



Identification d'une trame de vieux bois favorable aux espèces d'intérêt communautaire du site Natura 2000 Montagne côte-d'orientienne

Mémoire de stage

Master 2 Cartographie et Gestion de l'Environnement

Solène BLANC



IDENTIFICATION D'UNE TRAME DE VIEUX BOIS FAVORABLE AUX ESPECES D'INTERET COMMUNAUTAIRE DU SITE NATURA 2000 MONTAGNE COTE-D'ORIENT

Stage du 09/03/2026 au 08/09/2026

Mémoire de stage
Master 2 Cartographie et Gestion de l'Environnement
Nantes Université



Site Natura 2000 ZSC FR2600957 « Montagne côte-d'orient »
Région Bourgogne-Franche-Comté



COFINANCÉ
PAR L'UNION
EUROPÉENNE

RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE

Etudiante stagiaire : BLANC Solène
Encadrant de stage : POISSENOT Mathilde
Enseignant référent : MELEDER Vona

Photo : Solène Blanc
Illustration : Clémentine Zwahlen

Sommaire

Table des figures

Table des tableaux

Remerciements

1.	Introduction.....	1
1.1.	Contexte du stage.....	1
1.1.1.	Le territoire du Pays Seine-et-Tilles.....	1
1.1.2.	Natura 2000.....	2
1.1.3.	Objectifs du stage.....	3
1.2.	Trame de vieux bois : concept et éléments structurants.....	5
1.2.1.	Le vieux bois et le bois mort.....	5
1.2.2.	Définitions de la trame de vieux bois.....	6
1.2.3.	Les modes de gestion sylvicole.....	9
1.2.4.	Les essences favorables aux espèces saproxyliques.....	11
1.2.5.	La connectivité écologique.....	11
2.	Matériels et Méthodes.....	13
2.1.	Zone d'étude.....	13
2.2.	Choix des espèces modèles de la trame de vieux bois.....	14
2.2.1.	Lucane cerf-volant.....	14
2.2.2.	La Barbastelle d'Europe.....	15
2.3.	Acquisition des données.....	16
2.4.	Modélisation de la trame de vieux bois.....	18
2.4.1.	Pondération des habitats.....	19
2.4.2.	Modélisation.....	21
3.	Résultats.....	24
3.1.	Les cartes de paysage.....	24
3.2.	Cartographie de la trame de vieux bois.....	27
3.2.1.	Echelle Natura 2000 et Pays Seine-et-Tilles.....	27
3.2.2.	Différences entre les trames de vieux bois.....	29
3.2.3.	Trame de vieux bois uniquement sur la base des habitats naturels.....	31
3.3.	Mesure de la connectivité de la trame de vieux bois.....	33
3.3.1.	Métrique flux d'interactions (IF).....	33
3.3.2.	Métrique indice de centralité intermédiaire (BC).....	35

3.4.	Modélisation de nouveaux îlots de sénescence.....	37
3.4.1.	Trame générale.....	37
3.4.2.	Trame adaptée au Lucane cerf-volant.....	39
3.4.3.	Trame adaptée à la Barbastelle d'Europe.....	41
4.	Discussion.....	43
4.1.	Questionnement sur l'échelle de l'étude	43
4.2.	Analyse et comparaison de la modélisation des trames de vieux bois	43
4.3.	Actions de gestion pour l'amélioration de la connectivité du réseau	45
4.4.	Limites et perspectives de l'étude	46
5.	Conclusion	49

Résumé

Abstract

Bibliographie

Table des figures

Figure 1 :	Représentation des types de milieux eu sein du Pays Seine-et-Tilles	1
Figure 2 :	Représentation des forêts au sein du Pays Seine-et-Tilles et de Natura 2000.....	2
Figure 3 :	Proportion des types de forêts sur le territoire du Pays Seine-et-Tilles.....	2
Figure 4 :	Localisation du site Natura 2000 Montagne côte-d'orientale au sein du Pays Seine-et-Tilles	3
Figure 5 :	Méthodologie de l'arborescence du Document d'Objectifs (DOCOB)	4
Figure 6 :	Photographies des différents types de dendromicrohabitats	5
Figure 7 :	Photographies du champignon Amadouvier sur arbres en décomposition	6
Figure 8 :	Représentation schématique de la trame de vieux bois de l'étude.....	8
Figure 9 :	Représentation schématique du cycle biologique et sylvicole d'une forêt.....	9
Figure 10 :	Photographies de la différence entre un taillis simple et un taillis-sous-futaie	10
Figure 11 :	Proportion des modes de gestion sur le territoire du Pays Seine-et-Tilles.....	10
Figure 12 :	Représentations schématiques des 3 types de connectivité.....	12
Figure 13 :	Périmètre d'étude à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles.....	14
Figure 14 :	Lucane cerf-volant mâle adulte.....	14
Figure 15 :	Colonie de Barbastelle d'Europe sous une écorce d'arbre.....	15
Figure 16 :	Répartition des zones favorables aux déplacements de la Barbastelle d'Europe (entourés en rouge).....	21
Figure 17 :	Schématisation de la métrique Flux d'interaction (IF).....	23
Figure 18 :	Schématisation de la métrique Indice de centralité intermédiaire (BC).....	23
Figure 19 :	Comparaison des trames suite au croisement de la gestion et des habitats.....	26
Figure 20 :	Comparaison des réservoirs et des liens entre les 2 échelles d'étude et les 2 bases de données des habitats	28
Figure 21 :	Comparaison des réservoirs et de la connectivité du réseau selon la trame.....	30
Figure 22 :	Comparaison des réservoirs de la trame de vieux bois en prenant en compte uniquement les habitats, et en prenant les habitats et la gestion sylvicole.....	32
Figure 23 :	Comparaison de la métrique de flux d'interactions (IF) entre les 3 différentes trames	34

Figure 24 : Représentation de la métrique indice de centralité intermédiaire sur des réservoirs de la trame de vieux bois adaptée à la Barbastelle d'Europe.....	36
Figure 25 : Modélisation de l'emplacement de nouvelles taches d'habitats pour renforcer la connectivité de la trame générale.....	38
Figure 26 : Modélisation de l'emplacement des nouvelles taches d'habitats pour renforcer la connectivité de la trame adaptée au Lucane cerf-volant	40
Figure 27 : Modélisation de l'emplacement des nouvelles taches d'habitats pour renforcer la connectivité de la trame adaptée à la Barbastelle d'Europe	42

Table des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des avantages et inconvénients des différentes bases de données pour les habitats	16
Tableau 2 : Liste des données utilisées pour la modélisation des trames.....	17
Tableau 3 : Classification des scores attribués pour la pondération sur les habitats et les modes de gestion	19
Tableau 4 : Pondération des habitats, des modes de gestion et des éléments anthropiques selon l'espèce cible de la trame de vieux bois.....	20
Tableau 5 : Pondération après le croisement de la gestion et des habitats.....	25

Remerciements

Je souhaite remercier tout particulièrement Mathilde Poissenot, animatrice Natura 2000 au sein du Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne, et ma maître de stage, pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage. Je la remercie également pour la confiance qu'elle m'a accordée sur de nombreuses missions et pour les nombreuses connaissances qu'elle m'a apportées durant toute la durée du stage. Je la remercie aussi pour sa disponibilité et son aide dans la réflexion, la rédaction et la relecture du rapport.

J'en profite également pour remercier toute l'équipe du Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne et de la Communauté de Communes Forêt Seine et Suzon pour leur accueil dans la structure.

Je remercie madame Vona Méléder, professeure à Nantes université, et encadrante universitaire du stage, pour avoir répondu à mes questions et pour son suivi tout au long du stage.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont soutenues professionnellement et émotionnellement pendant ces 6 mois de stage. Ainsi que toutes les personnes qui ont été un soutien dans la rédaction du mémoire.

1. Introduction

1.1. Contexte du stage

Ce stage a été réalisé au sein du Syndicat Mixte du Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne. Situé dans la région Bourgogne Franche-Comté et dans le département de la Côte d'Or, le Pays Seine-et-Tilles est un Pôle d'Equilibre Territorial et Rural (PETR). Celui-ci est une instance portant un projet de territoire qui a pour but de définir les conditions du développement économique, social, écologique et culturel au sein du territoire en partenariat avec les communautés de communes (Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne, 2024a). Ce territoire regroupe 3 communautés de communes : Forêts, Seine et Suzon, Tille & Venelle, et les Vallées de la Tille et de l'IGNON. Au total, ce sont 66 communes qui sont concernées accueillant 26 000 habitants sur 1130,5 km² (Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne, 2024a). Le territoire permet une concertation entre les 3 intercommunalités et porte des actions autour de la santé, l'alimentation, l'agriculture, la culture, l'urbanisme, la mobilité et l'environnement. Concernant le volet environnemental, deux dispositifs sont portés par le Pays Seine-et-Tilles : la Charte forestière du territoire et Natura 2000 où s'est déroulé le stage.

1.1.1. Le territoire du Pays Seine-et-Tilles

Le territoire du Pays-Seine-et-Tilles est un territoire peu urbanisé, dominé par la forêt (46%) et l'agriculture (49%) (cf. Figure 1). La faible densité de population explique le faible taux d'urbanisation du territoire (3%).

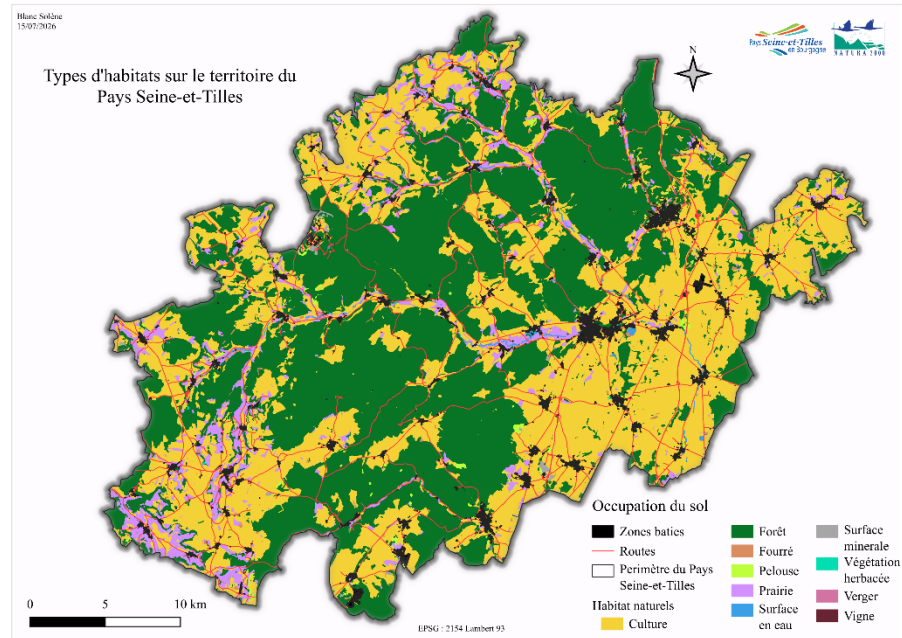


Figure 1 : Représentation des types de milieux au sein du Pays Seine-et-Tilles

Source : Pays Seine-et-Tilles, CarHab

Les forêts du territoire sont réparties de manière égale entre la propriété publique et privée, avec 51% en forêt privée et 49% en forêt publique (cf. Figure 2).

Sur toute cette surface forestière, ce sont les forêts de feuillus qui dominent (56,7%), suivi par les forêts mixtes (27,3%)(cf. Figure 3)(Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne, 2024b).

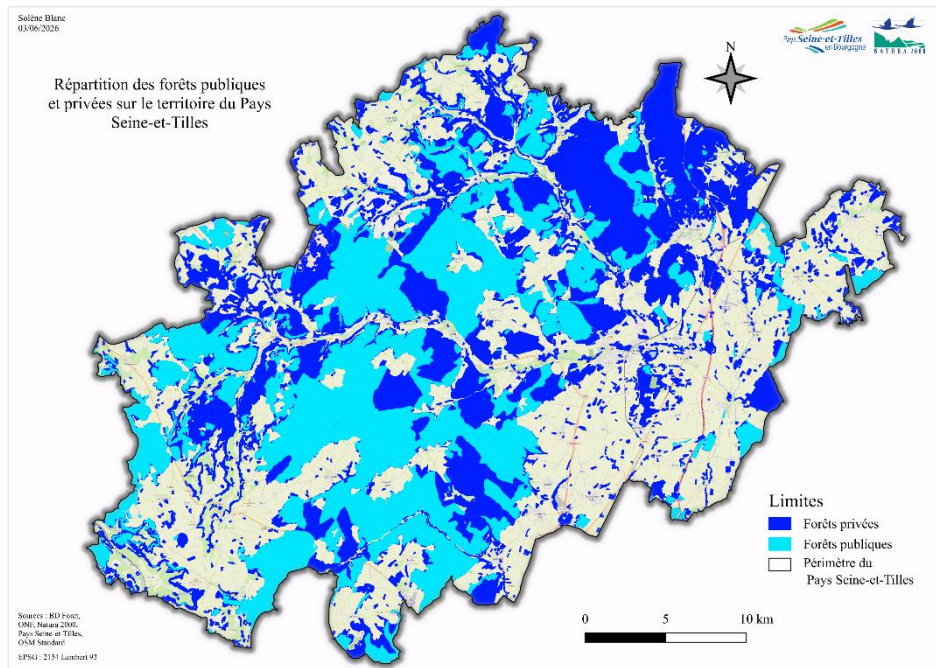


Figure 2 : Représentation des forêts au sein du Pays de la Seine-et-Tille et de Natura 2000

Source : Pays de la Seine-et-Tille en Bourgogne, ONF, BD Forêts, Natura 2000

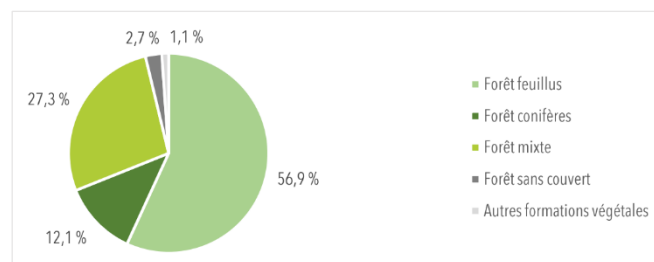


Figure 3 : Proportion des types de forêts sur le territoire du Pays de la Seine-et-Tille

Source : Pays de la Seine-et-Tille en Bourgogne, 2024b

Plusieurs espaces naturels protégés sont concernés par ces forêts : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope, Réserve Naturelle Régionale Forêt d’Exception du Val Suzon, Réserve Biologique Dirigée et Intégrale, ZNIEFF de type I et II, Zones de Protection Spéciale et Zones Spéciales de Conservation dont le site Natura 2000 Montagne côte-d’orienne fait partie. C’est dans le cadre des objectifs du site Natura 2000 que s’est réalisé le stage.

1.1.2. Natura 2000

Le réseau européen Natura 2000 a pour but d’assurer la conservation des espèces et des habitats menacés en Europe, sur la base d’une concertation et du volontariat des communes et propriétaires concernés reposant sur une démarche contractuelle. Il comporte deux directives, la Directive « Oiseaux » datant de 1979 puis révisée en 2009, avec les Zones de Protection Spéciale (ZPS), et la Directive « Habitats, faune, flore » datant de 1992 avec les Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Ces 2 directives regroupent en France 403 ZPS et 1353 ZSC (Ministères Transition écologique, Aménagement du Territoire, Transports, Ville et Logement, 2025). Parmi les 1353 ZSC se trouve le site Natura 2000 Montagne côte-d’orienne (ZSC FR2600957), situé dans le département de la Côte-d’Or. Ce site réparti sur 22 communes et d’une surface de 3 917 hectares, est issu de la fusion en 2019 de 5 sites Natura 2000 et est constitué ainsi de 12 entités réparties au sein du Pays de la Seine-et-Tille et de 3

communes adjacentes au territoire (Hauteville-lès-Dijon, Pasques et Norgues-la-Ville) (cf. Figure 4). Le site accueille 17 espèces d’intérêt communautaire et 20 habitats d’intérêt communautaire, ainsi qu’un grand nombre d’espèces protégées au sein d’habitats diversifiés tels que des forêts, pelouses, éboulis, milieux humides et cavités à chauves-souris.

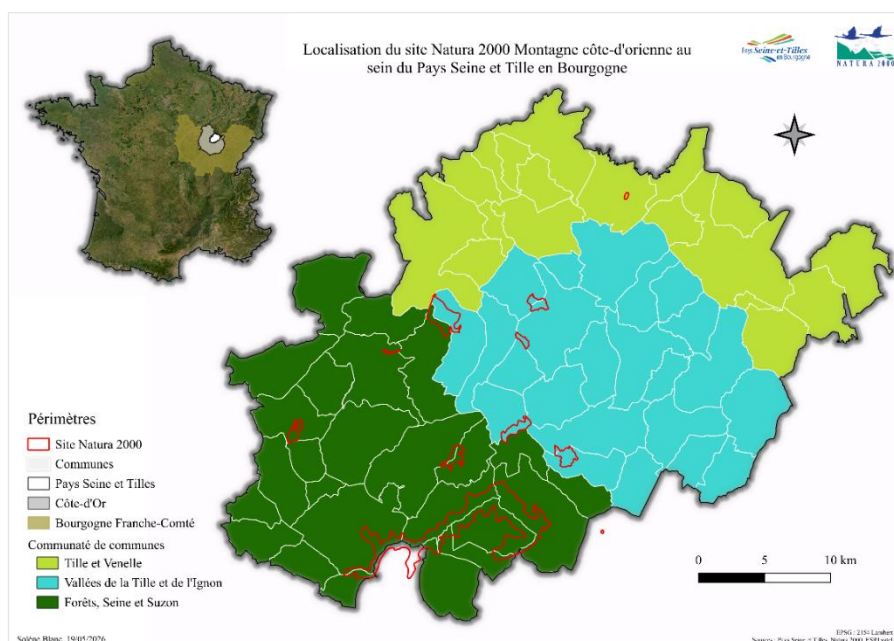


Figure 4 : Localisation du site Natura 2000 Montagne côte-d'orientne au sein du Pays Seine-et-Tille
Sources : Pays Seine-et-Tille, Natura 2000

94% du site Natura 2000 est dominé par les forêts, dont 93% sont des forêts de feuillus, leur gestion représente alors un enjeu fort. Parmi ces forêts, 85% relèvent de la propriété publique contre 15% de la propriété privée (Poissenot & Minard, 2025a).

Dans un contexte de changement climatique et d'érosion de la biodiversité, la forêt joue de nombreux rôles. Abritant plus de 30% de la biodiversité nationale, sa préservation est donc cruciale pour les espèces inféodées mais aussi pour renforcer sa résilience. D'autre part, les forêts permettent un stockage important du carbone. L'absence d'intervention sylvicole est de plus en plus privilégiée pour renforcer la résilience des forêts. A l'échelle du site Natura 2000, cela se traduit par la mise en place de contrats d'îlots de bois sénescents. Cependant, actuellement, aucune réflexion sur l'emplacement des îlots n'a été menée à l'échelle globale du site. Jusqu'à présent, la localisation et la mise en œuvre des contrats ont davantage répondu à des opportunités (difficultés d'exploitation, sollicitations des personnes sensibilisées à la thématique, etc.) plutôt qu'à un travail d'identification des enjeux de biodiversité.

Au regard de ces enjeux, une opération d'amélioration de la connaissance des bois morts et sénescents a été définie dans le Document d'Objectif (DOCOB) du site Natura 2000. Le présent stage participe à sa réalisation.

1.1.3. Objectifs du stage

Comme tous les sites Natura 2000, le site Montagne côte-d'orientne possède un Document d'Objectif (DOCOB). Celui-ci définit les objectifs à atteindre à travers la mise en œuvre d'un programme d'actions pour la période 2025-2034 (Poissenot & Minard, 2025a).

Parmi les objectifs, deux types d'objectifs sont déterminés : les objectifs à long terme et les objectifs opérationnels. Les objectifs à long terme sont suivis par la mise en place de dispositifs de suivi, qui permettent d'établir l'état d'avancement de l'objectif. Les objectifs opérationnels quant à eux sont déclinés en mesures de gestion visant à préserver, améliorer et conserver les enjeux (cf. Figure 5).



Figure 5 : Méthodologie de l'arborescence du Document d'Objectifs (DOCOB)

Source : Poissenot & Minard, 2025b

L'objectif à long terme portant sur l'enjeu « Milieux forestiers » du site Natura 2000 Montagne côte-d'orientienne est de favoriser la naturalité et la résilience des milieux forestiers. Sur le site Natura 2000, les hêtraies et les forêts de vallon présentent des dépérissements importants dont leur état de conservation est jugé préoccupant. La mise en place d'une trame de vieux bois peut permettre de favoriser la résilience de ces milieux d'autant plus essentielle dans le contexte de changement climatique actuel. En effet, la trame de vieux bois vise à maintenir les habitats favorables aux espèces inféodées qui par leur présence et les rôles qu'elles jouent, contribuent au renforcement de la naturalité et de la résilience de la forêt. (Poissenot & Minard, 2025b).

Toutefois, aucune trame de vieux bois n'a été identifiée à l'échelle du site, ce pourquoi cette opération avait été inscrite dans le DOCOB avec une priorité 1 et intitulée « CS II.1 : Identification d'une trame de vieux bois ». C'est cette opération qui a fait l'objet du stage. Dans ce contexte, ce stage a cherché à répondre à la problématique suivante : « **Comment une approche intégrée de la trame de vieux bois peut-elle contribuer à la préservation des enjeux du site Natura 2000 Montagne côte-d'orientienne ?** ».

Pour cela, l'étude s'est organisée de la façon suivante : dans un premier temps une présentation du concept et des éléments de la trame de vieux bois a été nécessaire pour une meilleure compréhension du sujet. Ensuite ont été décrits le matériel et les méthodes utilisés pour réaliser la cartographie de la trame de vieux bois. Puis ont été présentés les résultats obtenus, suivi d'une discussion de ces derniers et de la méthode.

La cartographie de ce projet servira de support à la mise en place d'actions pour renforcer la connectivité de la trame de vieux bois et sera utile pour les gestionnaires forestiers tels que l'Office national des forêts (ONF) et le Centre national de la propriété forestière (CNPF). Elle pourra également être un atout pour le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) à l'échelle du Pays Seine et Tilles. Enfin, l'identification de la trame de vieux servira de support à la réalisation de la mesure « IP II.2 – Conservation des bois sénescents » du DOCOB.

1.2. Trame de vieux bois : concept et éléments structurants

1.2.1. Le vieux bois et le bois mort

Lors des phases de vieillissement des arbres, l'apparition de petits habitats appelés « dendromicrohabitats » permet l'accueil de nombreuses espèces. Il s'agit de cavités hautes, basses, naturelles, de fentes, de champignons, de bois mort (tronc ou grosses branches sèches), de la présence de lierre, ou des arbres contenant des nids d'oiseaux (cf. Figure 6). La présence de ces dendromicrohabitats est particulièrement importante pour de nombreuses espèces. Les cavités naturelles ou bien creusées par les pics servent de gîtes pour des petits mammifères et oiseaux. Les cavités basses peuvent servir de réserve d'eau et de refuge pour les mammifères plus gros. Les fentes sont quant à elles utilisées par les chauves-souris, notamment par la Barbastelle d'Europe, qui est très présente en forêt et d'intérêt communautaire pour le site Natura 2000 Montagne côte-d'orienne. Le lierre est particulièrement important pour les oiseaux et les insectes, puisque pendant la période hivernale il constitue l'une des dernières ressources alimentaires en forêt. Ces dendromicrohabitats sont retrouvés majoritairement sur les vieux et gros bois, et le bois sénescents. De plus, le gros bois assure le renouvellement de gros bois morts dont la décomposition est plus lente et permet l'accueil d'une grande diversité d'espèces.

