, soit 31% du territoire (IGN, 2019). Ce milieu complexe, biologiquement plus diverse que tout autre écosystème terrestre, tient une place importante dans les domaines économiques, socio-culturels et écologiques. Partie intégrante de nos paysages, la forêt fournit en effet de nombreux services écosystémiques tels que la production de bois, la récréativité, le stockage de carbone et beaucoup d'autres encore. Plus la biodiversité d'une forêt est élevée, plus la palette de produits et de services qu'elle rend est étendue (Situation des forêts du monde, 2020).

Des études récentes montrent que les forêts qui présentent des arbres dépérissant ou morts hébergent une biodiversité plus remarquable et plus riche que les forêts qui en sont dépourvues (Emberger C. et al., 2016; Janssen P., 2016; Marechal N., 2020 ; Bütler R et al.. 2020). Ces éléments, caractéristiques des stades avancés du cycle biologique des arbres, sont qualifiés d'« attributs de maturité ». Leur structure et leur composition leur confèrent une valeur écologique forte puisque les multiples micro-habitats qu'ils portent sont indispensables à une flore et une faune diversifiée, comprenant des espèces rares et patrimoniales strictement inféodées à ces milieux.

Mais la surface forestière n'est pas immuable. Elle évolue spatialement et temporellement au gré des activités humaines et des aléas climatiques. Avec l'artificialisation des sols, l'intensification des pratiques agricoles et sylvicoles et les effets du changement climatique, les forêts à la biodiversité importante sont fortement menacées. A l'échelle du paysage, la fragmentation des milieux alors induite constitue des obstacles conséquents aux déplacements des espèces animales et végétales forestières. C'est dans le but de limiter les impacts de la fragmentation en facilitant ces déplacements que certaines politiques publiques cherchent à favoriser les « trames ». Ces structures paysagères visent à relier par des corridors, des écosystèmes aquatiques ou terrestres fractionnés. La trame forestière en particulier relie entre eux des écosystèmes forestiers susceptibles d'abriter les mêmes espèces, animales ou végétales. La trame de vieux bois assure quant à elle une continuité écologique favorable au maintien d'une biodiversité liée aux bois morts ou sénescents.

Les préoccupations croissantes concernant la préservation du potentiel écologique des forêts ont fait apparaître le besoin pour les gestionnaires d'évaluer certains paramètres de diversité et de fonctionnalité de ce milieu. C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude. Le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Auvergne (CEN Auvergne) souhaite caractériser les peuplements forestiers de deux sites Natura 2000 cantaliens dont il a en charge l'animation : le site de la Coste et le site de Compaing. Ces zones d'intérêt ont pour particularité d'abriter des espèces de chauves-souris (ou chiroptères) forestières aux fortes valeurs patrimoniales. Ces dernières représentent de bons indicateurs de l'état écologique des forêts de par leur forte dépendance à ce milieu. Cependant, certaines de ces espèces ont vu leurs effectifs nationaux décliner au cours du XXe siècle, les plaçant dans un état de conservation préoccupant. Le travail réalisé doit donc répondre aux questions suivantes : Comment se caractérisent et s'articulent la trame forestière et la trame de vieux bois sur ces deux sites ? Dans quelle mesure sont-elles favorables pour les chauves-souris ? Quelles méthodes de gestion doivent être mises en place pour préserver et optimiser ces continuités écologiques ?

Dans un premier temps, le cadre du stage sera décrit ; puis les généralités sur les forêts matures et les chiroptères forestiers seront exposées. La méthode utilisée lors de l'étude ainsi que les résultats suivront, précédant une discussion sur le sujet.

## **PARTIE 1 : CADRE DU STAGE**

### **I/ Organisme d'accueil**

Le Cantal est un département qui présente un patrimoine naturel d'exception contribuant fortement à son attractivité et à son identité. Une partie importante des activités économiques du territoire est notamment liée à la diversité des prairies et estives cantaliennes ainsi qu'aux forêts sylvicoles. Le CEN Auvergne est un organisme associatif qui a pour rôle de préserver et mettre en valeur ce patrimoine naturel paysager à travers l'impulsion et le pilotage de projets basés sur la concertation entre acteurs. Son siège est situé à Riom, au nord de Clermont-Ferrand, et des pôles départementaux ont été créés en Haute-Loire et dans le Cantal. C'est dans cette antenne cantalienne, à Chalinargues (15170), que s'est déroulé ce stage.

La fédération des CEN\*, créée en 1988, constitue le plus important réseau de gestionnaires d'espaces naturels de France. Elle rassemble, à l'heure actuelle, 22 associations à but non lucratif et d'intérêt général, toutes agréées par l'Etat et les régions depuis 2009 (article L414-11 du Code de l'Environnement). Elles sont également soutenues par les collectivités territoriales et de nombreux partenaires privés. Leur stratégie d'action est fondée sur trois volets majeurs :

L'axe principal concerne la maîtrise foncière et d'usage qui leur permet de construire un réseau de sites qu'ils protègent et gèrent en collaboration avec différents acteurs. Ces sites sont choisis pour leur intérêt écologique et font l'objet d'une convention avec les propriétaires, permettant l'intervention des CEN. Cela peut se traduire par la mise en place de contrats régissant les méthodes de gestion du site ou par l'acquisition du bien par le CEN.

La valorisation et le transfert de compétences et de connaissances constitue un second principe fondamental du fonctionnement des CEN. A travers la mise en place d'expertises scientifiques et techniques, le pilotage d'actions régionales ou encore la coordination des pratiques en faveur de certaines espèces, ils s'engagent à diffuser les connaissances. Ces échanges s'inscrivent dans une démarche globale de sensibilisation du grand public à la préservation de la biodiversité.

Finalement, les CEN sont des acteurs déterminants du développement du territoire de par l'accompagnement et le soutien qu'ils apportent aux politiques publiques environnementales. Cet appui se concrétise via les actions de gestion et les missions d'animations territoriales qu'ils mettent en œuvre sur le terrain, au plus près des enjeux environnementaux, sociaux et économiques. A ce titre, le CEN Auvergne agit en faveur des Espaces Naturels Sensibles et des mesures compensatoires et est impliqué, depuis plus de 20 ans, dans la mise en œuvre du réseau Natura 2000.

### **II/ Dispositif Natura 2000**

Le réseau Natura 2000 regroupe les sites naturels les plus remarquables de l'Union Européenne. Ancré dans la politique de préservation de la biodiversité, il sert d'outil à la mise en application de la directive « Oiseaux » (datant du 2 avril 1979) et de la directive « Habitats » (datant du 21 mai 1992). Il vise le maintien des milieux et espèces particulièrement menacés et aux forts enjeux de conservation. Les sites sont qualifiés de « zone spéciale de conservation » (ZSC\*) lorsqu'ils sont désignés au titre de la directive « Habitats » et de « zone de protection spéciale » (ZPS\*) s'ils sont issus de la directive « Oiseaux ».

L'état de conservation des habitats et des espèces ayant justifié la désignation de chaque site est rapporté dans un document (DOCOB\*) qui reprend les orientations de gestion et les moyens nécessaires à leur préservation ainsi que les objectifs de développement durable.

Le but de ce programme européen est de concilier, sur chaque territoire, le maintien de la biodiversité et du patrimoine naturel ainsi que les exigences économiques, sociales et culturelles.

En Auvergne, le réseau Natura 2000 comprend 95 sites. Le CEN Auvergne est animateur de six d'entre eux dans le Cantal, dont quatre sont dédiés à la préservation des chiroptères (site de la Coste : FR8302019, site de Compaing : FR8302016, site de Palmont : FR8302017, site de Salins : FR8302018,) et deux à celle des zones humides (site du marais du Cassan et Prentegarde : FR8302003 et site d'Aubrac : FR8301069). Ce sont les sites de la Coste et de Compaing qui ont été étudiés.

### **III/ Objectifs de l'étude**

En tant qu'opérateur des zones spéciales de conservation de la Coste et de Compaing, le CEN Auvergne est chargé de mettre en place des études et des actions qui suivent la ligne directrice de conservation des espèces et des milieux particuliers de ces sites : les chiroptères et l'écosystème forestier. L'engagement de l'association dans la sauvegarde des chauves-souris est d'autant plus fort qu'elle fait partie des membres du Comité de Pilotage (COPIL) du Plan Régional d'Action chiroptères.

C'est le fort enjeu de préservation des chiroptères, couplé à l'interaction particulière qu'ils entretiennent avec les éléments de maturité des peuplements forestiers, qui ont conduit à la création de ce stage. Les objectifs principaux sont de caractériser les forêts sur les deux zones d'intérêt via l'étude de la trame forestière et de la trame de vieux bois ; d'analyser la fonctionnalité de ces deux réseaux pour les chauves-souris et de repérer les secteurs forestiers aux plus forts enjeux afin de mettre en place des méthodes de gestion adaptées aux besoins locaux.

Ces deux objectifs se déclinent en plusieurs missions réparties dans trois volets principaux d'actions :

**Terrain :** Les relevés de terrain permettent de décrire les peuplements et de renforcer les connaissances du CEN Auvergne sur les matrices forestières de ces sites, limitées avant ce stage à des cartographies d'habitats et une étude d'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP\*) sur une partie du site de la Coste.

**Analyse :** Le traitement des données et la mise en forme des résultats facilite ensuite la visualisation de la structure des trames forestières et de vieux bois et permet d'identifier les secteurs présentant les plus gros enjeux en terme d'amélioration ou de préservation d'éléments de biodiversité. Cette hiérarchisation permet de dégager des pistes de gestion adaptées et de prioriser leur mise en place.

**Application :** L'ensemble de ce travail permet d'orienter l'animation mise en place dans une démarche de préservation des sites. Sur la base des résultats, des rencontres avec les propriétaires des secteurs clefs dans la continuité écologique de vieux bois sont organisées afin de les sensibiliser et de mettre en place avec eux des méthodes de gestions adaptées.

A l'issue des six mois de stage (mars – août 2021), le CEN Auvergne bénéficie d'un rapport écrit et de l'ensemble des données nécessaires au travail effectué. Ces outils pourront servir de base à des études plus précises sur les sites et d'appui à la réalisation de certains des objectifs opérationnels mentionnés dans les deux DOCOB : « Maintenir voire améliorer les connexions écologiques entre les habitats » et « Améliorer les connaissances des habitats, espèces et habitats d'espèces ». Ce travail pourra également servir de tremplin au développement des actions de gestion figurant aussi dans les DOCOB telles que les actions G4 « Soutenir ou initier une gestion sylvicole adaptée aux habitats et espèces » et G6 « Maintenir, entretenir le réseau bocager dans le cadre d'une amélioration des connexions écologiques entre les habitats » sur Compaing et l'action G3 « Soutenir ou initier une gestion sylvicole adaptée aux habitats et espèces » sur la Coste.

## **PARTIE 2 : CONTEXTE DE L'ETUDE**

### **I/ Relation entre forêts et chiroptères**

#### A : Forêt et biodiversité : Notions de sémantique

La forêt est un écosystème terrestre complexe qui héberge la plus grande diversité d'espèces vivantes en interaction (Maréchal N., 2020). De nombreuses études relatent le fait que la diversité des espèces forestières est étroitement liée à certaines caractéristiques de la forêt-hôte. (Emberger C. et al., 2016 ; Vallauri D. et al., 2002 ; Janssen P. et al., 2015, Müller J. et al., 2010)

- *La diversité d'essence et la diversité structurale*

Les essences qui composent le peuplement conditionnent les propriétés biologiques, physiques et chimiques des arbres, orientant ainsi une partie du cortège d'espèces qui leur est associé. Un mélange d'essences favorise donc l'abondance et la diversité des espèces présentes. Cependant, des études ont révélées que la richesse spécifique est amoindrie lorsqu'elle est associée à des arbres allochtones et les espèces composant le cortège associé sont alors plus communes et moins spécialisées (Dodelin B. et al., 2010).

De plus, la variété des strates permet de multiplier les habitats répondant ainsi aux besoins spécifiques d'une grande diversité d'espèces. Un peuplement aux essences autochtones mélangées et aux nombreuses strates favorise donc l'installation de nombreux groupes taxonomiques, du fait d'effets additifs.

- *L'ancienneté*

Les forêts qualifiées d'anciennes présentent un état boisé depuis au moins 1850 (date du minimum forestier en France), indépendamment de la gestion pratiquée, de l'âge des peuplements ou de leur composition. L'ancienneté repose donc sur une continuité temporelle d'occupation du sol par la forêt qui permet, dans la plupart des cas, le maintien d'espaces fermés, ombragés, plutôt frais et humides, au sein desquels l'activité humaine a peu d'impact. Elle favorise la présence d'espèces à faible capacité de dispersion. Les espèces animales inféodées à ces forêts sont donc davantage exigeantes et spécialisées. De plus, les espèces végétales strictement forestières y sont plus abondantes (Biache C. et al., 2017).



- *La maturité écologique*

La maturité écologique d'un peuplement renvoie au degré d'avancement du développement biologique des arbres qui le composent. Elle correspond à l'étape de lente sénescence des arbres, atteinte en fin de succession écologique. Elle est à dissocier de la maturité économique qui se réfère, en sylviculture, à l'âge d'exploitabilité économique des arbres, intervenant plus tôt dans le cycle biologique des arbres.

La maturité forestière se manifeste par la présence de trois indicateurs qui favorisent l'installation d'une grande diversité d'espèces : les bois morts (1), les vieux arbres (2) et les dendro-microhabitats (3) :

(1) Les bois morts, qu'ils soient sur pied ou au sol (*Photographies 1 et 2*), issus d'une mort naturelle ou d'une mort provoquée par l'intervention sylvicole, sont le support d'une biodiversité remarquable en termes d'insectes, de champignons et de bryophytes (Vallauri D. et al., 2002 ; Angelstam P. et al., 2003). On considère que 20 à 25% des espèces forestières sont dépendantes du bois mort ou dépérissant à un moment de leur cycle de vie (Dodelin B., 2006). Ces espèces, dites saproxyliques, jouent un rôle majeur dans la dégradation du bois et la remise à disposition des nutriments. Ces bois peuvent présenter différents stades de saproxylation suivant leur niveau de décomposition. Lorsque plusieurs stades sont présents dans un peuplement, ils permettent un renouvellement continu de bois morts, assurant ainsi l'activité biologique des décomposeurs dans le temps.

D'après une étude menée en 2010 sur les forêts européennes, suivant le type de végétation, un seuil minimum de 20 à 50 m<sup>3</sup> de bois mort par hectare est nécessaire au maintien de la plupart des espèces saproxyliques (Müller J. et al., 2010). Parmi les espèces les plus exigeantes certaines ont besoin de 100m<sup>3</sup> de bois mort par hectare (équivalent aux volumes présents dans la forêt primaire de Bialowieza ; Kirby K. et al., 1991).



Photographies 1 et 2 : Chandelle (à gauche) et chablis (à droite) observés sur le terrain

(2) Les vieux arbres (*Photographie 3*) comprennent les arbres âgés, sénescents, marqués par tous types d'aléas. Il s'agit de gros, voire de très gros bois vivants qui présentent des diamètres supérieurs à 67,5 centimètres. Plus ces bois sont imposants, plus la probabilité qu'ils portent des singularités morphologiques dans tous leurs compartiments est forte et plus le nombre d'espèces installées est important (Emberger C. et al., 2016 ; Larrieu L. et al., 2014).



Photographie 3 : Vieil hêtre

(3) Les dendro-microhabitats sont des habitats évolutifs et temporaires de petite taille que l'on retrouve sur les arbres morts ou vivants (Larrieu L., 2014). Ils constituent des refuges, des lieux de reproduction, d'hibernation et de nutrition essentiels à de nombreuses espèces. Ils se manifestent sous différentes formes (écorces décollées, cavités de pic, fentes, cavités de contreforts racinaires, champignons polypores, lianes, dendrothelmes...) ayant chacune des caractéristiques propres (*Photographies 4, 5 et 6*). Ces dendro-microhabitats sont propices à l'installation d'espèces parfois très spécialisées d'animaux, de plantes, de lichens et de champignons (Müller J. et al., 2010). Ce sont des éléments de structure clés qui influencent fortement la diversité taxonomique à l'échelle du peuplement forestier (Vallauri D. et al., 2002 ; Larrieu L. et al. 2014).



Photographies 4.5 et 6 : Quatres types de dendro-microhabitats : une loge de pic au-dessus d'une cavité évolutive à terreau de tronc (à gauche), une fente (au centre) et une cavité évolutive à terreau de pied (à droite)

Une biodiversité très riche de flore et de faune dépend donc principalement de ces caractéristiques forestières. Cependant ces éléments seuls ne suffisent pas à garantir l'arrivée, ni le maintien des espèces. Un certain nombre d'entre elles, inféodées aux bois sénescents et morts, ont des faibles capacités de dispersion et de recolonisation, ce qui les rend particulièrement vulnérables. La présence de vieux bois dans des écosystèmes fonctionnels et connectés entre eux est alors fondamentale pour leur survie.

#### B : Forêt et connectivité : Trame Vieux Bois

La connectivité écologique est définie ici comme étant la connexion fonctionnelle nécessaire à la stabilité et à la résilience des écosystèmes sur le long terme. Elle englobe notamment la notion de facilitation de déplacement des espèces au sein du paysage (Remon J., 2018). Aussi, la connectivité conditionne l'arrivée d'espèces dans un milieu ainsi que leur maintien mais également les échanges génétiques au sein des populations. C'est donc une fonctionnalité écologique déterminante dans la survie des espèces et l'établissement du niveau de biodiversité d'un milieu. Elle se matérialise sur le terrain par des continuités écologiques appelées trames.

La trame de vieux bois est constituée d'éléments laissés en libre évolution naturelle au sein de la matrice forestière. De manière globale, les réservoirs de biodiversité sont représentés par des zones de plusieurs centaines d'hectares où l'exploitation est proscrite (souvent sous la forme de réserves biologiques intégrales). Les îlots de sénescence, boisements groupant plusieurs arbres vieillissants, assurent les connexions entre ces réservoirs, jouant le rôle de corridor. Enfin, les arbres-habitats constituent des biotopes-relais qui facilitent le déplacement d'individus tout en constituant des habitats adéquats (Vouillon P. et al, 2020). Dans cette étude et sur les sites d'intervention où la maturité est limitée, les îlots de sénescence représentent l'échelle la plus grande de la trame de vieux bois, suivie à un échelon intermédiaire par des corridors de forêts non exploitées ou exploitées sans coupe rase où certains arbres sénescents sont maintenus, suivi au niveau ponctuel par les arbres-habitats. Ce maillage à différentes échelles d'éléments matures, sénescents ou morts est nécessaire afin de favoriser la dispersion d'espèces plus ou moins vulnérables, présentes localement dans des habitats spatialement isolés, telles que les chauves-souris.

## C : Activité des chiroptères et forêt

Certains chiroptères, qui nous intéressent ici, sont considérés comme spécialistes forestiers, car ils sont dépendants de ce milieu pour gîter et chasser.

- *Gîtes*

Les chiroptères sont incapables de construire leurs gîtes. Ces derniers sont créés par les conditions météorologiques, la dégradation naturelle du bois ou par le forage de cavités par des organismes vertébrés comme les pics ou d'autres organismes tels que les insectes saproxyliques (Tillon L., 2015). Ces gîtes les protègent des prédateurs, les abritent des conditions climatiques défavorables et constituent des lieux d'échanges sociaux entre les individus (Lacki M.J. et al., 2007).

Chez les chiroptères forestiers, les refuges durables et difficilement atteignables tels que les cavités ou les fissures étroites qui se trouvent en partie haute de feuillus sénescents sont principalement sélectionnés bien que cela puisse varier selon les espèces (Lacki M.J. et al., 2007). La Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) apprécie particulièrement les écorces décollées de vieux arbres, morts ou vivants (Tillon L., 2015). Les fentes présentes sur les arbres morts sont des refuges récurrents du Murin d'Alcathoe (*Myotis alcathoe*) et parfois du Murin de Brandt (*Myotis brandtii*) (Lachat T. et al., 2019). Les cavités occupent quant à elles une place prépondérante dans le choix des gîtes du Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) qui affectionne les anciennes loges de pics. Le Murin de Brandt (*Myotis brandtii*) et la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) s'installent préférentiellement dans des cavités davantage dégradées et ouvertes, créées à la suite d'une blessure de l'arbre ou d'une branche cassée (Tillon L., 2015). Parmi les espèces forestières, la Barbastelle, la Grande noctule et le Murin de Bechstein sont les plus dépendantes de ce milieu. Leur besoin en dendro-microhabitats pour le gîte est si important que la disponibilité en arbres-habitats est considérée comme un facteur limitant pour leur population (Buono L. et al., 2019). Elles sont donc associées aux boisements sénescents ou matures, où le nombre d'arbres gîtes disponibles joue un rôle crucial.

