



Utilisation de la trame verte par les chauves-souris forestières dans les Alpes françaises

Tome 1 : synthèse

2023

Ce document constitue le tome 1 des rapports de restitution de l'étude « Comprendre pour préserver - Utilisation de la trame verte par les chauves-souris forestières dans les Alpes françaises », réalisée dans le cadre du projet POIA (programme opérationnel interrégional FEDER du massif des Alpes).

L'ensemble des rapports de restitution de l'étude est constitué de :

- **Tome 1 : synthèse**
- Tome 2 : les Saisies
- Tome 3 : Montagne de Lure
- Tome 4 : massif de Boscodon-Morgon.

Cette étude a reçu les financements :

- du FEDER POIA (Europe),



- de l'Agence nationale pour la cohésion des territoires (Etat),



agence nationale
de la cohésion
des territoires

- de la Région SUD PACA,



- de l'ONF



Rédaction : Adrian Weirich (ONF)

Photo de couverture : ONF

L'ensemble des présentations, des supports de communication et des rapports liés à cette étude peuvent être téléchargés sur la page dédiée au projet au lien suivant :

www.onf.fr/+1b77



Sommaire

I. Contexte du projet	1
Un projet qui s'intègre dans des dynamiques nationales, alpines et européennes de protection de la biodiversité et des chauves-souris.....	1
Améliorer les connaissances pour améliorer la gestion forestière.....	2
Trois sites d'études représentatifs de la diversité des Alpes françaises	3
Un zoom sur l'Oreillard roux	3
II. Description des espèces	5
II.1. Oreillard roux (<i>Plecotus auritus</i> , L., 1758).....	5
II.1. Murin à moustaches (<i>Myotis mystacinus</i> , Kuhl 1817).....	7
III. Présentation des sites d'études	7
II.1. Le plateau des Saisies.....	7
II.2. La montagne de Lure.....	8
II.3. Le massif de Boscodon-Morgon	9
IV. Méthodologie	11
III.1. Le radiopistage et les suivis	11
III.2. Données environnementales pour l'analyse de sélection d'habitat.....	11
III.3. Description des arbres gîtes.....	11
III.5. Indices de fission-fusion.....	12
III. 6. L'équipe projet.....	12
V. Logiciels utilisés et traitements des données.....	12
IV.1. Analyse des triangulations.....	12
IV.2. Détermination du facteur de lissage et analyse Kernel de délimitation des domaines vitaux et des centres d'activités.....	13
IV.3. Nombre de localisations, bootstrapping, et analyse K-select de sélection d'habitats ..	13
VI. Résultats et interprétations	14
V.1. Étude acoustique	14
V.2. Description des arbres gîtes.....	15
V.3. Suivi diurne et suivi nocturne.....	16
V.4. Indices de fission-fusion	18
V.5. Facteur de lissage et superficie des domaine vitaux et des centres d'activités.....	19
V.6. Sélection d'habitat et analyse K-select.....	23
V.7. Recommandations de gestion forestière	24
V.8. Conclusion sur le radiopistage et la technologie LiDAR.....	24
VII. Communication.....	26

Annexes	27
Annexe 1 : Radiopistage, suivi nocturne et diurne.....	27
Annexe 2 : Données environnementales du plateau des Saisies.....	31
Annexe 3 : Données environnementales de la montagne de Lure.....	33
Annexe 4 : Tableaux détaillés des caractéristiques des arbres gîtes.....	35

I. Contexte du projet

Un projet qui s'intègre dans des dynamiques nationales, alpines et européennes de protection de la biodiversité et des chauves-souris

Le **Programme Opérationnel Interrégional du massif Alpin (POIA)** est un outil de développement du massif alpin. Il est divisé en trois grands axes, dont le premier consiste à « protéger et valoriser les ressources alpines pour un développement durable des territoires de montagne » dont un des objectifs principaux consiste à « protéger la biodiversité et les continuités écologiques alpines ». Dans le cadre de ce programme, l'Office national des forêts a proposé un projet d'étude intitulé « **comprendre pour préserver : utilisation de la trame verte par les chauves-souris forestières des Alpes françaises** ».

Le projet s'inscrit dans les priorités du **Plan national d'action sur les chiroptères**, décliné dans les Plans d'action régionaux d'Auvergne-Rhône-Alpes et de Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Ainsi les objectifs poursuivis au sein de ce projet répondent à deux actions du Plan national :

- Axe « Améliorer la connaissance et assurer le suivi en vue de la conservation des populations » - Action 1 : mettre en place un observatoire national des chiroptères et acquérir les connaissances nécessaires permettant d'améliorer l'état de conservation des espèces,
- Axe « Prendre en compte les chiroptères dans les aménagements et les politiques publiques » – Action 8 : Améliorer la prise en compte des chiroptères dans la gestion forestière publique et privée.

Le projet s'intègre aussi à la dynamique de l'**Action Plan for the Conservation of Bat Species in the European Union** publié en octobre 2018 par la Commission européenne en déclinaison de l'accord international EUROBATS (issu de la convention de Bonn) pour les 44 espèces de la directive Habitats, document qui promeut en particulier :

- la recherche sur les méta-populations à l'échelle régionale (Target 3),
- les solutions techniques pour la conservation des chauves-souris dans tous les principaux dortoirs aériens (Target 7),
- les initiatives pour réduire la fragmentation des habitats (Target 11),
- l'intégration de la protection des chauves-souris dans la politique et les pratiques forestières (Target 12).

Améliorer les connaissances pour améliorer la gestion forestière

Le projet vise à apporter aux gestionnaires d'espaces naturels et aux collectivités des recommandations pour conforter ou faire évoluer la gestion des trames forestières alpines et protéger les chauves-souris. Pour ce faire, il a pour but d'étudier le comportement des chiroptères au sein des trames vertes et de mettre en évidence les liens entre leur activité et la fonctionnalité des milieux.

Ambitions du projet :

- ❖ Identifier les besoins vitaux de certaines chauves-souris en forêt de montagne
- ❖ Traduire leurs exigences en termes de composition, structure et qualité des habitats forestiers
- ❖ Émettre des recommandations de gestion forestière adaptées à la biodiversité et au contexte actuel de réchauffement climatique

Trois sites d'études représentatifs de la diversité des Alpes françaises

Ce projet d'une durée de trois ans (de 2020 à 2022) concerne 3 sites d'étude :

- **le plateau des Saisies** dans le Beaufortin qui représente les forêts des Alpes du Nord,
- **le massif forestier de Boscodon-Morgon** qui occupe une position plutôt centrale sur la chaîne des Alpes françaises,
- **la montagne de Lure** dans la partie sud des Alpes.

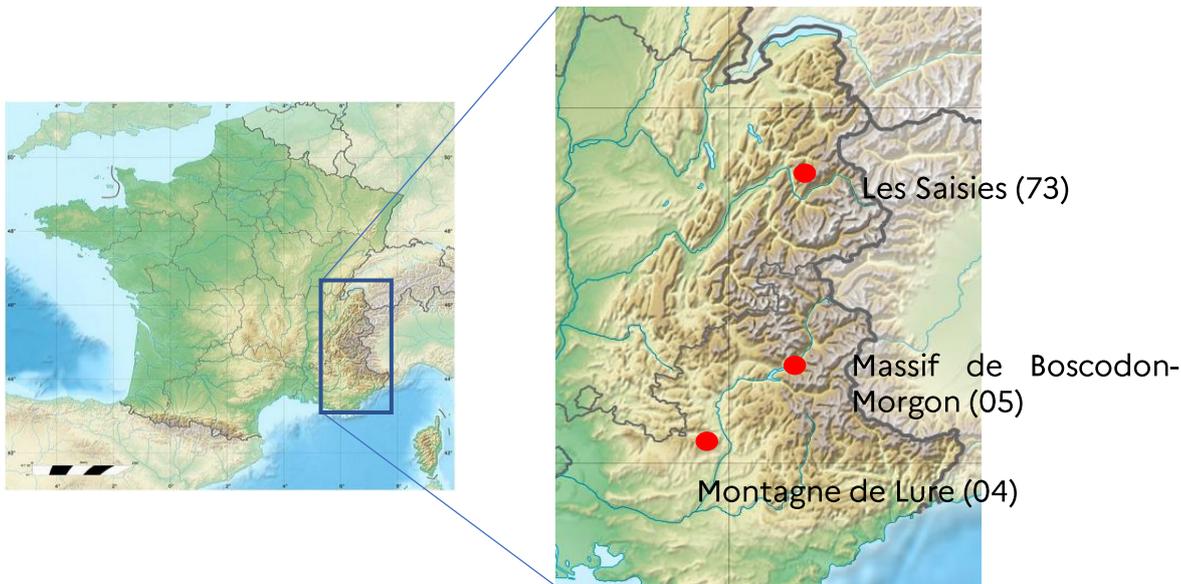


Figure 1 : localisation des trois sites d'étude

Un zoom sur l'Oreillard roux

L'étude s'est essentiellement concentrée sur l'Oreillard roux (*Plecotus auritus*, L., 1758), espèce qui a pu être capturée et suivie sur les 3 sites d'études.

D'abord grâce à un **suivi nocturne sur les terrains de chasse par télémétrie** permettant d'une part de décrire les domaines vitaux et les centres d'activités de cette espèce, et d'autre part de quantifier la sélection d'habitats de cette espèce grâce aux données environnementales prospectées sur le terrain. Ces suivis nocturnes ont été réalisés sur les sites des Saisies et de la Montagne de Lure.

Et ensuite, par un **suivi diurne des gîtes**, permettant d'étudier le phénomène de fission-fusion qui correspond aux déplacements d'individus entre gîtes. Ces changements de gîtes favorisent entre autres des échanges sociaux, et limitent le parasitisme et la prédation (Reckardt & Kerth, 2007 ; Hohti et al., 2011).

Sur le massif de Boscodon-Morgon, nous nous sommes concentrés uniquement sur le suivi diurne. En complément, une **étude acoustique** a été mise en place, afin de dresser la liste des espèces présentes dans cet espace naturel.

Le **Murin à moustaches** (*Myotis mystacinus*, Kuhl 1817), autre espèce forestière assez commune mais peu étudiée, a également été suivi sur le massif de Boscodon-Morgon (recherche de gîtes).

II. Description des espèces

II.1. Oreillard roux (*Plecotus auritus*, L., 1758)

L'Oreillard roux, espèce protégée au niveau national comme toutes les chauves-souris françaises, est une espèce de chiroptères typiquement forestière (Dietz et al., 2009) de taille moyenne, à tendance arboricole, mesurant 4 à 6 cm de long, avec une envergure d'environ 24 à 30 cm et qui pèse en général 7 à 11 g (Muséum National d'Histoire Naturelle, 2013).