D'autre part, lorsque les arbres morts sont au sol, ils fournissent encore de nombreux avantages à l'écosystème forestier, comme le stockage du carbone, qui est poursuivi, mais également le stockage d'eau, en conservant l'humidité. Ce stockage d'eau permet à la forêt de mieux résister aux épisodes de sécheresse. (Guillemin, 2023). Enfin, le bois mort constitue un apport de nutriments essentiels pour lutter contre l'appauvrissement des sols en renforçant sa fertilité (Guillemin, 2023; IGN, 2025).

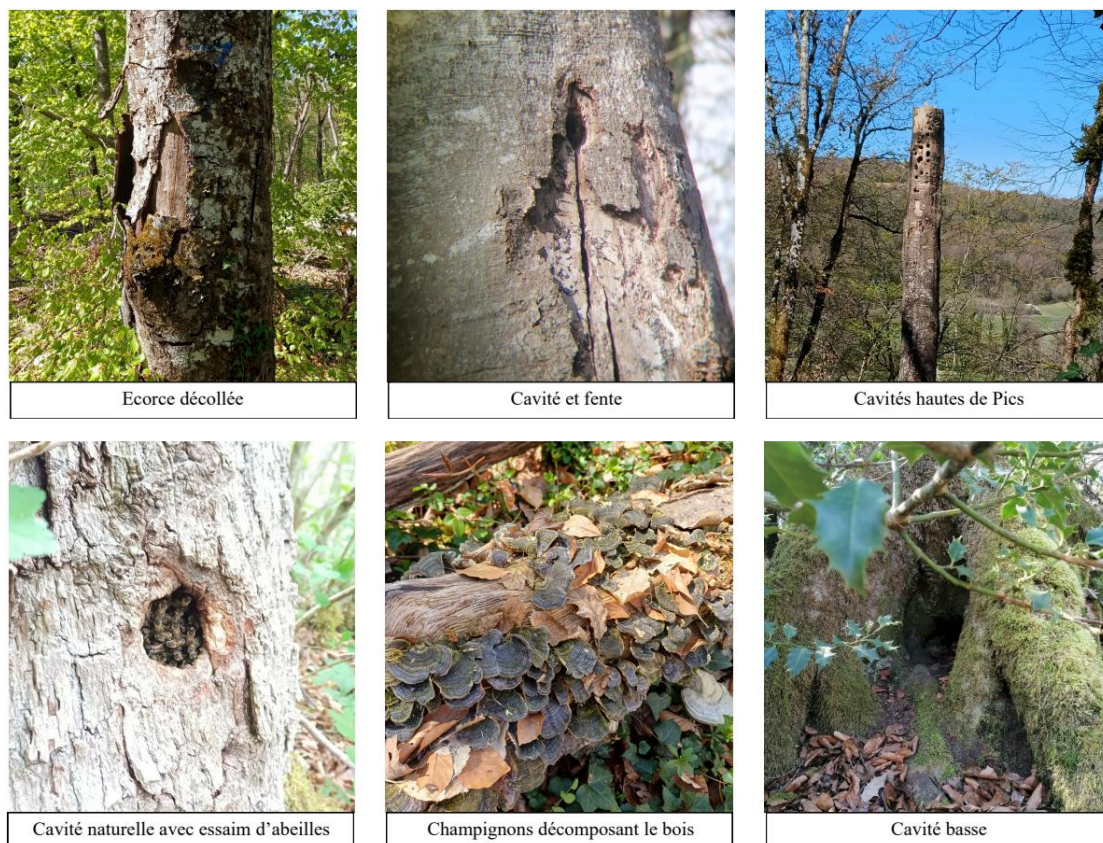


Figure 6 : Photographies des différents types de dendromicrohabitats

Source : Personnelle

L'apport de nutriments dans les sols forestiers est issu de la décomposition du bois, répartie en plusieurs phases, lors desquelles de nombreuses espèces jouent un rôle. À chaque stade de décomposition de l'arbre, une certaine diversité d'espèces apparaît. Les champignons sont retrouvés à de nombreux stades de décomposition, puisqu'ils y jouent un rôle essentiel (Guillemin, 2023). C'est notamment le cas de l'amadouvier (*cf. Figure 7*).

Un arbre mort au sol sert de ressource alimentaire pour les insectes saproxyliques qui jouent également un rôle dans la décomposition du bois. Le bois mort accueille ainsi de nombreuses espèces : celles-ci sont appelées organismes saproxyliques, signifiant que pendant une partie de leur cycle de vie elles dépendent des bois morts ou sénescents (Emberger & Molines, 2021). La présence de ces espèces renforce la résilience des forêts. En effet, en décomposant le bois, cela restitue les nutriments au sol, et permet ainsi de maintenir et d'enrichir le sol forestier. De plus, certaines espèces prédatent les insectes défoliateurs, comme la Barbastelle d'Europe ou la Mésange charbonnière, deux espèces qui trouvent leurs gîtes dans les cavités. Enfin, de nombreux insectes saproxyliques qui dépendent du bois mort pour leur stade larvaire deviennent à l'état adulte les pollinisateurs de plantes à fleurs (Emberger & Molines, 2021).



Figure 7 : Photographies du champignon Amadouvier sur arbres en décomposition
Source : Personnelle

Parmi les insectes saproxyliques nécessaires à la décomposition du bois, est retrouvé le Lucane cerf-volant, espèce faisant partie de la liste des espèces d'intérêt communautaire du site Natura 2000 Montagne côte-d'orienne. Cette espèce est totalement dépendante du bois mort puisque pendant 5 à 6 ans les larves vivent et se nourrissent du bois mort, ce qui la qualifie d'organisme saproxylophage.

Enfin, la présence au sol des arbres morts sert également de protection pour les jeunes pousses d'arbres (Biache, 2017).

Les gros bois, bois morts ou sénescents deviennent ainsi de réels réservoirs de biodiversité, dont 25 à 30 % de la biodiversité forestière dépend (Biache & Rouveyrol, 2011).

1.2.2. Définitions de la trame de vieux bois

1.2.2.1. Concept général

La trame de vieux bois est une sous-trame de la trame verte et bleue. Selon les études, les éléments constitutifs d'une trame de vieux bois peuvent varier. Cependant le but reste le même : garantir la présence des différents stades du cycle biologique de la forêt ainsi que de maintenir la biodiversité qui en dépend, notamment la biodiversité inféodée aux arbres morts et sénescents (Cateau et al., 2015). De manière générale, le principe de la trame de vieux bois repose sur la prise en compte de plusieurs éléments : îlots de vieux bois, arbres habitats/arbres bio et réserves forestières (Biache, 2017) :

- **Ilots de vieux bois**

Les îlots de vieux bois se distinguent en 3 types : les îlots de sénescence, les îlots Natura 2000 et les îlots de vieillissement. Les îlots de sénescence sont des îlots dans lesquels la forêt est laissée en libre évolution jusqu'à son effondrement et pendant une durée de 30 ans. Les îlots Natura 2000 sont très similaires aux îlots de sénescence puisqu'il est également question de laisser la forêt en libre évolution. Ces îlots font partie d'un contrat dont l'objectif est le maintien des habitats et des espèces

d'intérêt communautaire du site. Ils impliquent de laisser la forêt en libre évolution pendant une durée de 30 ans sur une surface minimale de 0,5 hectares, et comportant un minimum de 10 arbres éligibles par hectares au sein de forêts matures. Les arbres éligibles sont les arbres à intérêt biologique, représentant une essence rare ou, les arbres dont le diamètre est supérieur ou égal au seuil minimal selon l'essence (Région Bourgogne Franche-Comté, 2024).

Les deux termes ont la même fonction, les îlots de sénescence sont une dénomination de l'Office national des forêts (ONF) et concernent les îlots en forêt publique en dehors des sites Natura 2000. Lorsque celui-ci se trouve en site Natura 2000, il s'agit d'un îlot sous contrat Natura 2000, engageant le propriétaire à une absence totale d'intervention sylvicole en contrepartie d'une indemnisation financée par des fonds européens. Dans le présent rapport, le terme « îlot de sénescence » pourra renvoyer aussi bien aux îlots de sénescence de l'ONF qu'aux îlots Natura 2000.

Les îlots de vieillissement sont des petits peuplements où le but est de prolonger le cycle sylvicole en dépassant l'âge d'exploitabilité des arbres le composant. Contrairement aux îlots de sénescence, l'objectif sylvicole des îlots de vieillissement est donc de récolter de très gros bois, ce qui peut impliquer la récolte des arbres à dendromicrohabitats.

- **Arbres « bio » ou « habitats »**

Outre les îlots, des arbres dit « bio » ou « habitats » sont identifiés par les gestionnaires forestiers. Ce sont le plus souvent des arbres contenant des dendromicrohabitats. Ils sont conservés pour leur apport aux espèces saproxyliques et constituent des points de relais entre les îlots de sénescence. Au sein d'une parcelle forestière publique, l'ONF indique une réglementation de minimum 3 arbres par hectares (Mourey & Touroult, 2010). En forêt privée, le Centre National de la Propriété Forestière (CNPf) recommande de laisser des arbres bio/habitats disséminés sur les parcelles (Emberger & Molines, 2021). Donc aucune réglementation pour les forêts privées.

- **Réserves forestières**

La trame de vieux bois se complète par les réserves forestières de l'ONF (réserves biologiques intégrales et réserves biologiques dirigées) qui sont considérées comme des réservoirs de biodiversité puisque pas ou peu d'interventions sylvicoles y sont réalisées.

1.2.2.2. Définition au titre de l'étude

Dans le cadre de ce projet et après plusieurs recherches bibliographiques et discussions, il a été décidé pour la modélisation de conserver certains éléments et d'en ajouter ou retirer d'autres pour définir la trame de vieux bois.

Les îlots de sénescence, les arbres « bio » ou « habitats » et les réserves biologiques intégrales ont été conservés. En revanche, les îlots de vieillissement n'ont pas été conservés comme réservoirs de biodiversité car ils font l'objet d'intervention sylvicole à l'issue de leur cycle. Ont également été retirées les réserves biologiques dirigées dans lesquelles des interventions sylvicoles sont effectuées.

Les parcelles bénéficiant d'une gestion en « Hors Sylviculture en évolution Naturelle » ont été ajoutées aux réservoirs de la trame de vieux bois. En effet, ce mode de gestion concerne habituellement des parcelles difficilement exploitables où, même si l'exploitation peut reprendre à l'issue d'une révision des documents de gestion, celle-ci demeure peu probable au regard des contraintes techniques qu'elle représente (conditions d'exploitation trop difficiles).

L'ensemble de ces éléments, considérés comme réservoirs de biodiversité, représentent des modes de gestion favorables et ont pour point commun leur gestion en libre évolution.

La libre évolution fait partie des modes de gestion les plus favorables pour les espèces saproxyliques puisqu’elle favorise à la fois une diversité de structure (diamètres, âges des arbres, etc.) et une diversité d’essences. En effet, elle permet à la forêt d’atteindre tous les stades d’évolution, de la croissance à la décomposition, et de se régénérer seule, pour ensuite recommencer ce cycle. Le cycle sylvicole interrompt le cycle biologique de la forêt en s’arrêtant avant d’atteindre la maturité écologique de la forêt, diminuant la durée du cycle à un maximum de 200 ans au lieu de plus de 700 ans à l’état naturel (Etats Sauvages, 2020). Du point de vue de la résilience, la libre évolution en forêt permet de favoriser les essences résistantes aux changements climatiques et l’adaptation des individus face aux perturbations. Un peuplement monospécifique d’un même âge sera moins résistant face à des aléas naturels (tempêtes, maladies) qu’une forêt diversifiée avec des maturités différentes (UICN, 2023). Ainsi, laisser la forêt atteindre toutes les étapes de son cycle biologique permet de renforcer sa résilience et de favoriser les espèces qui sont inféodées aux nombreux stades de décomposition. C’est notamment le cas de deux tiers des espèces associées au bois, qui n’apparaissent qu’après l’âge d’exploitabilité sylvicole (Biache & Rouveyrol, 2011).

Outre les informations relatives à la gestion sylvicole utilisées dans la définition des trames de vieux bois (îlots de sénescence, réserves biologiques...), la prise en compte des habitats naturels est apparue également essentielle. Une gestion favorable dans un habitat défavorable à une espèce cible ne la favorisera pas pour autant. De même, un habitat naturel peut être favorable pour le développement de la biodiversité, mais c’est la gestion qui influence l’accueil de la biodiversité. Pour cette raison, deux paramètres ont été considérés dans cette étude : gestion sylvicole et habitat naturel. Les réservoirs de la trame de vieux bois sont alors définis comme les zones présentant à la fois une gestion sylvicole favorable et un habitat naturel favorable.

En somme, une trame de vieux bois fonctionnelle peut être représentée comme sur l’image ci-dessous (*cf. Figure 8*), où tous les éléments composés d’habitats favorables en libre évolution sont connectés entre eux par l’intermédiaire des arbres bio/habitats qui servent de relais.

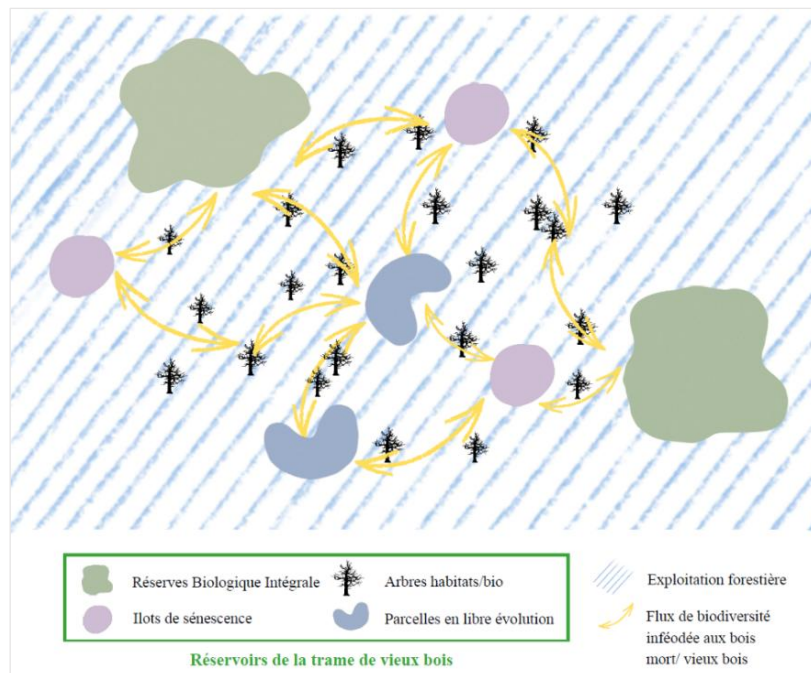


Figure 8 : Représentation schématique de la trame de vieux bois de l'étude

La trame de vieux bois correspond donc à une continuité écologique entre tous les réservoirs, à savoir : les réserves biologiques intégrale, les îlots de sénescence, les parcelles en libre évolution et les arbres bio/habitats.

Source : Personnelle à partir de IPAMAC

Entre les éléments de la trame de vieux bois tels que précédemment définis, la sylviculture est conservée. Cependant, certains modes de gestion sont plus favorables que d'autres pour le déplacement des espèces saproxyliques.

1.2.3. Les modes de gestion sylvicole

De nombreux modes de gestions existent pour gérer la forêt. Parmi eux certains sont particulièrement favorables pour la présence de la biodiversité et d'autres ne le sont pas. Au sein des modes de gestion particulièrement favorables se trouve la libre évolution, qui a été prise en compte lors de cette étude dans la définition des réservoirs (cf. 1.2.2.2. *Définition au titre de l'étude*). Ainsi, sont présentés dans cette partie, les modes de gestion qui peuvent ou non permettre les déplacements entre les réservoirs.

La présence de gros bois, bois morts ou sénescents favorables à l'apparition de dendromicrohabitats peut être favorisée par la gestion sylvicole mise en place. Sans la connaissance de la gestion effectuée sur la parcelle, il est difficile d'estimer si du gros bois ou du bois mort est présent au sein de la forêt et si celle-ci permet l'accueil des espèces inféodées aux vieux bois. Le mode de gestion sylvicole est un indicateur sur cette présence ou absence.

D'autres paramètres vont également favoriser la présence de ces espèces. En effet, certains modes de gestions favorisent la mixité d'essences ou bien des coupes forestières ponctuelles, permettant le maintien d'un couvert forestier continu favorisant la présence de la biodiversité. Ainsi, dans certaines gestions, le cycle biologique d'une forêt est plus respecté que dans d'autres, ce qui est un paramètre essentiel pour les espèces inféodées aux stades de décomposition du bois (cf. Figure 9).

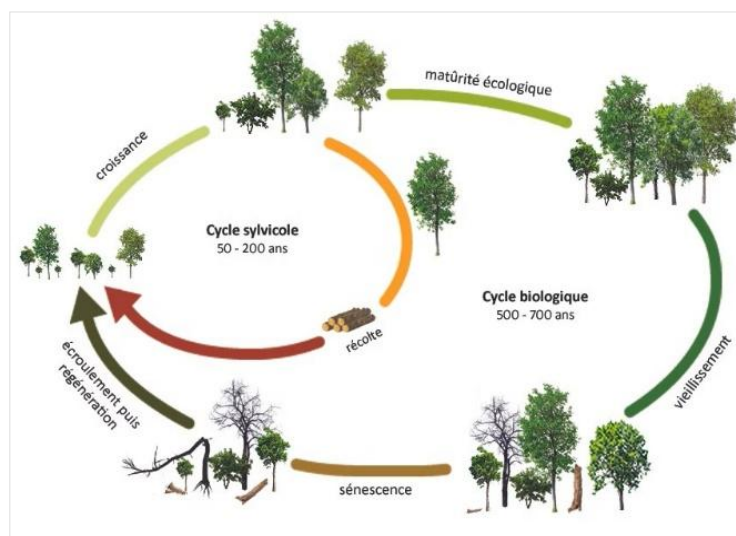


Figure 9 : Représentation schématique du cycle biologique et sylvicole d'une forêt

Source : Etats sauvages

En sylviculture, deux types de traitements se distinguent : le traitement irrégulier et le traitement régulier.

Le traitement irrégulier est le mode de gestion qui va le plus favoriser les différents stades du cycle biologique des forêts : cela le rend plus favorable pour les espèces saproxyliques. Ce type de traitement se caractérise par le maintien d'un couvert forestier permanent, dans lequel des coupes de certains arbres (malades, dangereux ou sains) sont effectuées tous les 8 à 10 ans. Ces petites coupes permettent de conserver les bois de bonne qualité tout en limitant les impacts paysagers et écologiques (ONF, 2022). Au sein de ces forêts se trouvent ainsi des âges, hauteurs et diamètres différents, qui permettent de maintenir une ambiance forestière favorable à de nombreuses espèces

et un accueil de la biodiversité à chaque stade d’évolution des arbres (Balussaud, 2024; Biache & Rouveyrol, 2011).

A contrario, dans le traitement régulier, les arbres ont des âges, des hauteurs et des diamètres proches. Les coupes sont réalisées tous les 6 à 12 ans pour apporter de la lumière et permettre aux plus beaux arbres de croître plus facilement. Ce mode de gestion se termine par une coupe rase qui récolte tous les arbres au même moment, dans un but de production de bois de très haute qualité (ONF, 2022). Cet éclaircissement rapide et direct rend ce mode de gestion très peu favorable à la biodiversité par une modification brutale de l’habitat lors de l’exploitation.

Au sein de ces traitements, 3 modes de gestion se distinguent : la futaie, le taillis et le taillis-sous-futaie :

- **La futaie**

La futaie est une gestion où les arbres poussent depuis des plants ou bien des graines, offrant de grands arbres ne possédant qu’une seule tige. Lorsque ce mode gestion est allié au traitement irrégulier, il offre de nombreux habitats pour les espèces saproxyliques.

- **Le taillis**

La gestion en taillis s’exprime par plusieurs rejets de tiges partant d’une même souche d’arbre, dans laquelle des coupes des brins de souche sont effectuées tous les 40 à 60 ans (CRPF, 2016) (cf. Figure 10). Ce bois servira pour le chauffage ou pour la création de piquets (ORB NPdC & ONF, 2012). Ce mode de gestion est très peu favorable pour les espèces saproxyliques, puisque les diamètres des rejets sont petits et quasiment identiques. De plus, le traitement réalisé lors de cette gestion est régulier et se traduit par une coupe rase.



Figure 10 : Photographies de la différence entre un taillis simple et un taillis-sous-futaie
Le taillis-sous-futaie est la photographie de gauche et le taillis simple, la photographie de droite.

Source : Personnelle

- **Le taillis-sous-futaie**

Le taillis mélangé aux futaies, nommé le taillis-sous-futaie, qui sur le long terme peut aboutir à un passage de la gestion en taillis à une gestion en futaie, est plus favorable pour les espèces saproxyliques. Il offre des arbres de diamètres plus importants et conserve les arbres morts au sol (ORB NPdC & ONF, 2012). Cependant, la gestion en taillis-sous-futaie reste un traitement régulier. Actuellement sur le territoire du Pays Seine-et-Tilles, la gestion en taillis-sous-futaie est majoritaire et concerne 80% des forêts (44 177 hectares) (cf. Figure 11). Ce mode de gestion servait auparavant pour la

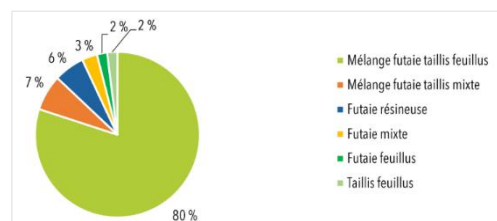


Figure 11 : Proportion des modes de gestion sur le territoire du Pays Seine-et-Tilles

Source : Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne, 2024b

production du bois de chauffage et pour l'industrie de la papeterie (Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne, 2024b). Aujourd'hui, il permet d'obtenir une variété de produits sur une même parcelle.

Les bénéfices et problématiques liés aux différents modes de gestion varient selon les territoires. Au sein du site Natura 2000, les taillis présents dans les éboulis ou bien sur les sols peu productifs conduisent à des exploitations peu fréquentes. Ils permettent alors la présence de bois mort qui n'est pas quantifié.

Face au changement climatique, la gestion forestière tend de plus en plus vers une gestion en futaie irrégulière. En effet, d'un point de vue économique, cela permet de répartir les recettes au cours du temps, et d'un point de vue écologique, cela maintient un peuplement aux âges différents, favorable pour la biodiversité et la résilience de la forêt.

1.2.4. Les essences favorables aux espèces saproxyliques

Il est également important de souligner que toutes les essences ne favorisent pas nécessairement la même diversité d'espèces saproxyliques. Une différence est observable entre un peuplement de résineux et un peuplement de feuillus. Les forêts mélangées ou de feuillues accueillent la plus forte diversité d'espèces saproxyliques, notamment les forêts de chênes et de hêtres qui sont des essences attirant une grande diversité d'insectes (Dodelin et al., 2010). D'autre part, les peuplements de résineux, n'étant pas des essences autochtones, perturbent les milieux en modifiant les propriétés de ceux-ci, ce qui les rend moins favorables à l'accueil des espèces indigènes et plus particulièrement lorsque ces essences sont cultivées en monoculture. L'acidité des aiguilles de ces arbres rend le développement de la végétation locale difficile (Matos, 2023).