Indépendamment de l'espèce où de la région où ils se trouvent, les chiroptères effectuent des changements de gîte réguliers. En moyenne, une chauve-souris se déplace tous les deux à trois jours pour limiter le risque de prédation et de parasitisme (Lacki M.J. et al., 2007). Cependant, la fréquence de ces déménagements et la sélection des nouveaux habitats, sont influencées à grande échelle par le cycle biologique des chiroptères et le sont plus encore à l'échelle individuelle par le statut reproducteur (Tillon L., 2015). En effet, leur cycle se décompose en quatre phases rythmées par les saisons qui entraînent des changements de paramètres physiologiques et donc d'exigences en matière d'habitat.

En saison estivale, de mi-mai à fin août, les femelles sont en période de mise-bas et d'élevage des petits. Celles d'espèces forestières se regroupent alors en colonies dans des refuges arboricoles durables, sombres et chauds, optimaux pour le développement des jeunes. Pour la plupart, il s'agit de loges de pic ou de fentes étroites sur des arbres vivants, surtout des feuillus (Biache C. et al., 2017). Leur grand nombre les contraint à se disperser dans plusieurs gîtes. Les mâles exclus de ces colonies s'installent isolément ou en petits groupes dans des refuges similaires. Cette phase du cycle des chiroptères requiert un grand nombre de gîtes disponibles et rapprochés sur des surfaces de quelques centaines d'hectares pour que tous les individus puissent diminuer le risque de prédation et de parasitisme et renforcer les échanges sociaux en changeant de gîtes (Biache C. et al, 2017). Les îlots de sénescence proposent une densité de cavités favorable au maintien de ces colonies de reproduction, mais la présence d'arbres-habitats à trous de pics ou fentes dispersés au sein du paysage forestier autour de ces îlots n'en reste pas moins indispensable (Biache C. et al, 2017). Lors de cette période, les femelles allaitantes restent plus longtemps dans le même gîte que les femelles en fin d'allaitement ou les individus non reproducteurs (femelles sans petits ou mâles) qui, n'étant pas contraints, changent régulièrement d'emplacements (Tillon L., 2015).

Pendant la période hivernale, les chiroptères hibernent dans des gîtes hors-gel en raison de leur fragilité et de leur température interne très basse. Les spécialistes forestières gîtent alors dans les arbres creux et les milieux souterrains.

Au printemps, les femelles gestantes cherchent des gîtes chauds. Elles doivent en effet rester actives en journée pour permettre à l'embryon de se développer. Les mâles eux, cherchent au contraire des endroits frais pour tomber en léthargie en journée.

Durant l'automne, les chiroptères se trouvent dans l'ensemble des gîtes précédemment cités sans sélection particulière autre que celle guidée par l'espèce.

Ainsi, selon l'espèce, la période de l'année et l'état des individus (femelles ou mâles, individus reproducteurs ou non, adultes ou juvéniles), les pressions diffèrent et orientent leurs besoins en densité et en type d'arbres sénescents (Tillon L., 2015).

- *Chasse*

Le régime alimentaire des chiroptères forestiers français est essentiellement composé d'insectes. Toutes les nuits (hors hibernation), les chauves-souris quittent leur gîte pour se rendre sur leur territoire de chasse où se trouve leur source de nourriture. La distance entre ces deux milieux nécessaires à leur maintien peut aller de quelques centaines de mètres (Oreillard roux) à 25 kilomètres (Noctule commune) suivant les espèces (Kunz T.H., 2003 ; Tillon L., 2015 ; CEREMA, 2018). Pour se déplacer, elles utilisent l'écholocation et se servent de repères physiques concrets dans le paysage (arbres isolés, boisements, zones ouvertes). La trame forestière, et plus particulièrement ses corridors écologiques, jouent alors un rôle majeur dans la facilitation de leurs déplacements (ripisylve, bosquets...).

Le choix du site de chasse est déterminé par son abondance en proies. Cependant, celle-ci n'est pas continue dans le temps ni dans l'espace. Ainsi, certains moments de l'année et certains milieux présentent des périodes creuses durant lesquelles la nourriture est insuffisante. Le bois mort joue alors un rôle prépondérant dans la sélection du territoire de chasse car il permet un approvisionnement stable en insectes saproxyliques, fournissant jusqu'à 30% des proies potentielles pour les chauves-souris (Tillon L., 2015). La présence de bois mort devient notamment cruciale en période de mise-bas et d'élevage des jeunes, quand les besoins en nourriture sont les plus importants.

Il existe une relation positive entre la présence de bois morts et sénescents d'un milieu et la richesse spécifique de chiroptères (Tillon L., 2015) Ce lien s'explique par les nombreuses fonctions essentielles que remplit le vieux bois dans la vie des chauves-souris, allant de la richesse en dendromicrohabitats, qui régit la sélection des gîtes, jusqu'à l'abondance de nourriture sur le bois mort qui influence la sélection des territoires de chasse en passant par le rôle de la trame qui guide les chiroptères forestiers lors des déplacements indispensables à leur survie.



## II/ Synthèse des enjeux

### A : Forêt mature

La forêt est un lieu de récréation indémodable, bien ancré dans le paysage, qui profite à tous. Son rôle économique, via la production de bois, est important, tout comme les services environnementaux qu'elle rend. De plus, c'est un impressionnant réservoir de biodiversité qui contribue fortement à la dispersion des espèces. Cette biodiversité, lorsqu'elle comprend des espèces tributaires des arbres sénescents et morts, améliore les processus fonctionnels sus-cités (Vouillon P. et al., 2020). Dans les boisements où les arbres morts sont présents en grande quantité, la richesse spécifique en espèces saproxyliques est plus importante. Ces espèces sont qualifiées de «clef-de-voute» car l'équilibre de l'écosystème repose sur leurs précieuses fonctions : les cortèges de décomposeurs enrichissent le sol en nutriments en colonisant, altérant et humifiant le bois mort, ce qui favorise la germination des végétaux.

Certaines espèces contribuent également à la régénération du peuplement en pollinisant les arbres (20% des coléoptères saproxyliques sont floricoles, (Dodelin B., 2006). Cette régénération, mais également la croissance, la productivité, la résistance, la résilience et la stabilité d'une forêt reposent sur la diversité d'organismes saproxyliques présents, faisant du bois mort un attribut crucial du peuplement. (Vallauri D. et al., 2002).

Enfin, plus de la moitié du stock de carbone d'un écosystème forestier est compris dans le sol et la biomasse souterraine (Colin A. et al., 2005). Cette capacité de stockage dépend fortement de l'usage des sols. En effet, dans les forêts anciennes, où le sol est peu perturbé, elle est plus efficace (Vouillon P. et al., 2020). La préservation de ces boisements matures et anciens présente donc un enjeu de conservation fort car ils occupent une place centrale dans le paysage et sa fonctionnalité.

### B : Chiroptères

Avec vingt-neuf espèces différentes (trente-cinq au total en France), l'Auvergne figure parmi les territoires français les plus riches en chiroptères. Ces espèces sont « strictement protégées » d'après la Convention de Berne et bénéficient du statut « d'espèces d'intérêt communautaire » selon la directive européenne « Habitats » (annexe II et annexe IV de la directive) en raison de leur déclin en Europe. Elles sont également, pour la plupart, inscrites sur la liste rouge nationale et la liste rouge régionale. Ces préoccupations aux niveaux européen, national et régional leur confèrent un intérêt patrimonial important.

Du fait du faible nombre d'espèces, de leur vulnérabilité (un seul petit par an), de leur positionnement trophique ainsi que de leurs exigences écologiques spécifiques en matière de gîte et territoire de chasse, les chiroptères sont de bonnes espèces bioindicatrices de la qualité de certains habitats et composantes paysagères (Buono L. et al., 2019 ; Tillon L., 2015). Le cortège d'espèces forestières en présence renseigne notamment sur la connectivité, le degré de sénescence et la productivité en proies du milieu (Buono L. et al., 2019). A ce rôle s'ajoute celui de la régulation des populations d'insectes défoliateurs, néfastes au bon développement de la forêt.

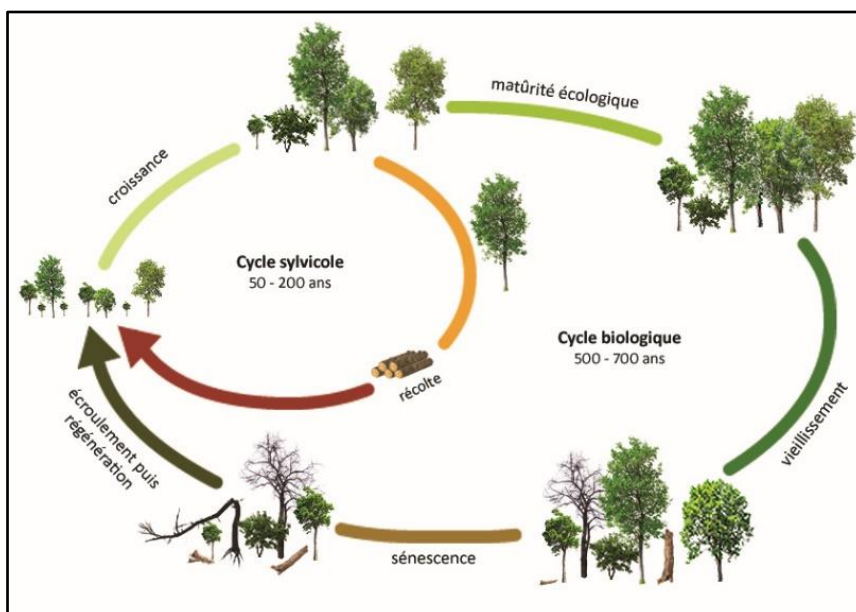
Ces populations d'espèces protégées, bioindicatrices et régulatrices d'insectes ravageurs sont importantes et représentatives de la qualité des forêts. Leur préservation sur le territoire, à travers la protection et la gestion de leur milieu d'évolution, constitue un enjeu fort de conservation locale.

En raison de sa faible densité de population et de sa topographie, le Cantal est un département préservé où les milieux naturels sont peu impactés par l'Homme et les espèces vulnérables encore nombreuses, renforçant l'importance de leur préservation. Mais cette naturalité n'est pas inébranlable et le territoire subit des pressions et des menaces croissantes qui pèsent sur les écosystèmes en place.

### III/ Menaces

Les forêts françaises métropolitaines présentent en moyenne 16m<sup>3</sup> de bois mort au sol et 6.8 m<sup>3</sup> de bois mort sur pied par hectare (IGN\*, 2018). Totalisant donc un volume moyen de 23m<sup>3</sup> par hectare, ces forêts sont dans la fourchette basse du seuil minimum de 20 à 50 m<sup>3</sup> de bois mort par hectare recommandé pour optimiser la biodiversité associée aux bois morts (Müller J. et al., 2007). De plus, en Auvergne, les vieilles forêts (à la fois matures et anciennes) représentent moins de 10% de la surface boisée (Vallauri D. et al., 2002). Ces données inquiétantes sont principalement liées à l'impact des activités humaines. Croissantes sur le territoire, les pressions anthropiques modifient les conditions environnementales qui régissent l'installation et le maintien des espèces.

Dans le Cantal, la majorité des forêts est exploitée (CRPF, 2018). En sylviculture, les phases tardives du cycle biologique des arbres sont réduites voire évitées car elles ont des valeurs économiques moindres en comparaison aux phases intermédiaires, où les arbres sont à l'optimum de leur qualité d'exploitation (Bütler R. et al., 2020 ; Biache C. et al, 2017) (*Figure 1*). Cette troncature sylvicole perturbe la dynamique naturelle des forêts en stoppant leur croissance à un tiers seulement de leur évolution, ce qui entraîne à l'échelle spatiale, des lacunes en matière de maturité. La simplification de la structure des peuplements résultant de ces exploitations entraîne l'augmentation du nombre de forêts équiennes monospécifiques (constituées d'arbres de même âge et de même essence) où la biodiversité est défavorisée au profit du rendement économique. Dans un contexte de mobilisation accrue de la ressource bois, ces menaces de gestion pèsent de plus en plus sur les écosystèmes forestiers matures.



*Figure 1 : Schéma des cycles biologique et sylvicole d'un peuplement forestier*



A cela s'ajoute le développement de l'urbanisation et de l'agriculture qui entraîne une fragmentation des continuités forestières. Le cloisonnement des espaces boisés diminue alors les possibilités de dispersion de la faune et de dissémination de la flore. Les brassages génétiques en sont limités, pouvant engendrer la disparition des espèces les plus sensibles. De plus la banalisation du paysage en zone agricole entraîne la disparition lente mais importante des bocages, et autres milieux boisés qui constituent des oasis de biodiversité au milieu des zones cultivées. Les gîtes, les terrains de chasse et les corridors qu'utilisent les chiroptères sont alors modifiés voire détruits.

Finalement, les polluants (intrants agricoles, insecticides, produits phytosanitaires...), introduits en grande quantité dans le cadre des activités humaines, contaminent les insectes. Cela conduit à leur raréfaction ce qui impacte les forêts matures et les chauves-souris, respectivement dépendantes d'eux pour se développer et se nourrir. A cette perte d'habitat, et cette diminution des ressources trophiques, s'ajoute la mortalité directe des chiroptères due aux collisions routières et éoliennes (SETRA, 2009).

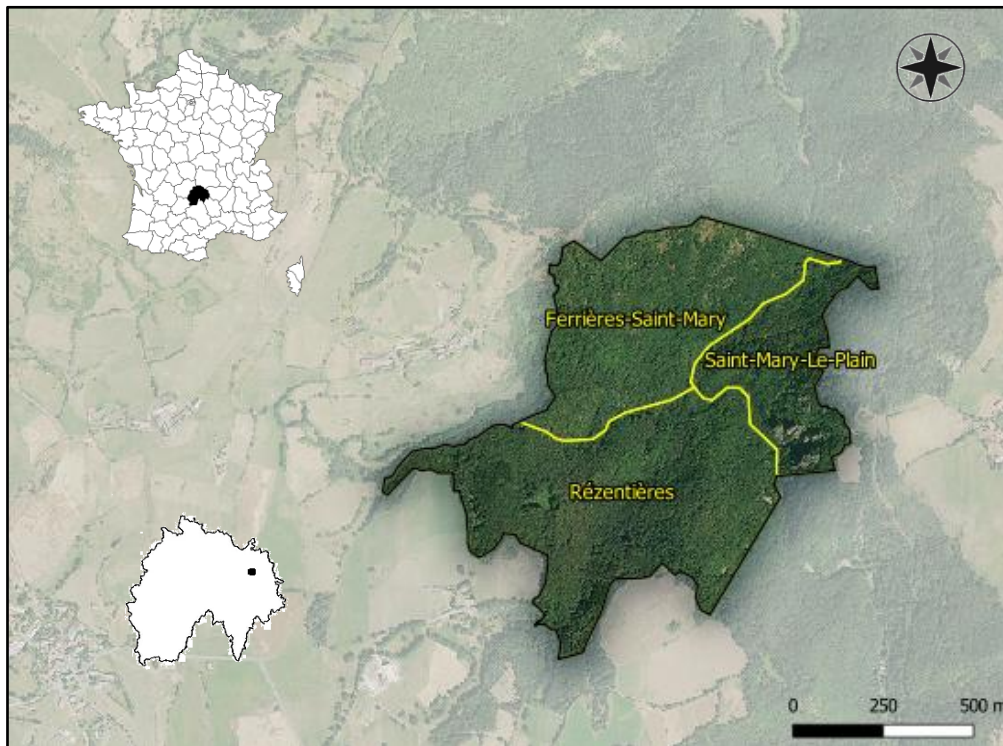
Dans un contexte de changement climatique, les habitats naturels et les espèces déjà affectés par la fragmentation du paysage, subissent davantage de pressions. Les espèces allochtones, plus tolérantes aux aléas climatiques s'implantent de plus en plus, concurrençant fortement les espèces locales et la biodiversité qui leur est associée.

Ces menaces aux origines diverses participent au déclin de la biodiversité forestière. C'est dans une volonté de protéger les forêts de ces pressions que l'étude a été mise en place sur les sites de la Coste et de Compaing.

## IV/ Présentation des sites d'étude

### A : Site Natura 2000 de la Coste

- *Localisation*



Carte 1: Localisation du site Natura 2000 de la Coste

Le site Natura 2000 de la Coste se situe à l'Est du Cantal, dans la vallée de l'Arceuil. Il se trouve à cheval sur les communes de Rézentières, Saint-Mary-le-Plain et Ferrières-Saint-Mary et couvre une surface de 80,69 hectares (Carte 1).

- *Géologie, relief et climat*

Les formations géologiques de ce site sont principalement métamorphiques, granitiques et basaltiques et résultent d'anciens épisodes volcaniques. Le relief est structuré par la vallée étroite des « Gorges de l'Arceuil » et ses versants abrupts avec une altitude s'échelonnant de 703 à 1016 mètres. Au fond des gorges coule l'Arceuil. En rive droite de cette rivière, deux affluents viennent compléter le réseau hydrographique : le ruisseau des Chênes et le ruisseau de Combe Ginaire. Etroitement lié à la géologie et à la latitude, le climat est semi-continentale et les reliefs protègent le site des perturbations atlantiques.

- *Formations végétales*

Le paysage de la Coste est majoritairement forestier, les espaces boisés couvrant 97% du périmètre. Diverses essences se retrouvent dans les forêts de versants et de fond de vallée qui s'étendent de l'étage collinéen à l'étage montagnard (Annexe 1). Ainsi, dans la partie nord du site, la chênaie est dominante, surtout en rive gauche de l'Arceuil, tandis qu'en rive droite s'ajoutent quelques ensembles de hêtraie.

Au sud du site, c'est également les hêtraies qui sont majoritaires, indépendamment du versant. Quelques forêts mixtes de pentes et de ravins ainsi que des plantations de conifères complètent le paysage. Au total, le site comprend trois « habitats d'intérêt européen » : la hêtraie acidiphile, la lande sèche européenne et la forêt de pentes, éboulis et ravins (qui revêt également un intérêt prioritaire). En raison de l'homogénéité de la couverture forestière sur la Coste, la diversité floristique y est relativement faible.

- *Focus sur les chiroptères*

Ce site a la particularité de contenir d'anciennes galeries minières qui constituent des lieux d'hibernation importants pour les chiroptères. Ces gîtes artificiels assurent tranquillité, sécurité ainsi que des températures et une humidité constantes aux espèces cavernicoles telles que le Grand rhinolophe, espèce phare lui ayant valu sa désignation en ZSC en 2007. Mais ces refuges profitent également aux chiroptères arboricoles lorsque les températures extérieures sont trop basses pour gîter dans les arbres. Parmi eux des Murins de Natterer, des Murins de Bechstein et des Barbastelles d'Europe ont été recensés sur le site.

Le reste de l'année, le caractère naturel de la zone, peu altérée par l'homme, lui confère un attrait particulier pour le passage et l'installation de chiroptères. Même si le cortège d'espèces présentes varie d'une année sur l'autre, jusqu'à 17 espèces (dont six inscrites à l'annexe II de la directive « Habitats ») ont été observées (INPN\*). Cette association de galeries et de forêts constitue un ensemble idéal pour l'installation de chauves-souris couplant territoire de chasse et gîtes.