Figure 2 : Oreillard roux (*Plecotus auritus*, L, 1758) © Tillon L.

Bien répandu en France comme on peut le constater sur la figure 3, l'Oreillard roux se rencontre en Europe, du nord de la péninsule ibérique jusqu'en Scandinavie.

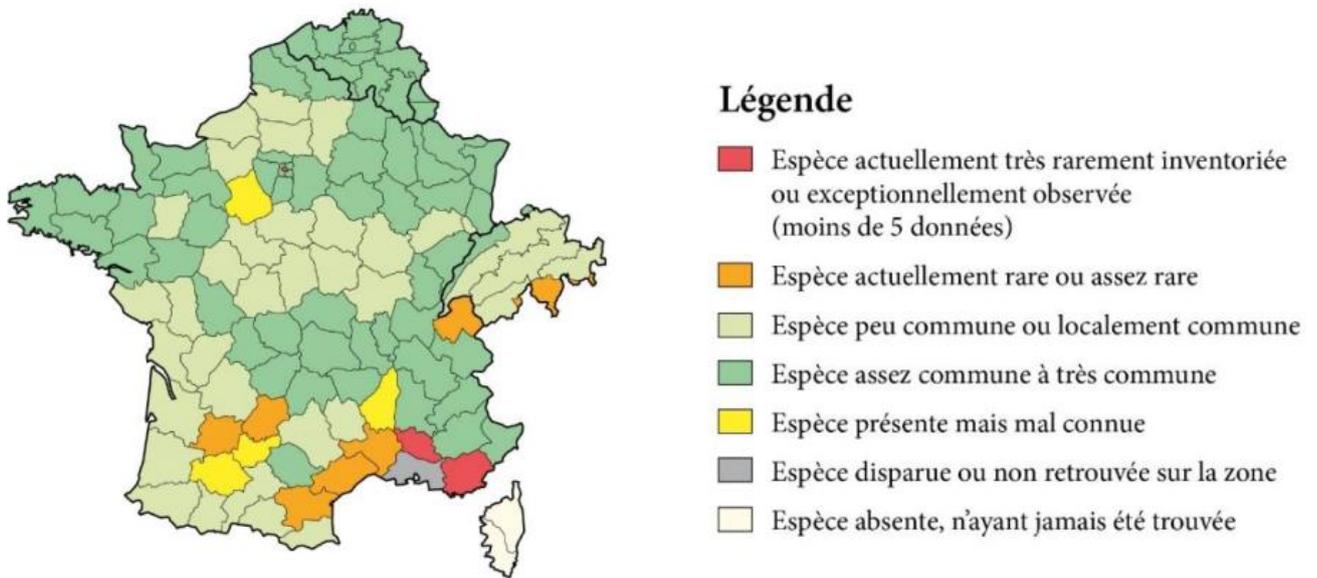


Figure 3 : Distribution de l'Oreillard roux en France métropolitaine (Arthur et Lemaire, 2009)

En ce qui concerne leurs gîtes, les oreillards roux femelles se réunissent en colonies de quelques individus à quelques dizaines, principalement dans des **fissures et des cavités arboricoles** telles que des écorces décollées, des loges de pics ou des caries, et parfois de manière opportuniste dans des **bâtiments ou fissures de falaise** (Camprodon et al., 2009 ; Dietz et al., 2009). Un individu peut ainsi utiliser jusqu'à 50 gîtes différents dans l'année selon la littérature (Steinhauser, 2002), alimentant alors la « fission-fusion » des colonies (Reckardt & Kerth, 2007 ; Hohti et al., 2011).

II.1. Murin à moustaches (*Myotis mystacinus*, Kuhl 1817)

Le Murin à moustaches est une espèce de petite taille dont le poids n'excède pas plus de 8 g et est reconnaissable par sa face sombre. Elle fait partie du groupe d'espèces cryptiques des murins à museaux sombres qui comprend le Murin de Brandt ainsi que le Murin d'Alcathoé.



III. Présentation des sites d'études

II.1. Le plateau des Saisies

La zone d'étude se situe en région Auvergne-Rhône-Alpes dans le département de la Savoie, entre le massif du Beaufortain et la vallée de l'Arly, sur les communes de Hauteluce, Crest-Voland, Cohennoz et Notre-Dame-de-Bellecombe, à des altitudes comprises entre 1200 et 1800 mètres. Une grande partie de la zone d'étude au sein de ces communes bénéficie du statut de Réserve Naturelle Régionale (RNR), fait partie du réseau Natura 2000 et est classé en Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (APPB). Cette zone protégée correspond à la RNR de la tourbière des Saisies qui s'étend sur 292,64 hectares. L'emprise de la zone des suivis correspond à une surface d'environ 3700 hectares. L'essence majoritaire est l'épicéa commun (*Picea abies* (L.), H. Karst, 1881). On retrouve également une présence relativement abondante de Sapin pectiné (*Abies alba*, Mill., 1759) et de hêtre commun (*Fagus sylvatica*, L., 1753).

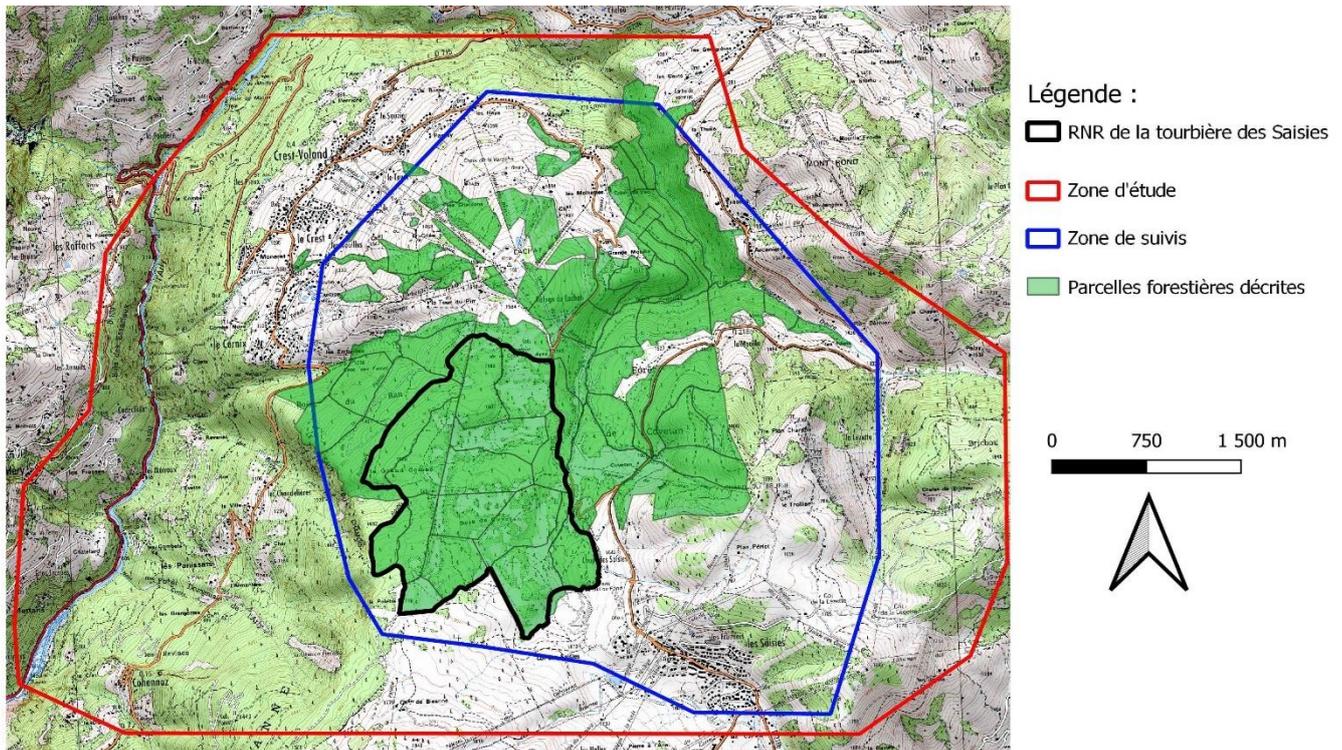


Figure 5 : Carte de la zone d'étude du plateau des Saisies

II.2. La montagne de Lure

La Montagne de Lure est un massif montagneux situé dans le département des Alpes-de-Haute-Provence en région PACA et qui constitue les Préalpes de Haute-Provence, possédant un sommet culminant à 1826 m (Signal de Lure). Lure fait partie de la sylvo-écorégion des Alpes externes du Sud sous influence méridionale mais dont les boisements sont caractérisés par une forte pente soumise à l'érosion et avec une pluviométrie plus importante qu'en Méditerranée (Institut National de l'Information Géographique et Forestière, 2013). En versant nord, plusieurs forêts sont gérées par l'ONF dont la forêt communale de Valbelle ainsi que la forêt domaniale du Jabron qui constituent notre site d'étude. Ces dernières ont respectivement une superficie de 185 et 4040 hectares. Bénéficiant des influences alpine et méditerranéenne, elle accueille une biodiversité remarquable côtoyant les hêtraies centenaires et les vieilles sapinières jusqu'aux pelouses alpines. De plus, son classement en tant que Réserve de Biosphère UNESCO lui vaut également d'être classé en ZNIEFF de type 2.