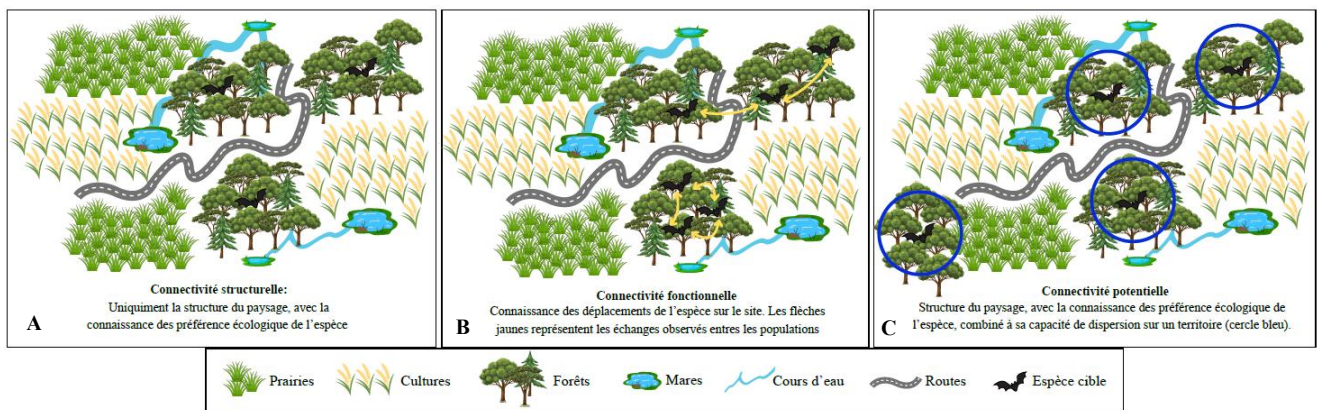
Cependant, chaque espèce a ses propres préférences en termes d'habitats et d'écologie d'un milieu. Dans le cadre de cette étude, il a été choisi de se pencher sur les milieux favorables pour le Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*) et la Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*). Ces deux espèces font partie des 17 espèces d'intérêt communautaire du site Natura 2000 Montagne côte-d'orient et possèdent une capacité de dispersion très différentes. Ainsi, en adaptant la trame de vieux bois à chacune de ces deux espèces, cela a permis de comparer une espèce à très faible capacité de dispersion et une dont la capacité de dispersion est plus élevée.

1.2.5. La connectivité écologique

Ce qui est ainsi valable pour une espèce ne l'est pas forcément pour une autre, et particulièrement lorsque ces deux espèces ont une capacité de dispersion très différente. Une trame peut être suffisamment connectée pour une espèce mais pas assez pour une autre. Chaque espèce possède ainsi un réseau écologique constitué d'un réseau d'habitats basé sur ses besoins écologiques et sa capacité de dispersion. Cela peut être représenté à l'aide d'une matrice dans laquelle sont retrouvées des « taches d'habitats » correspondant aux réservoirs et des éléments linéaires (liens) reliant ces « taches » correspondants aux corridors écologiques (Mougenot & Melin, 2000). Ces derniers permettent d'assurer la connectivité du réseau.

La connectivité d'une trame se traduit par l'interaction entre l'espèce et le paysage qu'elle occupe. Le degré de connectivité dépend alors, des éléments du paysage favorables et défavorables à la dispersion d'une espèce cible. Trois types de connectivité se distinguent en écologie du paysage : la connectivité structurelle, la connectivité potentielle, et la connectivité fonctionnelle ou réelle (Avon & Bergès, 2014) :

- La connectivité structurelle permet de déterminer si des « taches d’habitats » sont connectées par la structure du paysage. Cette connectivité est la plus simple à représenter mais la moins réaliste puisqu’elle prend en compte uniquement le paysage et pas les caractéristiques de l’espèce, comme sa capacité de dispersion (*cf. Figure 12 A*).
- La connectivité fonctionnelle se base sur les suivis naturalistes et les observations des déplacements entre et au sein des « taches d’habitats », c’est la connectivité la plus réaliste pour savoir si les taches sont reliées et fonctionnelles, mais également la plus coûteuse qui ne peut être réalisée qu’à petite échelle (pièges photos, pose de balise de suivi...) (*cf. Figure 12 B*).
- La connectivité potentielle prend en compte la structure du paysage et la capacité de dispersion des espèces. Où la capacité de dispersion de l’espèce est basée sur la distance qu’elle est capable de parcourir d’un gîte à l’autre. Ce type de connectivité offre un compromis entre les deux autres en prenant en compte les préférences d’habitat de l’espèce et en y ajoutant sa capacité de dispersion, qui permet de déterminer les endroits que l’espèce est susceptible de fréquenter et/ou de traverser (*cf. Figure 12 C*)



Dans le cadre de cette étude il a été question de modéliser et identifier la trame de vieux bois selon la connectivité potentielle, en se basant sur les besoins environnementaux de deux espèces à enjeu pour le site Natura 2000 Montagne côte-d’orienne : la Barbastelle d’Europe et le Lucane cerf-volant. Une modélisation supplémentaire, basée sur la connectivité structurelle pour l’optimisation de la trame de vieux bois au profit des espèces saproxyliques, a également été réalisée. Cette modélisation a pour but de réaliser une trame de vieux bois générale avec une approche sur l’habitat le plus optimal pour l’accueil des espèces saproxyliques de manière générale.

Trois trames de vieux bois ont donc été modélisées : une trame générale correspondant à une trame favorable aux espèces saproxyliques de façon générale, une trame adaptée aux besoins de la Barbastelle d’Europe et une trame adaptée aux besoins du Lucane cerf-volant. Dans le présent rapport, la trame de vieux bois favorable aux espèces saproxyliques de façon générale est évoquée sous le terme de « trame générale ».

2. Matériels et Méthodes

Dans la fiche action du DOCOB « CS II.1 - Identification d’une trame de vieux bois » dans laquelle s’inscrit ce stage, l’objectif de l’opération est décliné en actions à réaliser (Poissenot & Minard, 2025b) :

- Obtenir les localisations des îlots de bois sénescents, des parcelles en « hors sylviculture » et des « arbres bio/habitats » en forêts publiques
- Obtenir les localisations des îlots de bois sénescents mis en place en forêts privées
- Réaliser une cartographie du réseau
- Evaluer la connectivité du réseau
- Identifier les secteurs avec une faible quantité de bois sénescents et/ou arbres favorables à la biodiversité

Afin d’effectuer ce travail, il a d’abord été nécessaire de définir la zone d’étude. Ensuite, un travail d’acquisition des données a été effectué pour obtenir les localisations des éléments existants de la trame de vieux bois. Puis, deux espèces modèles ont été choisies pour permettre la modélisation des réseaux. Enfin, sur la base de ces éléments, la cartographie de la trame de vieux bois a pu être réalisée et la modélisation du réseau a permis une première évaluation de sa connectivité.

2.1. Zone d’étude

L’étude de la trame de vieux bois a été réalisée à deux échelles : à l’échelle du site Natura 2000 et à l’échelle du territoire Pays Seine-et-Tilles. L’échelle de Natura 2000 comprend uniquement le périmètre des 12 entités du site. A l’échelle du Pays Seine-et-Tilles, 3 communes adjacentes au Pays Seine-et-Tilles concernées par le site Natura 2000 sont intégrées au périmètre d’étude : Hauteville-lès-Dijon, Pasques et Norgues-la-Ville (*cf. Figure 13*).

L’étude à ces deux échelles a permis d’évaluer la connectivité de la trame de vieux bois sur une zone d’étude morcelée (Natura 2000) et sur une zone d’étude plus large prenant en compte les habitats entre les entités du site Natura 2000 (territoire du Pays Seine-et-Tilles).

De plus, l’échelle de Natura 2000 est l’échelle à laquelle l’action du DOCOB est déterminée et à laquelle peut être mis en place des contrats d’îlots de sénescence Natura 2000.

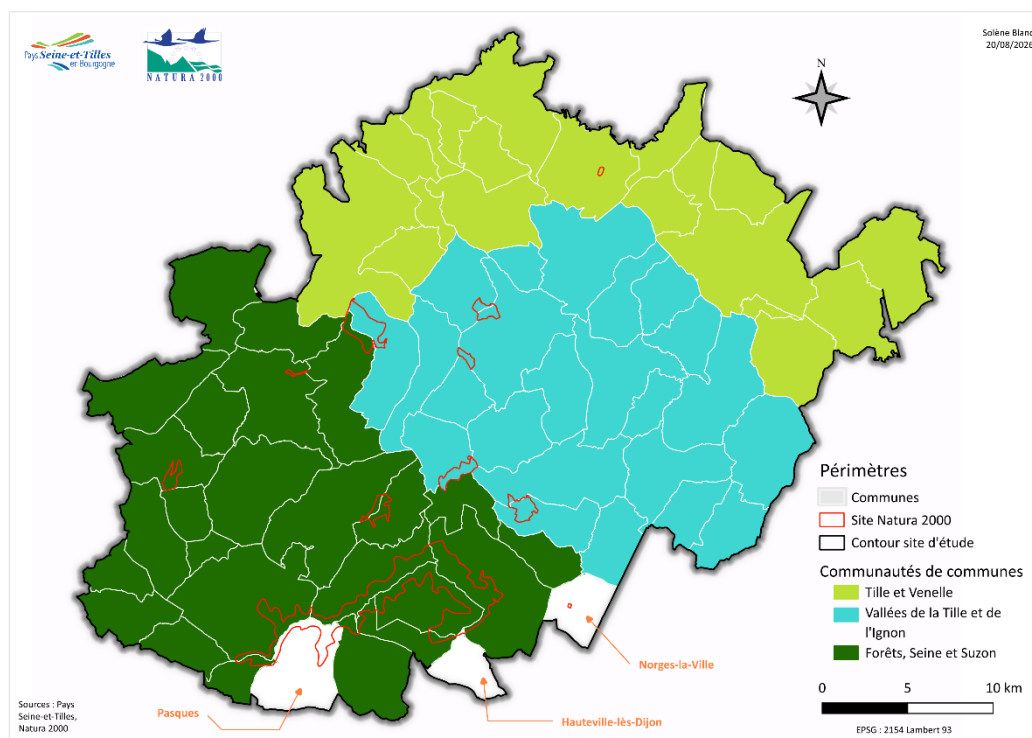


Figure 13 : Périmètre d'étude à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles

Comprenant le territoire du Pays Seine-et-Tilles et les 3 communes adjacentes, concernées par le site Natura 2000

Sources : Pays Seine-et-Tilles, Natura 2000

2.2. Choix des espèces modèles de la trame de vieux bois

Les deux espèces choisies pour adapter la modélisation de la trame de vieux bois sont la Barbastelle d'Europe et le Lucane cerf-volant. Ces deux espèces de la Directive « Habitats, faune, flore » et classées d'intérêt communautaire pour le site Natura 2000 Montagne côte-d'orientie, ont la particularité de dépendre du bois mort et des vieux bois.

2.2.1. Lucane cerf-volant

Le Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*) est un insecte saproxylique inscrit à l'annexe II de la directive « Habitats ». C'est le plus grand coléoptère d'Europe, avec une taille qui peut atteindre plus de 8 cm à l'âge adulte pour le mâle. Il se distingue par ses mandibules très développées, rappelant des bois de cerf (CRPF, s. d.) (cf. Figure 14).

Cette espèce vit pendant une majeure partie de sa vie dans le bois mort ou en décomposition. Ses larves s'y développent pendant une durée de 5 à 6 ans. Sa phase adulte est beaucoup plus courte puisqu'elle ne dépasse pas les 2 mois entre mai et septembre. Les larves sont dites saproxylophages, ce qui signifie qu'elles se nourrissent du bois mort (Pays de Lourdes et des Vallées des Gaves & Biotopie, 2014).



Figure 14 : Lucane cerf-volant mâle adulte

Source : Dominique Delfino

Son cycle de vie se déroule essentiellement dans les vieilles racines, souches ou bois morts au sol, avec une préférence pour le bois de feuillus. Le Lucane cerf-volant joue un rôle essentiel dans la décomposition des racines et du bois mort ce qui permet d'assurer le maintien de la qualité des sols en forêt (CRPF, s. d.).

Cet insecte apprécie particulièrement les vieux chênes mais peut aussi être retrouvé sur d'autres essences de feuillus comme le hêtre, le tilleul, le charme ou le châtaignier. Cependant, il ne sera presque pas retrouvé sur des conifères (Bruxelles Environnement, 2021).

Ainsi, les habitats favorables pour le Lucane cerf-volant sont caractérisés par la présence de feuillus de gros diamètre dépérissant au sol et notamment des chênes. Le Lucane est une espèce à très faible capacité de dispersion : le mâle peut se déplacer de 500 mètres à 2 kilomètres autour de l'arbre où il a grandi. En revanche, la femelle ne se déplacera seulement que de 10 à 100 mètres autour de l'arbre où elle a grandi à l'état de larve. Pour cette espèce, le maintien de vieux arbres morts proches est alors crucial (Bruxelles Environnement, 2021).

Du fait de ses exigences écologiques et de son apport pour l'écosystème forestier, le Lucane cerf-volant est une espèce bio indicatrice de la qualité des forêts. Cependant, le maintien de sa présence est menacé par les modes de gestion sylvicole en monoculture et par la réduction d'arbres morts au sol.

2.2.2. La Barbastelle d'Europe

La Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) est également inscrite à l'annexe II de la directive Habitats, elle fait partie des espèces de chauves-souris dont la forêt constitue un milieu important à l'accomplissement de son cycle de vie. Celle-ci est à la fois son terrain de chasse, son lieu de reproduction et son site d'hivernation. A la période de reproduction, la Barbastelle se regroupe en colonies et s'installe sous les écorces décollées des vieux arbres, ainsi que dans les cavités hautes, naturelles ou creusées par les pics (Lauer & Tillon, 2023) (cf. Figure 15).



Figure 15 : Colonie de Barbastelle d'Europe sous une écorce d'arbre

Source : Ludovic Jouve

La Barbastelle est une espèce qui va changer très régulièrement de gîte, il est donc important pour elle qu'une grande diversité de dendromicrohabitats soient présents au sein d'un même site. En effet, les colonies changent d'arbre quotidiennement en période de reproduction et d'élevage des jeunes (LPO, 2026). En moyenne, lors de cette période cruciale, plus de 30 arbres peuvent être utilisés comme gîtes dans un rayon de 100 mètres (Arthur & Lemaire, 2015). Une grande quantité d'arbres bio/habitats est alors nécessaire à la Barbastelle. Contrairement au Lucane, la taille des arbres utilisés impacte peu. Tant que celui-ci lui offre des gîtes, l'arbre est utilisable par la chauve-souris (Arthur & Lemaire, 2015).

Le choix des gîtes dépend de la quantité de nourriture présente aux alentours. La Barbastelle est ainsi retrouvée dans les milieux associés à une grande quantité d'insectes et est particulièrement attirée par les forêts les plus diversifiées telles que les forêts mélangées de feuillus. Pour cette espèce, la présence de quelques conifères dans la forêt ne rend pas le milieu défavorable. En effet, pour la Barbastelle, plus la forêt est diversifiée, plus le milieu lui est favorable.

La Barbastelle a une capacité de dispersion beaucoup plus élevée que celle du Lucane puisqu'elle peut parcourir en moyenne 15 km entre son gîte hivernal et estival (OFAPB, 2007). Cependant, ces chauves-souris sont menacées par une gestion sylvicole intensive ne conservant pas les arbres morts, les vieux arbres et sénescents. Ainsi, pour favoriser cette chauve-souris, il est conseillé de conserver les arbres vieillissants et de maintenir des forêts diversifiées permettant l'accueil d'une diversité d'insectes. De plus, les arbres morts apportent des puits de lumière dans le sous étage qui leur permettent de voler plus facilement lors de la chasse (Lauer & Tillon, 2023).

Au regard de l’importance de la présence de vieux bois et de bois mort pour l’accomplissement du cycle biologique de ces espèces, l’identification et le développement d’une trame de vieux bois apparaît donc essentiel pour garantir le maintien d’un bon état de conservation de la Barbastelle d’Europe et du Lucane cerf-volant.

2.3. Acquisition des données

Pour cartographier la trame de vieux bois selon les différentes échelles et l’espèce cible, de nombreuses données ont été nécessaires :

- Habitats naturels,
- Zones bâties et routes pour les éléments fracturant,
- Gestion sylvicole comprenant les îlots de sénescence et les RBI de l’ONF,
- Localisation des îlots Natura 2000,
- Localisation des arbres bio/habitats

A l’échelle du site Natura 2000, c’est la cartographie des habitats Natura 2000 qui a été utilisée. Celle-ci classe les habitats naturels et semi-naturels à l’échelle du 1/25 000 selon les classifications Corine Biotope. Cependant, ce détail d’information est disponible uniquement sur les entités Natura 2000 et date de plus d’une quinzaine d’années. C’est donc la base de données CarHab qui a été utilisée pour la cartographie à l’échelle du Pays Seine-et-Tilès. Elle correspond à une cartographie des habitats naturels à l’échelle du 1/25 000 et couvre entièrement le territoire d’étude. Les zones bâties pour l’échelle du Pays Seine-et-Tilès proviennent également de CarHab.

Le choix de la base de données pour le type d’habitats sur le territoire a été défini en comparant les différentes options disponibles, à savoir : CarHab, les habitats Natura 2000, Corine Land Cover et les peuplements forestiers fournis par l’ONF (*cf. Tableau 1*).

Tableau 1 : Comparaison des avantages et inconvénients des différentes bases de données pour les habitats

Base de données	Avantage	Inconvénient
CarHab	Occupation du sol détaillée sur tout le territoire, avec pour certaines parcelles le type d’essences	Pas très précis sur les essences forestières
Habitats Natura 2000, selon Corine Biotope	Très précis sur le type d’habitat et les essences	Données uniquement sur les entités Natura 2000
Corine Land Cover	Occupation du sol sur tout le territoire	Pas assez précis, pour les forêts, indique seulement s’il s’agit d’une forêt de feuillus ou de conifères
Peuplements (ONF)	Très précis sur les essences des forêts	Données uniquement disponibles pour les forêts publiques, pas de données pour les forêts privées

La donnée sur les routes provient de la base de données BD Topo® de l’IGN. Afin d’éviter les erreurs de classification des habitats favorables, les routes types empierrées, chemins et sentiers ont été retirés. Cela permet d’éviter les erreurs lors de la modélisation, notamment lorsque ces types de routes traversent des forêts. En effet dans ce cas, la route n’est pas un élément fracturant pour la trame de vieux bois.

Dans le cadre de cette étude, le potentiel écologique pour la trame de vieux bois d’un milieu forestier est également défini par le mode de gestion sylvicole qui est effectué au sein d’une forêt. Pour les forêts publiques, cette donnée a été fournie par l’ONF. L’obtention de ces informations permet de connaître les périmètres des forêts classées en îlots de sénescence, celles classées en Hors Sylviculture en évolution Naturelle (HSN), ainsi que tous les modes de gestion sylvicole effectués en forêt publique sur le territoire d’étude. Pour compléter cette donnée, l’ONF a fourni les données de structure des peuplements définis par la présence de gros bois. Enfin, ont été fournis les points GPS relevés des arbres bio/habitats et les délimitations des réserves biologiques intégrales (RBI).

Il est important de noter que la base de données sur les arbres bio/habitats de l’ONF est une base de données très incomplète. Uniquement des arbres enregistrés lors des martelages sont intégrés à cette base de données. De plus, il ne s’agit que des arbres des parcelles désignées en coupes depuis 2017, date à laquelle une application a été mise en place pour la collecte de données sur le terrain.

La donnée sur le gros bois est une donnée complémentaire à la donnée sur les modes de gestion, puisqu’elle fournit un paramètre de la structure du peuplement. Cependant cette donnée n’est pas disponible sur toutes parcelles forestières publiques. C’est pourquoi, en l’absence de cette donnée, il a été utilisé la donnée des modes de gestion sylvicole qui peut indiquer indirectement si du gros bois est présent au travers du traitement effectué. C’est le cas des parcelles en traitement irrégulier, où il est considéré que la présence de gros ou vieux bois est plus importante que sur des parcelles en taillis simple. Cependant sur les forêts de plateau du site d’étude, même si celle-ci est en futaie irrégulière les arbres sont de plus petits diamètres. En effet, dans ces forêts les conditions de croissances sont plus difficiles (vent, sols superficiels, exposition, etc.).

Enfin, le périmètre des îlots Natura 2000 est une donnée qui était déjà à disposition, par Natura 2000.

Toutes les données forestières qui ont pu être récoltées proviennent des forêts publiques. Aucune donnée sur les modes de gestion en forêt privée n’a pu être obtenue : celles-ci sont confidentielles et requièrent les autorisations de chacun des propriétaires. Par ailleurs, les modes de gestion en forêt privée ne sont connus que pour les forêts bénéficiant d’un document de gestion, or de nombreuses forêts privées en sont dépourvues. Ainsi, même avec un travail préalable conséquent de recherche des propriétaires privées et d’accès à la donnée, l’information du mode de gestion forestière serait restée partielle et n’aurait pas couvert l’ensemble des forêts privées.

Ces données ont permis la cartographie et la modélisation de la trame de vieux bois à l’échelle de Natura 2000 et à l’échelle du Pays Seine-et-Tilles (*cf. Tableau 2*).

Tableau 2 : Liste des données utilisées pour la modélisation des trames

<i>Données</i>	<i>Description</i>	<i>Provenance</i>
<i>CarHab</i>	Habitats naturels du territoire d’étude	CarHab IGN
<i>Habitats Natura 2000</i>	Habitats naturels avec classification Corine Biotope	Natura 2000
<i>Gros bois</i>	Parcelles contenant du gros bois	ONF
<i>Zones bâties</i>	Zones anthropiques	CarHab IGN
<i>Routes</i>	Routes du territoire auxquelles ont été retiré les chemins, sentiers et routes empierrées	BD Topo® IGN

<i>Gestion sylvicole</i>	Modes de gestion sylvicole des parcelles publiques, comprenant les îlots de sénescence	ONF
<i>Réserves Biologiques Intégrales</i>	Réserves biologiques intégrales sur le territoire d’étude	ONF
<i>Arbres bio/habitats</i>	Arbres bio/habitats recensés depuis 2017 sur le territoire d’étude	ONF
<i>Ilots de sénescence Natura 2000</i>	Ilots de sénescence sous contrat Natura 2000	Natura 2000
<i>Contour forêts privées</i>	Contour forêts privées, permettant de les démarquer dans la modélisation	Personnelle à partir de BD Forêt® et du contour des forêts publiques

Il a été considéré dans le cadre de ce stage, comme réservoirs de la trame, les milieux présentant à la fois un habitat naturel favorable et une gestion sylvicole adaptée aux enjeux Natura 2000. Ce sont ainsi 2 jeux de données qui se superposent pour mettre en évidence les réservoirs de la trame de vieux bois. En y ajoutant les routes et les zones bâties du territoire, il a été possible de mettre en évidence la fracturation de la trame par les éléments anthropiques. Entre les réservoirs et les éléments fracturants, se trouvent d’autres éléments qui peuvent être répartis en 2 catégories : les éléments défavorables aux déplacements et les éléments pouvant servir de corridors écologiques.

2.4. Modélisation de la trame de vieux bois

La modélisation du réseau écologique s’est basée sur la théorie des graphes par l’approche des graphes paysagers. Ces derniers sont composés d’un ensemble de nœuds (taches d’habitats), qui sont connectés entre eux par des liens qui représentent les chemins de déplacements potentiels (corridors écologiques) (Clauzel et al., 2020a). Au sein de ce graphe paysager, des sous-réseaux peuvent être délimités. Il s’agit de petits groupes de nœuds connectés entre eux mais pas au reste du réseau. Lorsqu’un nœud (ou réservoir) est isolé du reste du réseau avec aucune connexion, il est également considéré comme un sous-réseau.

Pour obtenir ce graphe paysager, il a été nécessaire dans un premier temps de construire une carte de paysage. Cette dernière regroupe tous les éléments paysagers qui permettent de définir les milieux les plus favorables à l’espèce ou bien l’habitat cible de la trame (Clauzel et al., 2020a). Dans le cadre cette étude, les modes de gestions et les types d’habitats ont été croisés pour déterminer les réservoirs de biodiversité.