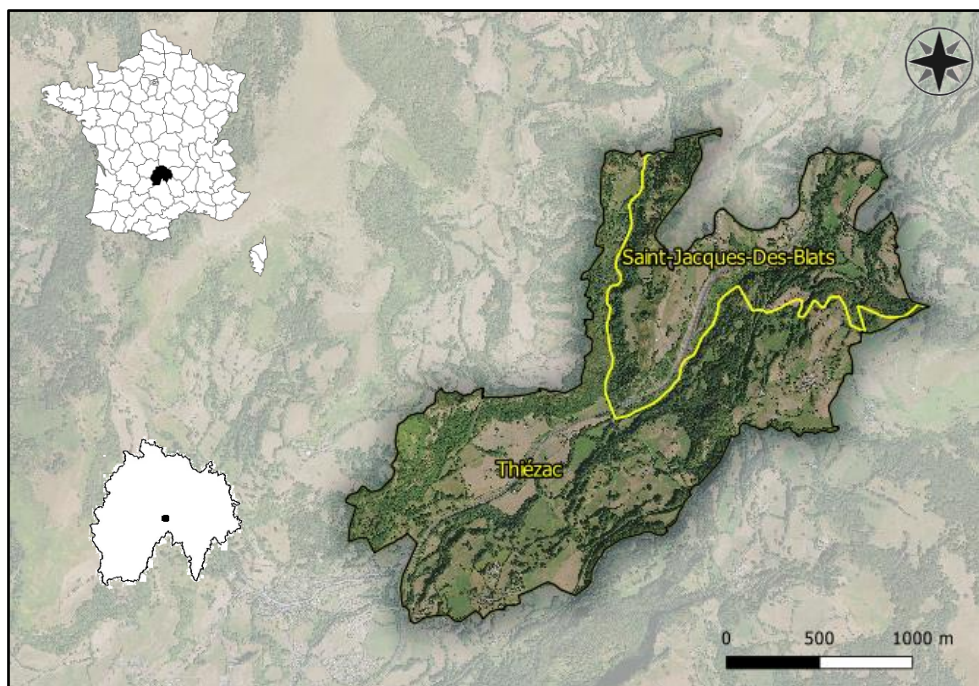
- *Activités socio-économiques*

De 1892 à 1917, le fond de la vallée de l'Arcueil fût un lieu d'extraction d'antimoine jusqu'à sa classification en tant qu'élément toxique, menant à une cessation d'activité. Depuis ce moment, 13 anciennes galeries plus ou moins effondrées (neuf galeries accessibles) sont disséminées sur le site mais ne sont plus exploitées. Aujourd'hui, sur les 80 hectares que couvre le périmètre Natura 2000, 63 correspondent à des parcelles privées. Les 17 hectares restants sont des biens de section du lieu-dit « Monstéroux » de la commune de Ferrières-Saint-Mary. On note également qu'aucune parcelle n'est à usage agricole sur le site. Les feuillus, présents en dominance ne sont prélevés que très ponctuellement pour le bois de chauffe. Quelques plantations de résineux constituent l'essentiel de la valorisation sylvicole.

Le périmètre du site n'intègre aucun bâti, ni axe routier. Seuls des chemins forestiers permettent d'y circuler. La fréquentation touristique s'en retrouve donc très diffuse et se manifeste principalement par de la randonnée pédestre. D'autres activités telles que l'escalade, la chasse et la pêche attirent également des individus mais la gêne en résultant est faible et le site est relativement préservé des impacts anthropiques.

## B : Site Natura 2000 de Compaing

- *Localisation*



*Carte 2 : Localisation du site Natura 2000 de Compaing*

Le site Natura 2000 de Compaing se trouve au centre du département du Cantal entre Aurillac et Murat (*Carte 2*). Il s'étend sur deux communes, Thiézac et Saint-Jacques-des-Blats et couvre une surface totale de 354,41 hectares.

- *Géologie, relief et climat*

Situés au pied du stratovolcan cantalien, les terrains géologiques qui composent le site sont variés et complexes, issus de deux grands épisodes géologiques distincts : le volcanisme tertiaire et l'érosion glaciaire du quaternaire. Le passage d'un glacier façonne notamment le paysage, marquant le relief d'une vallée en U aux versants escarpés au nord et aux pentes plus douces au sud. L'altitude y varie de 700 à 1045 mètres. Cinq affluents (ruisseaux de Tourcy, du Clou, de Labourie, de Niervèze et de Castellinet) s'écoulent sur les versants jusqu'au fond de vallée où ils rejoignent le cours d'eau principal, la rivière de la Cère qui traverse le site dans toute sa longueur. Il s'agit de la zone la plus pluvieuse et froide du département puisque, malgré l'influence des hauts reliefs volcaniques, elle reste exposée aux perturbations atlantiques arrivant de l'ouest.

- *Formations végétales*

Les prairies naturelles et semi-naturelles sont dominantes sur ce site. Les pâtures de vallée et de rive gauche de la Cère sont séparées par un maillage bocager d'arbres et de haies pluristratifiées (*Annexe 2*). Les forêts sont restreintes et cantonnées aux versants où elles forment une mosaïque avec les landes, les rochers et les falaises. Il s'agit principalement de hêtraies mais on y retrouve localement des forêts mixtes de pentes et de ravins, quelques chênaies (en rive gauche du Tourcy) et des aulnaies-frênaies (en ripisylve).

Le site totalise quatre habitats d'intérêt européen dont la prairie à fourrage des plaines, la mégaphorbiaies mésotrophes, les pelouses pionnières continentales subatlantiques et les forêts alluviales à aulnes et a frênes (intérêt prioritaire). La diversité floristique est importante, favorisée par l'étendue de la surface prairiale.

- *Activités socio-économiques*

L'agriculture est l'activité dominante sur ce site et couvre à elle seule presque la moitié du périmètre (46%). Les élevages bovins sont les plus représentés dans cette filière auxquels sont associés des prairies de pâturage et de fauche nombreuses. L'exploitation forestière, correspondant à quelques parcelles d'espaces boisés, couvre environ 120 hectares destinés à la production de bois de chauffage et de charpente.

Le site englobe un réseau important d'axes de circulation. En plus de la route nationale 122 qui porte un trafic très dense, les routes communales et les chemins d'exploitations sont nombreux. Ces voies desservent des villages et des lieux-dits également compris dans le périmètre. Une ligne de chemin de fer longe également la Cère sur le versant Est et se confond avec la limite sud du site Natura 2000. L'utilisation de ces axes est d'autant plus importante en été, lorsque la fréquentation touristique augmente, justifiant le nombre de centres de vacances, de gîtes, d'hôtels et de chambres d'hôtes. D'autres activités comme la chasse, la pêche et les randonnées pédestres sont pratiquées à Compaing.

- *Focus sur les enjeux liés aux chiroptères*

Parmi les nombreux bâtis que compte le site, certains d'entre eux sont des gîtes artificiels d'estivage pour les chiroptères. Neuf gîtes, dont des granges, un moulin et une maisonnette ferroviaire désaffectée sont pour l'instant reconnus comme lieux de reproduction sur le site. Sa désignation en ZSC en 2007 est due à son classement en tête des sites départementaux de reproduction du Petit rhinolophe. L'effectif moyen du site, toute espèce confondue, est proche de 150 individus et jusqu'à douze taxons ont été identifiés dont six sont inscrits à l'Annexe II de la directive « Habitats ». Le cortège d'affinité forestière présent témoigne de l'importance des forêts sur ce site. De plus, quelques grottes constituent des gîtes d'hibernation optimaux pour d'autres espèces.

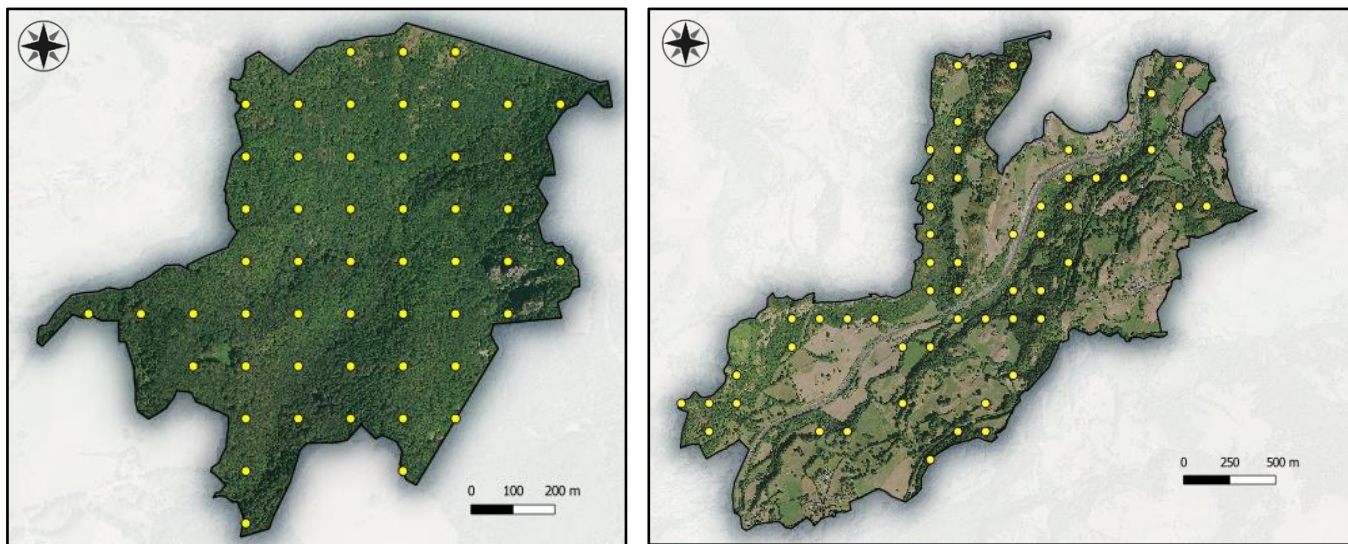
Ce site regroupe à la fois des lieux de reproduction et d'hibernation, atout déterminant pour les chauves-souris qui s'y plaisent toute l'année.



## PARTIE 3 : METHODOLOGIE

### I/ Plan d'échantillonnage

Pour caractériser la maturité forestière de chaque site Natura 2000, aucune étape de pré-identification des peuplements matures avant la phase de terrain n'est nécessaire. Les seules sélections effectuées concernent l'élimination des zones non boisées, des plantations artificielles et des formations végétales basses de la prospection. Compte tenu de l'objectif de la mission et de la surface boisée que couvrent les deux sites (environ 160 hectares au total), l'inventaire statistique est préféré à celui en plein, plus fastidieux et nécessitant plus de temps et plus de moyens. Ainsi, à l'aide d'un maillage systématique effectué sur le logiciel Q-GIS, les points d'échantillonnages sont placés automatiquement à intervalles réguliers sur des layons parallèles équidistants. Ils correspondent aux centres de placettes circulaires de 20 mètres de rayon. Ils sont au nombre de 53 sur les deux sites mais disposés tous les 125 mètres sur la Coste contre tous les 150 mètres pour Compaing (*Carte 3*). Les distances sont adaptées pour que le nombre de placette résultant soit réalisable avec le temps et les moyens donnés. Les avantages de cette méthode de prospection sont d'étudier une partie représentative de chaque site sans avoir à les parcourir entièrement, et de ne pas choisir les zones où les placettes sont réalisées ce qui entrainerait un biais important.



*Carte 3 : Plans d'échantillonnages suivis sur chaque site : distance de 125 mètres entre les placettes de la Coste (à gauche) et de 150 mètres entre les placettes de Compaing (à droite)*

## II/ Protocole de terrain

### A : Protocole suivi

Sur chaque placette le protocole « Peuplements biologiquement matures et vieilles forêts du Massif central » est appliqué. Ce protocole et sa notice d'accompagnement ont été coréalisés en 2019 par plusieurs membres de structures différentes : l'Office National des Forêts (ONF), l'association Inter PARcs du MASSIF Central (IPAMAC) et le Conservatoire Botanique National du Massif Central (CBNMC). Il est destiné aux inventaires de peuplements matures dans le Massif Central et c'est donc dans un souci de cohérence avec d'autres travaux réalisés sur le territoire qu'il a été choisi comme base lors de la prospection. Les mesures à renseigner dans le cadre de ce protocole permettent d'apprécier différents attributs de maturité du peuplement. Quelques modifications ont été apportées à l'issue de deux formations organisées par le CBNMC et l'IPAMAC, afin d'adapter les relevés à la problématique du stage. Ces modifications concernent surtout la mise de l'accent sur les dendromicrohabitats et les arbres morts.

### B : Matériel

Durant les relevés de terrain, plusieurs outils ont été utilisés :

- GPS/Smartphone avec le logiciel OruxMaps : affichage des cartes SCAN et ortho ainsi que du plan d'échantillonnage de chacun des sites.
- Double décamètre : délimitation de la placette
- Clinomètre Suunto : mesure de la pente et de la hauteur des arbres
- Relascope à chaînette : calcul de la surface terrière par catégorie de diamètre (sans correction de pente) des bois vivants et morts
- Compas forestier : mesure du diamètre des arbres
- Jumelles : aide au repérage des DMH
- Couteau de poche : évaluation des stades de décomposition du bois mort
- Fiches de relevés terrain en version papier : contient toutes les informations de la placette

### C : Mesures

Les relevés ont été effectués en binôme de la manière suivante : les observateurs se rendent au centre de la placette, indiqué par le logiciel OruxMaps. La délimitation de la zone de relevé de 20 m de rayon est mesurée directement au sol, à l'aide du décamètre. Puis, la fiche de terrain est remplie (Annexe 3). Le verso reprend des données contextuelles diverses : localisation, contexte écologique et indices d'usages passés et actuels. Le verso de la fiche est ensuite complété, détaillant la structure et la composition du peuplement. Le recouvrement relatif de chaque strate et la hauteur moyenne des deux plus gros arbres de la placette sont alors relevés. Cette dernière mesure permet de renseigner sur la fertilité du sol qui influence la présence de très gros arbres et d'ajuster les seuils de diamètres définissant les catégories suivantes : « petit bois » (PB), « moyen bois » (MB), « gros bois » (GB), « très gros bois » (TGB) et « très très gros bois » (TTGB). Ainsi, si la hauteur moyenne est inférieure à 15 mètres, la station est considérée comme peu fertile et les seuils sont abaissés.

Les trois indicateurs de maturité sont également décrits. Les vieux arbres sont répertoriés via la mesure de tous les bois vivants présents dans la placette de plus de 37,5 cm (station peu fertile) ou 67,5 cm de diamètre (station fertile). Les diamètres des arbres morts debout ou au sol de plus de 17,5 cm (peu fertile) ou 37,5 cm (fertile) sont notés ainsi que leur hauteur (ou longueur pour les bois au sol). Les stades de décomposition des bois morts au sol et debout sont évalués suivant leur résistance à la pénétration du couteau puis renseignés. Les dendro-microhabitats des arbres vivants et morts sont également comptés. Enfin, les surfaces terrières de chaque catégorie de diamètres des arbres morts et vivants sont mesurées.

En dehors des placettes, les arbres remarquables (TTGB, TGB avec beaucoup de dendro-microhabitats, gros bois morts au sol et sur pied) sont pointés au GPS.

### **III/ Analyses des données**

#### A : Saisie

Les informations relevées sont saisies dans un tableau Excel suivant un modèle proposé par les membres formateurs du protocole suivi. Un maximum de donnée est ramené à l'hectare afin de faciliter les étapes d'analyse, de calcul et de mise en forme des résultats. Les surfaces terrières et les volumes de bois sont calculés directement par le tableur. A l'issue de la saisie, parmi toutes les variables relevées (61), une présélection de 11 variables indépendantes influant sur les trois indicateurs de maturité est effectuée. Sont alors retenues :

- Les surfaces terrières des moyens bois vivants, des gros bois vivants, des très gros bois vivants et des très très gros bois vivants (respectivement *GMBV*, *GGBV*, *GTBV*, *GTTGBV*)
- Les surfaces terrières des moyens bois morts et des gros bois morts (*GMBM*, *GGBM*)
- Les surfaces terrières des vieux arbres (*Surf terri VA*)
- Le nombre de bois morts par hectare (*Bmha*)
- Le nombre de stades de décomposition des bois morts au sol (*StadesaproBms*)
- Le nombre de dendro-microhabitats potentiels pour les chauve-souris par hectare (*DMHCSha*)
- Le nombre de dendro-microhabitats associés à la maturité (*DMHmatha*)

#### B : Analyses statistiques

Afin de mettre en évidence les variables les plus discriminantes de ce nouveau jeu de données, elles sont analysées sur le logiciel RStudio. D'abord un test de normalité (test de Shapiro-Wilk) leur est appliqué. Une matrice des corrélations est ensuite réalisée afin de mesurer la dépendance linéaire des variables entre elles. Cette matrice révèle leurs corrélations et donc l'importance qu'elles ont dans le jeu de données. Pour départager les variables restantes, une analyse des composantes principales (ACP) est effectuée et leurs qualités et contributions sont comparées. A l'issue de ces analyses statistiques, six variables demeurent pour le reste des calculs.

#### C : Calcul de l'indice de maturité

L'indice de maturité est calculé pour chacune des placettes à partir des variables les plus discriminantes révélées par les analyses statistiques. Les trois indicateurs de maturité d'un peuplement figurent dans ce calcul : le bois mort, les vieux arbres et les dendro-microhabitats. L'indice de maturité choisi pour cette étude est inspiré de celui de Fuhr (Annexe 4) qui permet de



hiérarchiser les forêts d'un territoire en fonction de leur maturité relative, sans référence à une valeur absolue de la maturité.

Les formules appliquées sont les suivantes :

$iM_{Fuhr}$  adapté à la Coste :

$$\frac{1}{6} \times \left( \frac{Surfterri Va}{Surfterri Va maxlac} + \frac{GTGBV}{GTGBVmaxlac} + \frac{GMBM}{GMBMmaxlac} + \frac{GGBM}{GGBMmaxlac} + \frac{DMHCSha}{DMHCShamaxlac} + \frac{DMHmatha}{DMHmathamaxlac} \right)$$

$iM_{Fuhr}$  adapté à Compaing :

$$\frac{1}{6} \times \left( \frac{Surfterri Va}{Surfterri Va maxcomp} + \frac{GTGBV}{GTGBVmaxcomp} + \frac{GMBMha}{GMBMmaxcomp} + \frac{GGBM}{GGBMmaxcomp} + \frac{DMHCSha}{DMHCShamaxcomp} + \frac{DMHmatha}{DMHmathamaxcomp} \right)$$

Avec *Surfterri VA* = nombre de vieux arbres par hectare

*GTGBV* = surface terrière des très gros bois vivants par hectare

*GMBM* = surface terrière des gros bois morts par hectare

*DMHCSha* = nombre de dendro-microhabitats associés aux chauves-souris par hectare

*DMHmatha* = nombre de dendro-microhabitats associés à la maturité par hectare

*maxcomp* = valeur maximale atteinte sur Compaing

*maxlac* = valeur maximale atteinte sur la Coste

Pour chaque attribut de maturité (variables discriminantes), ce calcul de l'indice prend en compte le maximum obtenu pour l'ensemble des placettes d'un territoire, déterminant ainsi une placette de référence idéale et atteignable sur chaque site. Les résultats seront compris entre 0 et 1, notation classique d'un indice, allant de la maturité la plus faible à la maturité la plus forte.

Les résultats sont mis en forme sur Q-Gis afin d'obtenir une carte par site présentant l'indice de maturité de chaque placette prospectée. Cette carte constitue une représentation visuelle simple des peuplements plus matures facilitant ainsi la hiérarchisation des zones en matière de priorité de gestion.

## D : Connectivité

Sur chaque site la connectivité est étudiée de la manière suivante : d'abord sur la trame forestière dans sa globalité puis plus précisément sur la trame de vieux bois.

Sur le logiciel Biodispersal, les cartes d'habitats des deux sites sont converties en carte de friction. Ces cartes présentent la perméabilité du paysage à la dispersion d'espèces forestières : à chaque pixel est attribué un coefficient de friction correspondant au coût énergétique que sa traversée représente. Ces coûts sont répartis en 5 classes (1, 5, 30, 100, 10 000) où une friction de 1 est attribuée aux zones structurantes de la trame forestière (habitats forestiers) et une friction de 10 000 est affectée aux zones non comprises dans la trame (bâties, routes...). Des valeurs intermédiaires sont associées aux autres occupations du sol suivant le type de végétation et la présence d'arbre.

Le logiciel Graphab permet, à partir de ces cartes de friction, de modéliser les chemins de moindre coût (CMC) entre des tâches d'habitats présélectionnées. Il s'agit des trajets les moins coûteux en énergie pour une espèce voulant aller d'une tâche à l'autre. Dans le cas de l'étude des trames forestières, les tâches d'habitats choisies sont tous les habitats forestiers (coefficient de friction de 1). Dans le cas de l'étude de la connectivité de la trame de vieux bois, ces tâches sont les secteurs révélés matures après la prospection de terrain (dont les indices de maturité sont supérieurs à 0.25).