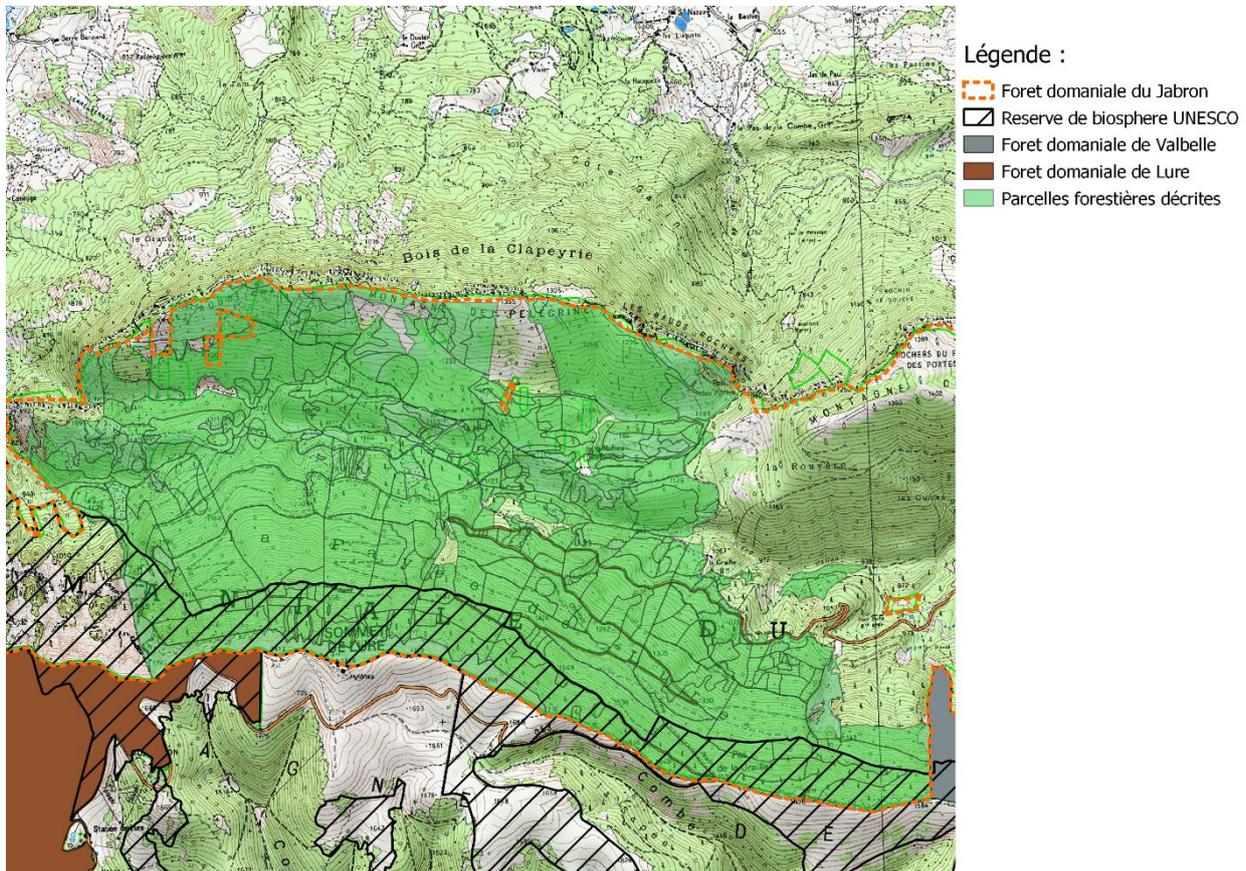


Figure 6 : Carte de la zone d'étude de la montagne de Lure

II.3. Le massif de Boscodon-Morgon

Le massif de Boscodon-Morgon est un espace naturel montagnard situé dans les Hautes-Alpes à proximité du Lac de Serre-Ponçon. Ce massif forestier de près de 6500 ha est constitué de la **forêt domaniale de Boscodon**, de la forêt de Morgon, propriété du mandement de Savines, de la forêt indivise de la Magnane et des forêts communales de Crots et de Savines. Par ailleurs,



la forêt domaniale de Boscodon dispose du label **Forêt d'Exception®** valorisant les politiques de gestion et de valorisation du patrimoine forestier public en lien avec les aspects historiques, paysagers et écologiques. Cette étude s'inscrit dans le contrat de projets de Boscodon, Forêt d'Exception® (action 4.6 C). Le massif est également inclus dans la zone d'adhésion du **Parc national des Ecrins** et dans le **site Natura 2000 « Bois de Morgon - Forêt de Boscodon – Bragousse »**.

Le relief est dominé par le Pic de Morgon qui culmine à 2324 m et dont le sol est principalement composé de marnes et de dolomies qui sont des

roches sédimentaires. Les forêts de Boscodon et de Morgon font partie intégrante de la **sylvo-écorégion des Alpes internes du sud** (Institut National de l'Information Géographique et Forestière, 2013). Les peuplements forestiers sont dominés par les résineux sous la forme de **sapinières et de pessières** (peuplements d'épicéas). Le **mélèze** est également une essence bien présente en peuplement pur ou mélangé. En dessous de 1200 mètres d'altitude, les peuplements sont le plus souvent composés de feuillus avec de la **hêtraie** ainsi que des peuplements mixtes chêne/pin sylvestre et des peuplements de pins noirs. Les différents milieux naturels de Boscodon et Morgon accueillent une biodiversité riche et typique des milieux montagnards.

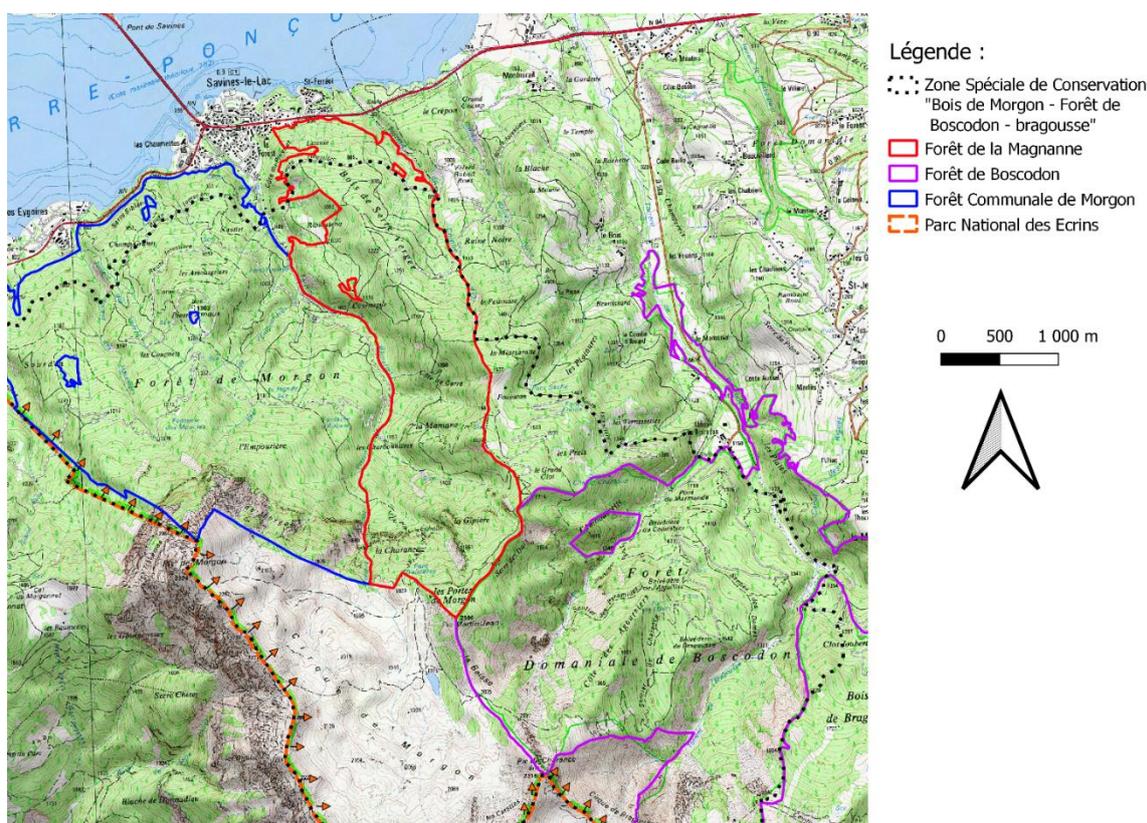


Figure 7 : Carte de la zone d'étude du massif de Boscodon

IV. Méthodologie

III.1. Le radiopistage et les suivis

Le plateau des Saisies et la montagne de Lure ont pu bénéficier des deux suivis, à savoir le suivi nocturne et le suivi diurne. Le massif de Boscodon à quant à lui uniquement fait l'objet d'un suivi diurne. Le suivi nocturne permet d'obtenir des localisations d'individus ensuite utilisées dans la description des domaines vitaux et des centres d'activités, ainsi que dans l'analyse de la sélection d'habitats. Le radiopistage et les deux suivis sont présentés en détails en **annexe 1**.



Figure 8 : Oreillard roux © Yannick Lenoir

III.2. Données environnementales pour l'analyse de sélection d'habitat

Les données récoltées lors du suivi nocturne permettent d'effectuer une analyse de sélection d'habitats des domaines vitaux et des centres d'activités. Cette analyse, réalisée sur les sites du plateau des Saisies et de la montagne de Lure, nécessite des données environnementales avec lesquelles nous pouvons croiser ces données de localisation d'individu. Sur les deux sites concernés, des données Corine Land Cover ont été utilisées pour une première analyse sur les occupations des sols. Ensuite, une analyse plus ciblée sur des variables forestières a été réalisée. Dans le cas du site du plateau des Saisies, ce sont des données environnementales issues de données LiDAR qui ont été utilisées. Alors que dans le cas de la montagne de Lure où le couvert de données LiDAR n'était pas encore disponible, ce sont des données prospectées sur le terrain à l'échelle de la parcelle forestière qui ont été utilisées. Les variables utilisées sont présentées en **annexe 2** pour le plateau de Saisies et en **annexe 3** pour la montagne de Lure.

III.3. Description des arbres gîtes

Chaque arbre gîte de chaque site d'étude est localisé et marqué de rubalise pendant la session de terrain puis fait par la suite l'objet d'un protocole de description des arbres gîtes. Ce protocole est effectué juste après la mission de radiopistage afin d'obtenir une description la plus proche de celle des conditions présentes pendant la mission sans pour autant surcharger les agents pendant les suivis nocturne et diurne. Diverses caractéristiques notoires du gîte en lui-même, de l'arbre gîte ainsi que de son environnement sont relevées, et sont présentées en tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques principales lors de la description des arbres gîtes

Gîte	Arbre gîte	Environnement
Type de gîte (loge de pic, carie, ...)	Essence	Distance à l'eau
Diamètre de l'ouverture de la cavité (cm)	Hauteur (m)	Encombrement au-dessus de 16m
Hauteur	Diamètre (cm)	Encombrement entre 4 et 16m
Support (tronc ou branche)	État sanitaire	Encombrement en-dessous de 4m
Coordonnées	Hauteur des premières branches	État sanitaire
Espèce	Surface du tronc avec écorce	Essence majoritaire
Nombre d'adultes femelles	Taux d'écorces décollées	Seconde essence majoritaire
Nombres d'individus sans identification		Commentaire divers

III.5. Indices de fission-fusion

Afin de mettre en relief les phénomènes de fission-fusion des colonies, c'est-à-dire le rassemblement ou la séparation des individus d'une même colonie en plusieurs groupes familiaux au sein d'un réseau de gîtes, nous utilisons quatre indices. Le premier, le PSI (Pairwise Sharing Index), représente les partages et changements de gîtes observés par rapport aux partages et changements théoriques attendus. Ensuite nous utilisons un indice reflétant le taux de partage de gîte pour chaque individu (ISI pour Individual Sharing Index) dont la valeur est généralement sous-estimée du fait du faible nombre d'individus suivi par rapport au nombre d'individus présents sur l'intégralité du site d'étude. En effet l'observateur ne voit que les individus équipés, alors que l'individu peut gîter avec d'autres spécimens non équipés. C'est pourquoi on complète cet indice par deux autres, d'une part un indice de sociabilité quotidienne (IS) et d'autre part un indice de réutilisation des gîtes (IRG). (Pour plus de détails quant à la description et les références de chacun de ces indices, se référer aux tomes 2, 3 ou 4).