Pour cela ce sont les logiciels de cartographie et de modélisation QGIS et Graphab qui ont été utilisés pour modéliser la trame de vieux bois. Grâce à l’extension Biodispersal de QGIS, il a été possible de réunir et croiser les données sur une couche SIG. En croisant les données des habitats naturels et de la gestion sylvicole, cela a permis d’obtenir une cartographie de la perméabilité des milieux. La carte obtenue grâce à Biodispersal correspond à la carte de paysage. Se trouve ainsi sur cette dernière, les éléments fracturants pour la trame de vieux bois et les éléments les plus favorables. La carte a été par la suite importée dans Graphab afin de modéliser le réseau écologique global, en identifiant les éléments les plus importants pour la connectivité de la trame de vieux bois.

Pour obtenir cette carte de paysage, qui est la base de la modélisation, il a fallu attribuer un score de pondération des éléments (modes de gestion sylvicole, habitats naturels, zones anthropiques).

2.4.1. Pondération des habitats

L’étape de pondération a été réalisée lors de l’utilisation de Biodispersal. L’attribution des scores pour chaque milieu, permet par la suite de superposer les données et de les croiser en les multipliant.

A la suite de la multiplication des données, une nouvelle pondération est alors déterminée avec un score attribué à chaque élément croisé à un autre. Le résultat permet d’obtenir ces deux sources d’information sur une seule et même couche.

L’attribution des scores s’est basée sur les recherches bibliographiques, sur des dires d’experts et sur des informations issues d’une formation au logiciel Graphab.

Pour que la modélisation soit la plus claire possible et facile à réaliser par Graphab, la pondération doit être très contrastée (Clauzel et al., 2020a). Ici, il a été question de hiérarchiser en 4 classes les milieux naturels (favorable à fracturant), et en 5 classes pour les modes de gestion sylvicole (très favorable à fracturant) (cf. *Tableau 3*). A ces 5 classes, s’ajoute une 6^{ème} qui tient compte des parcelles en attente et des parcelles de forêts privées.

Dans la gestion sylvicole, les parcelles en attente, sont des parcelles où aucune gestion ni intervention n’est déterminée à l’instant « t ». Pour ces parcelles, la gestion qui sera effectuée plus tard ne peut pas être connue, ce qui ne permet pas de savoir si elle sera favorable ou non à la trame de vieux bois. Un score plus élevé leur est attribué dans le but de les démarquer sur la modélisation. Ce score a également été attribué aux parcelles forestières privées dont la donnée de gestion n’a pas pu être connue. Il permet de faire ressortir les éléments pour lesquels le manque de données n’a pas permis d’établir s’ils pouvaient être intégrés ou non dans la trame de vieux bois.

Tableau 3 : Classification des scores attribués pour la pondération sur les habitats et les modes de gestion

Habitats / Milieux					
Favorable	Moyennement favorable		Défavorable	Fracturant	
1	100		500	1 000	

Gestion sylvicole					
Très favorable	Favorable	Moyennement favorable	Défavorable	Fracturant	Parcelles en attente ou privées
1	10	100	500	1 000	2 000

La pondération a donc été appliquée pour chaque élément cartographique, des trois trames. Chacune des trois trames (trame générale des espèces saproxyliques, trame adaptée à la Barbastelle et la trame adaptée au Lucane) possède ainsi une pondération qui lui est propre en fonction des conditions écologiques nécessaires trouvées dans la littérature. En effet, chaque espèce possède ses préférences de milieux, c’est donc pour cela que certains milieux sont favorables pour le Lucane mais ne le sont pas pour la Barbastelle, et inversement (cf. *Tableau 4*). Pour la trame de vieux bois générale, les besoins écologiques se sont basés sur les recherches bibliographiques d’études sur les conditions optimales pour la mise en place d’îlots de sénescence en réseau (Laguet & Bruciamacchie, 2020).

Tableau 4 : Pondération des habitats, des modes de gestion et des éléments anthropiques selon l'espèce cible de la trame de vieux bois

Habitats	Trame générale	Lucane	Barbastelle
Culture	500	500	500
Feuillus	1	1	1
Conifères	100	500	100
Chêne	1	1	1
Eau	500	500	500
Forêt pionnière	100	500	100
Fourré	500	500	500
Hêtre	1	1	1
Conifères et Feuillus	100	500	1
Feuillus et Conifères	1	100	1
Prairie	500	500	500
Peupleraie	500	1	500
Plantation forestière	100	500	500
Retenue d'eau	1000	1000	1000
Surfaces minérales	500	500	500

Types de gestion	Trame générale	Lucane	Barbastelle
Ilots de sénescence	1	1	1
HSN	1	1	1
RBI	1	1	1
Arbres bio/habitats	1	1	1
Gros bois	10	10	10
Traitement régulier	500	500	500
Traitement irrégulier	100	100	100
Attente	2000	2000	2000
Hors sylviculture	500	500	500
Ilots de vieillissement	10	10	10
Taillis simple	500	500	500
Taillis sous-futaie	100	100	500

Anthropique	Trame générale	Lucane	Barbastelle
Routes	500	500	500
Autoroutes	1000	1000	1000
Zones bâties	1000	1000	1000

Trois pondérations ont donc été réalisées. Concernant les éléments fracturants (score de 1 000), la pondération est la même d’une trame à l’autre, de même pour les habitats type culture ou bien prairies, qui ne sont des habitats favorables pour aucune espèce forestière. Les milieux où les variations sont les plus importantes sont les habitats forestiers. En effet, les préférences d’essence ou de structure du peuplement, varient selon l’espèce. C’est principalement les forêts de feuillus et en mélange qui sont les plus favorables pour la trame générale, cependant pour les espèces cibles cela fluctue davantage.

Pour les modes de gestion, les scores de pondération ont également quelques variations, cependant moins importantes puisque, qu’il s’agisse de la Barbastelle, du Lucane ou bien de la trame générale, le point commun est le besoin de présence de gros bois et bois mort. La présence de ces éléments nécessaires aux espèces cibles va se retrouver dans les éléments qui constituent la trame de vieux bois tel que définie pour cette étude, à savoir : les îlots de sénescence dont les îlots Natura 2000, les parcelles en HSN, les réserves biologiques intégrales et les arbres bio/habitats. Pour les gros bois, on considère qu’ils traduisent une présence plus importante de dendromicrohabitats car ces derniers apparaissent au fur et à mesure que l’arbre vieillit. Cependant leur présence ne signifie pas forcément qu’ils se situent au sein d’une parcelle avec une gestion favorable. C’est pour tenir compte de ces aspects que le gros bois possède d’un côté un score plus faible (plus favorable) que les gestions où des interventions sont effectuées, mais plus élevé (moins favorable) qu’une gestion sans intervention. Dans les gestions avec interventions, parmi les plus favorables sont retrouvées le traitement irrégulier (diversité de tailles, d’essences et de diamètres) et le taillis-sous-futaie (présence de bois mort).

Pour la Barbastelle, les milieux naturels les plus favorables sont les forêts mélangées. Parmi les habitats de la base de données CarHab, il s’agira des forêts de feuillus, de chênes, de hêtres et les forêts mélangées (feuillus et conifères). En effet, la présence de conifères ne dérange pas cette chauve-souris. En ce qui concerne le mode de gestion, la Barbastelle a besoin d’espace sous la strate arborée pour circuler et chasser librement. La gestion en taillis et en taillis-sous-futaie n’est pas une gestion adaptée puisque dans ces forêts beaucoup de jeunes arbres sont présents et rendent la forêt trop dense, ce qui empêche les chauves-souris de circuler librement. En effet, cette chauve-souris vole surtout dans les sous étages peu encombrés, dans les trouées créées par la chute d’arbres morts, ou bien au-dessus de la canopée (*cf. Figure 16*) (Lauer & Tillon, 2023). Les milieux forestiers trop denses ne lui sont pas adaptés.

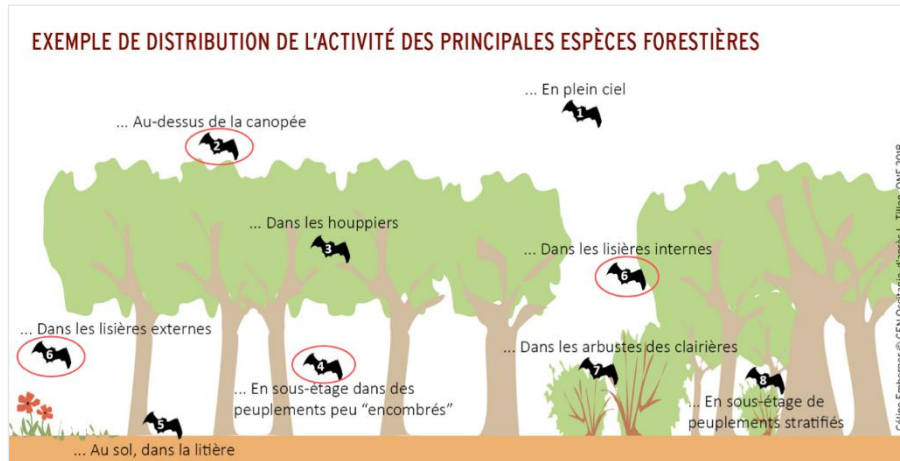


Figure 16 : Répartition des zones favorables aux déplacements de la Barbastelle d'Europe (entourés en rouge)

Source : (Lauer & Tillon, 2023)

Les gestions les plus favorables sont donc les îlots de sénescence, les réserves biologiques, les parcelles en hors sylviculture et les arbres bio/habitats. En gestion favorable sont retrouvées les zones où il y a la présence de gros bois et les îlots de vieillissement, qui permettent de lui fournir des vieux arbres à dendromicrohabitats. Enfin, parmi les gestions où des interventions sont effectuées, uniquement le traitement en futaie irrégulière est favorable pour cette chauve-souris. Celle-ci obtient un score correspondant aux milieux moyennement favorables.

Pour le Lucane, qui est une espèce très présente dans les forêts de feuillus, les types de milieux qui lui sont les plus favorables sont, les forêts de chênes, de hêtres, de feuillus, ainsi que les peupleraies. En effet, bien que la culture du peuplier ne soit pas favorable à de nombreuses espèces, le Lucane cerf-volant peut pondre ses œufs et se développer dans le bois dépérissant des peupliers (Natura 2000 Marais erdre, s. d.)

Le mode de gestion favorable au Lucane est assez proche de la trame de vieux bois générale. En effet, cette espèce est tributaire de la présence de gros bois et bois mort, les gestions conservant ces éléments sont donc très favorables. Il s'agit ici des îlots de sénescence, des zones en HSN, des réserves biologiques intégrales et des arbres bio/habitats. En gestion favorable sont retrouvés les parcelles avec la présence de gros bois et les îlots de vieillissements. Enfin, le traitement irrégulier et le taillis-sous-futaie, ont le score des gestions moyennement favorables. En effet, celle-ci sont classées moyennement favorable puisque cela reste des gestions où des interventions sont effectuées et où la majorité des arbres sont coupés avant qu'ils n'atteignent leur stade sénescence. Le taillis-sous-futaie contrairement à la Barbastelle est assez favorable pour le Lucane, puisqu'il offre la présence d'arbres morts au sol.

En somme, pour chaque modélisation, les réservoirs de la trame de vieux bois ont été déterminés par le croisement entre une gestion très favorable et un habitat favorable.

2.4.2. Modélisation

• Approche « habitat » et « espèce »

Deux types d'approche sont prises en compte dans cette étude pour la modélisation de la trame de vieux bois : une approche « habitat » et deux approches « espèce ». L'approche habitat a pour but de favoriser un habitat le plus optimal à l'ensemble des espèces saproxyliques, cette approche modélise une connectivité structurelle. L'approche espèce est centrée sur une espèce en particulier, avec ses exigences écologiques et sa capacité de dispersion au sein d'un paysage, ce qui permet la

modélisation de la connectivité potentielle (Laguet & Bruciamacchie, 2020). La modélisation de l'approche « habitats » a concerné la trame de vieux bois générale, et l'approche espèce a concerné l'adaptation de la trame de vieux bois pour les deux espèces d'intérêt communautaire (Lucane cerf-volant et Barbastelle d'Europe).

De nombreux paramètres ont été nécessaires pour établir la modélisation de la trame de vieux bois. Que ce soit par approche habitat ou espèce, il a été nécessaire de déterminer une surface minimale et optimale pour les taches d'habitats de la trame (Clauzel et al., 2020b).

Au total, cinq modélisations de trame ont été réalisées. Quatre cartes ont été modélisées en croisant les habitats et la gestion :

- Trame de vieux bois générale à l'échelle du site Natura 2000
- Trame de vieux bois générale à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles
- Trame de vieux bois adaptée au Lucane cerf-volant à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles
- Trame de vieux bois adaptée à la Barbastelle d'Europe à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles

Et une carte de la trame de vieux bois générale a été modélisée uniquement avec les habitats, sans la gestion sylvicole, à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles.

La première modélisation de la trame générale a concerné uniquement le site Natura 2000, avec les habitats associés croisés à la gestion sylvicole. Le but de cette modélisation a été d'évaluer la connectivité globale de la trame de vieux bois au sein d'un périmètre d'étude morcelé. Les quatre autres modélisations ont été réalisées à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles et des 3 communes adjacentes. La modélisation concernant la trame de vieux bois générale a été élaborée pour évaluer la connectivité structurelle générale du site d'étude. Cette trame a été déclinée en 2 trames. Une première où la gestion sylvicole n'a pas été prise en compte. En effet, cette donnée étant incomplète sur les forêts privées, il a été choisi dans cette trame de s'appuyer sur une donnée homogène connue sur l'ensemble du territoire. Et une deuxième où la gestion a été prise en compte mais où le même score de pondération que les parcelles en attente est attribué aux forêts privées. En attribuant ce score, il est alors possible de démarquer les forêts privées, et mettre en avant le manque de connaissance de la gestion effectuée dans ces forêts.

Pour la trame générale favorable aux espèces saproxyliques, suite aux recherches bibliographique et aux dires d'expert, la taille minimale et optimale d'un îlot de sénescence est établie à 0,5 hectares. Cette surface minimale permet de minimiser l'effet de lisière et maintenir une ambiance forestière au sein de l'îlot (Laguet & Bruciamacchie, 2020). La distance optimale entre les îlots pour cette trame plus générale a été établie à 1 kilomètre, il ne s'agit pas d'une capacité de dispersion. (Biache, 2017; Laguet & Bruciamacchie, 2020).

Enfin, les deux dernières trames concernent les trames de la connectivité potentielle, en se basant sur le Lucane cerf-volant et la Barbastelle d'Europe. Dans ces trames, la gestion sylvicole est prise en compte. En effet, celle-ci joue un rôle dans le potentiel écologique du milieu pour les deux espèces d'intérêt communautaire.

La Barbastelle d'Europe occupe en moyenne 30 arbres bio/habitats dans un rayon de 100 mètres. La surface minimale des réservoirs de cette espèce a donc été estimée à 3 hectares dans un milieu contenant une diversité de bois sénescents offrant des dendromicrohabitats (Arthur & Lemaire, 2015).

Le Lucane cerf-volant est lui très fidèle à son arbre où il s'est développé au stade larvaire. Certaines femelles arrivées à l'âge adulte ne changent pas d'arbre, et ne se déplacent que très peu autour de celui-ci. La surface minimale pour cette espèce est donc au minimum la surface d'un arbre (environ 4 m²) dans une forêt avec une ambiance forestière (Bruxelles Environnement, 2021).

Un autre paramètre pris en compte dans Graphab est la capacité de dispersion. Pour la Barbastelle, sa capacité de dispersion est de 15 kilomètres. Pour le Lucane, pour une modélisation la plus optimale et la plus restrictive, c'est la capacité de dispersion de la femelle qui a été prise en compte, c'est-à-dire 100 mètres. En effet, le paramètre de dispersion de l'espèce permet de modéliser les liens possibles entre les réservoirs de la trame. De plus ces liens sont calculés en « distance coût » qui correspond à un calcul de la distance qui peut être parcourue sur un paysage. Ainsi moins le milieu est favorable, plus le coût de déplacement est élevé. La modélisation des liens ne dépend alors pas uniquement de la capacité de dispersion que l'espèce peut parcourir mais du paysage que l'espèce traverse.

• Analyses de la connectivité

Les analyses de connectivité ont été effectuées par le calcul de métriques de connectivité sur Graphab, en se basant sur la carte de paysage de chaque trame et la capacité de dispersion associée. Deux principales métriques ont été testées : le Flux d'Interactions (IF) et l'Indice de centralité intermédiaire (BC) (Clauzel et al., 2020b) :

- La métrique IF est un indicateur des interactions potentielles entre une tache cible et les autres taches du réseau. Cette métrique fait ressortir le « cœur du réseau », les réservoirs bien connectés et importants. Pour cela, plusieurs paramètres sont pris en compte :

- La surface du réservoir, qui correspond à sa capacité : plus la tache de réservoir est grande, plus il est estimé qu'il possède une forte capacité d'accueil.
- La proximité d'un réservoir aux autres réservoirs.
- La capacité des taches proches (cf. Figure 17).

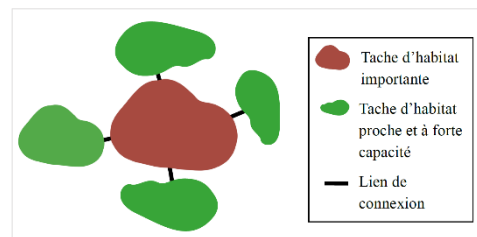


Figure 17 : Schématisation de la métrique Flux d'interaction (IF)

Source : Personnelle d'après Clauzel et al., 2020b

- La métrique BC est un indicateur du flux potentiel traversant les liens et les réservoirs. Cette métrique met en avant les réservoirs et liens importants pour la connectivité du réseau. Ce sont les réservoirs et les liens qui permettent la connexion de sous-réseaux (groupe de réservoirs pas connecté au reste du réseau). Ce sont parfois les seuls chemins empruntables pour passer d'un sous-réseau à l'autre (cf. Figure 18).

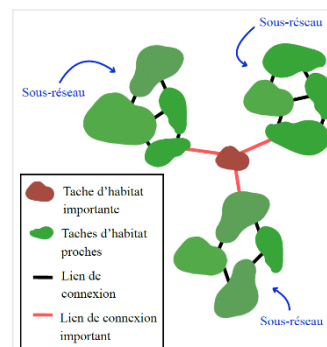


Figure 18 : Schématisation de la métrique Indice de centralité intermédiaire (BC)

Source : Personnelle d'après Clauzel et al., 2020b

- **Modélisation de nouvelles taches d'habitat**

Une autre analyse possible avec Graphab est l'identification de la localisation de nouvelles taches pour améliorer la connectivité du réseau. Il s'agit d'un outil d'aide à la décision pour la mise en place d'actions concrètes de gestion tels que la définition de nouveaux îlots de sénescence. Pour établir les emplacements optimaux pour les nouveaux îlots, la fonction « Ajout tache » de Graphab a été utilisée.

Cette fonction nécessite la création d'une matrice du paysage avec les emplacements possible ou impossible pour la mise en place de nouveaux îlots. La fonction « Ajout de taches » teste un ensemble d'emplacements selon leur distance aux réservoirs, et détermine le nombre de nouveaux îlots nécessaires qui apportent un gain à la connectivité du réseau (Bourgeois et al., 2024). Dans cette matrice n'ont pas été pris en compte les milieux avec une gestion ou un habitat défavorable, ce qui a permis de retenir uniquement :

- Les milieux avec des habitats favorables et une gestion très favorable
- Les milieux avec des habitats favorables et une gestion favorable
- Les milieux avec des habitats favorables et une gestion moyennement favorable
- Les milieux avec un habitat moyennement favorable et une gestion très favorable
- Les parcelles en attente ou privées avec un habitat favorable

Cette première manipulation de données a été réalisée sur QGIS. Puis la couche obtenue a été ajoutée sur Graphab en utilisant la fonction « Ajout taches ». Celle-ci a permis de créer et de déterminer l'emplacement idéal pour la mise en place de nouveaux îlots, en tenant compte des besoins des différentes espèces.

3. Résultats

Cette partie présente l'ensemble des cartes réalisées afin de répondre à la problématique posée. Cela comprend les cartes de paysage créées pour servir de support à la modélisation de la trame de vieux bois selon les approches « habitats » et « espèces » ; la cartographie des éléments constitutifs de la trame de vieux bois à savoir l'identification des réservoirs et corridors écologiques ; ainsi que les cartes d'analyse de la connectivité du réseau permettant la mise en évidence des réservoirs les plus importants pour la connectivité et la modélisation de nouveaux réservoirs qui contribueraient à la renforcer.

Sur la base des cartes de paysage, les modélisations ont été réalisées pour les 3 trames : trame générale favorable aux espèces saproxyliques, trame adaptée au Lucane cerf-volant et trame adaptée à la Barbastelle d'Europe.

Pour une meilleure compréhension et une illustration des résultats, des zooms sont effectués sur différentes zones des cartes globales de l'atlas cartographique.

3.1. Les cartes de paysage

Les premières cartes réalisées pour la modélisation des différentes trames de vieux bois ont été les cartes de croisement de la gestion et des habitats, correspondant aux cartes de paysage. Lors du croisement des données, une nouvelle pondération est obtenue, variant de 1 à 1 million. Chaque

pixel possède alors une nouvelle valeur pondération, à laquelle une couleur est associée (cf. *Tableau 5*).

Tableau 5 : Pondération après le croisement de la gestion et des habitats

Habitats Gestion	Favorable	Moyennement favorable	Défavorable	Fracturant
Très favorable	1	100	500	1 000
Favorable	10	1 000	5 000	10 000
Moyennement favorable	100	10 000	50 000	100 000
Défavorable	500	50 000	250 000	500 000
Fracturant	1 000	100 000	500 000	1 000 000
Attente / Privé	2 000	200 000	1 000 000	2 000 000

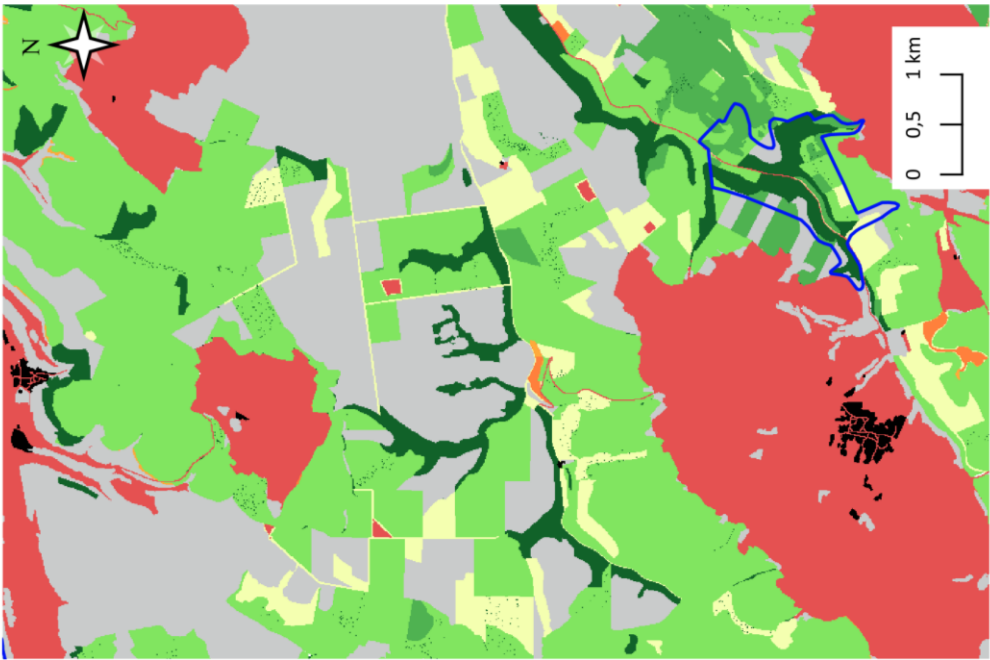
Ce croisement s’est donc appliqué sur les trois différentes trames, à savoir la trame générale, la trame adaptée au Lucane cerf-volant et la trame adaptée à la Barbastelle d’Europe. Cependant, en fonction des préférences écologiques de l’espèce, les cartes n’ont pas eu les mêmes valeurs de pondération finales (cf. *Carte 1, Carte 2 et Carte 3 Atlas cartographique*).