La fonctionnalité du réseau de tâches et de CMC ainsi tracé par Graphab est appréciée en faisant varier la distance maximale de connexion entre les tâches. Cette distance reflète la capacité de dispersion de différentes espèces de chauve-souris (*Tableau 1*). Les espèces sont choisies pour leur dépendance à l'habitat forestier et leur présence sur les sites.

*Tableau 1: Distances de dispersion d'espèces de chauve-souris forestières*

| Espèce                            | Oreillard Roux | Murin de Bechstein | Noctule commune | Murin à moustache | Barbastelle d'Europe |
|-----------------------------------|----------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| Capacité de dispersion (en mètre) | 100-500        | 500-2000           | 10 000          | 3000              | jusqu'à 20 000       |

Trois distances de dispersions seront testées pour chaque réseau (trame forestière et trame de vieux bois). Les zones d'études étant restreintes aux périmètres de chaque site, les distances de dispersion maximales testées correspondent à la plus grande distance traversant le site. Ainsi sur Compaing les valeurs testées sont : 500 mètres, 1 kilomètre et 4 kilomètres et sur la Coste : 500 mètres, 1 kilomètre et 2 kilomètres. Le paysage en dehors des tâches d'habitat étant une mosaïque d'habitats déterminée par les coefficients de friction, ces distances euclidiennes sont converties en distances en coût lors des analyses.

L'outil de Graphab « calcul des probabilités de connectivité » (probabilité que deux individus tirés au hasard dans la zone d'étude se rencontrent) permet de mettre en évidence les tâches et les chemins de moindre coût les plus importants de chaque trame. Là encore le paramètre variant est la distance de dispersion. L'importance alors mesurée prend en compte la capacité surfacique de la tâche ainsi que son emplacement dans le réseau : les plus grandes tâches par lesquelles passent le plus grand nombre de CMC sont les plus importantes.

L'outil « ajout de tâche » a enfin permis de distinguer les endroits stratégiques où l'ajout d'une ou plusieurs tâches d'habitat optimiserait la probabilité de connectivité du réseau de maturité.

L'ensemble de ces modélisations permet de hiérarchiser les secteurs suivant les enjeux qu'ils présentent en termes de préservation ou d'amélioration de la trame forestière et de la trame de vieux bois. Elles permettent également de voir les manques dans les réseaux et de prioriser les actions pour consolider au mieux la connectivité.

## **PARTIE 4 : RESULTATS**

Dans cette partie, les résultats sont donnés bruts. Leur analyse et les réflexions qu'ils soulèvent concernant l'étude sont discutées dans la partie suivante.

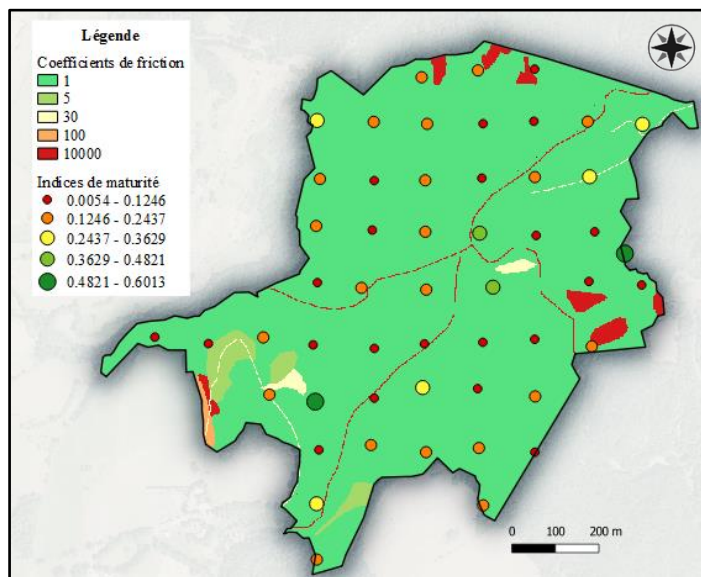
### **I/ Analyses statistiques**

La matrice des corrélations révèle que les variables *StadesaproBms*, *GMBV* et *GGBV* sont les variables les moins importantes, étant corrélées faiblement avec peu d'autres variables (Annexe 5).

L'ACP réalisée ensuite révèle les couples de variables discriminantes retenues pour chaque indicateur de maturité que sont les bois morts, les vieux arbres et les dendro-microhabitats. Ces variables sont celles ayant la plus forte valeur de contribution à la définition des axes (Annexe 6). Pour l'indicateur « vieux arbres » il s'agit de la surface terrière des vieux arbres (*Surf terri Va*) et de la surface terrière des très gros bois vivants (*GTGBV*). Le couple de variables discriminantes retenues pour l'indicateur « dendro-microhabitat » est : le nombre de dendro-microhabitats associés à la maturité par hectare (*DMHmatha*) et le nombre de dendro-microhabitats associés aux chauves-souris par hectare (*DMHCSha*). Enfin, les deux variables discriminantes sélectionnées pour l'indicateur « bois mort » sont la surface terrière des moyens bois morts (*GMBM*) et la surface terrière des gros bois morts (*GGBM*).

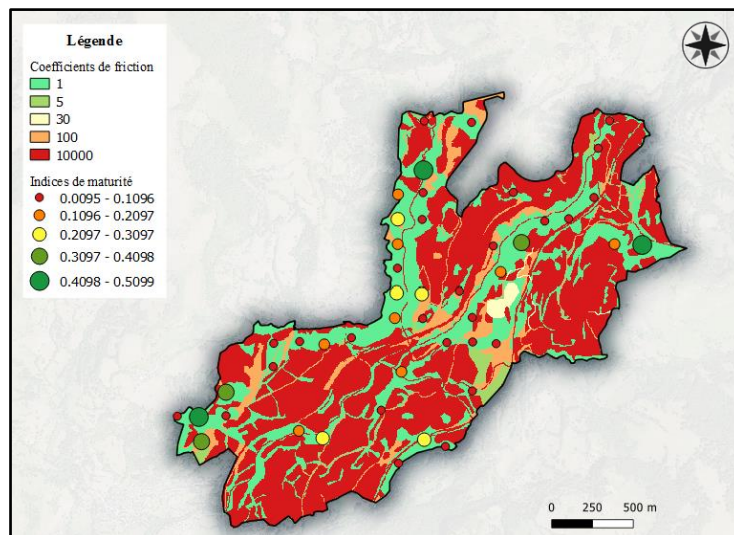
### **II/ Indices de maturité et perméabilité des sols**

Les indices de maturité calculés représentent le niveau de maturité de chaque placette prospectée. La perméabilité des sols reflète l'appartenance des milieux à la trame forestière et donc le coût que représente leur traversée par des espèces forestières. Ce coût est traduit par des coefficients de friction attribués à chaque type de sol (allant de 1 pour les milieux structurants de la trame, faciles à traverser à 10 000 éléments hors trame, infranchissables).



*Carte 4 : Carte présentant les indices de maturité et la perméabilité des sols de la Coste*

Sur le site de la Coste (*Carte 4*), l'indice de maturité le plus élevé est de 0.601 et la moyenne est de 0.162. Le site présente une majorité de secteurs très faiblement matures, surtout dans la partie nord-ouest du périmètre. Seuls huit secteurs se distinguent avec des indices de maturité supérieurs à 0.25. La partie nord-est du site est la plus riche en zones plutôt matures. Concernant la perméabilité des sols, on observe que les habitats forestiers couvrent la quasi-totalité du périmètre et seuls quelques milieux (pelouses, cours d'eau, chemins et falaises) sont des freins à la dispersion.



*Carte 5 : Carte présentant les indices de maturité et la perméabilité des sols de Compaing*

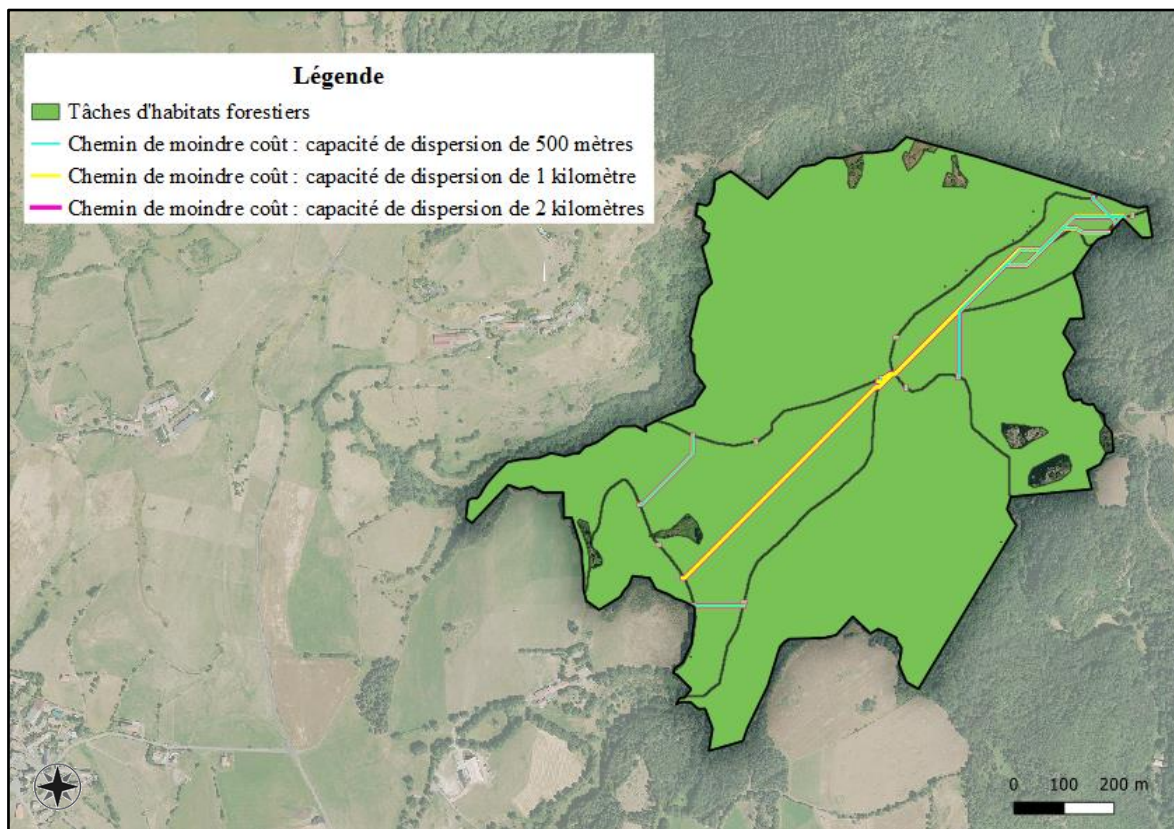
Pour le site de Compaing, d'après la Carte 5, l'indice de maturité le plus élevé est de 0.510 et l'indice moyen est de 0.115. Neufs placettes parmi celles prospectées présentent des indices de maturité supérieurs à 0.25 et se situent au nord et au sud du site. Le centre du périmètre est quant à lui peu mature. Les milieux présentent une hétérogénéité de perméabilité importante. L'ensemble du site est dominé par des zones coûteuses (surtout des prairies et des pâturages). Les habitats forestiers couvrent des surfaces importantes au nord du périmètre et se retrouvent en patch dans le reste du site.

### III/ Connectivité

Dans les analyses effectuées, la connectivité se traduit par la possibilité pour les espèces forestières de rejoindre différents secteurs dans les zones étudiées. Elle est exprimée ici par les chemins de moindre coût. Ils représentent les trajets que les espèces peuvent effectuer. Ils dépendent à la fois de la capacité de dispersion testée et de la perméabilité des sols (coût énergétique de la traversée des milieux).

#### A : Trames forestières

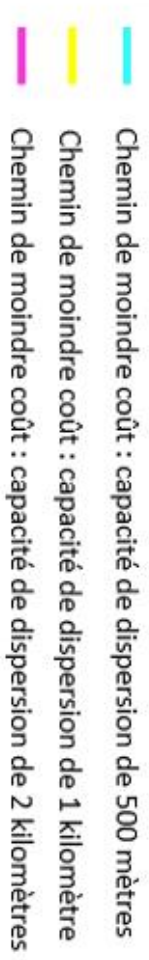
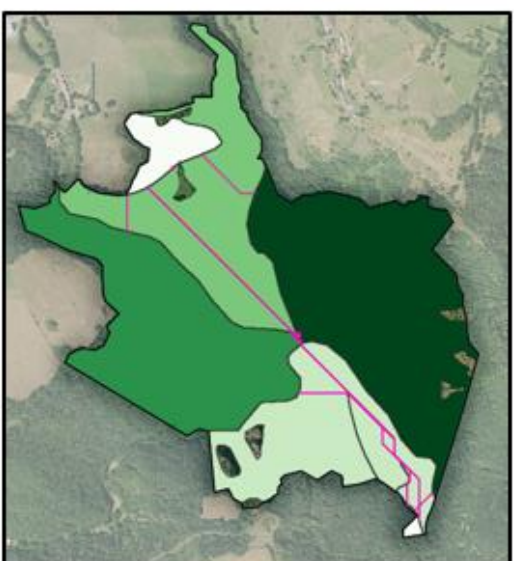
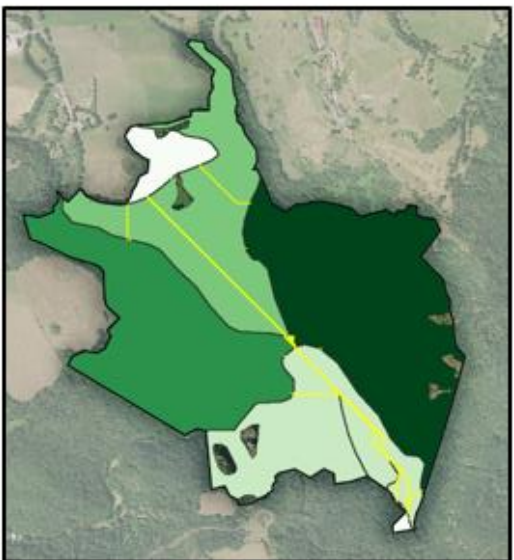
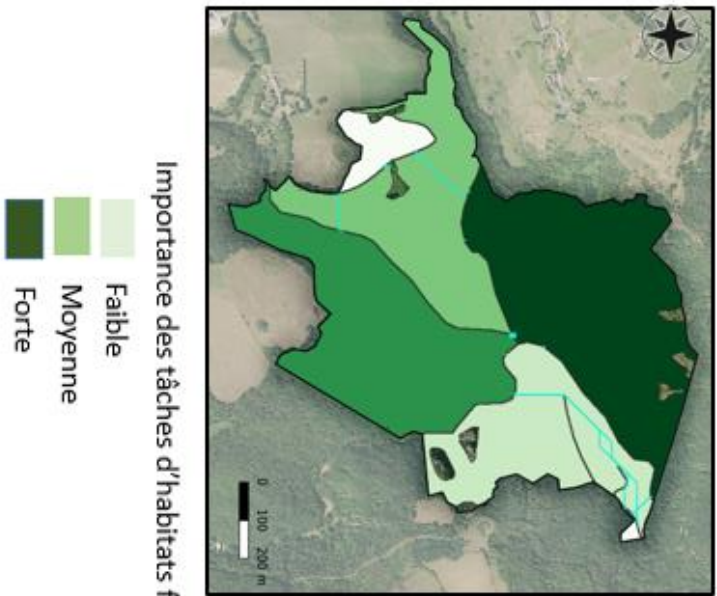
- *La Coste*



Carte 6 : Carte présentant les chemins de moindre coût reliant les tâches d'habitats forestiers sur le site de la Coste

D'après la Carte 6, sur la Coste, la variation des capacités de dispersion n'induit que très peu de modification de la trame forestière : même les espèces peu mobiles (500 mètres) peuvent se déplacer dans la totalité du site. Tous les habitats forestiers sont connectés par des chemins de moindre coût

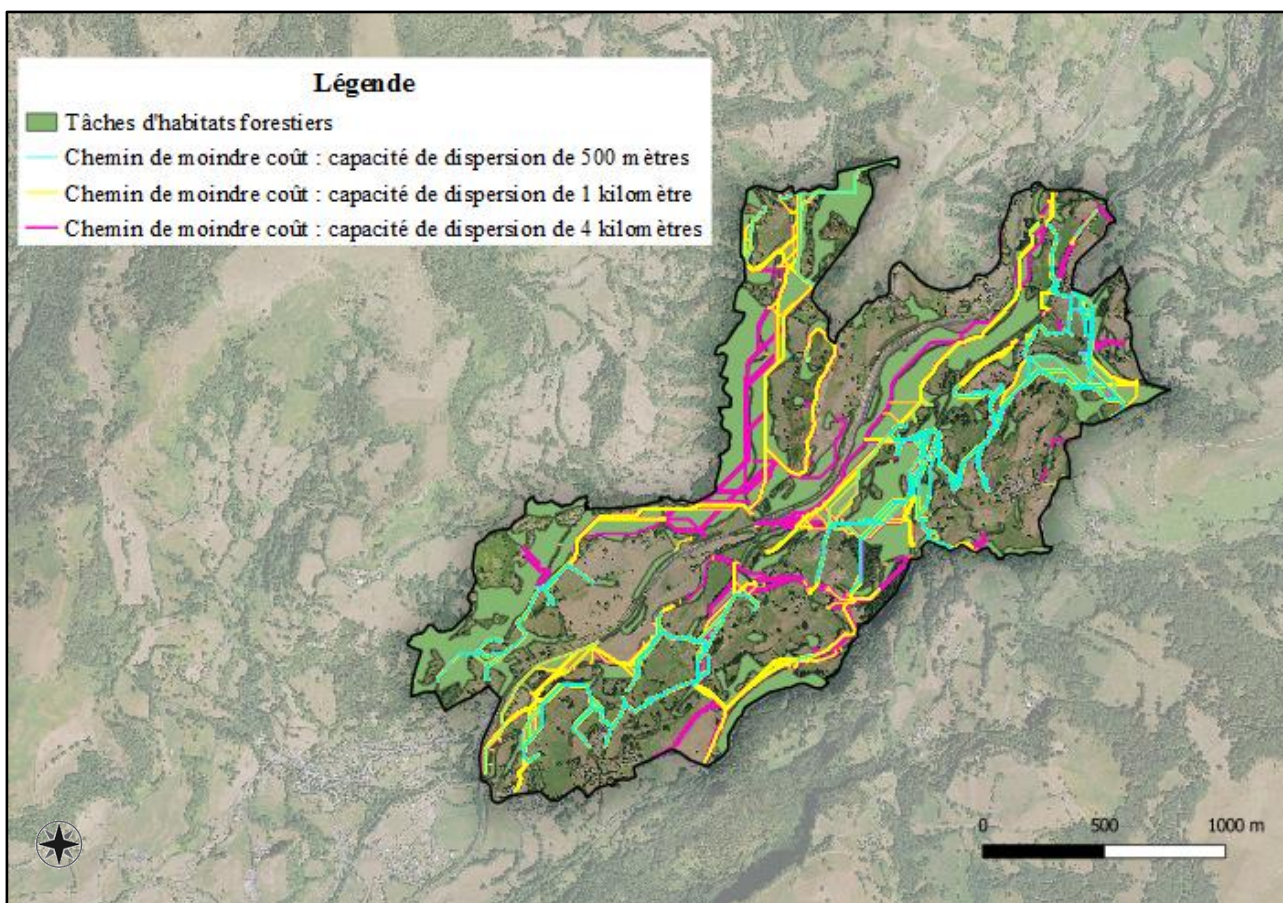




*Carte 7 : Cartes présentant l'importance des tâches d'habitats forestiers et des chemins de moindre coût pour chaque capacité de dispersion testée sur la Coste*

D'après l'analyse de probabilité de connectivité (*Carte 7*), l'importance des secteurs ne varie pas avec la capacité de dispersion. C'est la partie nord-ouest du site qui joue le rôle le plus déterminant dans le réseau forestier. Elle est en effet en contact avec l'ensemble des autres secteurs et le chemin de moindre coût le plus important passe par elle. Ce dernier est au centre du périmètre pour chacun des tests

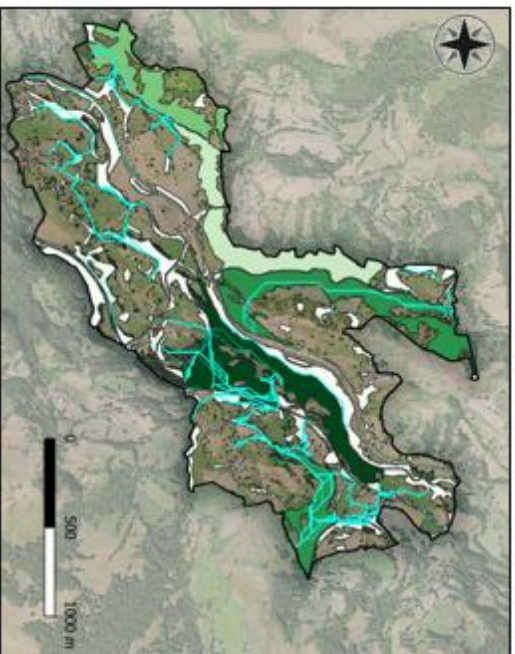
- *Compaing*



*Carte 8 : Carte présentant les chemins de moindre coût reliant les tâches d'habitats forestiers sur le site de Compaing*

La *Carte 8* présentant les chemins de moindre coût dans les trois cas de capacité de dispersion sur Compaing montre que pour la plus faible distance (500 mètres en distance euclidienne) la plupart des tâches d'habitats sont atteignables depuis une tâche proche. Seuls quelques liens entre habitats forestiers isolés impliquent des déplacements coûteux et ne sont accessibles que par des espèces à grande capacité de dispersion.