Figure 9 : Arbre gîte équipé d'un système de capture © J-C. Gattus

III. 6. L'équipe projet

Le pilotage du projet a été réalisé par l'ONF.

Les opérations de radiotracking ont été réalisées en grande partie par les chiroptérologues du réseau Mammifères de l'ONF, avec l'appui de l'association Vesper'Alpes pour les sites de la montagne de Lure et de Boscodon, ainsi que l'appui des animateurs Natura 2000, du Parc national des Ecrins et d'experts chiroptérologues indépendants.

La mise en œuvre technique et la rédaction des rapports ont également fait l'objet de deux stages encadrés par l'ONF.

V. Logiciels utilisés et traitements des données

IV.1. Analyse des triangulations

Après une conversion des grades en degrés, les triangulations des deux années de radiopistages sont traitées avec le logiciel « Locate III » par un estimateur du maximum de vraisemblance (MLE for Maximum Likelihood Estimation), en prenant en compte une déclinaison magnétique de 2,34 degrés et un écart-type standard de déviation de 188,8 mètres correspondant à l'erreur de mesure des triangulations testées sur le terrain lors de 6 triangulations dites tests, sur des positions dont les coordonnées étaient exactement connues. Cette grande imprécision est principalement causée par le relief de la zone d'étude composé de plusieurs petits valons, pouvant détourner les signaux. Si les azimuts ne se croisent pas tous afin de former une localisation, les signaux portant le moins bon indice de qualité sont supprimés afin d'obtenir une bonne localisation. Si la triangulation reste trop mauvaise ou ne correspond pas à l'intersection des différents azimuts relevés par les observateurs, elle n'est pas retenue pour le jeu de données final qui sera utilisé dans les analyses qui suivent.



Figure 10 : Table de coordination du radiopistage - Les Saisies 2021

IV.2. Détermination du facteur de lissage et analyse Kernel de délimitation des domaines vitaux et des centres d'activités

Le facteur de lissage est la valeur utilisée pour relier les points de localisation entre eux de la façon la plus directe possible pour créer un contour de référence permettant de dessiner un domaine vital ou des centres d'activités. Ce facteur est déterminé avec le logiciel « Animal Space Use » (ASU) en se basant sur les AICc obtenues, qui correspondent aux valeurs statistiques quantifiant les différences entre d'un côté les formes observées et générées avec la méthode du Kernel, et de l'autre les pourcentages des formes théoriques attendues. Nous testons la pertinence de trois facteurs de lissage fréquemment utilisés dans la littérature : href pour facteur h de référence, hLSCV pour facteur h du Least Squares CrossValidation et hCV pour facteur h du Likelihood Cross-Validation. Le facteur de lissage est principalement utilisé dans l'analyse de Kernel qui sert à délimiter les domaines vitaux et les centres d'activité. Cette analyse kernel est une méthode probabiliste non-paramétrique dite analyse de densité de noyau (Logiciel R version 4.0.5, package « adehabitat », « adehabitatMA », « adehabitatHR », « rgeos », « ggplot2 » et « adehabitatHS»). Le kernel 50% est utilisé pour obtenir les centres d'activités et le kernel 95% pour les domaines vitaux.

IV.3. Nombre de localisations, bootstrapping, et analyse K-select de sélection d'habitats

Une analyse par bootstrapping est effectuée post-radiopistage sur chaque individu afin de déterminer à partir de quel nombre de localisations les estimations des domaines vitaux et des centres d'activités sont statistiquement acceptables et représentatives de la réalité du terrain, et par conséquent quel individu peut être utilisé dans les analyses de sélection d'habitats. Ces analyses par bootstrapping (Logiciel R version 4.0.5, package « adehabitatHR ») sont effectuées avec un nombre de réplifications de 10.000 pour des nombres de localisations allant de 10 à 90 par pas de 10. Des représentations schématiques servent ensuite à déterminer le seuil de nombre de localisations nécessaires à l'analyse K-select. Ensuite, la sélection d'habitats, que ce soit sur les données environnementales prospectées, de données LiDAR ou issues de données Corine Land Cover, est effectué par une analyse dite de troisième ordre (Johnson D. H. 1980) où la disponibilité de l'habitat est mesurée pour chaque individu. C'est plus précisément cette analyse K-select correspondant à une ACP non centrée, qui s'appuie sur le concept de niche écologique qui est la plus répandue dans le cas de données de radiopistage, et est notamment présenté par Calenge C. et al. en 2005. La significativité de l'effet de chaque variable pour chaque animal est testée, ainsi que la première valeur propre de l'analyse K-select qui fournit un critère pour tester la pertinence de l'analyse K-select, ceci par un test de randomisation en suivant la règle de 10 000 tirages aléatoires avec la correction α de Bonferroni à 5% pour définir le seuil de significativité alpha. Les zones qui ne sont pas modélisées ou qui n'ont pas été prospectées sont en grande partie non boisées et sont alors comptées comme des 0 et non pas comme des valeurs manquantes dans le cas de toutes les variables.

VI. Résultats et interprétations

V.1. Étude acoustique

Quatre enregistreurs ont été déposés sur les forêts de Boscodon et Morgon au cours de 3 sessions du mois de juin à août. Au total 12 espèces ont pu être contactées sur le massif de Boscodon-Morgon et sont présentées dans le tableau 2. Parmi celles-ci, 2 sont d'intérêt communautaire, c'est-à-dire inscrites à l'annexe 2 de la directive européenne Habitats. Faute de temps, aucun calcul de l'activité chiroptérologique (minute active, nombre de contact par espèce et par heure) n'a été réalisé.



Figure 11 : Pose d'un enregistreur - Massif de Boscodon 2021

Tableau 2: Liste d'espèces contactées pendant l'étude acoustique à Boscodon-Morgon

Nom vernaculaire	Nom latin	Directive Habitats	Liste rouge nationale
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	DH2 & DH4	LC
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	DH4	NT
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	DH4	LC
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	DH4	NT
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	DH4	VU
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	DH4	NT
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	DH2 & DH4	LC
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	DH4	LC
Murin cryptique	<i>Myotis crypticus</i>	?	?
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	DH4	LC
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	DH4	NT
Oreillard indéterminé	<i>Plecotus sp</i>	/	/

Globalement, les enregistreurs SM2 ont permis de contacter un cortège d'espèces forestières et rupestres intéressant et ce dans un contexte montagnard. La présence de Murin à moustaches et d'Oreillards, espèces cibles, a pu être confirmée. On remarque un cortège d'espèces forestières bien présent avec entre autres la Noctule de Leisler, la Barbastelle ou encore le Petit Rhinolophe. Des espèces rupestres caractéristiques du sud de la France ont également été rencontrées dont le Molosse de Cestoni ainsi que le Vespère de Savi. Parmi les espèces qui n'ont pas été rencontrées, certaines présentent peu d'affinités avec les milieux naturels du massif (Murin de Capaccini, Minioptère de Schreibers). Cependant d'autres espèces pourraient être plus attendues dans un massif forestier montagnard, en particulier certains murins forestiers (Murin d'Alcathoé, etc..). En effet, malgré un bon cortège d'espèces, on peut s'attendre à ce que cette liste ne soit pas exhaustive notamment du fait d'une pression d'échantillonnage assez faible. Il est vrai que le protocole n'a été mis en place qu'une fois et

qu'une seule année. Il ne permet donc pas de conclure si cette absence reflète une réelle rareté sur le secteur ou si l'espèce n'a simplement pas été détectée. Seule une pression d'inventaire plus intense pourrait permettre de lever cette incertitude.

V.2. Description des arbres gîtes

La description des arbres gîtes permet de compléter l'études des phénomènes de fission-fusion et de tirer des tendances quant aux préférences et aux besoins des oreillards roux pendant la période estivale. Au total, 14 hêtres gîtes ont été décrits dans la montagne de Lure, 6 hêtres, 1 tremble et 2 pins sylvestres l'ont été dans le massif de Boscodon, et pour finir 8 épicéas communs et 1 sapin pectiné ont été décrits sur le plateau des Saisies. Les caractéristiques de chaque arbre sont détaillées en **annexe 4**. Le tableau 3 ci-dessous présente les moyennes des caractéristiques par site d'étude.