Entre les trois trames, certaines différences et ressemblances ont pu être mises en avant. Entre la trame générale et la trame du Lucane, très peu de différences sont observables. En effet, ces deux trames ont également de nombreuses ressemblances en termes de besoins écologiques. Alors qu’en comparant ces deux trames à la trame de la Barbastelle, des différences sont plus marquées.

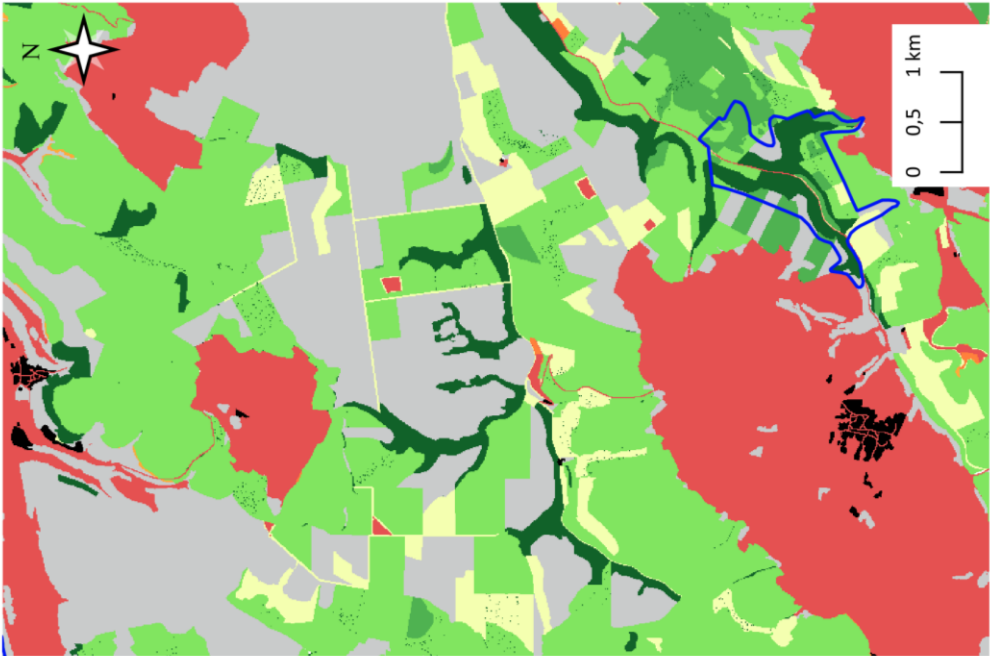
Certaines forêts possèdent une gestion ou un habitat défavorable pour la Barbastelle mais favorable pour le Lucane et les espèces saproxyliques. C’est notamment le cas de la gestion en taillis-sous-futaie, particulièrement favorable pour les espèces saproxyliques et le Lucane car elle offre des arbres morts au sol, mais défavorable pour la Barbastelle dû à une densité arbustive trop importante qui l’empêche de voler correctement. Ainsi, même s’il s’agit d’un habitat favorable comme une forêt en mélange de feuillus, la pondération tend à être négative pour la trame de la Barbastelle. Ce scénario est représenté en jaune clair avec le score de pondération de 500 sur la trame adaptée à la chauve-souris (cf. *Figure 19*). La présence de corridors potentiels adaptés aux déplacements de la Barbastelle est donc plus restreinte.

Cependant, malgré les différences sur les corridors possibles, les réservoirs sont eux identiques entre les trois trames. En croisant les habitats favorables et les gestions très favorables, ce sont les mêmes réservoirs qui ressortent. En effet, il s’agit de croiser les parcelles en évolution naturelle (HSN), îlots de sénescence ou réserves intégrales, avec des habitats de chênaie, hêtraie ou bien forêts de feuillus en mélange. Ces éléments possèdent des pondérations identiques entre les trois trames, ce qui explique que les réservoirs soient les mêmes (cf. *Figure 19*).

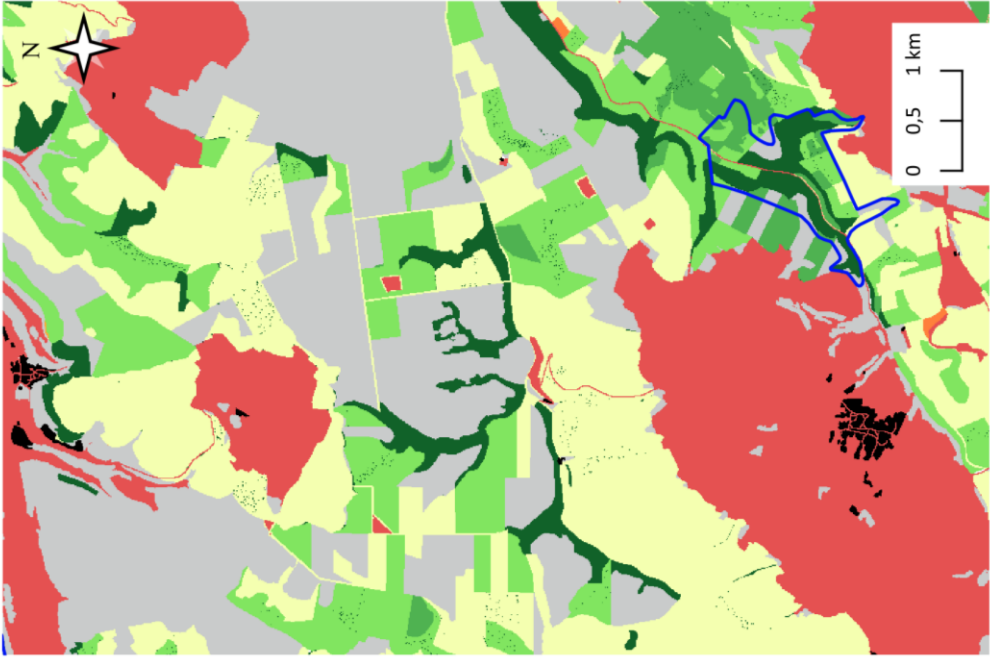
Trame générale



Trame adaptée au Lucane cerf-volant



Trame adaptée à la Barbastelle d'Europe



 Périmètre Natura 2000

Habitats	Favorable	Moyennement favorable	Défavorable	Fracturant
Gestion				
Très favorable	1	100	500	1 000
Favorable	10	1 000	5 000	10 000
Moyennement favorable	100	10 000	50 000	100 000
Défavorable	500	50 000	250 000	500 000
Fracturant	1 000	100 000	500 000	1 000 000
Attente / Privé	2 000	200 000	1 000 000	2 000 000



BLANC Solène
22/07/2026

Figure 19 : Comparaison des trames suite au croisement de la gestion et des habitats

En vert foncé sont les réservoirs avec une gestion très favorable et un habitat favorable. Plus les couleurs vont vers le rouge/noir, moins l’habitat est favorable pour la trame de vieux bois. La carte de gauche représente la trame générale, la carte centrale représente la trame adaptée au Lucane cerf-volant, et la carte de droite est la trame de la Barbastelle d’Europe.

3.2. Cartographie de la trame de vieux bois

3.2.1. Echelle Natura 2000 et Pays Seine-et-Tilles

Les premières modélisations ont permis d'évaluer la pertinence de l'échelle de l'étude et de comparer les données utilisées pour les habitats naturels. En effet, possédant deux types de données à l'échelle de Natura 2000, le choix de la donnée à utiliser a posé question.

La cartographie des habitats de Natura 2000 est une donnée plus précise que la donnée de CarHab. Cela peut être en effet observé en comparant la modélisation de la trame de vieux bois générale à l'échelle de Natura 2000 avec les habitats Natura 2000 et avec les habitats CarHab (*cf. Figure 20*). En effet, sur la carte avec les habitats Natura 2000, le nombre de réservoirs est supérieur aux réservoirs modélisés avec les habitats de la base de données CarHab : 49 nœuds de réservoirs avec la cartographie Natura 2000 contre 42 nœuds de réservoirs avec la cartographie CarHab (*cf. Carte 4 et Carte 5 Atlas cartographique*). Cependant, ne possédant pas la précision des habitats de Natura 2000 sur tout le territoire d'étude, uniquement les habitats CarHab ont été conservés pour les modélisations à plus large échelle.

En conservant uniquement la base de données CarHab, il est alors possible de comparer le réseau de la trame de vieux bois, à l'échelle de Natura 2000 et à l'échelle du territoire d'étude qui comprend le territoire du Pays Seine-et-Tilles et les 3 communes dont Natura 2000 fait partie (*cf. Carte 6 Atlas cartographique*).

La différence de quantité de réservoirs est alors mise en avant. En effet, à une échelle prenant un territoire plus large, plus de réservoirs sont identifiés. De plus, cette plus grande quantité de réservoirs permet de connecter des réservoirs qui étaient isolés à l'échelle de Natura 2000, et qui deviennent connectés à d'autres réservoirs hors du périmètre Natura 2000 (*cf. Figure 20*).

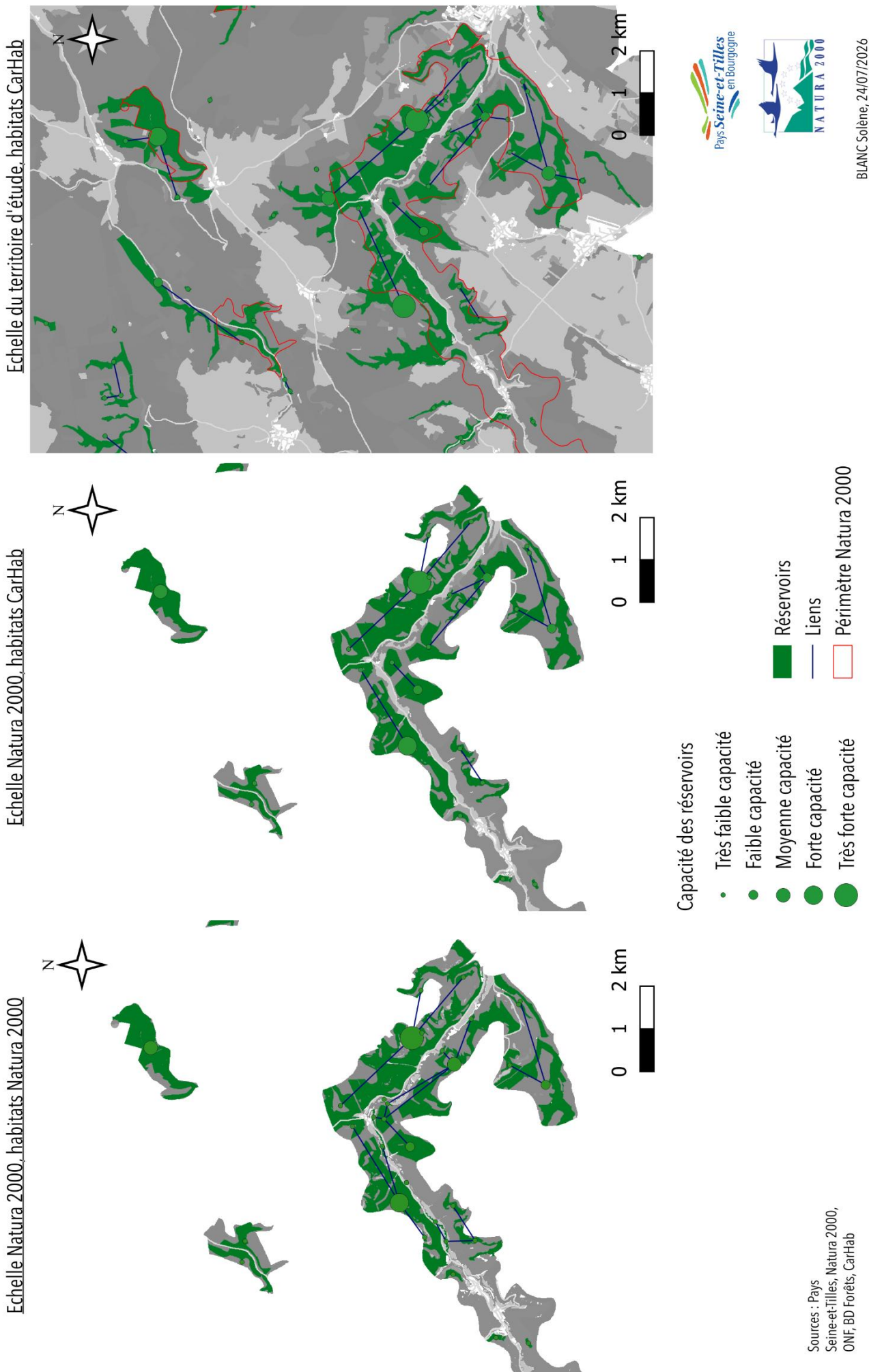


Figure 20 : Comparaison des réservoirs et des liens entre les 2 échelles d'étude et les 2 bases de données des habitats

Sur la carte de gauche est représenté les réservoirs de la trame de vieux bois générale à l'échelle de Natura 2000 en prenant en compte les habitats de la cartographie de Natura 2000. Sur la carte centrale, est représenté les réservoirs de la trame générale également à l'échelle de Natura 2000 mais avec les habitats de la base de données CarHab. Et sur la carte de droite, les réservoirs la trame de vieux bois générale à l'échelle du territoire du d'étude avec les habitats de la base de données CarHab.

3.2.2. Différences entre les trames de vieux bois

Selon l'espèce cible, sa capacité de dispersion et la surface du réservoir, la trame de vieux bois n'a pas la même apparence. C'est en effet, ce qui est mis en avant en comparant les trois trames (*cf. Carte 6, Carte 7 et Carte 8 Atlas cartographique*). La trame générale présente des connexions entre les réservoirs éloignés d'une distance maximale de 1 kilomètre et d'une surface minimale de 0,5 hectares (*cf. Carte 6 Atlas cartographique*). Pour la trame du Lucane, les connexions se limitent dans un rayon de 100 mètres avec des réservoirs d'une surface minimale de 4 m² (*cf. Carte 7 Atlas cartographique*). En revanche pour la trame de la Barbastelle, les connexions s'étendent jusqu'à 15 km dans des milieux favorables, avec des réservoirs d'une surface minimale de 3 hectares (*cf. Carte 8 Atlas cartographique*). Ces conditions écologiques modifient la structure et les connexions du réseau d'une trame à l'autre. En effet, ces différences sont visibles sur la Figure 21. La trame adaptée au Lucane cerf-volant présente plus de petits réservoirs qui ne sont pas présents sur les deux autres trames. Il s'agit des arbres habitats bio/habitats isolés. En effet, la surface d'un arbre suffit à cette espèce. Cependant, elle ne suffit pas à la Barbastelle qui a besoin d'une surface plus grande. Les connexions sont de ce fait différentes. Pour le Lucane, les connexions sont surtout entre les arbres bio/habitats proches, très peu de connexions sont visibles entre les plus gros réservoirs. En revanche, pour la Barbastelle les réservoirs de la trame sont beaucoup plus connectés entre eux. En effet, ces liens permettent une meilleure connexion du réseau. Pour la trame plus générale, les réservoirs étant d'une surface plus élevée que pour la trame du Lucane, les arbres bio/habitats n'ont pas été comptés comme des réservoirs. De plus, pour la modélisation de cette trame, plus de connexions sont identifiées entre les plus gros réservoirs par rapport à la trame du Lucane, mais moins de connexions sont possible lorsque les réservoirs sont plus éloignés, en comparaison de la trame de la Barbastelle.

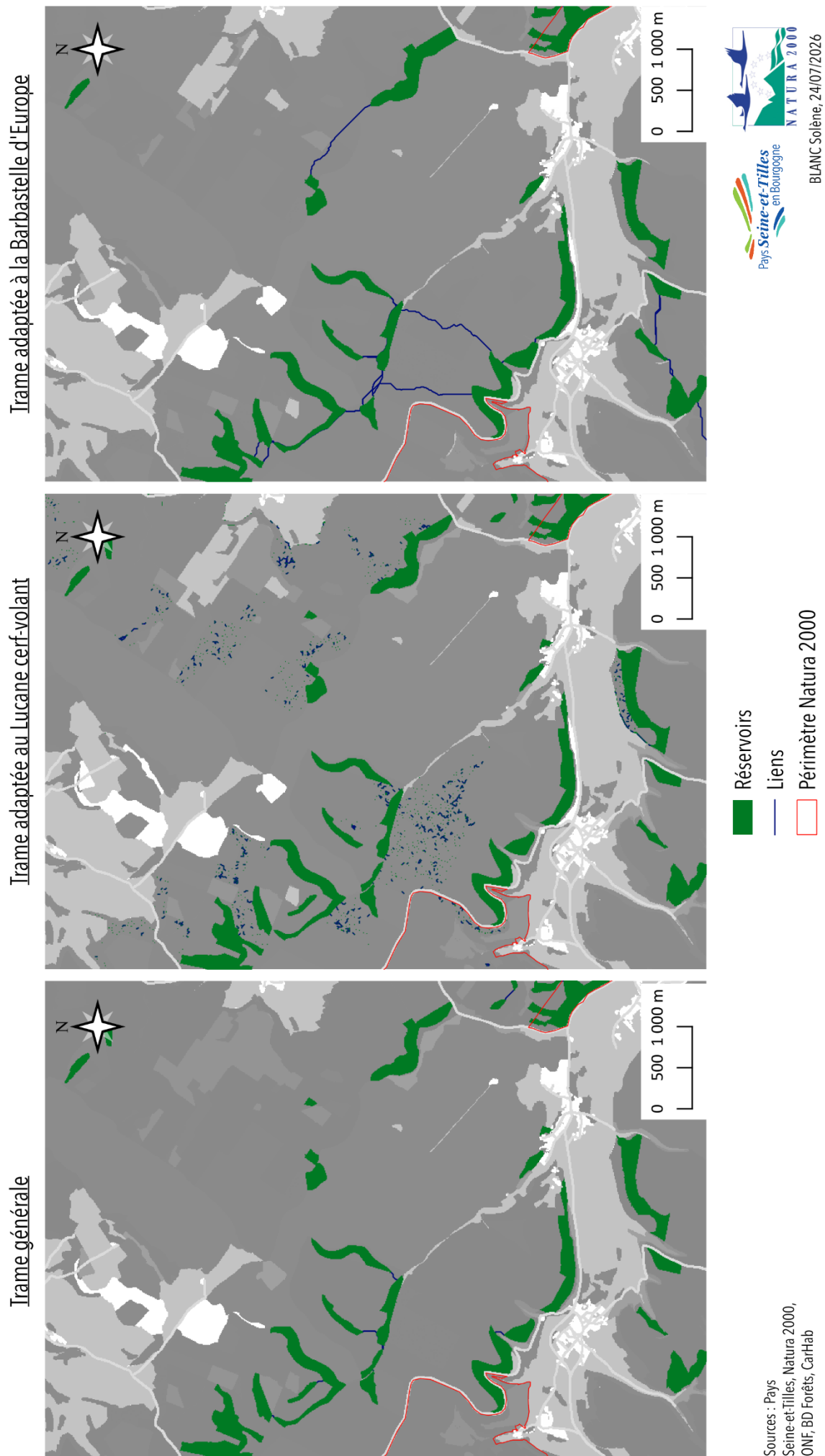


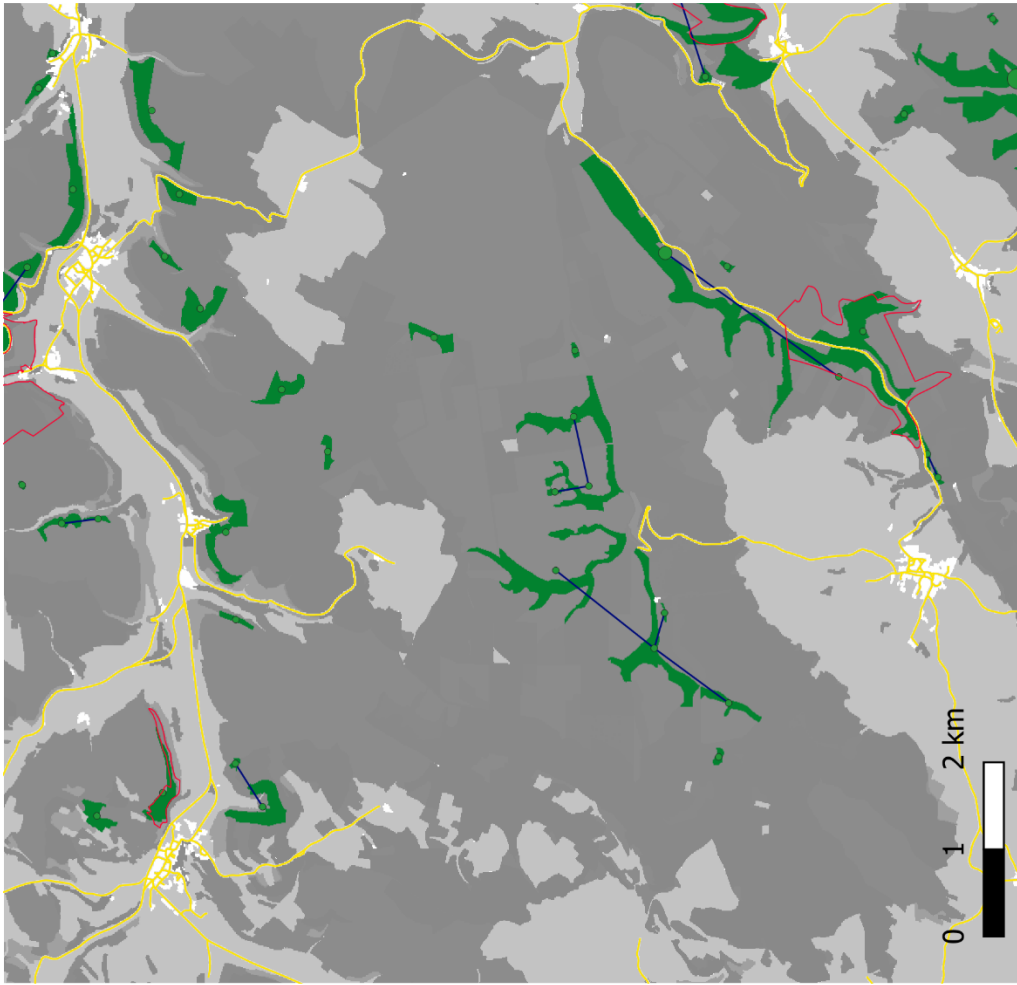
Figure 21 : Comparaison des réservoirs et de la connectivité du réseau selon la trame

La carte de gauche représente la connectivité du réseau de la trame générale, la carte centrale la connectivité du réseau de la trame adaptée au Lucane cerf-volant où les liens relient de très petits réservoirs, et la carte de droite représente la connectivité du réseau de la trame adaptée à la Barbastelle d'Europe.

3.2.3. Trame de vieux bois uniquement sur la base des habitats naturels

La cartographie du réseau sans la prise en compte des modes de gestion sylvicole a permis de s’appuyer sur une donnée homogène sur tout le territoire, à la fois dans les forêts publiques et les forêts privées, cette donnée correspond à la base de données des habitats CarHab. Cette cartographie a également permis de se rendre compte de l’action de la gestion sylvicole sur la modélisation des réservoirs. Sur cette carte, les réservoirs de la trame de vieux bois ont une toute autre allure que sur les cartes où la gestion est prise en compte (*cf. Carte 8 et Carte 9 Atlas cartographique*). En effet, sans la prise en compte de la gestion sylvicole, les réservoirs prennent en compte uniquement l’habitat naturel du paysage, à savoir, s’il s’agit d’une forêt de feuillus en mélange, d’une chênaie ou bien d’une hêtraie. Les réservoirs ont donc une surface plus élevée que lorsque la gestion est appliquée à la modélisation. Cependant, le réseau de la trame de vieux bois n’est pas pour autant plus connecté, ce qui s’explique par les routes qui entourent les réservoirs. En effet, les routes empêchent les connexions de se faire entre les réservoirs, ce qui crée des réservoirs à forte capacité d’accueil mais dans un réseau très peu connecté (*cf. Figure 22*).