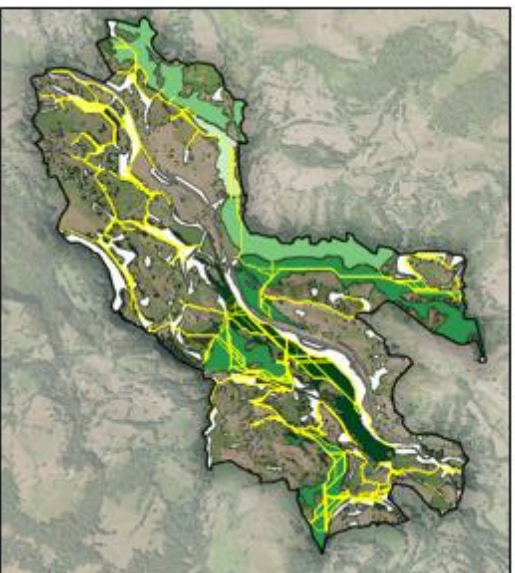
Importance des tâches d'habitats forestiers



Faible

Moyenne

Forte



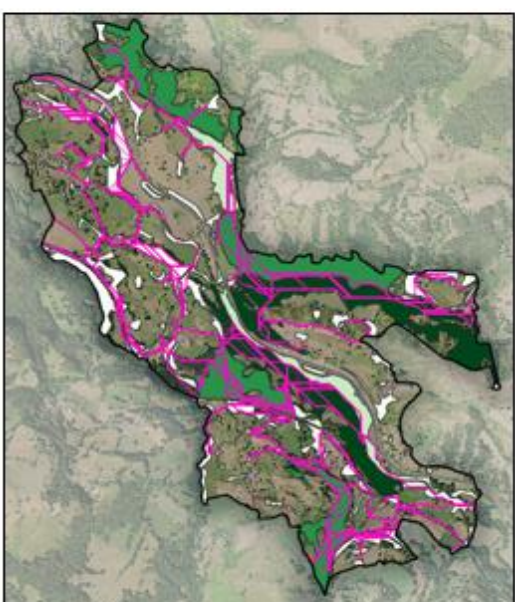
Chemin de moindre coût : capacité de dispersion de 500 mètres



Chemin de moindre coût : capacité de dispersion de 1 kilomètre



Chemin de moindre coût : capacité de dispersion de 4 kilomètres

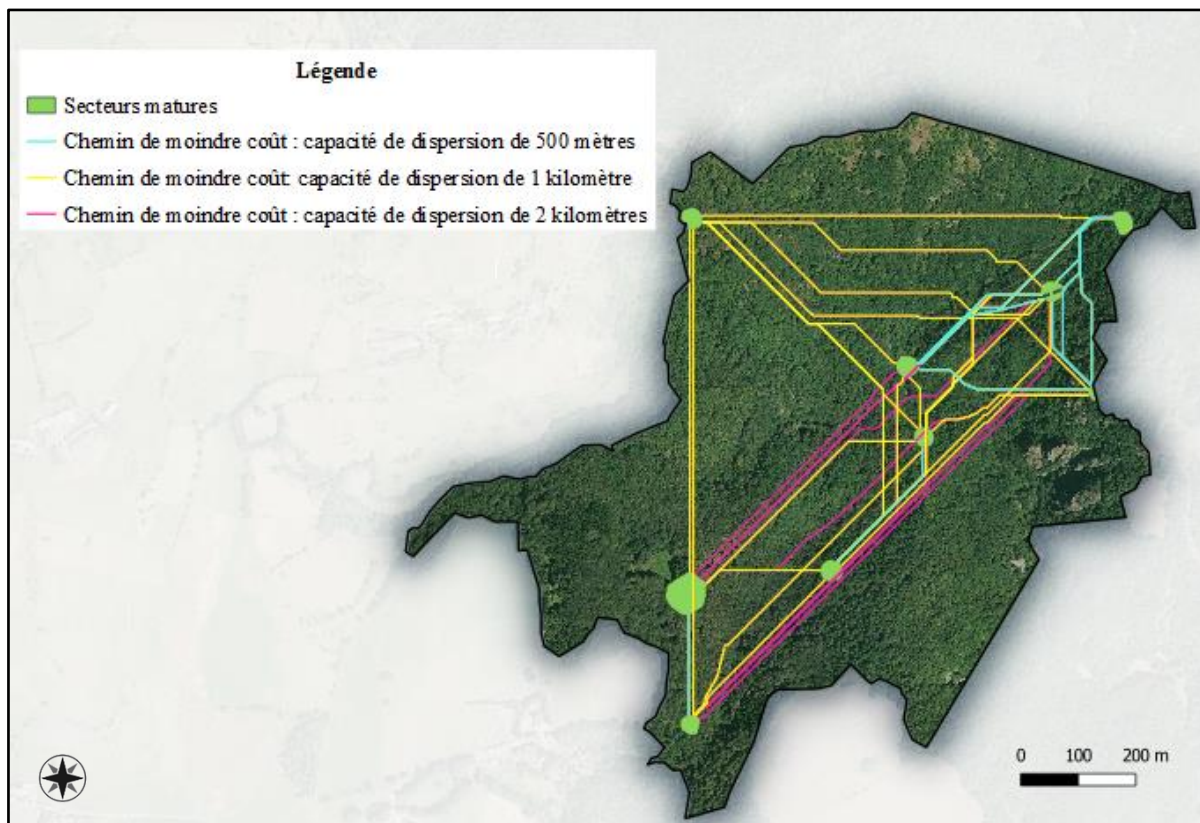


*Carte 9 : Cartes présentant l'importance des tâches d'habitats forestiers et des chemins de moindre coût pour chaque capacité de dispersion testée sur Compaing*

D'après la *Carte 9*, les secteurs les plus importants à l'échelle du réseau se trouvent au nord du site dans les trois cas testés. Dans le détail, les habitats forestiers du nord-est du site ont des importances identiques pour chaque capacité de dispersion alors que les habitats forestiers se trouvant au nord-ouest du site ont une importance plus élevée au sein des réseaux aux dispersions plus importantes (1 et 4 kilomètres). Deux chemins de moindre coût sont mis en avant par le calcul des probabilités de connectivité : le premier dès 500 mètres de capacité de dispersion au nord-ouest du site et le second dès 1 kilomètre, au sud du site.

## B : Trames de vieux bois

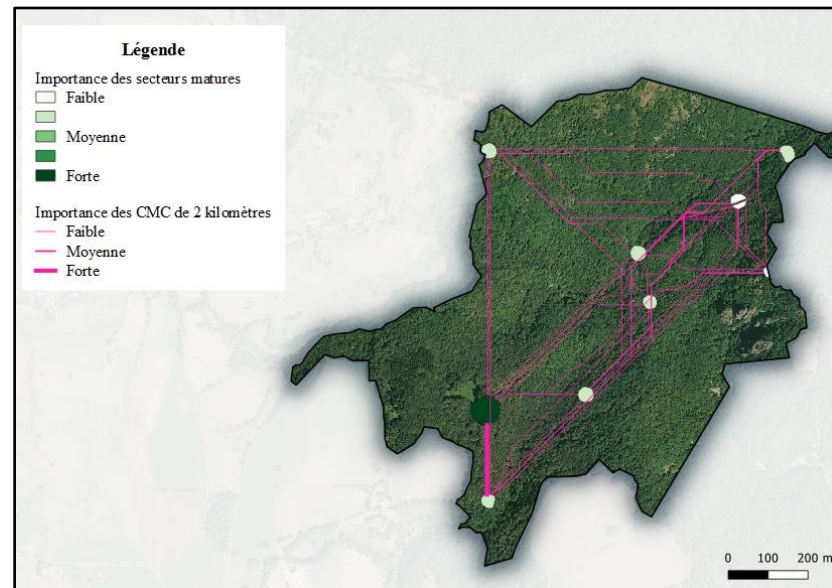
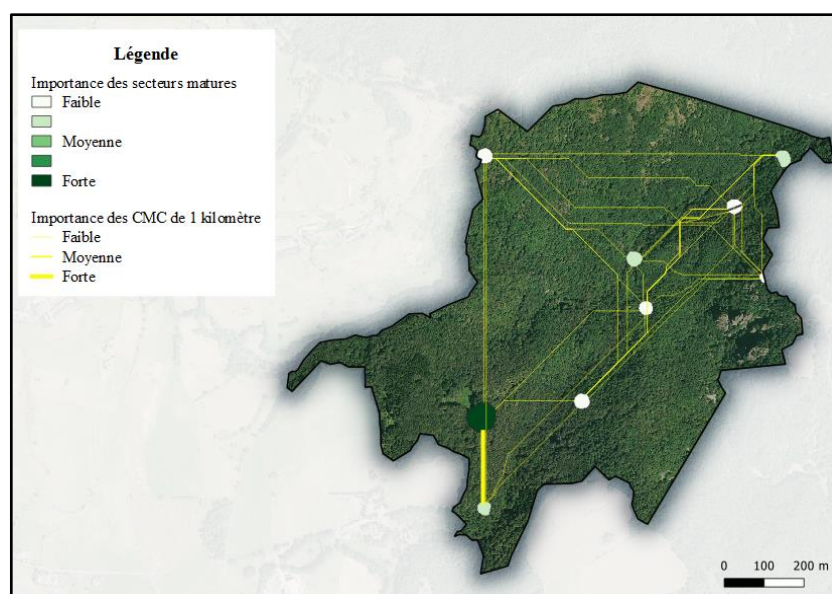
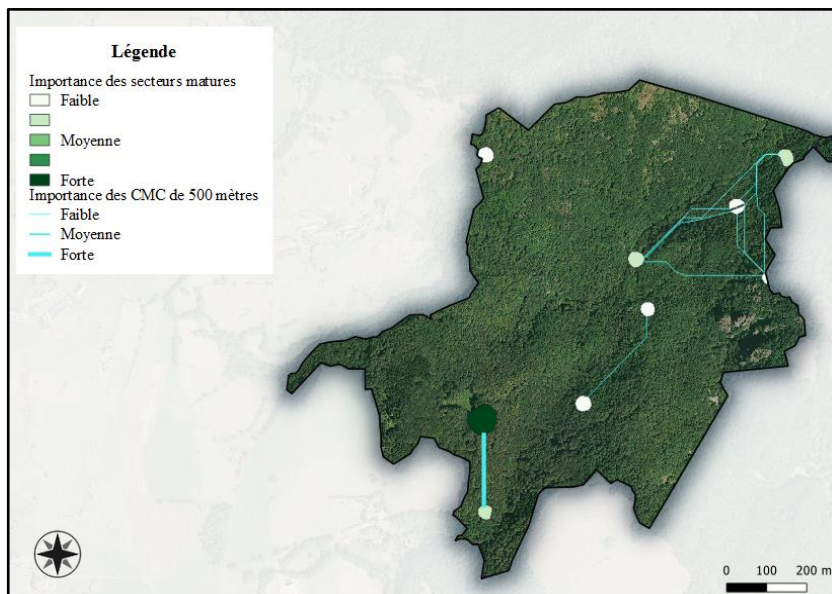
- *La Coste*



*Carte 10 : Carte présentant les chemins de moindre coût reliant les secteurs matures sur le site de la Coste*

Sur le site de la Coste, d'après la carte des chemins de moindre coût (*Carte 10*), la variation des capacités de dispersion induit des modifications dans la liaison entre les secteurs matures. Pour une capacité de dispersion de 500 mètres, le réseau est subdivisé en trois sous-réseaux déconnectés situés dans l'axe nord-est/sud-ouest du site. De plus le secteur mature au nord-ouest du site est isolé des autres secteurs. Dès l'application de la capacité de dispersion intermédiaire (1 kilomètre), le réseau devient continu et chaque secteur mature est lié à un autre par un chemin de moindre coût.

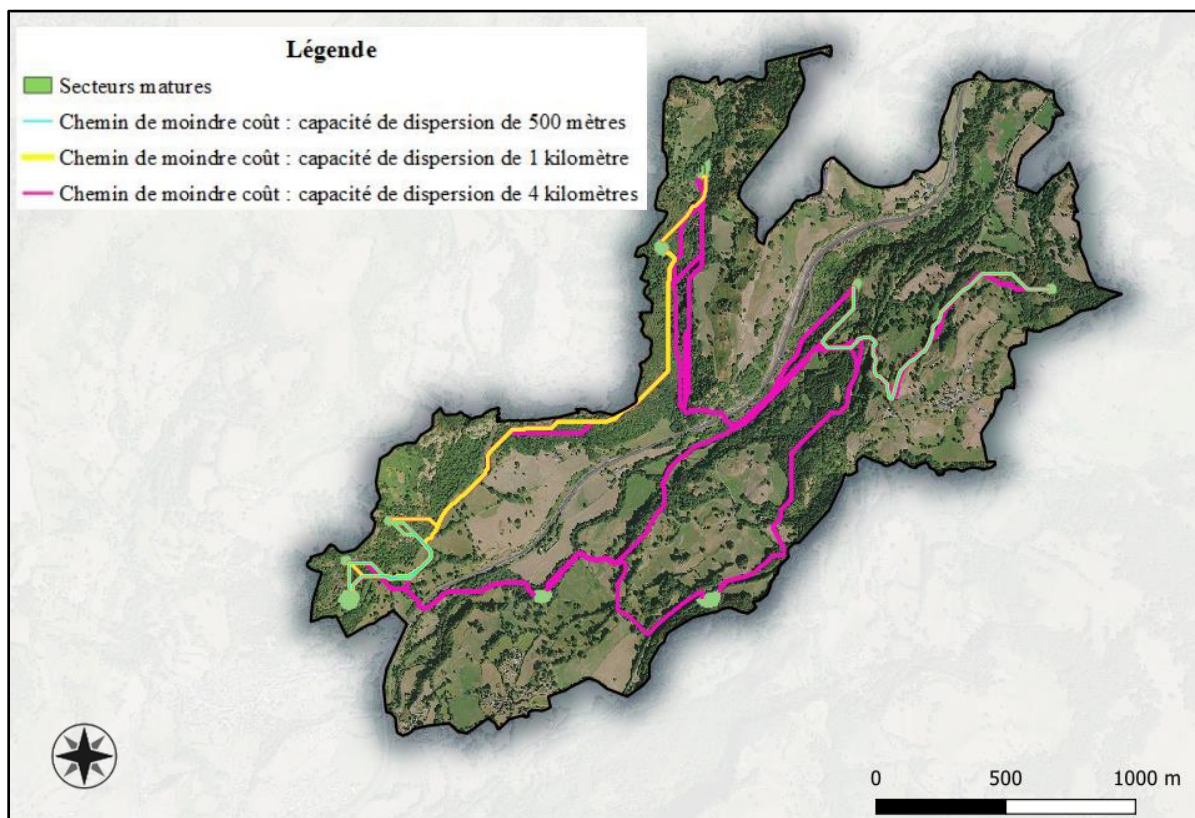




*Carte 11: Cartes présentant l'importance des secteurs matures et des chemins de moindre coût pour chaque capacité de dispersion testée sur la Coste*

D'après la *Carte 11*, le secteur le plus important à l'échelle du réseau de maturité se trouve au sud-ouest du site dans les trois cas testés. Il est connecté à un patch mature plus au sud par le chemin de moindre coût le plus important du réseau. Deux autres chemins sont mis en avant par le calcul des probabilités de connectivité : un dans chaque sous-réseau formé dès l'application d'une capacité de dispersion de 500 mètres.

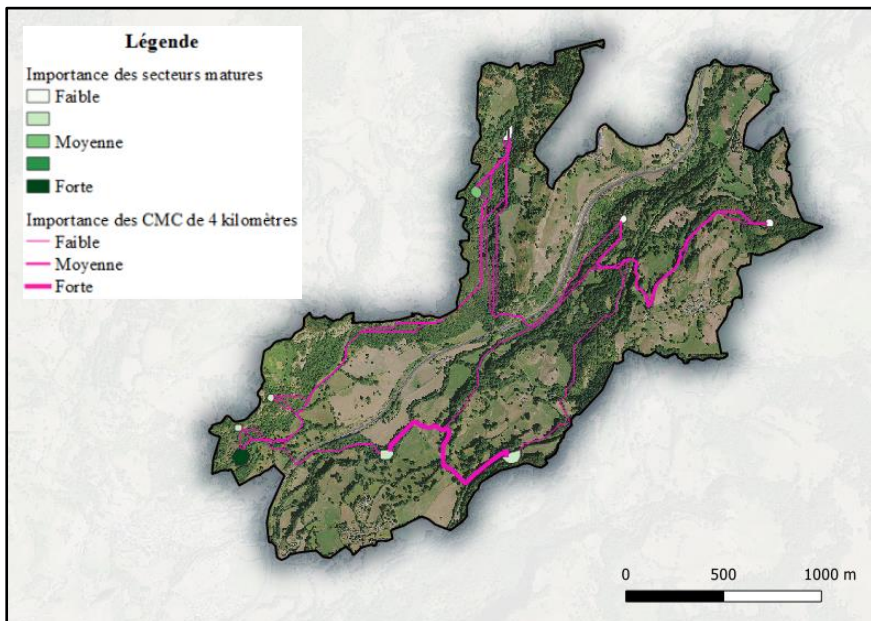
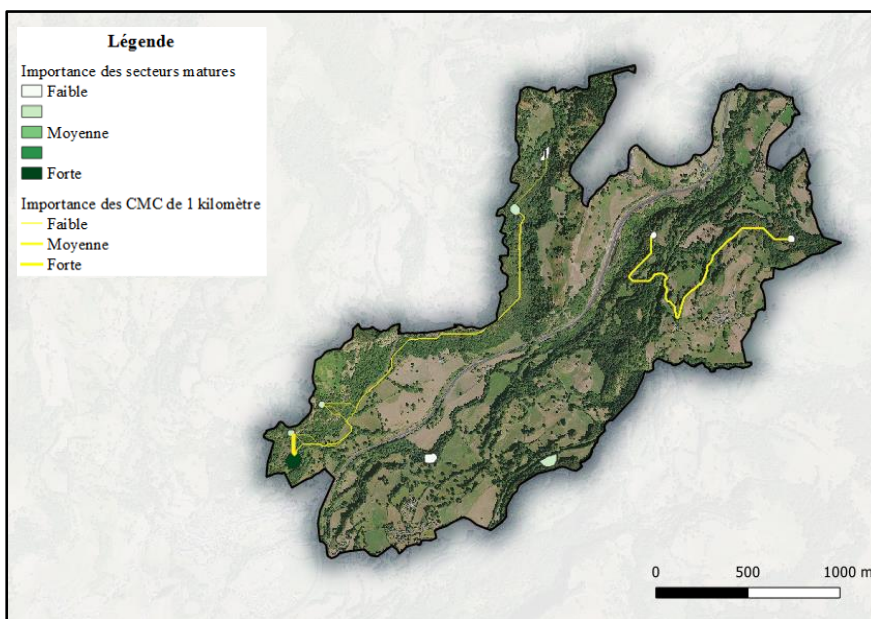
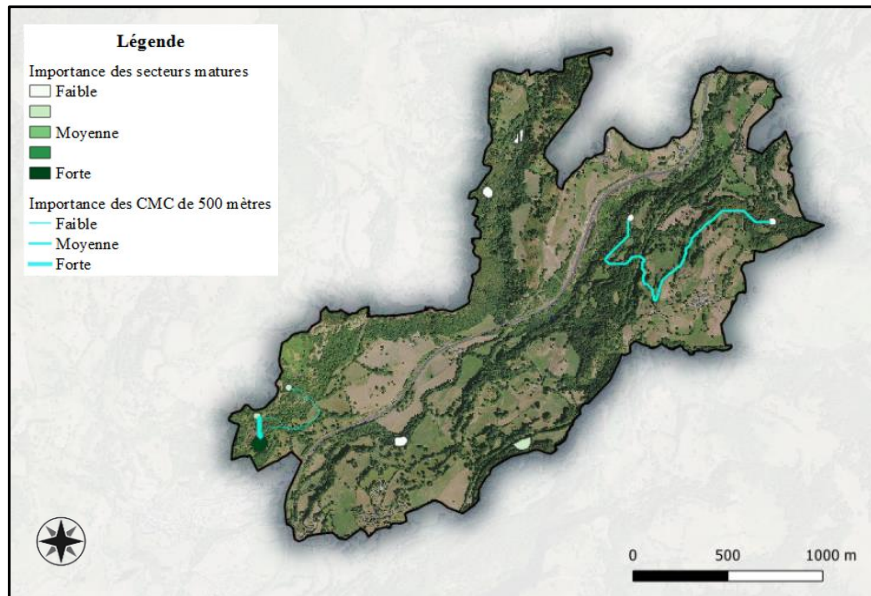
- *Compaing*



*Carte 12 : Carte présentant les chemins de moindre coût reliant les secteurs matures sur le site de Compaing*

Sur Compaing, la carte présentant les réseaux formés par les chemins de moindre coût entre les secteurs matures (*Carte 12*) montre une différence notable d'accessibilité aux secteurs matures entre la capacité de dispersion de 4 kilomètres et les deux autres. Dans le cas de la dispersion maximale tous les secteurs sont accessibles et les chemins forment un réseau continu. Les autres distances testées induisent un accès limité à certains secteurs matures et un clivage important du réseau en deux sous-réseaux non communiquant. Trois secteurs matures sont alors isolés.