Tableau 3 : Moyenne des caractéristiques notoires des arbres gîtes

Caractéristiques	Plateau des Saisies	Montagne de Lure	Massif de Boscodon
Essence	Épicéa	Hêtre	Hêtre
Diamètre de l'arbre (cm)	46 ± 16	36 ± 12	36 ± 22
Hauteur de l'arbre (m)	21 ± 9	25 ± 5	17 ± 10
État sanitaire	Mort/Dépérissant	Sain	Sain
Distance à l'eau (m)	> 200	> 200	> 200
Type de gîte	Loge de pic	Fente	Loge/Fente/Écorce
Diamètre du gîte (cm)	< 10	> 20	< 10
Hauteur du gîte (m)	10 ± 10	8 ± 5	6 ± 2
Nombre d'adultes femelles	3 ± 4	NA	NA
Nombre d'individu sans identification	12 ± 13	NA	NA
État sanitaire de la zone	Mort/Dépérissant	Sain	Sain
Encombrement au-dessus de 16m	20 ± 12	65 ± 22	30 ± 29
Encombrement entre 4 et 16m	49 ± 15	63 ± 17	72 ± 12
Encombrement en-dessous de 4m	52 ± 29	46 ± 31	56 ± 25
Forêt privée ou publique	Privée/publique	Publique	Publique

Les moyennes numériques sont données ± l'écart-type standard. Les moyennes des variables qualitatives sont définies par la majorité

La première chose remarquable est la différence d'état sanitaire des arbres gîtes et de leur environnement entre d'un côté le plateau des Saisies avec ses forêts de conifères où les arbres gîtes sont des arbres dépérissants voire morts. Et de l'autre côté les forêts de feuillus et les hêtres de la montagne de Lure et du massif de Boscodon où l'état sanitaire des arbres gîtes et de leur environnement est plutôt sain. Si les bois dépérissants ou morts favorisent l'apparition de dendromicrohabitats dont la tendance est retrouvée aux saisies dans les forêts de conifères, dans les Alpes du sud les hêtres sains, mêmes dans l'éventualité où ils seraient choisis par défaut, semblent fournir une quantité suffisante de gîtes aux oreillards. Ces gîtes dans des hêtres, notamment à la montagne de Lure, sont majoritairement des fentes de plus de 20 cm qu'on

retrouve plus facilement dans les forêts de feuillus ayant subis des feux ou des impacts de foudre qui sont tous deux des perturbations fréquentes dans cette région. On retrouve cependant des points communs aux trois sites, à savoir que les arbres gîtes ont des diamètres assez gros (en moyenne 46, 36 et 36 cm) et des hauteurs relativement grandes (en moyenne 21, 25 et 17 m). Ces caractéristiques sont retrouvées généralement dans les forêts en libre évolution ou relativement matures, favorisant l'apparition de dendromicrohabitats. Pour finir, l'encombrement autour du gîte ne paraît pas être un facteur déterminant, il est assez variable selon les arbres et les sites d'étude. Il en est de même pour la proximité d'un point d'eau qui de manière générale est assez éloigné des arbres gîtes (plus de 200 mètres). On peut émettre l'hypothèse que les arbres proches de points d'eau sont moins grands et restent moins longtemps dépérissants ou morts et debout. Ou encore que la proximité d'un point d'eau notamment une rivière ou un torrent apporte une fraîcheur que les chiroptères ne recherchent pas, notamment dans ce genre de milieu en altitude où la température peut descendre assez bas. Cette proximité de point d'eau semble tout de même être une variable plutôt déterminante dans la sélection de l'habitat de chasse d'après nos observations, nécessaire à l'hydratation des chiroptères pendant leur période d'activité.

V.3. Suivi diurne et suivi nocturne

Chaque équipe attirée à un site d'étude était équipée d'une vingtaine d'émetteurs, et ils ont pratiquement tous été utilisés. 15 femelles ont été équipées à Boscodon (9 oreillards roux et 6 murins à moustaches), ainsi que respectivement 18 et 19 femelles d'oreillard roux ont été équipées à la montagne de Lure et au plateau des Saisies, pour un **total de 52 individus suivis**.

Tableau 4 : Récapitulatif moyen du suivi nocturne et du suivi diurne et des indices de fission-fusion

	Plateau des Saisies	Montagne de Lure	Massif de Boscodon
Poids moyen de l'individu (g)	8,4 ± 0,8	8,7 ± 1,2	8,7 ± 5,2
Ratio moyen entre le poids de l'individu et le poids de l'émetteur (%)	4,7 ± 0,6	4,9 ± 0,1	4,9 ± 1,1
Nombre de jour moyen de suivi nocturne	6 ± 4	5 ± 3	/
Nombre d'individus moyen suivi simultanément durant le suivi diurne	11 ± 5	9 ± 2	11 ± 4
Pourcentage d'individu trouvé durant le suivi diurne (%)	77 ± 10	42 ± 22	67 ± 12

Les moyennes sont données ± l'écart-type standard

Pour plus de détails par individu, référez-vous au rapport complet du site d'étude en question (tomes 2, 3 et 4).

Des cartes avec les points des localisations des individus pistés durant le suivi nocturne ainsi que les gîtes découverts pendant le suivi diurne sont présentés pour chacun des trois sites ci-après.

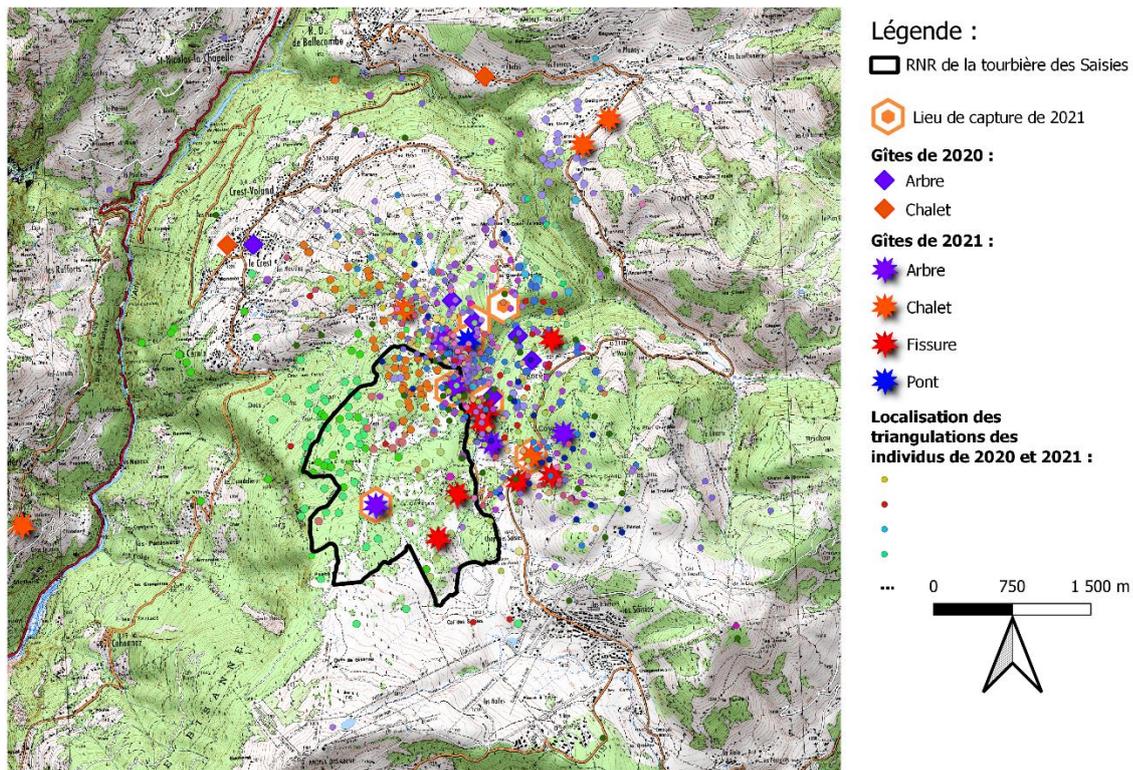


Figure 14 : localisations des gîtes et des individus aux Saisies

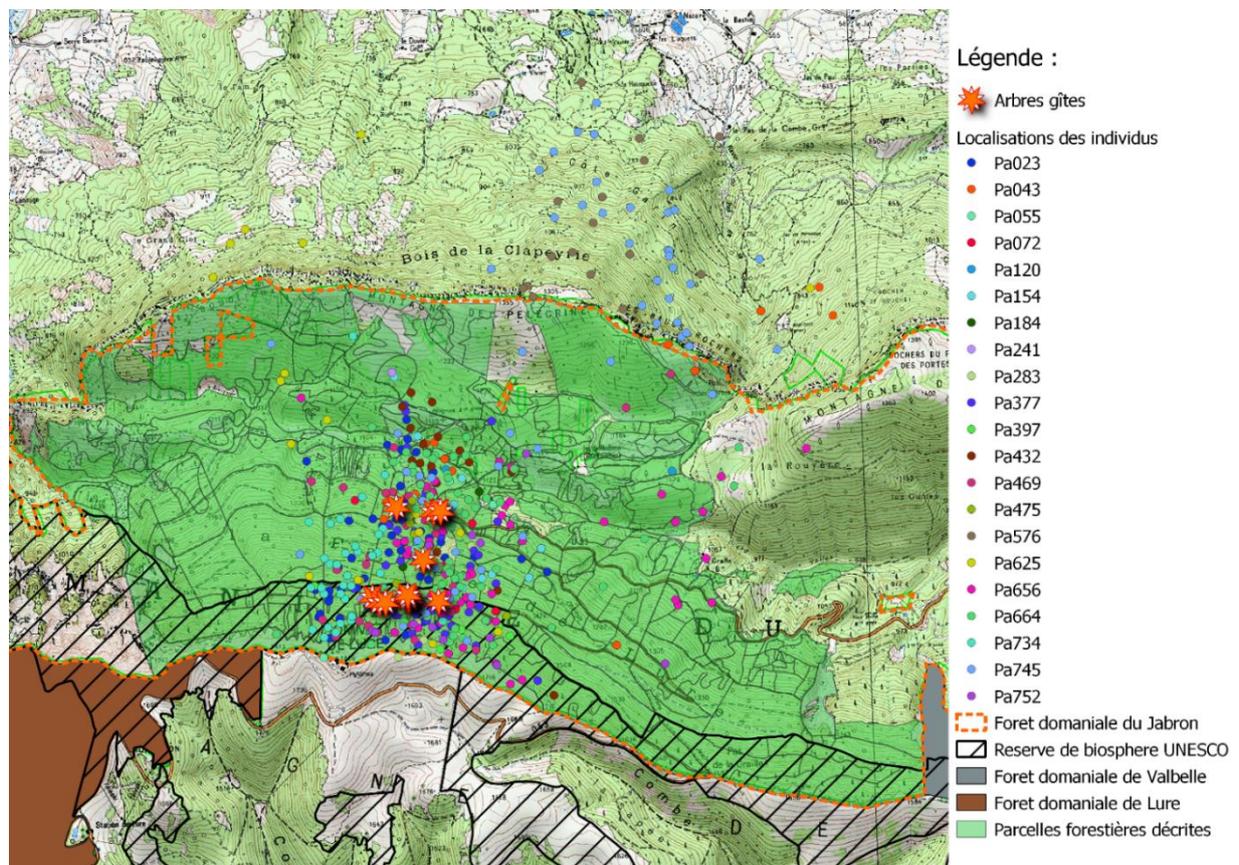


Figure 13 : Carte des localisations d'individus et des gîtes à la montagne de Lure