Réservoirs en croisant les habitats et la gestion sylvicole



Réservoirs en prenant en compte uniquement les habitats



Capacité des réservoirs

- Très faible capacité
- Faible capacité
- Moyenne capacité
- Forte capacité
- Très forte capacité

Périmètre Natura 2000

Routes

Réservoirs

Liens



Solène Blanc, 03/08/2026

Sources : BD Forêts,
CarHab, BD Topo, Pays
Seine-et-Marne, Natura
2000

Figure 22 : Comparaison des réservoirs de la trame de vieux bois en prenant en compte uniquement les habitats, et en prenant les habitats et la gestion sylvicole

La carte de gauche représente la modélisation des réservoirs de la trame de vieux bois générale sans la prise en compte de la gestion, avec uniquement les habitats. Et la carte de gauche représente les réservoirs en croisant la gestion sylvicole les habitats.

3.3. Mesure de la connectivité de la trame de vieux bois

Les métriques de connectivité effectuées grâce à l'utilisation du logiciel Graphab, permettent d'évaluer la connectivité du réseau en identifiant les éléments importants pour la connectivité de celui-ci. Dans cette étude ont été testées deux métriques : la métrique des flux d'interaction (IF) et la métrique d'indice de centralité intermédiaire (BC).

3.3.1. Métrique flux d'interactions (IF)

La métrique du Flux d'interaction se base sur trois caractéristiques pour évaluer un réservoir :

- La capacité du réservoir, traduit par sa surface
- La proximité d'autres réservoirs autour du réservoir cible
- La capacité des réservoirs proches

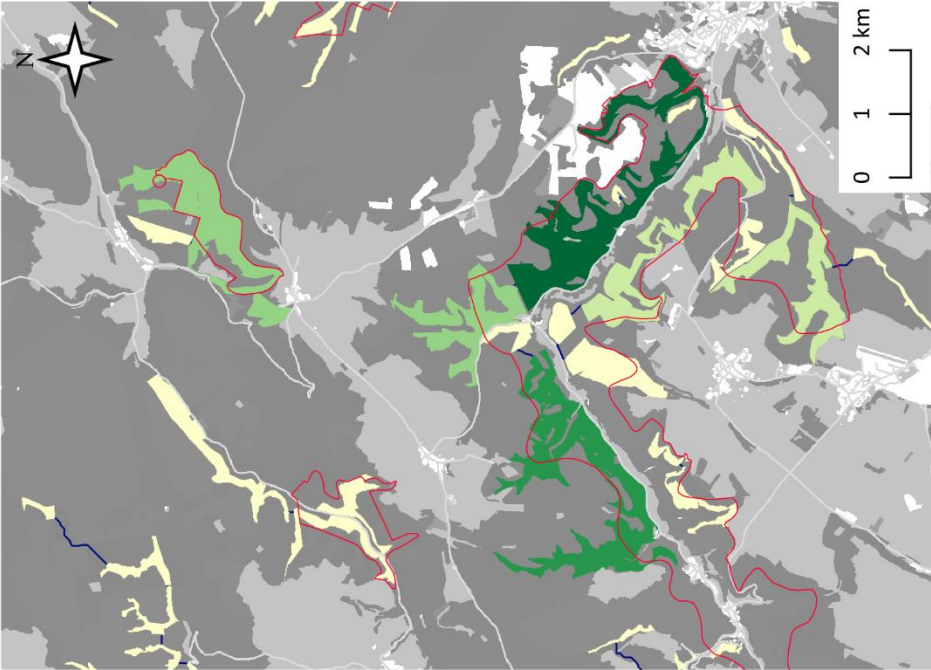
Ainsi, un réservoir avec une forte valeur de IF est un réservoir possédant une grande capacité d'accueil et de nombreux réservoirs proches avec une forte capacité d'accueil. Sur les cartes, la valeur de IF est représentée par un gradient de couleur. En vert foncé les réservoirs avec une forte valeur de IF et en vert de plus en plus clair, des valeurs de IF de plus en plus faible.

Pour chaque trame, les valeurs de IF sont différentes (*cf. Carte 10, Carte 11 et Carte 12 Atlas cartographique*). En comparant les trois trames, 1 à 2 réservoirs se démarquent pour chacune des trames au sein du site Natura 2000 (*cf. Figure 23*).

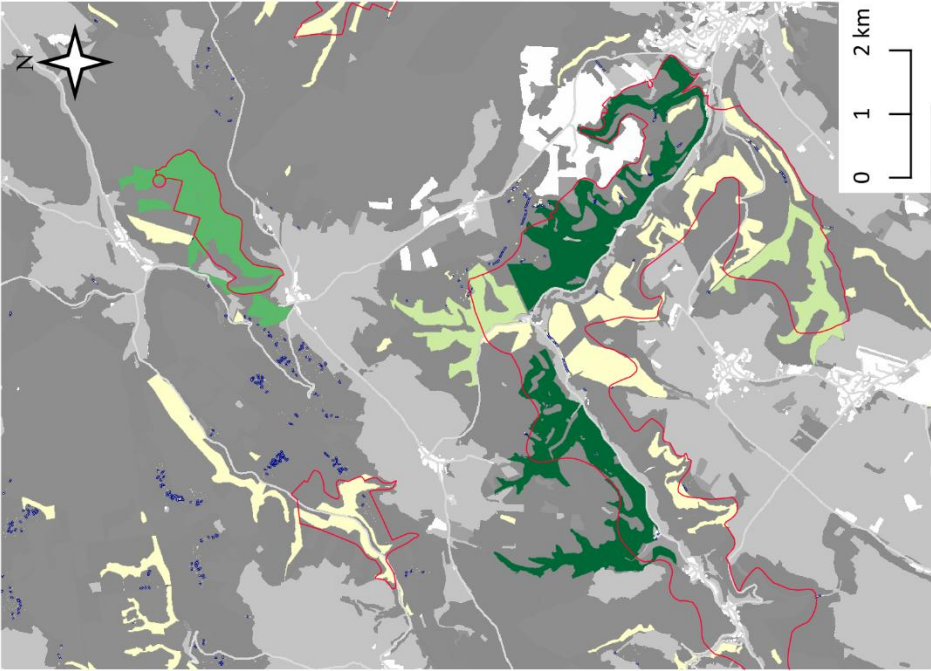
Pour la trame générale et celle de la Barbastelle, le même réservoir se démarque (vert foncé) avec la valeur de IF la plus élevée (*cf. Carte 10 et Carte 12 Atlas Cartographique*).

En comparaison, la trame adaptée au Lucane cerf-volant présente 2 réservoirs aux valeurs de IF les plus élevées dans le site Natura 2000 (*cf. Carte 11 Atlas Cartographique*). En effet, cette espèce a plus de réservoirs de faible surface (arbres bio/habitats). Ils créent alors des connexions aux plus gros réservoirs.

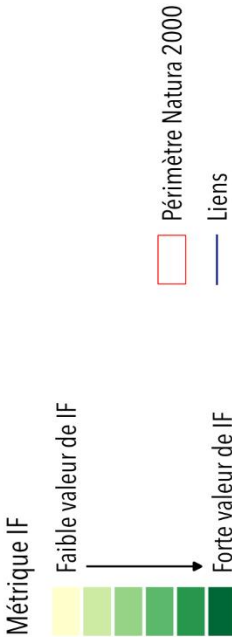
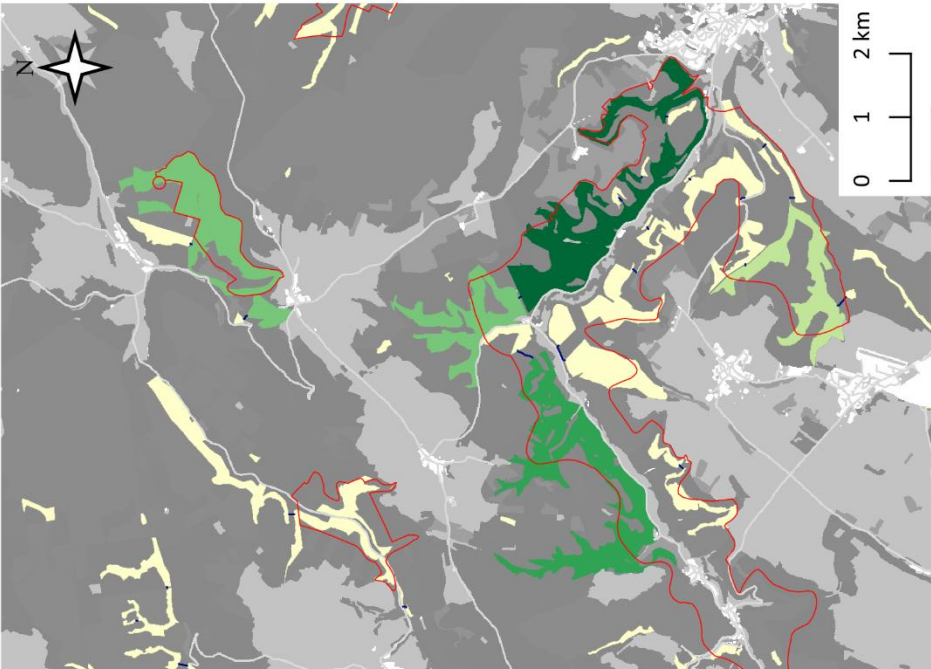
Trame adaptée à la Barbastelle d'Europe



Trame adaptée au Lucane cerf-volant



Trame générale



Sources : Pays
Seine-et-Tiltes, Natura 2000,
ONF, BD Forêts, CarHab

Figure 23 : Comparaison de la métrique de flux d'interactions (IF) entre les 3 différentes trames

La métrique est représentée par un gradient de couleur, en vert foncé sont les réservoirs avec une forte valeur de IF et avec des verts de plus en plus clairs, des valeurs de IF de plus en plus faibles. La métrique est représentée sur le fond de la carte de paysage de l'espèce cible. La cartographie pour la trame générale est représentée sur la carte de gauche, au centre pour la trame du Lucane cerf-volant et sur la carte de droite, la métrique pour la trame de la Barbastelle d'Europe.

3.3.2. Métrique indice de centralité intermédiaire (BC)

La métrique indice de centralité intermédiaire se base sur la capacité et la distance entre un réservoir cible et les autres réservoirs. Ressortent alors en réservoirs importants ceux qui sont parcourus par de nombreux liens. Il s'agit des réservoirs dont le passage est obligatoire pour connecter plusieurs sous-réseaux. Ces réservoirs sont potentiellement plus fréquentés que les autres puisqu'ils permettent une meilleure connectivité du réseau général. La métrique permet alors de mettre en avant les réservoirs du réseau important pour la connectivité. Comme pour la métrique IF, un gradient de couleur permet de déterminer les réservoirs à forte valeur de BC : en vert foncé les réservoirs à très forte valeur de BC et avec des verts de plus en plus clairs, des valeurs de BC de plus en plus faibles (cf. Figure 24).

Cette métrique dépend des connexions possibles entre les réservoirs. Chaque trame possède des valeurs de BC différentes (cf. Carte 13, Carte 14 et Carte 15 Atlas cartographique).

Pour la trame générale, il est possible d'identifier 3 réservoirs importants pour le réseau situé dans le site Natura 2000 (cf. Carte 13 Atlas Cartographique). En effet, grâce à ces réservoirs plusieurs sous-réseaux de réservoirs peuvent être mis en connexion et permettre les échanges entre les réservoirs.

Pour la trame adaptée au Lucane, un seul réservoir est mis en avant. En effet, cette espèce ayant une faible capacité de dispersion, un seul réservoir permet de connecter deux sous-réseaux dans une distance optimale pour le Lucane (cf. Carte 14 Atlas Cartographique). Ce réservoir est donc d'une importance particulière pour l'espèce afin de permettre les échanges. Celui-ci se situe également dans le site Natura 2000.

Pour la trame adaptée à la Barbastelle d'Europe, beaucoup plus de réservoirs sont importants pour la connectivité du réseau (cf. Carte 15 Atlas Cartographique). En effet, la Barbastelle ayant une capacité de dispersion plus élevée que le Lucane cerf-volant ou que celle considérée pour la trame générale, plus de sous-réseaux peuvent être connectés. Parmi ces réservoirs importants, un principal se distingue au sein du site Natura 2000 avec une valeur de BC élevée (cf. Figure 24). En effet, celui-ci permet de connecter des sous-réseaux constitués de plusieurs réservoirs.

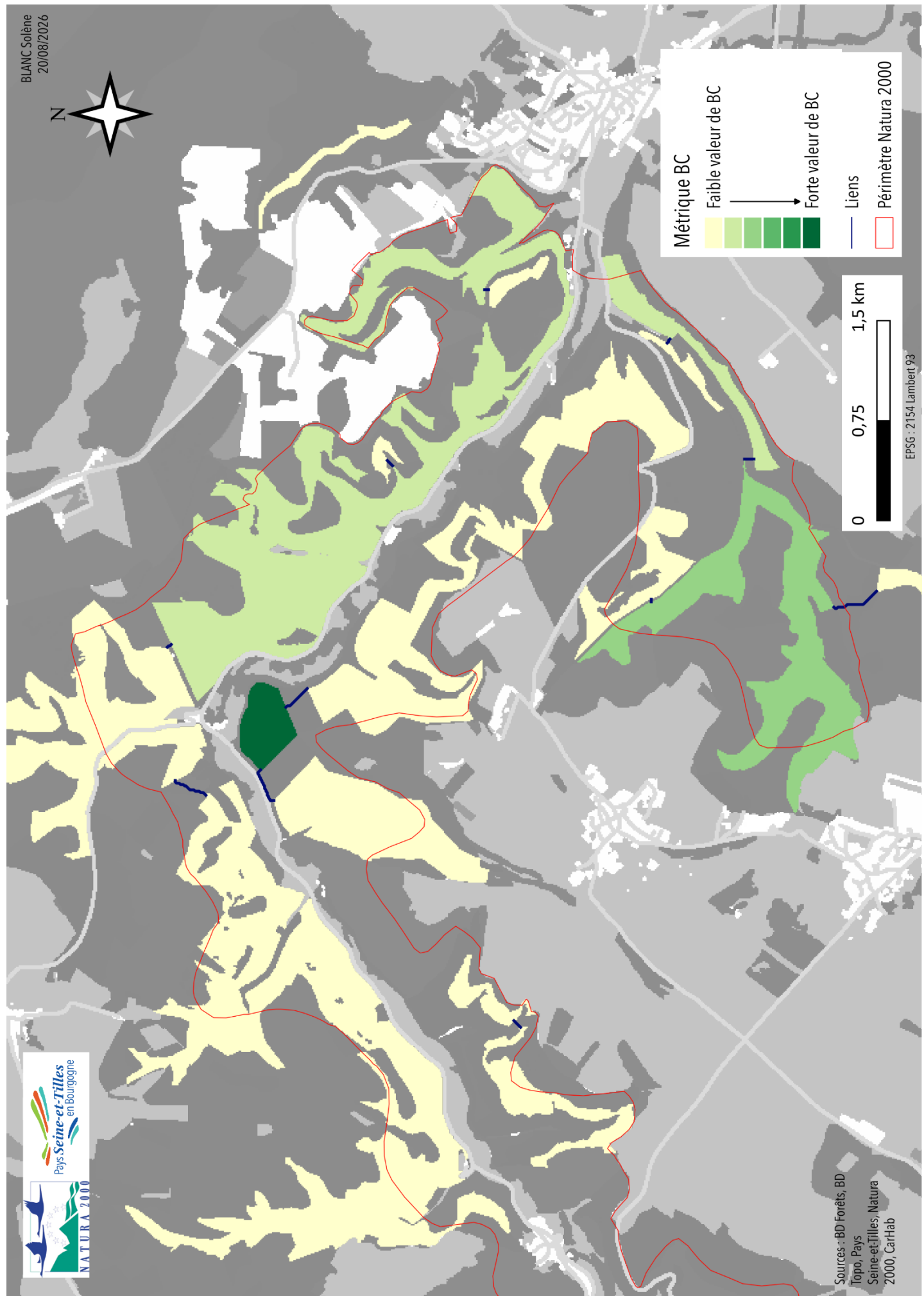


Figure 24 - Représentation de la métrique indice de centralité intermédiaire sur des réservoirs de la trame de vieux bois adaptée à la Barbastelle d'Europe

Le réservoir en vert foncé, permet la connexion de plusieurs réservoirs de grande taille autour et permet alors de connecter ses nombreux réservoirs en un seul sous-réseau. C'est également le cas pour les autres réservoirs en vert plus clair, mais ces derniers connectent des réservoirs de plus petite superficie ce qui explique les valeurs plus faibles.

3.4. Modélisation de nouveaux îlots de sénescence

Lors de cette étude, la modélisation de nouveaux îlots de sénescence a été matérialisée par l'ajout de nouvelles « taches d'habitat » au réseau, et réalisée sur le logiciel Graphab. Cette fonction modélise l'ajout de nouvelles taches au sein du réseau afin de rendre celui-ci plus connecté et plus fonctionnel pour la dispersion des espèces. De plus, cela permet de comparer la connectivité globale du réseau avant et après la modélisation de nouveaux réservoirs. Lors de cette étude la perspective visée à travers la modélisation de nouvelles taches d'habitat est la mise en place d'îlots de sénescence.

Pour chacune des trois trames, 10 nouvelles taches d'habitats ont été modélisées. Afin de mieux comprendre où les nouvelles taches ont été positionnées dans le réseau, des zooms sur les taches les plus importantes sont présentées pour chaque trame (les cartes complètes figurent dans l'Atlas cartographique).

3.4.1. Trame générale

Pour la trame de vieux bois générale, la carte globale avec l'emplacement de l'ensemble des 10 nouveaux réservoirs/taches d'habitats est représentée sur la Carte 16 de l'Atlas Cartographique.

Parmi les nouveaux réservoirs modélisés, les taches 1 à 7 permettent de créer des relais entre les réservoirs déjà en place. Ces taches permettent alors de renforcer les connexions du réseau et regrouper des sous-réseaux. Les taches 8 à 10 sont des taches supplémentaires au réseau pour renforcer un sous-réseau déjà existant. En effet, dès les premières nouvelles taches modélisées, de nouveaux relais entre les réservoirs avec une distance optimale pour les déplacements sont observables (*cf. Figure 25*). La tache 1 permet la connexion de 2 sous-réseaux, un composé de plusieurs réservoirs et un autre composé seulement de 2 réservoirs. Cette tache modélisée comme la première à ajouter, a une importance cruciale puisque par son intermédiaire, le réseau devient plus grand et moins fracturé dans cette zone. Son importance est visible sur le graphique « Evolution du niveau de connectivité par l'ajout de nouvelles taches » (*cf. Figure 25*). C'est également le cas pour les taches 2 et 3 qui permettent de créer un réseau plus conséquent et de réunir 3 sous-réseaux. Par l'ajout de ces taches, la valeur de la connectivité du réseau augmente fortement. Ici, c'est à partir de l'ajout de la 7^{ème} tache d'habitat que le réseau atteint une valeur de connectivité maximale.

Ces taches ont toutes pu être ajoutées dans des milieux favorables aux espèces saproxyliques. En effet, pour les 4 premières taches, celles-ci ont été positionnées dans des milieux avec un score de 100, équivalent au croisement d'un habitat favorable avec une gestion moyennement favorable ou bien d'un habitat moyennement favorable avec une gestion très favorable. Toutefois, ces taches sont le plus souvent localisées dans des milieux avec un habitat favorable et une gestion moyennement favorable. Parmi eux sont retrouvés par exemple pour la modélisation de la trame générale, les forêts de chênes avec une gestion en taillis-sous-futaie.

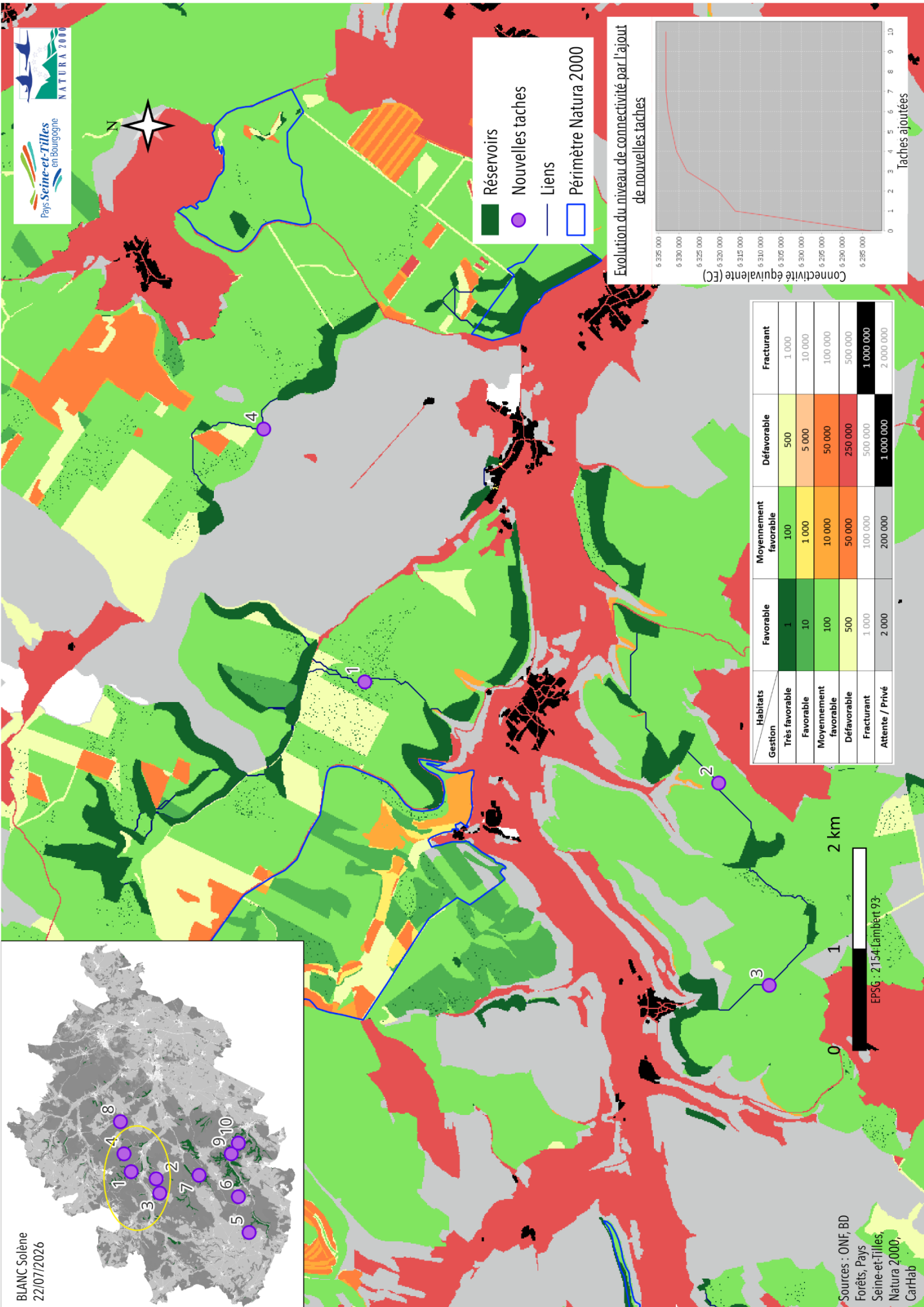


Figure 25 : Modélisation de l'emplacement de nouvelles taches d'habitats pour renforcer la connectivité de la trame générale

Les nouvelles taches d'habitats sont représentées par les cercles violets. A chaque ajout de nouvelle tache, la connectivité du réseau augmente. Cette augmentation de connectivité est représentée sur le graphique à droite de la carte. Ici la connectivité atteint sa valeur maximale à partir de la 7^{ème} tache, pour la trame générale. Cette modélisation est représentée sur le fond de carte de la carte de paysage, avec le croisement des pondérations habitats et gestion.