*Carte 13 : Cartes présentant l'importance des secteurs matures et des chemins de moindre coût pour chaque capacité de dispersion testée*

L'analyse de la connectivité (*Carte 13*) montre que les secteurs matures situés au sud du site de Compaing sont globalement plus importants que les autres hot spots de maturité peu importe la capacité de dispersion appliquée. Le secteur le plus à l'ouest est le plus important dans les trois réseaux. Les deux secteurs les plus au sud ont une importance plus forte dans le réseau lorsque la capacité de dispersion appliquée est élevée. Parmi les chemins de moindre coût, ceux reliant les deux secteurs les plus à l'ouest et les deux secteurs les plus à l'est sont les plus importants pour les espèces se déplaçant à 500 mètres ou à 1 kilomètre. Dans le cas des 4 kilomètres, ce sont les chemins reliant les deux secteurs les plus au sud et ceux les plus à l'est qui ont l'importance la plus élevée.

## **PARTIE 5 : DISCUSSION**

### **I/ Structure des trames**

#### A : La Coste

Sur le site de la Coste l'homogénéité de la couverture forestière assure une continuité d'habitats favorable à la dispersion des chauves-souris. En effet, l'ensemble du périmètre présente des sols peu coûteux en énergie permettant de connecter les boisements entre eux. De plus, l'analyse de la connectivité confirme la fonctionnalité de cet ensemble car il permet le déplacement d'espèces forestières aux faibles capacités de dispersion (500 mètres) telles que l'Oreillard roux, dans tout le périmètre. La trame forestière n'est pas sous la forme de réservoirs reliés par des corridors sur ce site mais est composée d'un seul et même ensemble boisé, garantissant sa fonctionnalité pour les espèces forestières y vivant.

Cependant, la prospection de terrain a montré que, s'agissant de la trame de vieux bois, les secteurs les plus matures sont éloignés les uns des autres, séparés par de grandes zones peu matures. Le réseau de maturité qu'ils forment sur le site permet la dispersion d'espèces pouvant effectuer des distances d'un kilomètre mais n'est pas adapté aux espèces présentant des capacités de dispersion inférieures. L'absence de secteurs matures sur de grandes surfaces constitue un obstacle majeur au déplacement d'espèces strictement inféodés au bois mort. La discontinuité du réseau, le rend peu fonctionnel pour les coléoptères saproxyliques, par exemple, qui ne peuvent se déplacer que sur de très courtes distances (Dodelin B., 2006). Cette connectivité entre secteurs matures pourrait être améliorée par l'ajout d'un îlot riche en attributs de maturité au centre du site (Annexe 7). Les chauves-souris étant moins exigeantes peuvent cependant circuler d'un secteur à l'autre en utilisant la trame forestière précédemment décrite. Cependant, des attributs de maturité tels que des arbres morts ou des arbres habitats ponctuels peuvent se trouver dans les secteurs peu matures existants et constituer d'importants points relais.

## B : Compaing

Sur le site de Compaing, l'occupation du sol très variée entraîne une hétérogénéité importante de la perméabilité des sols. Les déplacements sont coûteux et donc les capacités de dispersion limitées. Néanmoins, il ressort des analyses que le réseau formé par les habitats forestiers présente une connectivité correcte puisque la quasi-totalité du réseau (excepté quelques tâches isolées) est accessible aux espèces pouvant se déplacer à 500 mètres. Sur ce site la trame forestière présente un maillage bocager et des ripisylves dans les zones côuteuses assurant ainsi les connexions entre les habitats forestiers de plus grandes surfaces présents surtout en bordure ou au nord du périmètre.

D'après l'analyse de connectivité, les distances géographiques importantes entre les secteurs matures sur le site ne présentent pas un frein à la mobilité des espèces pouvant aller jusqu'à 2 kilomètres. Le réseau semble cependant moins fonctionnel pour les taxons qui se dispersent sur des distances inférieures à 1 kilomètre. L'absence d'éléments matures au centre du site scinde en effet le continuum écologique de la trame de vieux bois en deux sous-réseaux non communicants. Cette lacune dans la connectivité peut être contrebalancée par l'ajout de quatre secteurs matures (Annexe 8). Situés au centre du site, ils constitueraient des relais importants entre les secteurs matures nord et sud.

En résumé, sur les terrains étudiés, les peuplements sont pour la majorité faiblement matures. A cela s'ajoute une distribution très éparse des attributs de maturité, rendant les continuités de vieux bois discontinues et peu fonctionnelles pour les espèces forestières peu mobiles. Les chauves-souris arboricoles présentent sur les sites ne sont pas strictement inféodées aux bois mort mais plutôt fortement dépendantes de ce milieu pour gîter et chasser. Elles peuvent donc se déplacer dans des milieux forestiers moins matures pour transiter entre leurs milieux de vie. Les boisements couvrent la quasi-totalité du site de la Coste, rendant la trame forestière favorable à ces déplacements. Ce n'est pas le cas à Compaing, périmètre où les zones agricoles sont très présentes. Cependant les quelques ripisylves et bocages servent de couloirs de circulation pour les espèces voulant passer d'un ensemble forestier à un autre.

## **II/ Priorisation des interventions de gestion :**

Les secteurs les plus matures de chaque site constituent des zones aux enjeux forts en termes de préservation. Toutefois, la priorisation des sites prend également en compte l'importance des secteurs dans la trame forestière et la trame de vieux bois. Le type de propriété fait aussi partie des critères de priorisation puisqu'il influe sur les possibles actions à mettre en place.

## A : La Coste :

Sur le site de la Coste, le secteur principal à préserver en termes de maturité et d'importance dans les réseaux est le patch plutôt mature situé au sud-ouest du périmètre. Cependant cette partie du site est actuellement en vente. Aucune démarche de sensibilisation ou propositions d'actions ne sera possible tant que le changement de propriétaire n'aura pas été effectué. Les secteurs du sud du site sont donc écartés dans cette étape de priorisation mais n'en demeurent pas moins intéressants.

La zone nord-est du site présente une densité forte en secteurs plutôt matures (au regard du reste du site) et constitue un ensemble connecté important pour les espèces à faible capacité de dispersion. Deux de ces secteurs présentent des quantités importantes en bois mort, élément de maturité crucial. Un troisième est plutôt riche en dendro-microhabitats. De plus, les parcelles concernées font partie d'une ASA, facilitant la mise en relation avec les propriétaires et permettant de toucher un plus grand groupe de personne. Ces trois secteurs sont donc retenus comme un ensemble prioritaire sur le site.

Enfin, la partie nord-ouest du site globalement très peu mature est une zone intéressante en termes d'amélioration puisque sa traversée constitue un obstacle important aux coléoptères saproxyliques et aux chauves-souris dispersant à moins d'1 kilomètre. De plus, une parcelle publique (bien de section) de plus de 100 m<sup>2</sup> se trouve dans cette zone du site, contenant un secteur riche en dendro-microhabitats justifiant un indice de maturité supérieur à 0.25. Cette parcelle constituera donc le deuxième secteur prioritaire sur la Coste.

#### B : Compaing :

Sur le site de Compaing, trois secteurs matures sont regroupés au sud-ouest du périmètre à un emplacement clef pour les espèces à faible capacité de dispersion. L'un d'entre eux présente une quantité importante de bois morts et de dendro-microhabitats. Les deux autres sont également riches en micro habitats. De plus, cette partie du site a une importance cruciale en termes de connectivité de la trame de vieux bois. Deux de ces secteurs se trouvent sur une même parcelle, bien d'un propriétaire privé. Cette parcelle fait donc partie des zones à prioriser sur le site.

La prospection de terrain a révélé la présence d'un secteur à l'indice de maturité élevé au nord-ouest du site : il présente des diamètres importants d'arbres et de bois morts sur pied. De plus, il se situe dans une partie importante de la trame forestière pour les espèces à forte capacité de dispersion. La parcelle étant récemment passé en bien communal, sa priorisation permettra d'échanger directement avec des élus.

### **III/ Pistes de gestion et perspectives**

En ce qui concerne les habitats forestiers du réseau français Natura 2000, des besoins forts ont été identifiés en matière d'augmentation du nombre d'arbres ayant dépassé le diamètre d'exploitabilité, atteint la sénescence, voire dépérissant, ainsi que d'arbres à cavités, de faible valeur économique mais présentant un intérêt pour certaines espèces (Arrêté n°2012/137). Sur les sites étudiés, la même constatation est faite.

#### A : Sensibilisation

Les propriétaires de chaque secteur retenu comme prioritaire ont été contactés et pour certains rencontrés. Les réunions ont eu lieu sur le terrain et ont permis de sensibiliser les acteurs sur l'importance de la maturité écologique des forêts et de la connectivité des milieux forestiers. Un second objectif est de les renseigner sur la situation globale des deux sites Natura 2000 en matière de trame forestière et de trame de vieux bois et plus précisément sur le rôle que jouent leurs parcelles dans ces deux réseaux. Enfin, les méthodes de gestion à adopter pour favoriser la biodiversité forestière sur leurs parcelles ont été décrites. L'accent a été mis sur la libre évolution, mise en place à travers l'inintervention humaine, puisqu'il s'agit de la méthode de gestion la plus favorable à l'apparition d'une biodiversité caractéristique des forêts sénescentes. Cependant d'autres consignes de gestion ont été abordées suivant les besoins des propriétaires et les enjeux des secteurs telles que la limitation des coupes à blanc ou le maintien de certains arbres habitats et certains bois morts sur la parcelle.



Pour accompagner le discours, un dépliant de vulgarisation scientifique coréalisé avec l'association Chauves-Souris Auvergne a été distribué aux propriétaires, et servira de document-ressource pour le CEN Auvergne pour la suite. Il contient toutes les informations nécessaires sur la maturité forestière, sa fonctionnalité et ses menaces et reprend les différentes méthodes de gestion à adopter en faveur de la biodiversité forestière. Il servira également d'outil pour les propriétaires souhaitant apprendre à reconnaître eux même les attributs de maturité grâce à des photos.

#### B : Engagement des propriétaires : Contrats Natura 2000 et Obligation réelle environnementale

Dans une démarche de pérennisation des actions de gestion proposées, il a été proposé aux propriétaires la signature de contrats de sénescence Natura 2000 : le propriétaire reçoit une compensation financière en échange de la libre évolution d'îlots ou d'arbres sénescents disséminés pendant trente ans. Durant cette période aucune intervention n'est autorisée sur la zone mis en défens.

Un autre engagement contractuel possible pour les propriétaires est la mise en place d'une obligation réelle environnementale dont la finalité est également la protection d'éléments de biodiversité, à la différence du temps d'application qui peut s'étendre jusqu'à 99 ans et que, étant rattachée au bien et non au propriétaire, même si ce dernier change, le contrat perdure.

De tels engagements permettent le développement d'îlots de sénescence ou d'arbres relais, améliorant ainsi les trames de vieux bois peu fonctionnelles des sites.

La concertation entre propriétaires et gestionnaires est un élément clef de la préservation des milieux naturels. L'adhésion du propriétaire et la compréhension de son engagement sont les meilleurs garants de la préservation à long terme. L'étape de sensibilisation est donc cruciale et déterminante pour la mise en place de projets futurs.

### **IV/ Retours critiques sur l'étude**

#### A : Limites de la prospection de terrain

La méthode de prospection choisie pour cette étude montre quelques limites. La réalisation du protocole par placettes a permis de couvrir toute la zone d'étude dans le temps prévu. Cependant cette méthode ne permet pas de voir de manière exhaustive les deux sites et d'évaluer leur maturité en plein. L'ensemble des analyses est basé sur une extrapolation qui peut être différente de la réalité.

Une autre limite de ce protocole est qu'il n'est pas adapté aux alignements d'arbres tels que les ripisylves. Ces dernières n'ont pas pu être étudiées dans ce travail malgré le rôle crucial qu'elles jouent dans la connectivité des milieux. En tout, six placettes n'ont pas pu être prospectées lors de la phase de terrain ; soit à cause de leur accès trop dangereux (cas de 2 placettes sur Compaing), d'un défrichement récent (cas de 2 placettes sur Compaing) ou du placement des placettes sur des ripisylves étroites (2 autres placettes sur Compaing). Les 100 placettes restantes ont pu être étudiées.

Une dernière difficulté rencontrée lors du terrain concerne le biais d'observation. En tout, dix observateurs différents ont participé aux prospections, dont quatre bénévoles inexpérimentés dans ce domaine. Sans expérience il est difficile de repérer les dendro-microhabitats et de prendre certaines mesures. De ce fait, des données peuvent être erronées ou manquantes.

#### B : Limites des analyses

Le calcul de l'indice de maturité est basé sur une méthode déjà existante. Les analyses statistiques ont servi à adapter la formule utilisée aux zones d'étude. La sélection des données participant au calcul détermine alors les indices sortants. Ici, les vieux arbres ont un poids important dans le calcul puisqu'une grande majorité des secteurs ayant une valeur de maturité élevée comprenait des arbres de gros diamètre. Le choix a été fait de garder cette approche mais d'autres variables auraient pu montrer d'autres résultats.

Durant l'étape de création des cartes de friction, des coefficients de perméabilité ont été associés à chaque type d'habitat. Le choix de ces valeurs, bien que guidé par la bibliographie, est objectif et peut être discutable. Dans le cas de l'analyse des probabilités de connectivité, la sélection des trois distances de dispersion est également critiquable car il ne s'agit ni de moyenne ni de distances maximales puisque celles-ci varient en fonction de l'espèce, de la qualité de l'habitat, de la disponibilité locale des ressources et de la localisation des gîtes (route et chiro). En testant un nombre plus important de distances, les résultats auraient été plus précis.

Les chemins de moindre coût et les tâches d'habitats forestiers ou les secteurs matures n'ont été identifiés et calculés que sur le périmètre des sites. Ainsi le logiciel considère qu'en dehors de ces limites les milieux ne sont pas favorables. Cependant en réalité, les zones tampon en dehors des sites peuvent contenir des secteurs forestiers et des secteurs matures pouvant aider à la connectivité des trames. Cette vision des zones d'études comme étant entourées de murs est un facteur limitant de l'étude.

Dans ce rapport, la connectivité des trames est étudiée à travers une seule métrique : la probabilité de connectivité. Il s'agit de la plus globale de toutes celles proposées par le logiciel Graphab, d'où son utilisation dans ce type d'étude synthétique. Mais d'autres métriques sont disponibles, plus précises et pouvant être plus intéressantes suivant le contexte. De plus, avant ces calculs, un retour sur le terrain aurait été préférable pour affiner les surfaces de chaque secteur identifié comme plutôt matures. Par manque de temps, ce sont les surfaces terrières et la méthode de repérage des gros houppiers par cartographie qui ont permis d'ajuster ces surfaces. Des écarts avec la réalité sont là encore probables.

#### C : Pistes de réflexion à approfondir

Ce travail visait principalement à apporter des connaissances sur les caractéristiques forestières globales des deux sites et comprendre la structure de leurs trames forestières et de vieux bois. Aussi, plusieurs éléments mériteraient d'être étudiés plus précisément dans une optique d'affiner les résultats et d'approfondir certaines des constatations issues de cette étude.

Une étude complémentaire par télémétrie pourrait être réalisée afin de repérer l'ensemble des gîtes à chauve-souris et d'étudier le milieu associé. De plus, des enregistreurs pourraient être placés sur des secteurs aux indices de maturité opposés mais aux conditions environnantes similaires pour comparer l'activité des chauves-souris forestières en fonction de la maturité du peuplement. Enfin les ripisylves pourraient également faire le sujet d'une étude spécifique pour affiner les connaissances sur la structure de la trame forestière et la trame de vieux bois du site de Compaing.

Dans l'identification des secteurs matures, il convient aussi d'aborder la continuité temporelle de ce compartiment, ce que n'apporte pas l'analyse actuelle de la structure des peuplements. Cette notion est pourtant fondamentale dans le maintien des espèces associées à la maturité, notamment celles aux faibles capacités de recolonisation. Il conviendrait donc de l'étudier.

L'enjeu de conservation de la biodiversité, est, dans cette étude, vu à travers le filtre « chiroptères ». Cependant une multitude d'autres espèces sont inféodées aux forêts et ne traiter que d'un groupe constitue un choix limitant. Les connaissances de la relation entre une espèce et un élément structurant de la forêt sont un atout majeur à l'impulsion de mesures de gestion concrètes et efficaces. Plus les espèces considérées sont nombreuses, et attentivement étudiées, plus les actions proposées seront adaptées à la réalité. Les coléoptères saproxyliques plus particulièrement comprennent certains taxons aptères, qui présentent un cas extrême de faible pouvoir de dispersion (Dodelin B., 2006) Leur étude sur le territoire pourrait être très intéressante et révéler des lacunes en matière de fonctionnalité de ces forêts que ce travail ne montre pas.

## **V/ Développement personnel**

La diversité des missions m'a permis de développer de nombreuses connaissances et compétences qui me seront utiles dans le milieu professionnel.

J'ai pu rencontrer et contacter diverses personnes au savoir riche vis à vis du sujet concerné. J'ai également suivi une formation sur les forêts matures avec des membres du CBNMC, participé à la 18<sup>ème</sup> édition des rencontres nationales de Bourges traitant des chauves-souris et assisté des collègues lors de captures et de suivis de chiroptères. Cet ensemble d'activités en complément d'une synthèse bibliographique exhaustive m'ont permis d'acquérir des connaissances importantes sur le sujet des forêts matures et des chiroptères.