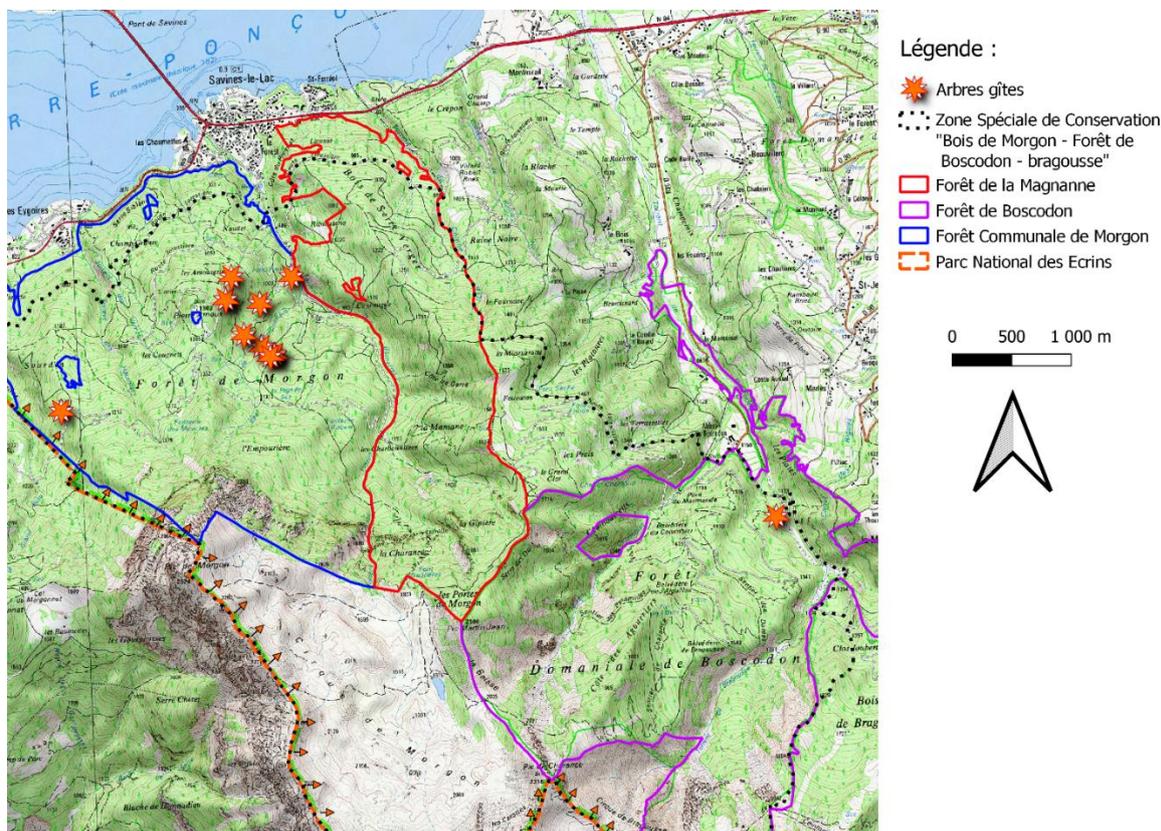


Figure 15 : localisation des gîtes sur le massif de Boscodon-Morgon

V.4. Indices de fission-fusion

Le tableau 5 présente les résultats des indices de fission-fusion. Seuls les individus dont le suivi a été réussi sur au moins trois jours sont utilisés dans le calcul de ces indices.

Tableau 5 : Récapitulatif des indices de fission-fusion

Indice	Plateau des Saisies	Montagne de Lure	Massif de Boscodon	Moyenne générale
PSI	0,091 ± 0,170	-0,008 ± 0,179	0,117 ± 0,307	0,051 ± 0,216
ISI	0,091 ± 0,066	0,034 ± 0,057	0,020 ± 0,025	0,066 ± 0,074
IS	0,443 ± 0,299	0,166 ± 0,228	0,175 ± 0,236	0,329 ± 0,336
IRG	0,686 ± 0,333	0,694 ± 0,407	0,250 ± 0,289	0,632 ± 0,391

Les moyennes sont données ± l'écart-type standard

Pour plus de détails par site et par individu, vous pouvez vous référer au rapport complet du site d'étude en question (tome 2, 3 ou 4).

Le comportement de fission-fusion implique un nombre de gîtes conséquents. On peut retrouver des gîtes principaux et des gîtes satellites organisés en réseau, c'est-à-dire relativement proches les uns des autres formant un réseau d'échange. Ce réseau permet aux

chiroptères de changer régulièrement de gîte entre deux journées créant des liens sociaux et limitant le parasitisme et la prédation (Reckardt & Kerth, 2007 ; Hohti et al., 2011). Il est important de notifier que ces études n'ont suivi qu'une petite partie de la population d'oreillard roux présente sur chacun des sites et trouvé qu'une petite partie du réseau de gîtes utilisés par les chiroptères. Cela induit un biais d'étude et des conséquences sur les résultats des indices de fission-fusion obtenus.

Commençons par l'indice PSI qui peut varier de -1 à 1. Dans notre cas, il est supérieur et proche de 0, avec une moyenne de $0,051 \pm 0,216$ montrant que **les individus changent de gîte régulièrement mais pas de manière trop fréquente**. Ils utilisent souvent les mêmes gîtes au cours de la semaine.

Ensuite, l'indice ISI, qui reflète le partage de gîtes et qui peut varier de 0 à 1, est proche de 0 avec une moyenne de $0,066 \pm 0,074$. Pourtant, avec nos observations de terrain nous savons que les oreillards partagent leur gîte avec beaucoup de congénères. Cette faible valeur s'explique par le fait que cet indice est très souvent sous-estimé du fait du faible nombre d'individus suivis par rapport au nombre d'individus présents sur l'intégralité du site d'étude. En effet, sur un même site nous estimons grossièrement la population d'oreillard roux à plus de 100 voire 200 individus alors que nous en pistons uniquement une vingtaine maximum. C'est pourquoi on s'intéresse un peu plus aux valeurs des indices IS ($0,329 \pm 0,336$) et surtout IRG ($0,632 \pm 0,391$) qui varient de 0 à 1 et où plus la valeur est élevée plus respectivement la sociabilité et la réutilisation des gîtes est intense. Ces valeurs nous permettent de conclure que pendant ces études, les oreillards roux changent régulièrement de gîte, d'après nos observations presque de manière quasi quotidienne si les conditions météorologiques sont favorables, et surtout ils montrent une **importante réutilisation des gîtes** suivis formant ainsi un réseau de gîtes.

V.5. Facteur de lissage et superficie des domaine vitaux et des centres d'activités

D'après les AICc obtenus pour chaque individu détaillé dans le tableau 6, et en comparant les différents domaines vitaux obtenus avec les trois différents facteurs de lissage (que vous pouvez retrouver dans les rapports des sites en question), le facteur de lissage le plus cohérent pour obtenir le bon nombre de noyaux, c'est-à-dire plus de deux noyaux, est « hLSCV ». En effet, les deux autres facteurs aboutissent à des modèles comportant presque tout le temps un seul noyau, alors qu'avec « hLSCV » les modèles obtiennent plusieurs noyaux dans le cas d'un bon nombre d'individus, et concordent alors avec les prédictions des AICc.

Tableau 6 : AICc et facteurs de lissage obtenus par individus :

Individus	AICc CU	AICc BVN	AICc 2BVN	AICc 2CN	Nombre de noyau attendu	href	hLSCV	hCV
Pa023	1638,64	1639,26	1638,10	1638,35	Plus de 2	181,19	148,74	149,78
Pa656	1389,31	1384,73	1363,39	1368,43	Plus de 2	277,27	64,41	256,14
Pa664	1672,84	1672,62	1664,97	1679,61	Plus de 2	210,18	151,51	216,23
Pa996	2508,48	2473,94	2495,15	2455,29	Plus de 2	493,32	105,07	511,77
Pa945	2207,75	2190,90	2128,87	2150,07	Plus de 2	378,51	66,30	502,41
Pa901	1333,24	1319,06	1324,01	1323,42	2	544,64	289,84	423,23
Pa56	1643,47	1616,91	1612,73	1612,98	Plus de 2	281,12	208,33	328,81
Pa275	1574,28	1538,91	1522,76	1527,44	Plus de 2	271,12	134,66	291,93

CU (Exponential Power Model) : modèle à 1 noyau. BVN (Mode Bivariate Normal) : modèle à 2 noyaux. 2BVN (Mode Bivariate Circle) : modèle à plus de 2 noyaux. 2CN (Mode Bivariate 2 Normal) : modèle à plus de deux noyaux.

L'AICc le plus faible détermine le modèle retenu et donc le nombre de noyaux (centre d'activité) des domaines vitaux.

Habituellement, dans le cas de l'Oreillard roux qui est une espèce non-territoriale, c'est le facteur de lissage href qui est recommandé (Pellerin, 2005 ; Tillon, 2015). En effet, le facteur de lissage « hLSCV » induit une forte marginalité qui est généralement utilisée dans le cas d'espèces territoriales ou à la sélection d'habitats très spécifique et intense. Ce choix de facteur n'est pour autant pas aberrant dans le cas de notre étude car les oreillards roux sont confrontés à des conditions de vie assez difficiles, les forçant à utiliser les meilleurs habitats, ce qui peut s'interpréter de manière similaire à une territorialité du territoire. Les domaines vitaux et les centres d'activités déterminés par ce facteur de lissage « hLSCV » sont présentés ci-après et les superficies de ces derniers sont présentées dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7 : Récapitulatif des superficies des domaines vitaux et des centres d'activités

	Plateau des Saisies	Montagne de Lure	Moyenne générale
Centre d'activité	93 ± 58	48 ± 12	72 ± 52
Domaine vital	475 ± 286	206 ± 55	374 ± 259