3.4.2. Trame adaptée au *Lucane cerf-volant*

Pour la trame de vieux bois adaptée au *Lucane cerf-volant*, la carte globale avec l'emplacement de l'ensemble des 10 nouveaux réservoirs/taches d'habitats est représentée sur la Carte 17 de l'Atlas Cartographique.

Dans cette configuration, l'emplacement des nouvelles taches d'habitat est plus restreint. En effet, nécessitant une distance de dispersion inférieure ou égale à 100 mètres d'un réservoir pour le *Lucane cerf-volant*, les réservoirs ne doivent pas être trop éloignés. Les taches qui sont les plus importantes à mettre en place sont celles qui permettent la connexion de gros sous-réseaux, comme c'est le cas pour la tache 1 (*cf. Figure 26*).

Parmi les 10 nouvelles taches modélisées, uniquement la première tache permet le renforcement de la connectivité du réseau. Les autres taches permettent de renforcer la quantité de réservoirs au sein des sous-réseaux les plus conséquents mais sans ajouter de connectivité entre les sous-réseaux.

Ici, comme pour la trame plus générale, les nouvelles taches ont également pu être modélisées dans des milieux favorables pour le *Lucane cerf-volant*. Comme pour la trame générale, il peut s'agir de forêts de chênes en taillis-sous-futaie.

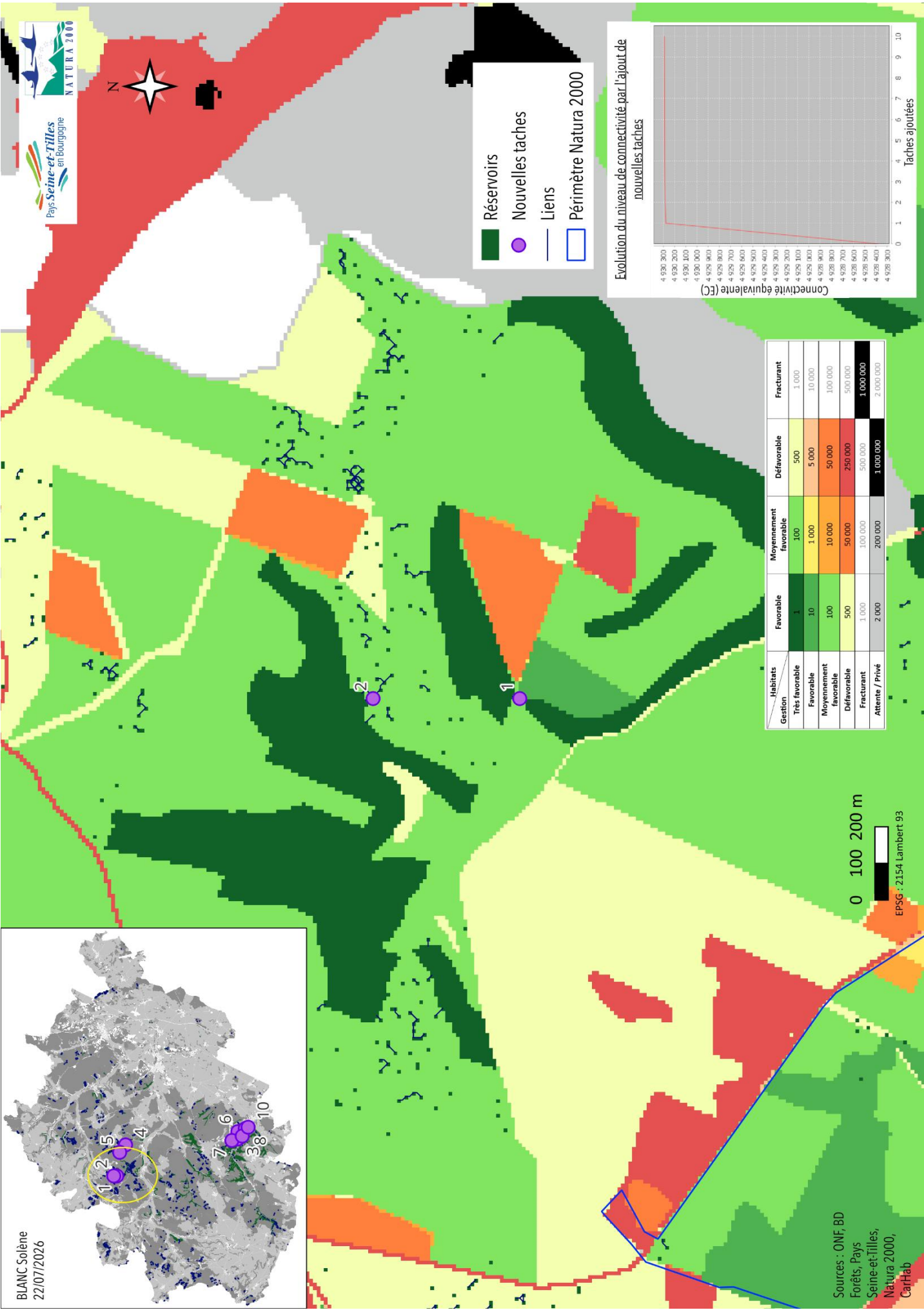


Figure 26 : Modélisation de l'emplacement des nouvelles taches d'habitats pour renforcer la connectivité de la trame adaptée au Lucane cerf-volant

Les nouvelles taches d'habitats sont représentées par les cercles violets. A chaque ajout de nouvelle tache, la connectivité du réseau augmente. Cette augmentation de connectivité est représentée sur le graphique à droite de la carte. Ici la connectivité atteint sa valeur maximale à partir de la mise en place de la 1^{ère} tache, pour la trame adaptée au Lucane cerf-volant. Cette modélisation est représentée sur le fond de carte de la carte de paysage, avec le croisement des pondérations habitats et gestion.

3.4.3. Trame adaptée à la Barbastelle d'Europe

Pour la trame de vieux bois adaptée à la Barbastelle d'Europe, la carte globale avec l'emplacement de l'ensemble des 10 nouveaux réservoirs/taches d'habitats est représenté sur la Carte 18 de l'Atlas Cartographique.

Les nouvelles taches d'habitats pour cette modélisation sont plus éloignées et permettent la connexion de nombreux sous-réseaux.

Dans le cadre de la modélisation de la trame adaptée à la Barbastelle d'Europe, le niveau de connectivité du réseau atteint une valeur optimale à partir de la mise en place de la 3^{ème} tache d'habitats. En effet, les taches 1 et 3 permettent de mettre en réseau 3 sous-réseaux et la tache 2 permet de relier 2 sous-réseaux (*cf. Figure 27*). Ces taches représentent des éléments importants pour connecter les réservoirs. Les taches 4 à 10 servent, comme pour la trame adaptée au Lucane, à renforcer la quantité de réservoirs au sein de sous-réseaux.

De plus, cette modélisation a permis de montrer que pour renforcer la trame la Barbastelle, les nouvelles taches doivent passer par les parcelles classées en attente ou par les parcelles privées. En effet, pour l'adaptation de la trame aux exigences de la Barbastelle, peu de milieux ressortent comme favorables pour y mettre des îlots. Ces derniers sont donc modélisés dans les parcelles où la gestion n'est pas déterminée ou bien inconnue. Ces parcelles peuvent être plus favorables que les parcelles où une gestion défavorable pour l'espèce est effectuée. Dans le cas de la Barbastelle il peut s'agir de gestion en taillis-sous-futaie.

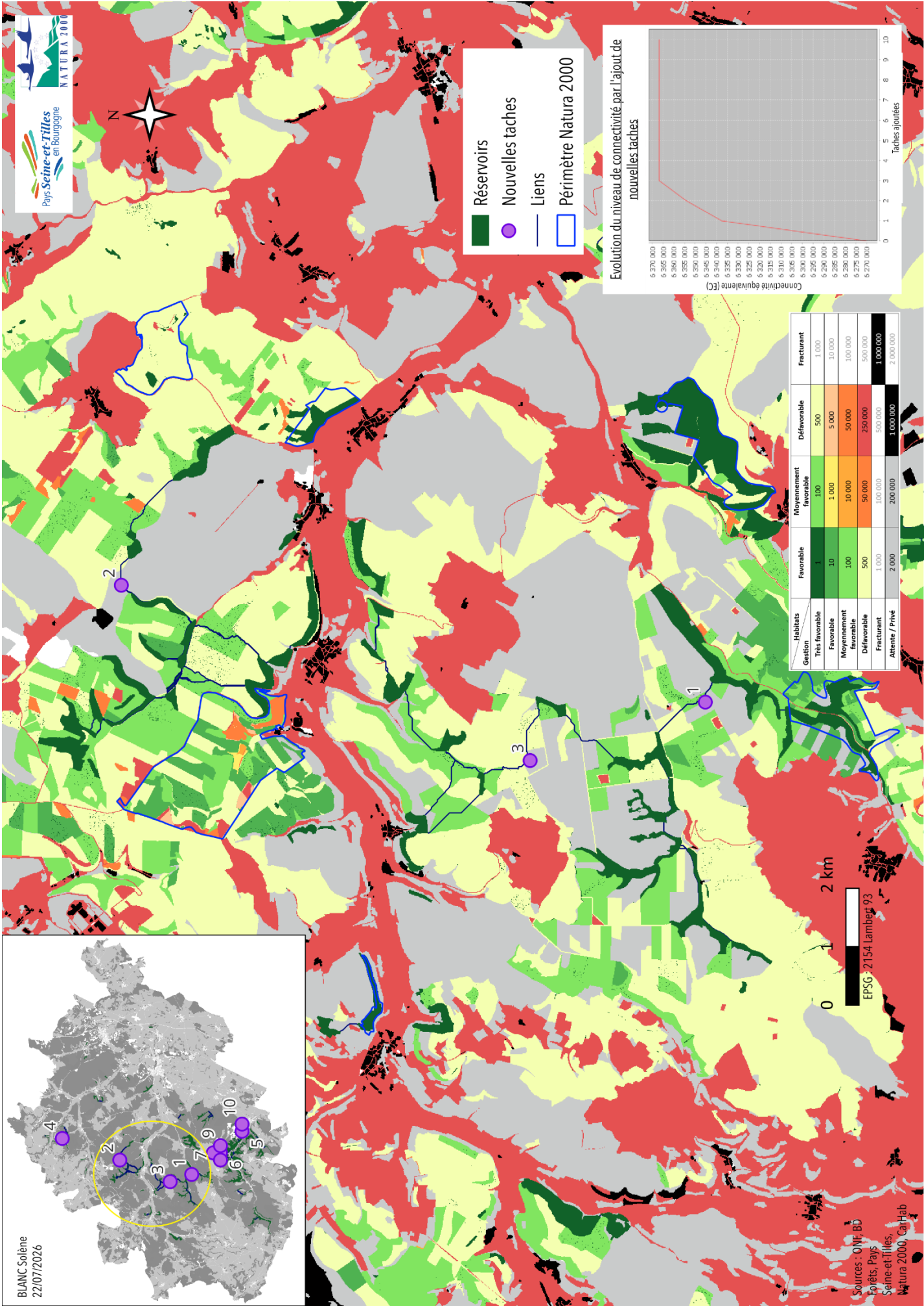


Figure 27 : Modélisation de l'emplacement des nouvelles taches d'habitats pour renforcer la connectivité de la trame adaptée à la Barbastelle d'Europe

Les nouvelles taches d'habitats sont représentées par les cercles violets. A chaque ajout de nouvelle tache, la connectivité du réseau augmente. Cette augmentation de connectivité est représentée sur le graphique à droite de la carte. Ici la connectivité atteint sa valeur maximale à partir de la 3^{ème} tache, pour la trame adaptée à la Barbastelle d'Europe. Cette modélisation est représentée sur le fond de carte de la carte de paysage, avec le croisement des pondérations habitats et gestion.

4. Discussion

4.1. Questionnement sur l'échelle de l'étude

Les résultats ont permis de mettre en évidence l'échelle la plus adaptée pour modéliser la trame de vieux bois. En effet, le site Natura 2000 Montagne côte-d'orientienne est un site morcelé en 12 entités réparties au sein du territoire du Pays Seine-et-Tilles et de 3 communes adjacentes. Pour la modélisation de la trame de vieux bois, ce morcelage ne prend pas en compte la structure du paysage entre les entités. Le réseau est alors très peu connecté, et les réservoirs au sein des entités ne peuvent pas être connectés aux autres réservoirs des autres entités. Cette échelle ne permet alors pas de savoir si des éléments entre les entités Natura 2000 permettraient de les connecter, ni d'avoir la connaissance d'autres réservoirs présents hors du site Natura 2000. De fait, cette échelle est trop morcelée pour représenter au mieux la trame de vieux bois sur le territoire. Cependant, en prenant un périmètre d'étude plus large, il a alors été possible de déterminer d'une part, de nouveaux réservoirs de biodiversité pour la trame de vieux bois et d'autre part, d'identifier des réservoirs proches des réservoirs de Natura 2000 permettant de créer des sous-réseaux plus intéressants pour les espèces saproxyliques. De plus, il a pu être mis en évidence que la modélisation d'une trame de vieux bois à une échelle restrictive ne permet pas de se rendre compte des potentiels déplacements effectués par la faune, alors qu'en prenant un territoire d'étude plus grand, il est possible d'obtenir une cartographie plus proche de la réalité concernant ces déplacements.

C'est donc pour cette raison que l'échelle du territoire d'étude a été déterminé à celle du Pays Seine-et-Tilles et des 3 communes concernées par le Natura 2000, afin d'obtenir une modélisation se rapprochant le plus possible de ce qu'il pourrait être observé dans la réalité, à savoir, un territoire incluant entièrement le site Natura 2000 et le paysage séparant les entités du site. A cette échelle, il a été alors possible d'identifier les réservoirs de vieux bois selon les critères de l'espèce cible et des données disponibles.

Modéliser la présence des réservoirs à l'échelle du Pays Seine-et-Tilles comprenant les 3 communes adjacentes, permet d'identifier les secteurs dans lesquels Natura 2000 peut intervenir et les secteurs pour lesquels, il s'agira de mobiliser les partenaires du territoire du Pays Seine-et-Tilles.

Cependant cette limite d'échelle pour Natura 2000 amène à se questionner si une extension du site Natura 2000 connectant toutes les entités ne permettrait pas d'avoir un levier plus important pour la mise en place d'actions favorable à la préservation des espèces saproxyliques.

4.2. Analyse et comparaison de la modélisation des trames de vieux bois

Les résultats ont montré de nombreuses différences en fonction de la trame modélisée et du choix de l'espèce représentée. En effet, ce qui est favorable pour une espèce ne l'est pas forcément pour une autre, c'est notamment le cas de la gestion en taillis-sous-futaie. Cette gestion est particulièrement favorable pour les espèces saproxyliques et notamment au Lucane cerf-volant, mais particulièrement défavorable pour la Barbastelle d'Europe. Cette différence a montré que les corridors que l'espèce cible emprunte ne sont alors pas les mêmes et la structure de la trame change alors totalement.

Cependant un point commun a pu être relevé entre les trois trames : il s'agit des réservoirs. En effet, en superposant une gestion très favorable et un habitat favorable, les mêmes réservoirs sont modélisés pour les trois trames. En revanche, pour chaque espèce et trame modélisée, une surface minimale a été déterminée. Cette surface minimale permet d'identifier les réservoirs se rapprochant

le plus de la réalité selon les besoins de l'espèce. En appliquant la surface minimale, chaque modélisation a présenté un nombre de réservoirs différents. Le Lucane, qui nécessite uniquement la surface d'un arbre mort ou sénescant a permis de prendre en compte dans les réservoirs, tous les arbres bio/habitats. Alors que pour la Barbastelle, qui a besoin dans un rayon de 100 mètres d'un minimum de 30 arbres bio/habitats, uniquement des réservoirs de plus de 3 hectares ont été modélisés. Moins de réservoirs sont identifiés pour la Barbastelle par rapport au Lucane. En effet, en modélisant la trame de vieux bois pour la Barbastelle, 96 réservoirs ont été identifiés, contre 8157 réservoirs modélisés pour la trame du Lucane.

Ainsi, pour favoriser la présence du Lucane cerf-volant, mettre en réseau plus d'arbres bio/habitats serait très bénéfique pour l'espèce. Cependant, pour favoriser la présence de la Barbastelle d'Europe, la mise en place de nouveaux îlots de sénescence d'une surface minimale de 3 hectares lui serait préférable. Cela souligne alors que les recommandations de gestion varient en fonction de l'espèce cible de la trame de vieux bois.

La création de nouveaux îlots de sénescence serait donc bénéfique à ces deux espèces d'intérêt communautaire lorsque la gestion qui entoure les îlots est également favorable aux déplacements de l'espèce. Pour la Barbastelle, il s'agira de favoriser les modes gestions avec la présence de vieux bois comme la futaie irrégulière, et pour le Lucane, il s'agira de favoriser les modes gestions où les bois morts sont conservés, comme la gestion en taillis-sous-futaie ou bien la futaie irrégulière.

La modélisation des réservoirs a également mis en lumière les corridors potentiels pour chaque trame. Chaque espèce possède une capacité de dispersion qui influence la connectivité générale et les liens entre les réservoirs de la trame modélisée. En effet, entre une espèce à forte capacité de dispersion et une espèce à très faible capacité de dispersion, les modélisations de trames ont mis en évidence des connectivités et liens différents.

La trame adaptée à la Barbastelle a présenté des corridors pouvant relier de nombreux réservoirs de grande surface. Cependant, pour la trame adaptée au Lucane, les corridors ont surtout été modélisés entre les arbres bio/habitats qui sont proches, et très peu de connexions avec les plus gros réservoirs ont été mises en évidence. De plus, la connectivité globale du réseau a montré une trame bien plus connectée pour la trame de la Barbastelle que pour la trame du Lucane. La trame de la Barbastelle présente la moitié des réservoirs dans des sous-réseaux, alors que pour la trame du Lucane, moins de la moitié des réservoirs sont dans des sous-réseaux. La modélisation de la trame adaptée au Lucane cerf-volant est donc principalement constituée de réservoirs isolés.

Concernant la trame plus générale, celle-ci a été modélisée avec une surface minimale de 0,5 hectare et une distance entre les réservoirs idéale de 1 kilomètre. Avec ces caractéristiques, 171 réservoirs ont été modélisés avec 124 sous-réseaux, modélisant alors un réseau avec une majorité de réservoirs isolés, et donc une trame peu connectée.

Ces paramètres de surface minimale et de capacité de dispersion ont également influencé les éléments les plus importants du réseau. En effet, pour le maintien d'une connectivité entre plusieurs sous-réseaux, la trame de la Barbastelle a présenté de nombreux réservoirs importants, répartis sur tout le territoire d'étude. Alors que pour la trame du Lucane, comme très peu de connexions sont possibles avec sa faible capacité de dispersion, un seul réservoir est ressorti comme réservoir d'importance pour le réseau. C'est au travers de la modélisation des métriques de connectivité que cette analyse a pu être effectuée.

Ces métriques ont également permis de souligner que les gros réservoirs ne sont pas forcément les seuls importants, et que les petits réservoirs jouent également un rôle important pour la

connectivité de la trame de vieux bois. Les actions de conservation pour une trame de vieux bois fonctionnelle sont aussi à effectuer sur les plus petits réservoirs connectant les sous-réseaux puisqu'ils contribuent à limiter le fractionnement des populations. Leur préservation et leur maintien est donc fondamental.

Par la modélisation de la trame de vieux bois générale prenant en compte uniquement les types d'habitats (sans le mode de gestion sylvicole), il a pu être mis en avant la forte influence de la gestion sylvicole sur la détermination d'un réservoir. En effet, sans la gestion, les réservoirs qui reposent alors uniquement sur les habitats favorables sont particulièrement imposants et nombreux en comparaison de la modélisation prenant en compte la gestion. La gestion sylvicole effectuée influence donc fortement la capacité d'un réservoir à accueillir les espèces saproxyliques.

Ce qui est également ressorti dans la cartographie ne tenant pas compte des modes de gestion, est la fracturation des réservoirs par les routes. En effet, l'absence de connexions entre les réservoirs est principalement due à la présence de routes traversant les milieux forestiers. Cependant il a été amené à se demander lors de cette analyse si les routes intra-forestières sont tout aussi fracturantes que les routes en milieux ouverts. En effet, dans les faits ces routes intra-forestières sont probablement franchies par les espèces, et n'empêchent pas les échanges entre les populations. Pour cela, une analyse plus fine sur les routes et leurs impacts serait à réaliser pour compléter cette étude afin de se rapprocher le plus possible des réels déplacements possibles et effectués par les espèces saproxyliques de manière générale.

4.3. Actions de gestion pour l'amélioration de la connectivité du réseau

La modélisation de nouvelles « taches d'habitats » a permis de mettre en avant les zones du territoire d'étude où l'insertion de nouveaux réservoirs permettra de renforcer la connectivité du réseau. Ces taches d'habitat créent des relais entre les réservoirs actuels, ce qui renforce la fonctionnalité de la trame de vieux bois. Dans la réalité des faits, ces taches permettent d'identifier les localisations les plus pertinentes pour la mise en place de nouveaux îlots de sénescence.

Cependant, il est important de souligner que la modélisation de l'emplacement des îlots dépend de la capacité de dispersion de l'espèce cible et des habitats qui sont favorables à ses déplacements.

Grâce à sa capacité de dispersion élevée, les îlots mis en place pour la Barbastelle d'Europe peuvent être assez éloignés, ce qui permet de connecter plus de réservoirs. De plus, préférant les réservoirs d'une taille minimale estimée à 3 hectares, la mise en place d'îlots de sénescence d'au moins cette superficie sera une action particulièrement favorable pour l'espèce.

A contrario, la capacité de dispersion très faible du Lucane cerf-volant ne lui permet pas de couvrir beaucoup de territoire. Il est donc nécessaire pour cette espèce que les réservoirs soient proches les uns des autres (~100 m). Lors des modélisations effectuées, il a pu être relevé que pour cette espèce, le réseau d'arbres bio/habitats est particulièrement important, puisque ce sont actuellement les seuls réservoirs assez proches entre eux. Ainsi, pour favoriser la présence de cette espèce au sein des forêts du territoire, il est important de maintenir des arbres bio/habitats au sein des parcelles forestières et de mettre en place des îlots de sénescence proches.

Enfin pour une trame de vieux bois générale basée sur un habitat le plus adapté pour l'accueil des espèces saproxyliques, il est préconisé de mettre en place des îlots de sénescence éloignés d'une distance maximale de 1 kilomètre. Dans cette configuration, les arbres bio/habitats servent surtout de

relais entre les îlots. Conserver dans ce cas un réseau d’arbres bio/habitats est également important pour cette trame plus générale.

Par la modélisation des nouvelles « taches d’habitats », il a été mis en évidence les emplacements prioritaires pour des actions de développement d’îlots de sénescence. Cependant, il est important de souligner que les nouvelles « taches d’habitats » modélisées ne mettent pas en avant si la gestion qui les entoure est favorable pour l’espèce et si des corridors existent pour permettre à l’espèce de rejoindre cette nouvelle tache. Cette fonction souligne uniquement les emplacements possibles selon la capacité de dispersion de l’espèce et l’intérêt pour la connectivité du réseau. Il est alors important, lors de la mise en place de ces nouveaux îlots de sénescence, d’adapter la gestion effectuée au sein des corridors reliant les réservoirs, ou bien d’en créer de nouveaux si ceux-ci n’existent pas encore.

C’est notamment le cas pour la Barbastelle d’Europe pour qui la gestion en taillis-sous-futaie est particulièrement défavorable. Il s’agira donc d’adapter la gestion par une gestion en futaie irrégulière dans les corridors menant aux îlots. Dans le cas contraire, la mise en place des îlots ne suffira pas seule à la venue de l’espèce.