Puisque les missions du CEN sont très diversifiées, j'ai également pu suivre d'autres collègues travaillant sur différents sujets. Dans les faits, j'ai effectué deux formations de botanique : l'une sur les prairies de fauches et l'autre sur les espèces bioindicatrices de zones humides. J'ai également participé à un suivi de ponte de lépidoptères. Grâce à la multitude et la diversité des missions effectuées, je ressors de ce stage avec un bagage de connaissances plus conséquent.

Ce stage comportait également un important volet de sensibilisation. Les rencontres avec les propriétaires m'ont permis de développer un savoir-faire en termes de vulgarisation scientifique ainsi que de travailler mon aisance orale. La création des plaquettes de sensibilisation associée à ces missions a été importante car elle m'a appris à coordonner différents acteurs mais aussi à gérer l'avancée de ce projet.

Un autre volet important de ce stage concernait la communication. En effet, j'ai eu la chance de pouvoir communiquer sur mon étude grâce à différents outils. J'ai notamment effectué un passage sur la radio « France Bleu Pays d'Auvergne ». Cette occasion, rare pour un stagiaire, m'a conduit à savoir gérer mon stress face à une situation et un environnement totalement nouveau. Cette expérience était très enrichissante. J'ai également été interviewé par un journaliste qui a rédigé un article sur cette étude dans le journal « la Dépêche Auvergne ». Enfin, j'ai rédigé un article en vue d'une publication sur le site CEN avec pour but de mettre en avant l'étude dans sa globalité en présentant tous les résultats obtenus. Synthèse du sujet, extraction et mise en avant des informations intéressantes et vulgarisation des parties trop scientifiques, sont des savoirs-faire sur lesquels j'ai travaillé pour pouvoir toucher un public qui n'est pas forcément concerné par les enjeux environnementaux afin de l'informer sur mon étude.

La quasi-totalité de mon stage ayant été effectuée en autonomie, j'ai appris à organiser mon travail pour que les phases de terrain et d'analyses soient effectuées lors des périodes prévues. J'ai, cependant, également été accompagnée sur le terrain par un stagiaire de première dont je devais gérer l'emploi du temps et épauler tout au long de son stage. J'ai donc dû veiller à conserver un équilibre entre autonomie lors de mon étude et tutorat du stagiaire.

Cette immersion de six mois dans un environnement de travail en totale autonomie ou presque, m'a permis d'appréhender le métier de « chargé de projets » que je souhaite exercer en tant que professionnelle. Ce stage a donc parfaitement rempli son rôle en me donnant une vision pratique et non plus théorique de ce métier tout en me confortant dans l'idée de continuer dans cette voie.

## **CONCLUSION**

Longtemps les forêts constituées d'arbres jeunes, sans bois mort ou dépourvus étaient le gage d'un peuplement sain et vigoureux. Il est désormais démontré par de nombreuses études que cette vision est erronée et que des boisements présentant ces caractéristiques sont au contraire plus à même d'assurer avec efficacité leurs multiples fonctions. L'étude de la composition des boisements et de leur configuration sur les sites de la Coste et de Compaing a permis de conclure que les trames forestières sont plutôt favorables aux déplacements des espèces, grâce à une homogénéité forestière quasi-totale dans le premier site et à la présence de corridors écologiques d'alignements d'arbres et de bocages dans le second. Les trames de vieux bois sont quant à elles moins fonctionnelles à cause d'une faible maturité globale, accentuée par une distribution très éparse des attributs de maturité.

L'intérêt d'étudier les réseaux de boisements, matures ou non matures, est multiple. Cela permet de mieux connaître la forêt au regard de son importance pour les espèces qui lui sont inféodées et de mettre en avant les zones moins favorables qui entravent sa connectivité. Connaître l'existant est une étape cruciale pour pouvoir sensibiliser les acteurs concernés et mettre en place des méthodes de gestion adaptées à la situation.

Aussi, sur ces sites, cette étude servira d'appui à la poursuite de projets ancrés dans une démarche de préservation de la forêt, de ces éléments matures et de sa connectivité depuis l'échelle de la parcelle jusqu'à celle du paysage.

## BIBLIOGRAPHIE

### Thèses :

Janssen P., Fuhr M., Brun J-J. *Effets de l'ancienneté du couvert forestier et de la maturité des peuplements sur la biodiversité des forêts de Chartreuse*. IRSTEA, 2015.

Janssen P. *Influences relatives de l'ancienneté et de la maturité sur la biodiversité: implications pour la conservation en forêts de montagne*. Université Grenoble Alpes, 2016.

Larrieu L. *Les dendro-microhabitats : facteurs clés de leur occurrence dans les peuplements forestiers, impact de la gestion et relation avec la biodiversité taxonomique*. Institut National Polytechnique de Toulouse. 333p, 2014.

Remon J. *Connectivité fonctionnelle en paysage fragmenté : Apport des données génétiques et démographiques pour étudier l'impact multi-spécifique des infrastructures linéaires de transport*. Université Paul Sabatier. 211p, 2018

Tillon L. *Utilisation des gîtes et des terrains de chasse par les chiroptères forestiers, propositions de gestion conservatoire*. Université Paul Sabatier, 2015.

### Articles scientifiques et revues :

Angelstam P. et al. *Habitat thresholds for focal species at multiple scales and forest biodiversity conservation - dead wood as an example*. *Annales Zoologici Fennici*. 40 : 473–482, 2003.

Biache C. et al. *Vieux bois et bois morts : Guide technique*. Office national des forêts, Direction forêts et risques naturels (DFRN). 102 p, 2017.

Bütler R et al. *Connaître, conserver et promouvoir les arbres-habitats*. Institut fédéral de recherches WSL. 64, 2020

CEREMA. *Chiroptères et infrastructures de transport*. Note d'information. CEREMA 7, 2018.

Colin A. et Derrière N. *La forêt française : un puits de carbone ? Son rôle dans la limitation des changements climatiques*. Inventaire forestier national. L'IF. 7, 2005.

Dodelin B. *Ecologie des coléoptères saproxyliques dans les forêts de l'étage montagnard des Alpes du nord françaises*. *Annales de la Société Entomologique de France*. 42 :231-243, 2006.

Dodelin B et al. *Bois et forêts à arbres vieux ou morts*. Les cahiers techniques. Conservatoire Rhones-Alpes des espaces naturels, 2010.

Emberger C., Larrieu L. et Gonin P. *Dix Facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt*. CNPF. Forêt entreprise. 233, 2016

IGN. *1958-2018 : 60 ans d'inventaire forestier*. Le mémento inventaire forestier. IGN, 2018.

Kirby K., Webster S. et Antczak A. *Effects of forest management on stand structure and the quantity of fallen dead wood : Some British and Polish examples*. *Forest Ecology and Management*. 43 : 167-174, 1991.

Lachat T. et al. *Bois mort en forêt, formation importance et conservation*. Institut fédéral de recherches WSL. 64, 2019.

Larrieu L. et al. *Deadwood and tree microhabitat dynamics in unharvested temperate mountain mixed forests : A life-cycle approach to biodiversity monitoring*. *Forest Ecology and Management*. 334 :163-173, 2014.

Maréchal N. *Biodiversité en forêt la connaître pour la préserver*. Forêt entreprise la revue technique des forestiers (Centre National de la Propriété Forestière). 255, 2020.

Müller J., Engel H., et Blaschke M. *Assemblages of wood-inhabiting fungi related to silvicultural management intensity in beech forests in southern Germany*. *European Journal of Forest Research*. 126(4) :513-527, 2007.

Müller J. et Büttler R. *A review of habitat thresholds for dead wood : A baseline for management recommendations in European forests*. European Journal of Forest Research, 129(6) : 981-992, 2010

SETRA. *Chiroptères et infrastructures de transports terrestres : Menaces et ations de préservation*. Note d'information. Série Economie Environnement Conception. 91, 2009.

Vallauri D., André J. et Blondel J. *Le bois mort, un attribut vital de la biodiversité de la forêt naturelle, une lacune des forêts gérées*. Rapport scientifique. WWF France, 2002.

Vouillon P. et al. *Trame de vieux bois, un engagement pour la santé de l'écosystème forestier*. L'association Inter-Parcs Massif Central, 2020.

#### **Sites internet :**

CRPFAuvergne-Rhône-Alpes. *La forêt privée dans le Cantal*. mars 2018, consulté le 10 juin 2021. <https://auvergnerhonealpes.cnpf.fr/n/la-foret-privée-dans-le-cantal/n:2326>

IGN Institut National de l'Information Géographique et Forestière. *La surface forestière*. Inventaire forestier, consulté le 15 mai 2021. <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique11>

Situation des forêts du monde 2020. *Forêt, biodiversité et activité humaine*. Food and Agriculture organization of the United Nations. 2020, consulté le 10 juin 2021. <http://www.fao.org/3/ca8642fr/online/ca8642fr.html>

#### **Livres :**

Kunz T.H., Fenton M.B. *Bat ecology*. University of Chicago press. Chicago. Illinois. 779p, 2003.

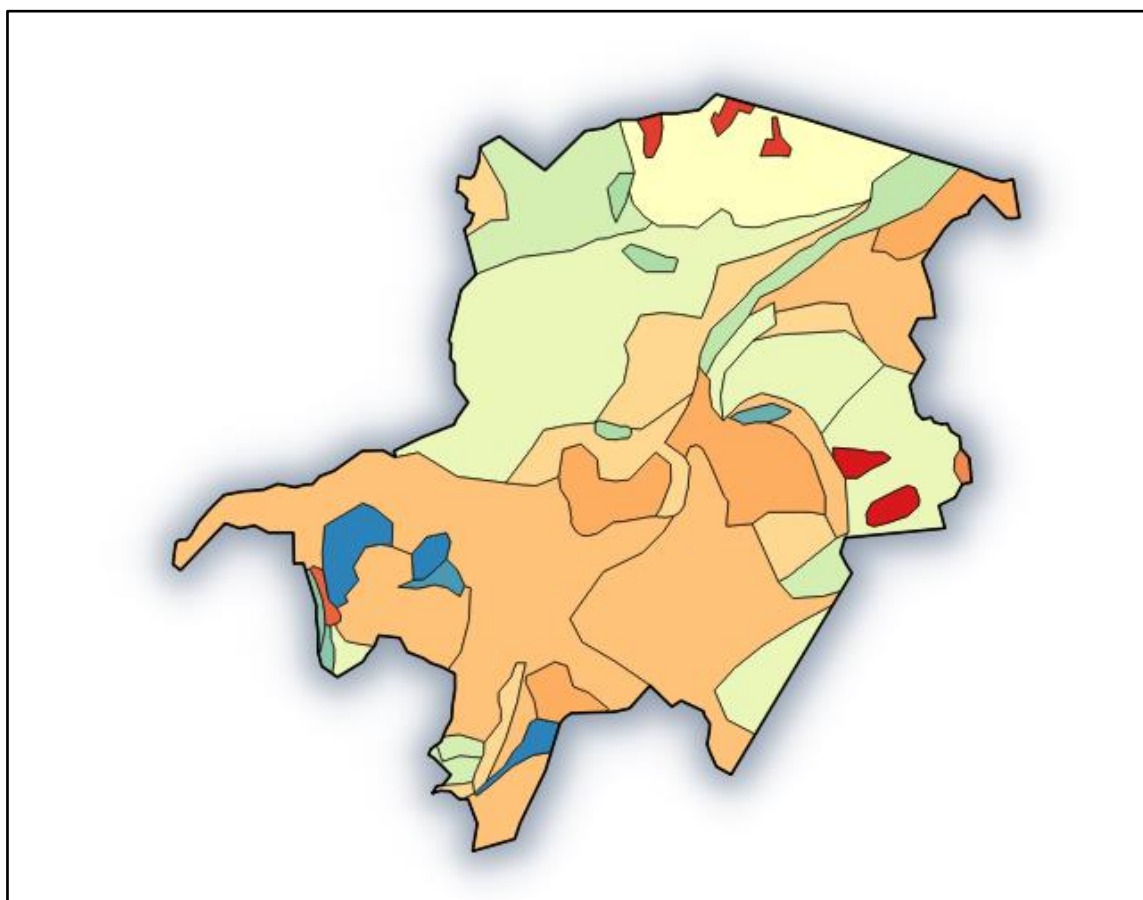
Lacki M.J., Hayes J.P., Kurta A. *Bats in forests: Conservation and management*. Johns Hopkins University Press Books, 2007.

Buono L., Bruhat L., Acca A. *Ripisylves méditerranéennes et chauves-souris, enjeux et conservation*. Groupe chiroptères de Haute Provence. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. EDF. 68p, 2019



## ANNEXES

### Annexe 1 : Carte des habitats EUNIS présents sur le site de la Coste

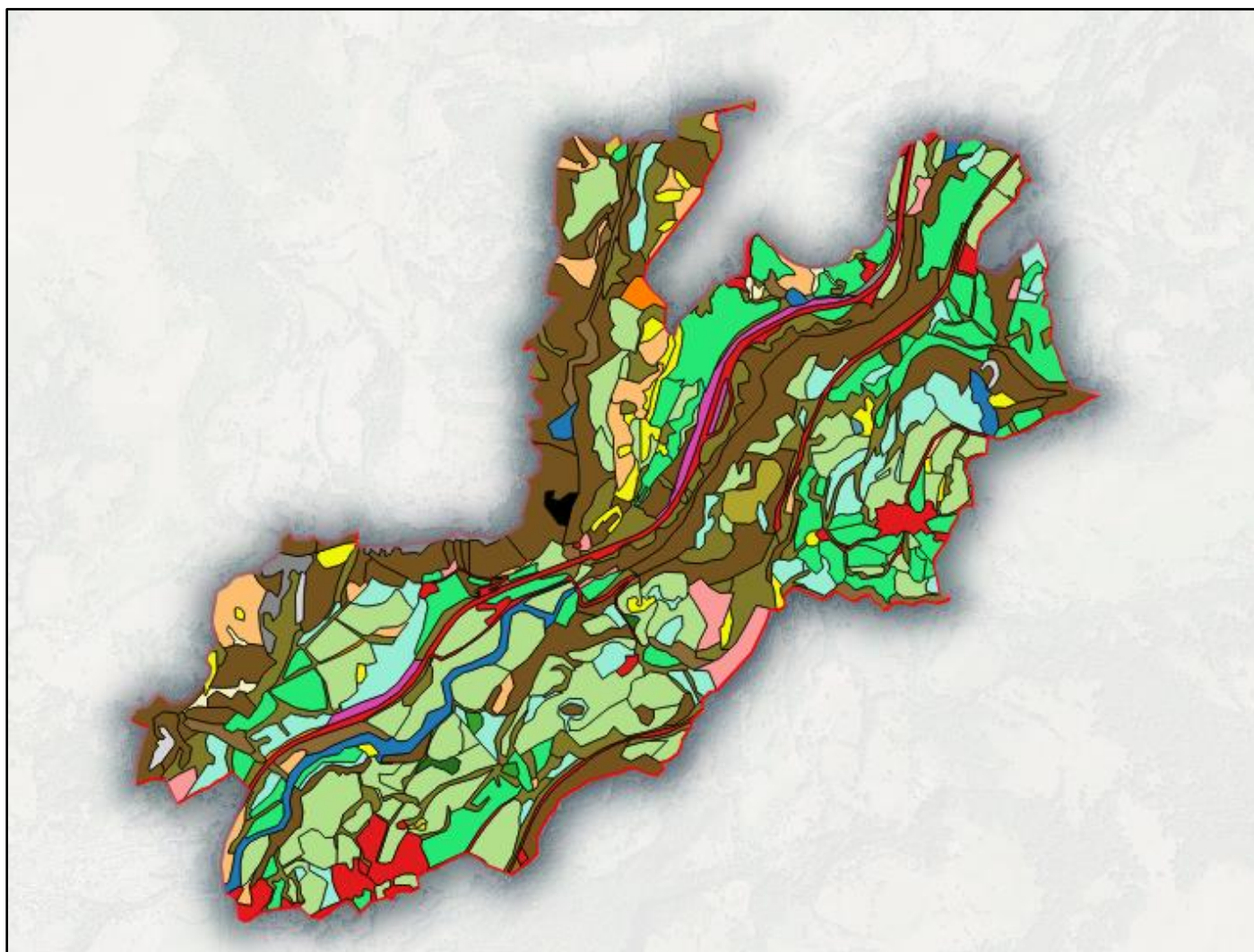


#### Légende

##### Habitats (Code EUNIS)

- H3.1 - Falaises continentales siliceuses acides
- E1.28 - Pelouses calcaireo-siliceuses d'Europe centrale
- E5.3 - Formations à *Pteridium aquilinum*
- F4.2 - Landes sèches
- G1.62 - Hêtraies acidophiles atlantiques
- G1.63 - Hêtraies neutrophiles médio-européennes
- G1.6312 - Hêtraies médio-européennes à *Asperule* et *Melique*
- G1.67 - Hêtraies médio-européennes méridionales
- G1.7111 - Chênaies à *Quercus pubescens* sud-occidentales
- G1.87 - Chênaies acidophiles médio-européennes
- G1.A1 - Boisements sur sols eutrophes et mesotrophes à *Quercus*, *Fraxinus* et *Carpinus betulus*
- G1.A12 - Frenaiies-chênaies et chênaies-charmaies aquitaniennes
- G1.A4 - Forêts de ravin et de pente
- G5.61 - Prebois caducifolies
- G5.71 - Taillis
- G5.85 - Clairières à couvert arbustif
- G3.F - Plantations très artificielles de conifères

## Annexe 2 : Carte des habitats EUNIS présents sur le site de Compaing



### Légende

#### Habitats (Code EUNIS)

- |   |  |
|---|--|
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d9ead3;"></span> E1.111 - Gazon médio-européens à Orpins  | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#4f81bd;"></span> G1.212 - Bois des rivières à débit rapide à [Fraxinus] et [Alnus]                                       |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#fff2cc;"></span> E1.26 - Pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques                                | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#8c564b;"></span> G1.63 - Hétraies neutrophiles médio-européennes   |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#ffff99;"></span> E1.281 - Pelouses des rochers calcaréo-siliceux hercyniennes                         | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#54278f;"></span> G1.A12 - Frênaies-chênaies et chênaies-charmaies aquitaniennes  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#ffff00;"></span> E1.7 - Pelouses sèches, acides et neutres fermées non-méditerranéennes               | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#000000;"></span> G1.A4 - Forêts de ravin et de pente   |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#99d8c9;"></span> E2 - Prairies mésiques   | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#e377c2;"></span> G1.C1 - Plantations de [Populus]  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#1b9e77;"></span> E2.1 - Pâturages permanents mésotrophes et prairies de post-pâturage                 | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#f781bf;"></span> G3.F - Plantations très artificielles de conifères  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#4da14a;"></span> E2.111 - Pâturages à Ivraie vivace   | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#8c564b;"></span> G1.911 - Boulaies atlantiques planitiales et collinéennes   |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#a6d854;"></span> E2.112 - Pâturages atlantiques à [Cynosurus] et [Centaurea]                          | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#8c564b;"></span> G5.1 - Alignements d'arbres   |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#b2df8a;"></span> E2.22 - Prairies de fauche planitiales subatlantiques                                | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#8c564b;"></span> G5.5 - Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et conifères   |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d9ead3;"></span> E2.3 - Prairies de fauche montagnardes   | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#8c564b;"></span> G5.61 - Prébois caducifoliés  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#1b9e77;"></span> E3.4 - Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses                      | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#cccccc;"></span> H2 - Éboulis  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#1b9e77;"></span> E3.41 - Prairies atlantiques et subatlantiques humides                               | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#cccccc;"></span> H2.3 - Éboulis siliceux acides des montagnes tempérées  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#1b9e77;"></span> E5.412 - Mégaphorbiaies occidentales némorales rivulaires dominées par [Filipendula] | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#8c564b;"></span> H3 - Falaises continentales, pavements rocheux et affleurements rocheux                                 |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#ff7f0e;"></span> E5.22 - Ourlets mésophiles   | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#8c564b;"></span> H3.112 - Falaises siliceuses montagnardes et collinéennes hercynio-alpines                              |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#ff7f0e;"></span> E2.13 - Pâturages abandonnés   | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d62728;"></span> E5.12 - Communautés d'espèces rudérales des constructions urbaines et suburbaines récemment abandonnées |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#ff7f0e;"></span> E5.3 - Formations à [Pteridium aquilinum]  | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d62728;"></span> I1.53 - Jachères non inondées avec communautés rudérales annuelles ou vivaces                           |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#2ca02c;"></span> F3.1 - Fourrés tempérés  | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d62728;"></span> I2.23 - Petits parcs et squares citadins  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#2ca02c;"></span> F3.131 - Ronciers  | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d62728;"></span> J1 - Bâtiments des villes et des villages   |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#2ca02c;"></span> F3.14 - Formations tempérées à [Cytisus scoparius]                                   | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d62728;"></span> J1.2 - Bâtiments résidentiels des villages et des périphéries urbaines                                  |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#1f77b4;"></span> F9.2 - Saussaies marécageuses et fourrés des bas-marais à [Salix]                    | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d62728;"></span> J3.2 - Sites d'extraction minière à ciel ouvert en activité, y compris les carrières                    |
| <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#1f77b4;"></span> G1.211 - Bois des ruisseaux et sources à [Fraxinus] et [Alnus]                       | <span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:#d62728;"></span> J4.3 - Réseaux ferroviaires   |