Les moyennes sont données ± l'écart-type standard

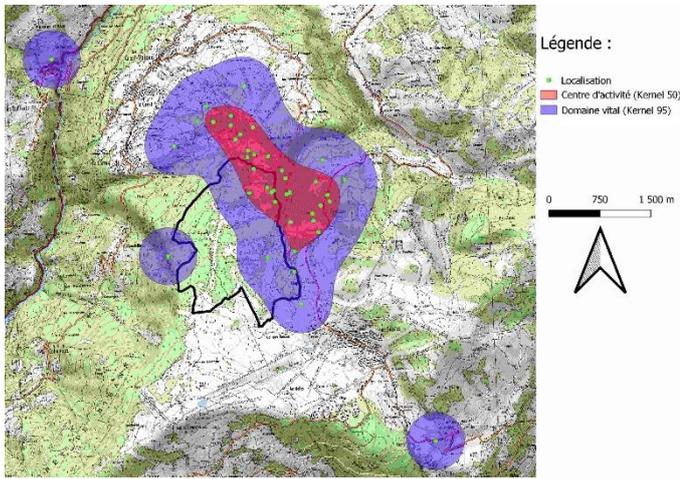


Figure 17 : Domaine vitale et centre d'activité de Pa901 - site des Saisies

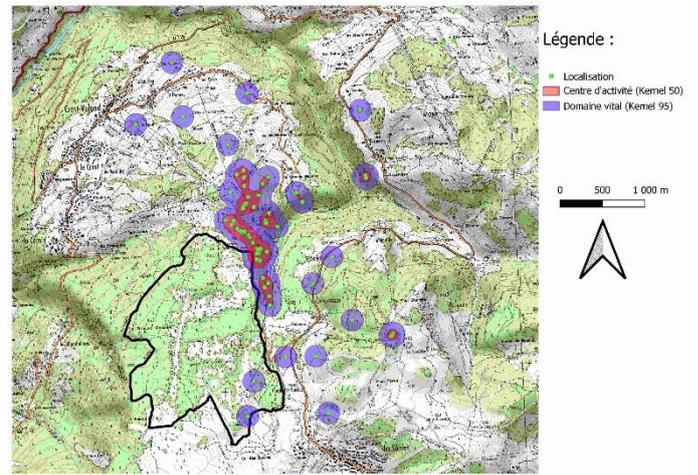


Figure 16 : Domaine vitale et centre d'activité de Pa945 - site des Saisies

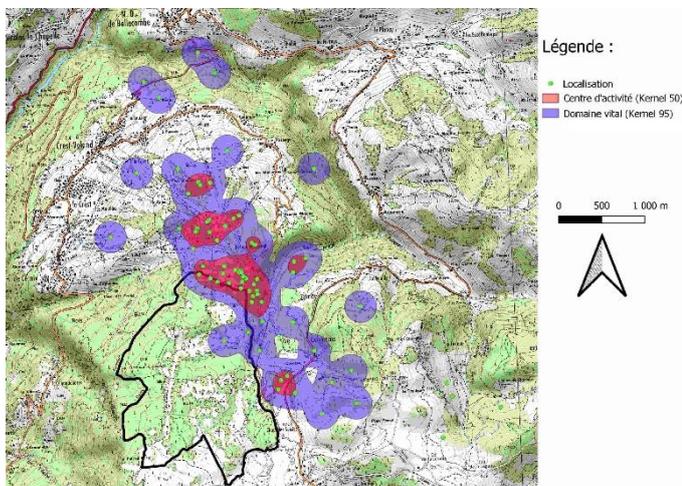


Figure 20 : Domaine vitale et centre d'activité de Pa996 - site des Saisies

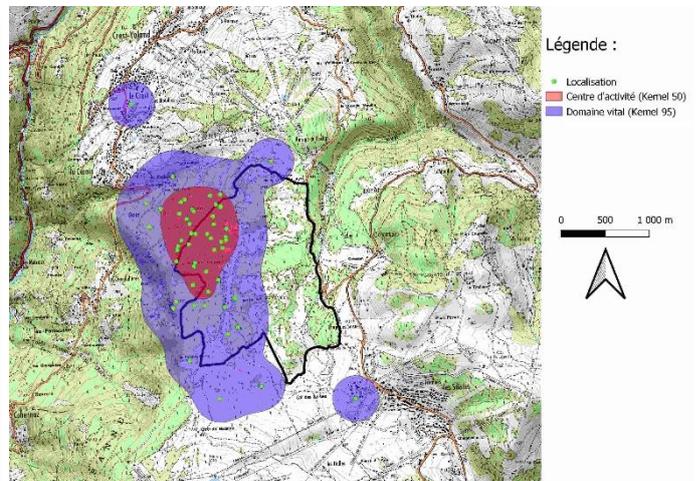


Figure 19 : Domaine vitale et centre d'activité de Pa275 - site des Saisies

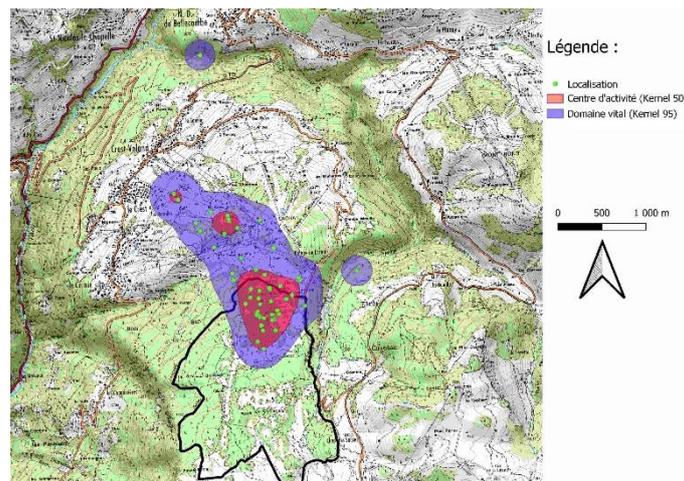


Figure 18 : Domaine vitale et centre d'activité de Pa56 - site des Saisies

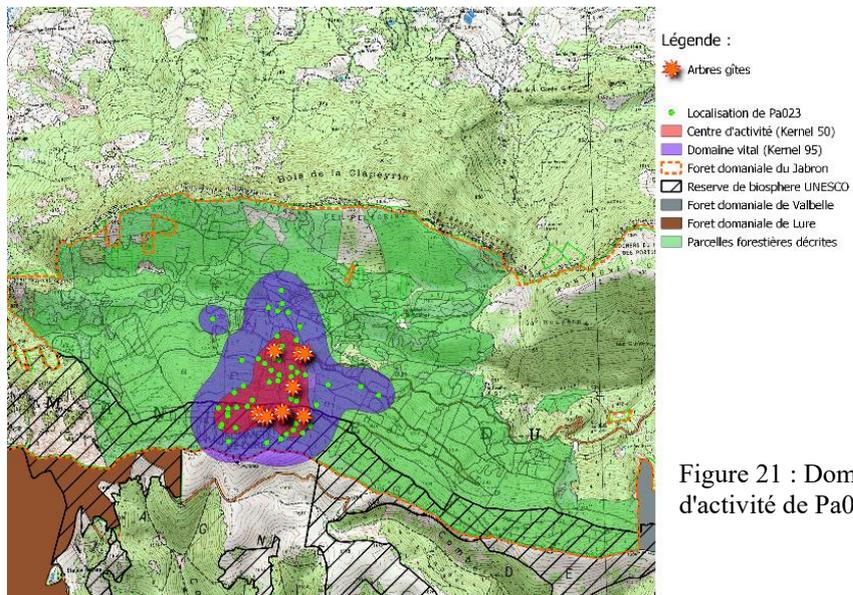


Figure 21 : Domaine vital et centre d'activité de Pa023 - site de Lure

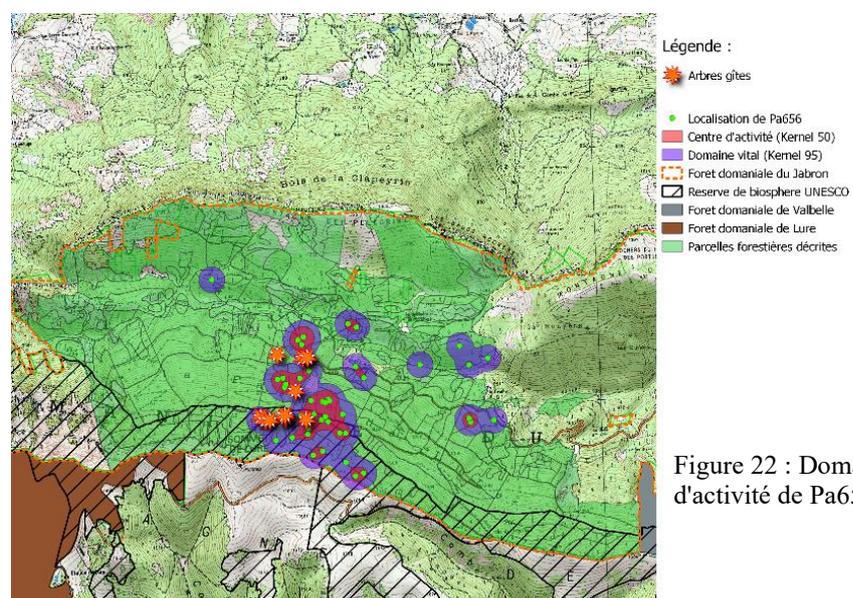


Figure 22 : Domaine vital et centre d'activité de Pa656 - site de Lure

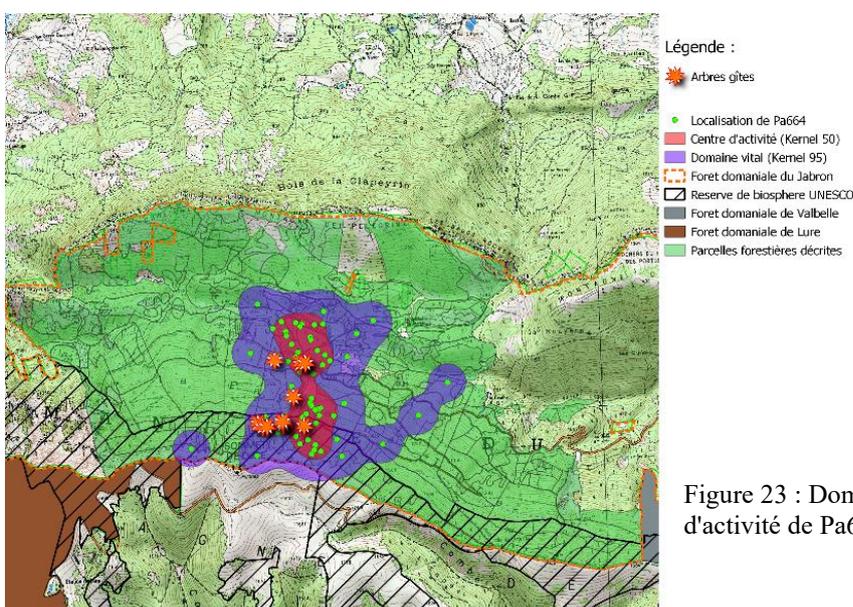


Figure 23 : Domaine vital et centre d'activité de Pa664 - site de Lure

Les **superficies estimées des domaines vitaux** sont deux à neuf fois plus élevée que ce qu'on retrouve dans la littérature, avec une moyenne de **374 ± 259 hectares** contre au maximum une centaine d'hectares dans la littérature (Horáček & Dulic, 2004 ; Murphy et al. 2012 ; Tillon, 2015). Il en est de même pour **les centres d'activités qui sont en moyenne de 72 ± 52 hectares** contre au maximum une moyenne de 23 hectares retrouvée dans la littérature (Tillon, 2015). Bien que le radiopistage reste la méthode la plus appropriée aux suivis des chiroptères, la complexité de sa mise en place induit des problèmes dans la délimitation des domaines vitaux et dans l'analyse de sélection d'habitats. Il est vrai qu'elle nécessite un effort d'échantillonnage important en termes de durée de suivi afin de lisser les variations quotidiennes d'utilisation de l'espace par les chiroptères, principalement causées par les conditions locales d'accès aux ressources (Tillon, 2012). Cette nécessité est rendue complexe à réaliser notamment à cause du faible poids de l'oreillard roux obligeant l'utilisation d'émetteurs VHF dont la durée de vie est limitée à une dizaine de jours. Les aires des domaines vitaux et des centres d'activités des individus suivis sont donc probablement surestimées. Mais cette grande superficie peut également s'expliquer d'une part par la topographie induisant une erreur de mesure lors des localisations, et d'autre part par la rareté de la ressource trophique et la fragmentation du milieu notamment au plateau des Saisies avec la présence des pistes de ski, induisant une surface plus grande à prospecter par les individus pour trouver la même quantité de nourriture qu'en plaine, milieu où sont généralement réalisées les études dont sont tirées les moyennes « habituelles ». L'altitude dont découle le climat, la répartition éparse des variables environnementales de la zone d'étude, et la fragmentation d'origine anthropique du milieu sont donc probablement les principales causes de ces larges domaines vitaux. De ce fait, les individus doivent utiliser plusieurs centres d'activités dispersés au sein de ce grand domaine vital, comme on le retrouve sur les représentations graphiques, correspondant à plusieurs zones de chasses préférentielles. La somme de ces cœurs d'activités et des couloirs de déplacement utilisés entre ces spots de chasses entraînent ainsi une grande superficie du domaine vital.

V.6. Sélection d'habitat et analyse K-select

Les résultats des analyses K-select sur les données environnementales issues des données Corine Land Cover, issues des données LiDAR, ou issues des données prospectées sur le terrain sont toutes consultables et détaillées dans les rapports des sites concernés. En termes d'occupation du sol, au plateau des Saisies, les oreillards roux sélectionnent significativement et fortement les forêts de conifères et les forêts et végétation arbustives en mutation dont la majorité de ces dernières sont composées de conifères sur ce site, qui correspondent aux deux occupations majoritaires de la zone étudiée. Sur le site de la montagne de Lure, les oreillards roux ont sélectionné les forêts de feuillus, également très représentées dans le site d'étude. Cette sélection des forêts de conifères ou de feuillus pouvait être prévisible d'une part grâce à nos connaissances sur l'écologie de cette espèce forestière et d'autre part par la grande dominance des forêts en termes de superficie autour des sites de captures. Aussi, on peut noter un évitement significatif des tissus urbains discontinus, des prairies, des pelouses et pâturages naturels au plateau des Saisies, ainsi qu'un évitement significatif des milieux composés de roches nues. Les zones d'habitations et les milieux composés de roches nues sont par définition peu ou pas végétalisés et donc beaucoup moins fournis en proies pour la chasse des chiroptères. Quant aux prairies et aux pelouses, en plus d'être moins riches en source de nourriture, ce sont des zones non arbustives ou du moins non forestières, offrant une moins grande quantité de proies et probablement moins de protection vis-à-vis de leurs prédateurs tels que les rapaces nocturnes.

A propos de l'analyse de sélection d'habitats sur les diverses caractéristiques forestières, les résultats sont assez similaires entre les deux sites (le plateau des Saisies et la montagne de Lure). Les oreillards roux ont tendance à chasser dans les forêts matures et diversifiées à la fois en essences ainsi qu'en structures horizontale et verticale. Les forêts comportant des gros

arbres vivants et morts sont préférées, apportant potentiellement à la fois une plus grande diversité et quantité de proies, ainsi qu'une plus grande quantité de gîtes disponibles.

V.7. Recommandations de gestion forestière