De plus, modéliser de nouvelles taches d’habitat dans les parcelles forestières en attente et les forêts privées, a permis de prendre en compte ces parcelles où la gestion n’est pas connue ou bien indéterminée dans l’élaboration d’actions en faveur de la trame de vieux bois. Cette prise en compte permet de proposer d’autres pistes de gestion dans un réseau où la modélisation fait ressortir un manque de corridors écologiques favorables aux déplacements entre les réservoirs pour la Barbastelle d’Europe, en raison d’une gestion dominante en taillis-sous-futaie, défavorable pour l’espèce. De plus, les nouvelles taches modélisées pour la trame de la Barbastelle étant pour une grande partie entourée de milieux défavorables, il s’agira alors d’adapter les gestions actuellement mises en place pour favoriser les déplacements de cette espèce entre les réservoirs au sein du territoire du Pays Seine-et-Tilles.

Toutes les nouvelles taches d’habitats importantes pour la connectivité ont été modélisées hors du site Natura 2000. Les actions de mise en place d’îlots et d’adaptation des gestions seront donc à effectuer en collaboration avec les partenaires du territoire du Pays Seine-et-Tilles car elles dépasseront le cadre strict de Natura 2000 même si elles participeront de façon certaine au maintien des espèces d’intérêt communautaire du site.

4.4. Limites et perspectives de l’étude

Les modélisations des différentes trames ont été réalisées à partir des données et informations récoltées, représentant une trame de vieux bois avec les éléments favorables et défavorables connus à l’instant « t ». Deux limites principales ont été soulevées lors de l’étude : d’une part concernant les données disponibles pour la modélisation, et d’autre part lors de l’utilisation du logiciel de modélisation Graphab.

Parmi les limites observées sur les données utiles à la modélisation, sont retrouvés le mode de gestion sylvicole, la localisation des arbres bio/habitats, et la précision de la base de données CarHab.

Concernant les modes de gestions sylvicole, la donnée disponible concernait uniquement les parcelles forestières en forêt publique. Pour les forêts privées, l’accès à ces informations est confidentiel et requiert l’approbation des propriétaires pour leur utilisation et n’a donc pas pu être obtenue dans le

cadre de cette étude. De plus, le mode de gestion effectué au sein des forêts privées est connu uniquement pour les parcelles bénéficiant d’un document de gestion, laissant de nombreuses parcelles forestières où la gestion est inconnue. Ce manque de donnée n’a pas permis de modéliser une trame de vieux bois avec toutes les informations nécessaires. C’est pour cette raison qu’au sein des forêts privées, une valeur générale a été attribuée. Celle-ci a permis de démarquer les forêts privées dans la modélisation sans pour autant dévaloriser les milieux. Cependant, malgré l’absence de ces informations, des généralités sur les gestions effectuées sur le territoire ont été communiquées par le Centre National de la Propriété Forestière (CNPFF). Ces dernières permettent de donner une idée globale de la gestion au sein des forêts privées, ainsi que la possibilité d’émettre des hypothèses concernant la trame de vieux bois.

Sur le territoire, une grande majorité des forêts privées possédant un document de gestion sont classées en attente, et une grande partie des forêts de faible superficie ne sont pas soumises à une gestion. Cette analyse peut amener à émettre l’hypothèse que l’exploitation en forêt privée est moins intense qu’en forêt publique et par conséquent que ces forêts sont probablement davantage laissées en libre évolution. Sur cette supposition, il peut être estimé que malgré une absence de connaissance des modes de gestion effectués en forêts privées, de nombreux réservoirs sont potentiellement présents au sein de ces forêts.

Il est cependant important de souligner que les données où le mode de gestion a pu être obtenu ont permis d’identifier les réservoirs et les corridors potentiels pour la trame de vieux bois mais qu’une absence de connaissance de la gestion en place ne sous-entend pas nécessairement un milieu défavorable.

Une autre donnée utilisée a présenté des limites pour la modélisation. Il s’agit de la donnée sur la localisation des arbres bio/habitats sur le territoire d’étude. En effet, cette donnée est très partielle puisque selon l’ONF, les arbres bio/habitats doivent être au nombre minimal de 3 par hectares au sein des forêts publiques. Mais l’informatisation récente du suivi n’a permis d’avoir accès qu’aux données de localisation des arbres bio/habitats recensés après 2017. Il peut cependant être estimé que la quantité d’arbres bio/habitats au sein des parcelles publiques est bien supérieure à ce qui a pu être modélisé. De plus, il a pu être montré précédemment que les arbres bio/habitats représentent des réservoirs proches particulièrement importants pour la trame de vieux bois adaptée au Lucane cerf-volant. Il peut donc être supposé que la trame du Lucane présente bien plus de réservoirs que ce qui a été modélisé. Cela va de même pour la trame plus générale, où les arbres bio/habitats sont considérés comme des relais entre les réservoirs, et donc que plus de corridors sont possibles entre les réservoirs de cette trame. De plus, d’après des dires d’experts, malgré aucune réglementation dans les forêts privées concernant les arbres bio/habitats, il est cependant estimé que leur présence est bien plus abondante que 3 arbres par hectare. Ainsi, dans les forêts privées de nombreux arbres bio/habitats sont potentiellement disponibles pour les espèces saproxyliques.

Une dernière limite sur les données utilisées a concerné la base de données CarHab. En effet, cette base de données a permis de couvrir tout le territoire d’étude cependant, la précision apportée dans les milieux forestiers ne permet pas de créer de différences entre les forêts de Chêne pédonculé (*Quercus robur*) avec des forêts de Chêne pubescent (*Quercus pubescens*). Ces deux essences constituent des milieux très différents et accueillent une diversité d’espèces différentes. Les forêts de Chêne pédonculé sont constituées de vieux bois de gros diamètre, alors que dans les forêts de Chêne pubescent du territoire, celles-ci étant situées sur les plateaux calcaires avec des sols de faible épaisseur, les diamètres des arbres sont beaucoup plus petits malgré leur âge. La présence de gros bois morts est donc beaucoup plus rare dans ces forêts. Cette différence de forêt ne permet alors pas

l'accueil des mêmes espèces. Dans le cadre de cette étude, il peut être supposé que les forêts de Chêne pubescent ne soient pas autant des habitats favorables pour le Lucane cerf-volant au regard de l'absence de gros bois, mais probablement plus favorable pour la Barbastelle d'Europe dont le diamètre de l'arbre importe peu.

Ainsi lors de cette étude, toutes les forêts de chêne ont été regroupées dans la base de données, or toutes les chênaies ne se valent pas écologiquement. Ainsi pour obtenir une trame de vieux bois plus précise, l'utilisation d'une base de données précise sur les habitats forestiers seraient à utiliser.

Enfin, le logiciel de modélisation Graphab a également montré quelques limites. Étant un logiciel en continuelle évolution, les résultats obtenus ne présentent pas une exactitude de la trame de vieux bois mais bel et bien une modélisation de la réalité. A ce titre, il permet de se rendre compte de la structure générale de la trame de vieux bois ainsi que de l'importance que joue la gestion sylvicole sur les réservoirs de la trame de vieux bois au sein du territoire d'étude. La limite du logiciel s'est particulièrement démarquée lors de la modélisation de nouvelles taches d'habitats pour la trame adaptée au Lucane cerf-volant. En effet, selon ce logiciel, une seule nouvelle tache d'habitat permettrait d'atteindre le niveau maximal de connectivité, or la modélisation a montré une trame très peu connectée et constituée de nombreux réservoirs isolés. Cette analyse a amené à se demander si les paramètres de modélisation ont été correctement indiqués, ou bien si le degré de recherche n'est pas trop fin pour le logiciel. En effet, cette espèce possédant une faible capacité de dispersion, le travail de recherche de nouveaux îlots est particulièrement fin sur une échelle plutôt large, ce qui peut présenter une limite pour le logiciel.

De plus, la fonction « Ajout tache » ne modélise pas une succession de nouvelles taches d'habitats. Cela n'a donc pas permis de modéliser des taches à la suite pour connecter des sous-réseaux trop éloignés. Cette limite pourrait amener vers la perspective de l'utilisation d'un autre logiciel de modélisation. En effet, lors de cette étude le logiciel de cartographie Graphab a été priorisé suite à la possibilité d'accéder à une formation approfondie. Cependant, d'autres logiciels de modélisation de connectivité écologique existent et pourraient s'avérer plus pertinents que Graphab. Comme par exemple le logiciel Conefor, qui se base également sur la théorie des graphes, ou bien Circuitscape qui se base sur la théorie des circuits (Avon & Bergès, 2014).

Enfin, dans un but d'améliorer la connaissance des espèces dans les habitats du territoire, des suivis d'espèces pourraient être mis en place. Ces suivis et relevés de terrain réguliers pourraient permettre la modélisation d'une connectivité fonctionnelle avec les déplacements réels des espèces recensées au sein du territoire d'étude. Ainsi, une meilleure connaissance des espèces cibles et leur utilisation des milieux permettrait de modéliser une trame de vieux bois plus précise et plus proche de la réalité.

De plus, suite à la mise en place des nouveaux îlots de sénescence, il serait particulièrement pertinent d'effectuer des suivis et relevés naturalistes réguliers sur des espèces cibles pour évaluer la fonctionnalité et leur rôle dans l'accueil de ces espèces. En effet, ces derniers permettraient de se rendre compte de l'utilité des îlots et de déterminer si leur présence est suffisante ou bien si d'autres actions sont à mettre en place.

5. Conclusion

La trame de vieux bois permet de renforcer la résilience des forêts et la conservation des espèces saproxyliques par la mise en réseau de secteurs laissés en libre évolution et favorisant le cycle biologique de la forêt. Ce stage a eu pour but de modéliser une trame de vieux bois au sein du site Natura 2000 Montagne côte-d'orienne ainsi que d'identifier les zones où des actions d'amélioration de la fonctionnalité de la trame peuvent être réalisées.

Pour répondre à la problématique « **Comment une approche intégrée de la trame de vieux bois peut-elle contribuer à la préservation des enjeux du site Natura 2000 Montagne côte-d'orienne ?** » trois modélisations de trames de vieux bois ont été réalisées à l'échelle du territoire du Pays Seine-et-Tilles. En effet, la modélisation à l'échelle du site Natura 2000 n'a pas permis de rendre compte des déplacements potentiels entre les entités du site, amenant à étendre le territoire d'étude à celui du Pays Seine-et-Tilles et des trois communes hors de ce territoire dont le site Natura 2000 fait également partie. La modélisation d'une trame tenant compte uniquement des habitats naturels sans la gestion a pour sa part eu pour objectif de faire ressortir l'importance de l'influence de la gestion dans la détermination de milieux favorables aux espèces saproxyliques. Ainsi, les trois modélisations ont compris : une trame favorable pour les espèces saproxyliques de manière générale et deux trames adaptées aux exigences écologiques de deux espèces d'intérêt communautaire du site Natura 2000, à savoir la Barbastelle d'Europe (*Barbastelle barbastellus*) et le Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*). Ces modélisations ont été réalisées en intégrant de nombreuses données du territoire notamment les modes de gestion sylvicole et les types d'habitats qui ont permis de délimiter les milieux s'apparentant aux réservoirs de la trame de vieux bois et les corridors les plus favorables pour les déplacements des espèces cibles.

A partir de ces trames ont pu être identifiés des emplacements de nouveaux îlots de sénescence qui permettraient de renforcer la connectivité du réseau au sein du territoire d'étude. D'après les modélisations effectuées, pour la trame générale, il s'agirait de mettre en place un minimum de 7 nouveaux réservoirs d'une surface de minimale de 0,5 hectares pour renforcer la connectivité du réseau. Pour la trame adaptée à la Barbastelle d'Europe, minimum 3 nouveaux réservoirs d'une surface minimale de 3 hectares seraient à mettre en place sur le territoire du Pays Seine-et-Tilles. Et pour la trame adaptée au Lucane cerf-volant, il s'agirait surtout de favoriser la mise en réseau d'arbres bio/habitats dans les parcelles forestières pour permettre la connexion aux réservoirs d'une surface plus importante.

De plus, les modélisations ont pu mettre en avant les secteurs importants du réseau dont la conservation et le maintien sont prioritaires.

Cette étude a permis de montrer que les actions qui seront réalisées suite à ce travail cartographique devront s'appuyer sur les besoins écologiques de l'espèce cible et dépendent fortement des capacités de dispersion.

Cependant quelques limites à la méthode d'identification de la trame ont été relevées lors de l'étude. La première limite porte sur le manque de données disponibles concernant le mode de gestion sylvicole pour près de la moitié des forêts du territoire ainsi que sur la localisation des arbres bio/habitats. Malgré le peu de données disponibles, quelques informations concernant la gestion en forêts privées laissent à supposer qu'une plus grande quantité de réservoirs est présente sur le territoire d'étude que ceux qui ont pu être modélisés. La seconde limite porte sur le logiciel utilisé qui

est en constante évolution et pour lequel, les résultats de certaines modélisations ont pu interroger (notamment dans le choix de l'emplacement de nouveaux îlots).

L'identification de la trame de vieux bois s'est ancrée dans les actions du Document d'Objectif du site Natura 2000 et constitue l'un des dispositifs de suivi de l'objectif à long terme « Favoriser la naturalité et la résilience des milieux forestiers ». La cartographie de ce projet a pour but d'être communiquée aux acteurs de territoire dans le but d'identifier les actions possibles, pour maintenir et renforcer la trame de vieux bois. Ce projet a également pour objectif de sensibiliser les propriétaires et acteurs du territoire aux enjeux forestiers, ce qui permettrait d'une part de récolter plus de données sur la gestion, et d'autre part de se tourner vers des gestions plus favorables pour les espèces saproxyliques.

Enfin, la modélisation des différentes trames de vieux bois a été lors de cette étude en constante évolution suivant les rencontres et les recherches, notamment pour la pondération des habitats. L'identification de nombreuses limites à l'étude, a ouvert sur de nouvelles perspectives : études approfondies sur les espèces cibles, suivis de terrain pour évaluer l'efficacité des nouveaux îlots de sénescence, et suivis et relevés naturalistes dans le but d'établir une trame de vieux bois plus précise reposant sur une analyse de la connectivité fonctionnelle.

En somme, la modélisation de trames de vieux bois à travers l'intégration de nombreux éléments paysagers du territoire a permis dans un premier temps de modéliser les secteurs dont le maintien et la conservation sont essentiels ainsi que d'identifier les actions à mettre en place pour favoriser la présence de la Barbastelle d'Europe, du Lucane cerf-volant et des espèces saproxyliques de manière générale. Les cartographies effectuées dans le cadre de cette étude serviront à la planification des actions à mettre en œuvre pour la préservation de deux enjeux du site Natura 2000 Montagne côte-d'orienne, et contribueront à renforcer la résilience des forêts du territoire.

Résumé

Dans un contexte d'érosion de la **biodiversité** et de dégradation de l'état des forêts, l'élaboration d'une **trame de vieux bois** permet de renforcer la **résilience des forêts** par l'accueil des espèces forestières et saproxyliques. Cependant, pour qu'une trame de vieux bois soit efficace, une bonne **connectivité écologique** est nécessaire. L'objectif de ce stage a été d'identifier une trame de vieux bois au sein du site **Natura 2000 Montagne côte-d'orienne** et du territoire du Pays Seine-et-Tilles ainsi que d'en évaluer la connectivité selon les exigences écologiques du **Lucane cerf-volant**, de la **Barbastelle d'Europe** et des **espèces saproxyliques** de manière générale.

La modélisation de **3 différentes trames** de vieux bois, à l'aide du logiciel **Graphab** a permis de révéler les secteurs à préserver et les actions à mettre en œuvre pour renforcer la **connectivité du réseau** en tenant compte de la **capacité de dispersion** de l'espèce ciblée : préservation des réservoirs et corridors existants, mise en place de nouveaux **îlots de sénescence** et adaptation de la **gestion sylvicole**

Toutefois cette étude a montré quelques limites : méconnaissance de la gestion sylvicole en forêt privée, accès limité à la donnée des arbres bio/habitats du territoire, manque de précision sur les habitats naturels et pertinence de définir une trame à l'échelle d'un site Natura 2000 morcelé.

Les résultats obtenus ont montré l'importance du choix de l'échelle et d'élargir le périmètre d'étude à celui du **Pays Seine-et-Tilles** pour une représentation plus réaliste des déplacements de la faune. Ils mettent ainsi en évidence le rôle des acteurs du territoire dans la mise en place des actions identifiées et à qui l'ensemble des résultats seront communiqués.

Mots clés : trame de vieux bois – Graphab – espèces saproxyliques – connectivité écologique – îlots de sénescence

Abstract

In a context of **biodiversity** erosion and forest degradation, the development of an old wood frame allows to strengthen the **resilience of forests** by hosting forest and saproxylic species. However, for an **old wood frame** to be effective, good **ecological connectivity** is necessary. The objective of this internship was to identify a network of old wood within the **Natura 2000 Montagne côte-d'orienne** site and the territory of Pays Seine-et-Tilles, as well as to assess its connectivity according to the ecological requirements of the **Stag beetle**, the **European Barbastelle** and the **saproxylic species** in general.

The modelling of **3 different old wood frames**, using **Graphab** software revealed the sectors to be preserved and the actions to be implemented to strengthen the **network connectivity**, taking into account the **dispersal capacity** of the targeted species: preservation of existing tanks and corridors, establishment of new **blocks of senescence**, and adaptation of **forestry management**.

However, this study has shown some limitations: lack of knowledge about forest management in private forests, limited access to data on organic/habitats trees in the area, lack of precision regarding natural habitats, and relevance of defining a framework at the scale of a fragmented Natura 2000 site.

The results obtained showed the importance of choosing the scale and to broaden the scope of study to that of the **Pays Seine-et-Tilles** for a more realistic representation of wildlife movements. They as well highlight the role of territorial actors in implementing the identified actions and to whom all results will be communicated.

Keys words: frame of old wood – Graphab – saproxylic species – ecological connectivity – blocks of senesce

Bibliographie

- Arthur, L., & Lemaire, M. (2015). *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse: Deuxième édition*. Biotope et Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Avon, C., & Bergès, L. (2014). *Outils pour l'analyse de la connectivité des habitats* (Test d'outils de diagnostic de la connectivité fonctionnelle potentielle de la trame forestière, p. 33) [Projet J Diacofo - Convention cadre Irstea – MEDDE DEB (2012-2014)]. Irstea.
- Balussaud, M. (2024). *La Sylviculture à couvert continu en Nouvelle-Aquitaine*.
- Biache, C. (2017). *Guide technique : Vieux bois et bois mort* (p. 103) [Guide technique]. Office National des Forêts.
- Biache, C., & Rouveyrol, P. (2011). *Mise en place d'un îlot de senescence : Enquête sur les préconisations possibles et estimation du coût* (p. 11). Office National des Forêts.
- Bourgeois, Clauzel, Foltête, Girardet, Savary, & Vuidel. (2024). *Graphab 3.0 Manuel d'utilisation* (p. 87). Graphab.
- Bruxelles Environnement. (2021, avril 1). *Des aménagements favorables au lucane cerf-volant* [Info fiches espaces verts]. Bruxelles Environnement.
- Cateau, E., Parrot, M., Roux, A., Reyna, K., Rossi, M., & Vallauri, D. (2015). *Mettre en oeuvre un réseau d'îlots de vieux bois, test d'une méthode dans la réserve de biosphère du mont Ventoux* (Part. 1). 14.
- Clauzel, Gaber, & Godet. (2020a). *Aide à l'utilisation de Graphab Fiche 1 : Introduction à Graphab* [Fiches méthodologiques pour la prise en main de Graphab]. LADYSS - SNPN.
- Clauzel, Gaber, & Godet. (2020b). *Aide à l'utilisation de Graphab Fiche 3 : Métriques de connectivité* [Fiches méthodologiques pour la prise en main de Graphab]. LADYSS - SNPN.
- CRPF. (s. d.). *Le Lucane Cerf-volant* [Fiche technique].
- CRPF. (2016). *Quelles sont les différentes façons de gérer les forêts ?* [Fiche informative]. Centre Régional de la Propriété Forestière de Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- Dodelin, B., Armada, F., Courtecuisse, R., & André, J. (2010). *Bois et forêts à arbres vieux ou morts* [Cahier technique]. Conservatoire Rhône Alpes des Espaces Naturels et Région Rhône Alpes.
- Emberger, C., & Molines, L. (2021). *Bois mort et vieux arbres, piliers du fonctionnement des écosystèmes forestiers*. Centre Régional de la Propriété Forestière Occitanie.
- Etats Sauvages. (2020, janvier 17). *Laissons vieillir les forêts ! ETATS SAUVAGES*.
- Guillemin, M. (2023, juillet 27). *L'intérêt du bois mort en forêt*. Forêt Irregulière Ecole.
- IGN. (2025). *Résultats 2025 de l'Inventaire forestier national*. IGN.

- Laguet, S., & Bruciamacchie, M. (2020). *L'illoscope de la Motte-Servolet : Analyse et comparaison de 48 scénarios de mise en place d'îlots de sénescence en futaie irrégulière de montagne* (p. 20). Office National des Forêt et AgroParisTech INRAE.
- Lauer, M., & Tillon, L. (2023). *Chauves-souris et forêt, des alliées indispensables* (Centre National de la Propriété Forestière, et Office National des Forêts).
- LPO. (2026). *Barbastelle d'Europe*. Ligue de Protection de Oiseaux.
- Matos, S. (2023). *Les résineux, de la monoculture à la forêt diversifiée*. (279).
- Ministères Transition écologique, Aménagement du Territoire, Transports, Ville et Logement. (2025). *Réseau européen Natura 2000*.
- Mougenot, C., & Melin, E. (2000). *Entre science et action : Le concept de réseau écologique*. *Natures Sciences Sociétés*, 8(3), 11.
- Mourey, J.-M., & Touroult, J. (2010). Les arbres à conserver pour la biodiversité. Comment les identifier et les désigner ? *Office National de Forêts*, 8.
- Natura 2000 Marais erdre. (s. d.). *Le Lucane Cerf-Volant*. Natura 2000 Marais erdre.
- OFAPB. (2007). *Amélioration des connaissances sur les chauves-souris forestières en Bourgogne*. Société d'histoire naturelle d'Autun.
- ONF. (2022, janvier 18). *Quelles différences entre futaie régulière et futaie irrégulière ?* Office national des forêts.
- ORB NPdC, & ONF. (2012). *Modes de gestion des forêts*.
- Pays de Lourdes et des Vallées des Gaves, & Biotope. (2014). *Inventaire des insectes du bois mort sur le site Natura 2000 « Tourbière et lac de Lourdes »* (p. 20) [Inventaire faune].
- Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne. (2024a). *Stratégie du PETR*. Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne.
- Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne. (2024b). *Stratégie Locale de Développement Forestier, Charte Forestière de Territoire 2024-2028* (p. 98). Pays Seine et Tilles en Bourgogne.
- Poissenot, M., & Minard, L. (2025a). *Document d'objectifs Tome 1 : Etat des lieux* (p. 236). Syndicat Mixte du Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne.
- Poissenot, M., & Minard, L. (2025b). *Document d'objectifs Tome 2 : Programme d'actions 2025-2034* (p. 229). Syndicat Mixte du Pays Seine-et-Tilles en Bourgogne.
- Région Bourgogne Franche-Comté. (2024). *Arrêté n°2024-B-11281 Portant sur les modalités d'attribution des subventions FEADER de l'intervention régionale Préservation et restauration des sites Natura 2000 : Contrats Natura 2000, décliné de l'intervention 73.04 du Plan Stratégique National Français en Bourgogne Franche-Comté* [Annexe 2 : Description des actions éligibles aux contrats Natura 2000 forestiers].
- UICN. (2023, décembre). *La libre évolution une trajectoire de gestion des espaces naturels*.