Composition & recouvrement strates

| Composition                           | TOTAL | Recouvrement des principales essences constituant le peuplement (à ou à la) |
|---------------------------------------|-------|---|
| Arborée (> 7 m)                       |       |   |
| Arbustive (ligneau, < 6,7 m)          |       |   |
| Herbacée (herbacé ou ligneau h < 1 m) |       |   |

Ess. 2<sup>mes</sup>: \_\_\_\_\_ Struct. ppt:  Prébois  Accrus  Taillis  TSF  FR  FR  FR

Ess. 1<sup>me</sup>: \_\_\_\_\_ Hauteur mesurée gros arbres: \_\_\_\_\_ Hauteur estimée gros arbres (à défaut): \_\_\_\_\_

Classe(s) diamètre présentes (représentant chacune au moins 1% des tiges):  PB  BM  GB  TGB  TTBG

**Tour relapsopique** K relapsopie: \_\_\_\_\_  pente corrigée

| Surface terrière brute <sup>1</sup> | Bois vivants | Bois morts |
|-------------------------------------|--------------|------------|
| PB (17,5 < d ≤ 27,5 cm)             |              |            |
| MB (27,5 < d ≤ 47,5 cm)             |              |            |
| GB (47,5 < d ≤ 67,5 cm)             |              |            |
| TGB (67,5 < d ≤ 87,5 cm)            |              |            |
| TOTALE                              |              |            |

<sup>1</sup> Nb. d'arbres sur le tour d'horizon relapsopique (somme des x 1 x et des x 0,5 x) avant application coef K et corr. de pente)

**Vivants, Ø > au seuil<sup>1</sup> (ess, diam (cm))**

Nb: \_\_\_\_\_

**1<sup>er</sup> seuil Planiétaire à montagnard**  Cas général Ø ≥ 67,5cm  Subalpin, stations peu fertiles, essences faible dim. Ø ≥ 37,5cm

Si nb arbre-seuil<sup>1</sup> = 0 sur placette: dist. au centre de la placette du gros arbre<sup>2</sup> le + proche:  \_\_\_\_\_ m  > 40m  > 57m

Essence et Ø du plus gros arbre: \_\_\_\_\_ cm Nb d'arbres de Ø compris entre 57,5 et 67,5 cm: \_\_\_\_\_

**Bois mort**

**Debout, Ø > au seuil<sup>1</sup> (ess, diam (cm), haut. (cm))**

Nb: \_\_\_\_\_

**Au sol, Ø > au seuil<sup>1</sup> (ess, diam (cm), haut (cm))**

Nb: \_\_\_\_\_

**1<sup>er</sup> seuil Planiétaire à montagnard**:  Cas général Ø ≥ 37,5cm  Subalpin, stations peu fertiles, essences faible dim. Ø ≥ 17,5cm

PB mort: Sur pied: + + + + Au sol: + + + +

stades sapro: Sur pied  1  2  3  4  5 Sol  1  2  3  4  5

**DMH arbres vivants**

RAS  Plaf. \_\_\_\_\_

Cavité de pics (Ø>4cm, prof.≥10cm) Nb \_\_\_\_\_

Cavité à terreau/bois carié tronc (Ø≥10cm) Nb \_\_\_\_\_

Fente(>1cm, L>30cm, p>10cm) Nb \_\_\_\_\_

Ecorce décollée(ε>1cm, p&L>10cm) Nb \_\_\_\_\_

Charpentière/cime brisée (Ø>20cm, L>50cm) Nb \_\_\_\_\_

Macro-cavités Nb \_\_\_\_\_

Dendrothelme Nb \_\_\_\_\_

Bois nu sans écorce (peu altéré, ≥600cm<sup>3</sup>) Nb \_\_\_\_\_

Cavité contreforts racinaires (Ø≥10cm, fond dur) Nb \_\_\_\_\_

Cavité à terreau/bois carié de pied (Ø≥10cm) Nb \_\_\_\_\_

Coulée de sève (>20cm, résine exclue) Nb \_\_\_\_\_

Bois mort houppier (>20% ou Ø>20cm, L>50cm) Nb \_\_\_\_\_

Lianes et gui (>25%) Nb \_\_\_\_\_

Polyprotes(Ø≥10cm): bois vivant Nb \_\_\_\_\_, bois mort Nb \_\_\_\_\_

Remarques: \_\_\_\_\_

N° rel.: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_/\_\_\_/20\_\_\_

Organisme: CENA

Observateur(s): \_\_\_\_\_

Expo.: \_\_\_\_\_ Pente: \_\_\_\_\_

Surf. rel.:  1257m<sup>2</sup>  Autre \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Commune de loc.: \_\_\_\_\_

Remarques (Pb, GPS, repérage...): \_\_\_\_\_

Photos associées: \_\_\_\_\_

Localisation

**Topo**:  Sommet/crête  1/3up versant  mi-versant  Versant convexe  1/3inf versant  Doline

Concavité/repjat versant  Plateau  Dépression  Vallon  Bord cours d'eau  Vallée large

**Zone Biogéographique**:  Subalpin  Montagnard  Plaines & col.  Supraméd.  Mésoméd.

**Contrainte stationnelle forte**:  Engorgé  Tourbe  Éboullis>80%  Blocs/dalles>80%  Thermo/xérop  IRA

**Type végétation**: \_\_\_\_\_

**Type habitats**: Corine Biotopes: \_\_\_\_\_ EUNIS: \_\_\_\_\_ Natura2000: \_\_\_\_\_

**Milieux associés**:  Falaise  Dalle  Lapiaz  Grotte/gouffre  Tas pierres, murets>20m, ruines  Bords de galeits  Éboullis instable  Chaos blocs>2 m  Pente forte/instable  Rochers  Sources/suintements

Ruisseliets, fossés humides non entretenus, petits canaux (L<1 m)  Petits cours d'eau (1<L<8 m) Talweg

Rivières et fleuves  Bras mort, lacs, plans d'eau profonds  Etangs, lagunes et plans d'eau peu profonds

Mares (et autres petits points d'eau)  Tourbières  Zones marécageuses  Autre: \_\_\_\_\_  R.A.S

Petites trouées(<1,5Ha) \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  Gdes trouées(>1,5Ha): \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

**Contexte écologique**

**Usages agricoles passés et actuels**

Terrasses agricoles  Charbonnière

Ruines  Bief

Fontaine  Borne forestière

Murs  Fossé périmètre

Barbelés  Vieilles cépées

Têtards  Arbres plessés

Arbre rural néoforestier  Souches récentes

Pâturage actuel  Autres traces expl. for.

**Usages agricoles passés et actuels**

Piste, dist: \_\_\_\_\_ m

Sentier, dist: \_\_\_\_\_ m

Déchets

Trace incendie

Agrainage, sel, crud NH<sub>3</sub>

Poste de chasse

Bégâts sol ( \_\_\_\_\_ )

Autre \_\_\_\_\_

R.A.S

Conservatoire d'espaces naturels Auvergne

NATURA 2000

IPAMAC

MASSIF CENTRAL

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

Office National des Forêts

Direction Régionale de l'Environnement et du Patrimoine

REPUBLICQUE FRANÇAISE

Logo de la République Française

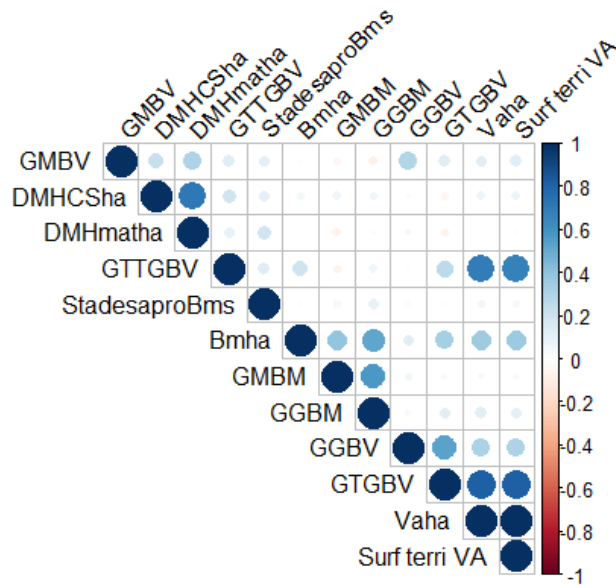
### Annexe 4 : Indice de maturité de Fuhr

$$IMAT = \frac{1}{4} \left( \frac{G_{TTGB}}{G_{TTGBmax}} + \frac{G_{BMD}}{G_{BMDmax}} + \frac{V_{BMS}}{V_{BMSmax}} + \frac{ND_{BMS}}{ND_{BMSmax}} \right)$$

$G_{TTGBmax}$ ,  $G_{BMDmax}$ ,  $V_{BMSmax}$ ,  $ND_{BMSmax}$  désignent respectivement les valeurs maximales prises par  $G_{TTGB}$ ,  $G_{BMD}$ ,  $V_{BMS}$ ,  $ND_{BMS}$  à l'échelle de l'ensemble d'un jeu de placettes. Ces valeurs sont plafonnées (cf. ci-dessus). IMAT est compris entre 0 et 1. Par convention, pour le jeu de données du projet :

- IMAT ≥ 0,4 : forêt mature**
- 0,2 ≤ IMAT < 0,4 : forêt assez mature**
- 0,1 ≤ IMAT < 0,2 : forêt peu mature**
- 0 ≤ IMAT < 0,1 : forêt non mature**

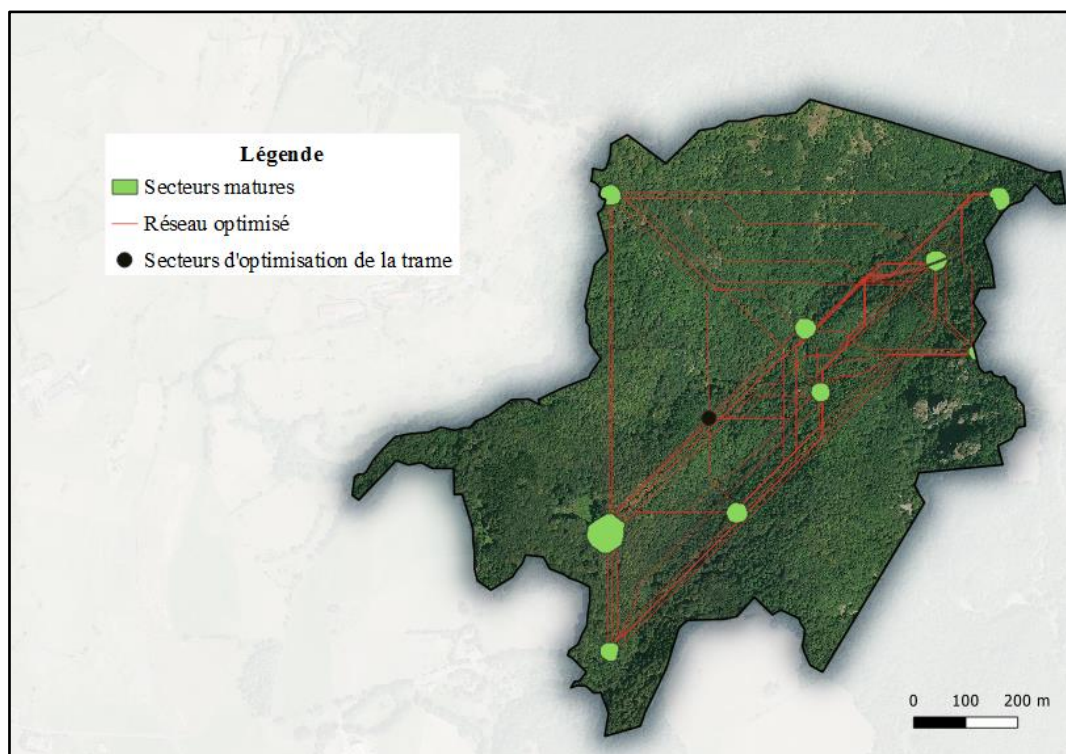
### Annexe 5 : Matrice des corrélations



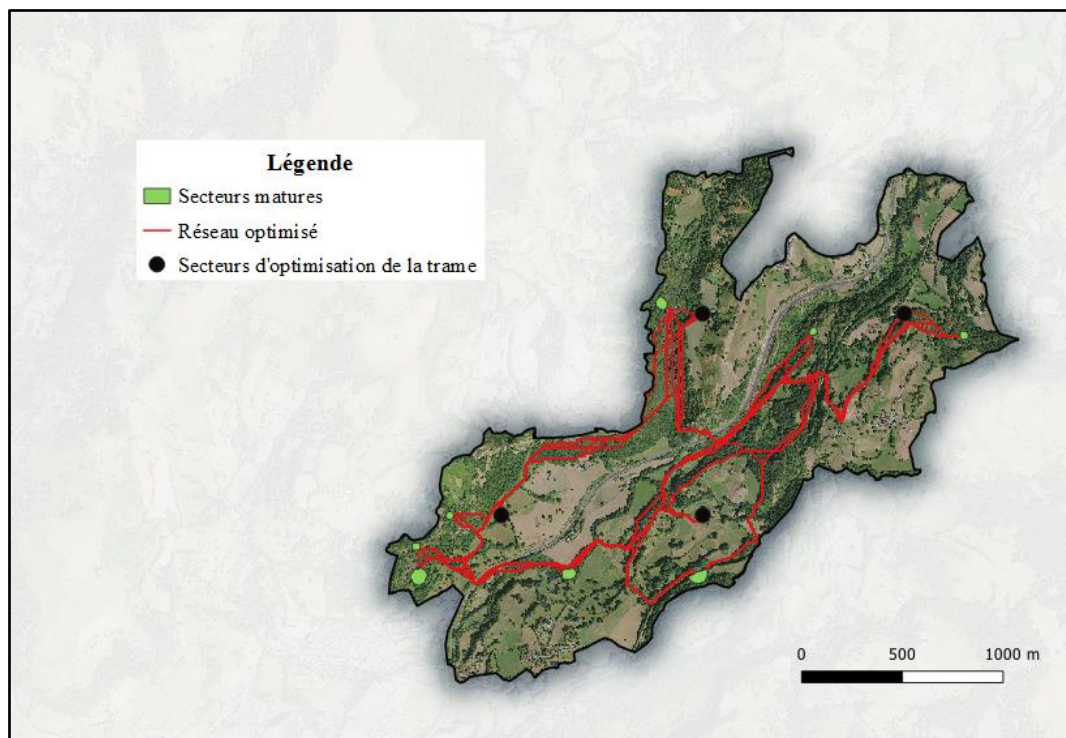
### Annexe 6 : Qualités de représentation des variables sur l'ACP (en haut) et leurs contributions à la définition des axes

```
> inertia.dudi(acptableur,col=T,row=T)$col.rel
      Axis1      Axis2      Axis3      Axis4
GMBV      8.597363 -26.696746984  0.03468687 -19.72436857
GGBV      23.965866 -0.256304512  9.68144901 -46.15516094
GTGBV     62.282151  1.337327058  17.25482092 -1.99892218
GTTGBV    36.365698 -3.575394557  1.27206562  36.57377872
GMBM      4.973771  21.614042981 -40.59790534 -5.77229426
GGBM      15.162026  21.211597686 -40.12951001 -0.01002663
Bmha      36.765202  16.500847758 -12.22146634  0.05416609
StadesaproBms 2.985143 -5.632607162 -5.10633504  0.25786364
DMHCSha   5.765559 -43.553806383 -26.05926424  0.69801191
DMHmatha   3.383844 -56.445051534 -19.91491586 -0.26380368
Surf terri VA 75.431691  0.007253943  11.21291691  7.23886834
> inertia.dudi(acptableur,col=T,row=T)$col.abs
      Axis1      Axis2      Axis3      Axis4
GMBV      3.118622  13.563285063  0.01890444  16.610377156
GGBV      8.693417  0.130215534  5.27641566  38.868399164
GTGBV     22.592329  0.679429150  9.40392365  1.683341660
GTTGBV    13.191353  1.816479574  0.69327917  30.799680930
GMBM      1.804194  10.981016769  22.12596722  4.860991333
GGBM      5.499898  10.776554395  21.87069051  0.008443676
Bmha      13.336269  8.383257408  6.66073191  0.045614597
StadesaproBms 1.082836  2.861646651  2.78296628  0.217153329
DMHCSha   2.091408  22.127515831  14.20236886  0.587813038
DMHmatha   1.227461  28.676914261  10.85368252  0.222155583
surf terri VA 27.362214  0.003685366  6.11106977  6.096029535
```

Annexe 7 : Carte présentant le réseau de chemin de moindre coût optimisé par l'ajout d'un secteur mature sur la Coste



Annexe 8 : Carte présentant le réseau de chemin de moindre coût optimisé par l'ajout de secteurs matures sur Compaing





## RESUME

Les forêts abritent une biodiversité riche et très dépendante de la connexion des boisements à l'échelle du paysage. Cette continuité appelée trame permet aux espèces qui leur sont inféodées de se disperser, caractéristique essentielle à leur maintien dans un milieu. Cependant, les pressions anthropiques se multiplient et ne cessent de fragmenter ces ensembles, les rendant hermétiques aux échanges d'espèces et appauvris en biodiversité. Parmi les forêts, celles présentant des attributs de maturité tels que des vieux arbres, des arbres morts ou des dendro-microhabitats accueillent une diversité spécifique importante. L'étude suivante reprend les étapes de caractérisation de peuplements forestiers de deux sites Natura 2000 animés par le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Auvergne : la Coste et Compaing. Un intérêt particulier est porté sur les chauves-souris, dont le maintien est menacé sur ces sites. Les résultats montrent que les trames forestières sont plutôt favorables à l'installation et au déplacement d'espèces forestières, même peu mobiles. Cette fonctionnalité est due à l'homogénéité de la couverture forestière sur un site et à la présence de corridors écologiques sur l'autre. Les trames de vieux bois ne sont cependant pas optimales sur les deux sites, les secteurs matures étant peu nombreux et très espacés. Les secteurs à enjeux, en termes d'amélioration ou de préservation de la connectivité et/ou de la maturité, font le sujet d'une démarche de sensibilisation de leur propriétaire publics ou privés, dans le but de mettre en place une gestion adaptée en faveur de la biodiversité forestière classique et inféodée aux bois morts.

## ABSTRACT

The rich biodiversity found in forests is strongly dependent on the connection of forest areas on a landscape scale. This continuity, called the grid, allows the dispersion and survival of species that depend on it. Among forests, those with characteristics such as old trees, dead trees and dendro-microhabitats host a remarkable diversity of species. In the era of increasing anthropogenic pressures, the fragmentation of these habitats is making them unsuitable to the exchange of species and result in impoverished biodiversity. The following study covers the stages of characterization of forest stands at two Natura 2000 sites run by the Conservatory of Natural Areas of Auvergne: 'La Coste', and 'Compaing'. Special interest was focused on bats, more particularly in grouping species whose maintenance is threatened. The results show that the configuration and composition of the corridors of these sites make them favorable to the dispersal of species. However, the corridors of old wood are not optimal on the two sites where the mature sectors are few and far away. In terms of improving or preserving connectivity and / or maturity, studied sectors are the subject of an awareness-raising process for the public or private owners, with the aim of setting up appropriate management in favor of forest biodiversity dependent on dead wood.