Aux vues des résultats et des observations faites sur le terrain avant, pendant et après les radiopistages, il est possible d'émettre des recommandations de gestion forestière. Ces recommandations proviennent de ces études mais sont applicables à toutes autres forêts de montagne, et profiteront à d'autres espèces de chiroptères forestiers, ainsi qu'à d'autres espèces appartenant à d'autres taxons du fait du caractère d'espèce parapluie de l'oreillard roux et des chiroptères forestiers en règle générale. De plus, il est important de notifier que ces recommandations ne sont pas novatrices mais sont dans la lignée de ce qu'il se fait déjà aujourd'hui. De ce fait, ce ne sont pas de nouvelles pratiques de gestion qui sont recommandées mais plutôt une confirmation et un accent mis sur l'intérêt des gestions forestières actuelles.

Premièrement, notamment en faveur des terrains de chasse, il est recommandé de **favoriser les futaies irrégulières exploitées en collectifs d'arbres**. Ceci dans l'objectif de tendre vers des peuplements matures, diversifiés et surtout structurés verticalement et horizontalement. Ce type de peuplements présente divers intérêts de haute importance pour la biodiversité. Il favorise la régénération naturelle de la forêt nécessaire pour la pérennité de ce milieu et, de ce fait, en maintenant une présence d'arbres de tous âges, maintient une présence d'arbres à intérêt biologique (porteurs de dendromicrohabitats, morts, etc...). Une diversité de stratifications et d'essences favorise également les diverses émergences d'insectes, à la fois en diversité spécifique ainsi que temporellement offrant une disponibilité en proies pour les chiroptères tout au long de la saison estivale.

En lien avec la première recommandation, il est vital pour les chiroptères forestiers de **bénéficier d'un réseau de gîtes**. Il est alors primordial de **désigner les arbres porteurs de dendromicrohabitats et les arbres à fort intérêt biologique pour qu'il soient conservés**.

Aussi, dans un objectif de sylviculture durable en contexte de réchauffement climatique, il convient de favoriser les essences d'accompagnement, notamment la présence d'essences adaptées à moyen terme, telles que le hêtre et d'autres feuillus en forêts de conifères. En plus d'être bénéfique pour les diversités d'émergences d'insectes, une forêt plurispécifique sera plus résiliente face aux changements climatiques et aux maladies ou aux invasions d'insectes ravageurs.

Pour finir, la présence de sources d'eau accessibles est également vitale pour les chiroptères pour leur hydratation. Il est alors recommandé de créer, réhabiliter et d'entretenir des zones d'eaux libres pour améliorer la capacité d'accueil du milieu pour les colonies de reproduction des chiroptères mais aussi de diverses espèces pouvant bénéficier de ces zones d'eau.

V.8. Conclusion sur le radiopistage et la technologie LiDAR

Même si la radiotéléométrie est la méthode actuellement la plus fiable pour déterminer précisément les secteurs et habitats utilisés (gîtes et terrains de chasse) par une chauve-souris (Tillon, 2008), cette étude en démontre certaines limites. En effet, les moyens humains nécessaires et les capacités du matériel notamment la durée de vie de la pile des émetteurs ne permettent pas d'effectuer cette méthodologie plus de deux semaines limitant alors l'interprétation de l'activité de l'espèce à cette petite période. De plus, les problématiques de suivis tels que l'obtention d'un grand nombre de localisations précises ou d'un suivi diurne assez complet rendent les résultats difficilement interprétables. Ces problématiques peuvent être en partie résolues par des avancées technologiques qui permettront bientôt d'utiliser des suivis

par données GPS plus précis et plus fiable en termes de quantité de données récoltées, lorsque ces dispositifs seront adaptables à des individus de si petite taille. Ou bien en modifiant la méthodologie comme en réalisant une opération de capture-marquage-recapture, ce qui amènerait probablement à des résultats plus complets et serait très envisageable dans un cadre d'étude reconduite sur plusieurs années.

Il est aussi important de souligner que **l'utilisation de la technologie LiDAR** dans cette étude constitue une démarche novatrice qui pourra être utilisée à l'avenir sur d'autres territoires afin d'analyser les variables environnementales influençant une ou plusieurs espèces, permettant une comparaison et une analyse sur une plus grande étendue de terrain. Il est vrai que cette nouvelle approche de la sélection d'habitats par les données LiDAR et ces indices forestiers est trop précise au vu de l'erreur de mesure de ce genre de radiopistage. Mais si cette méthodologie novatrice est réappliquée dans de bonnes conditions météorologiques, et potentiellement complétée par une opération de capture-marquage-recapture, elle permettrait de faire ressortir des tendances plus exactes de sélection et d'évitement d'habitats ainsi que d'émettre des propositions de gestion forestière en faveur de la conservation de l'Oreillard roux et de l'habitat forestier de manière générale. Cette méthodologie peut également s'appliquer à des suivis par données GPS qui sont plus précis et donc en adéquation avec la précision des données LiDAR. Les suivis par puces GPS sont actuellement réalisables sur de plus grandes espèces de chiroptères comme le Grand Murin ou sur des oiseaux comme la Gélinotte des bois et le Grand tétras qui sont également des espèces à fortes exigences du point de vue peuplement forestier.

VII. Communication

La présente étude a fait l'objet de restitutions sur chacun des sites :

- Les Saisies : 14 octobre 2022
- Montagne de Lure : 26 octobre 2022
- Boscodon : 16 mars 2023

L'ensemble des présentations, des supports de communication et des rapports liés à cette étude peuvent être téléchargés sur la page dédiée au projet au lien suivant :

www.onf.fr/+1b77

Annexes

Annexe 1 : Radiopistage, suivi nocturne et diurne

La radiotélémetrie est la méthode la plus fiable pour déterminer précisément les secteurs et habitats utilisés (gîtes et terrains de chasse) par une chauve-souris (Tillon, 2008). Après 55 à 75 jours de gestation, les premiers juvéniles naissent de mi-juin à mi-juillet en montagne et le sevrage intervient pendant environ 40 à 50 jours (Arthur, 2009 ; Marmet, 2014), c'est pourquoi le radiotracking s'effectue en juillet ou bien début août, période où les adultes sont le plus actifs. Par soucis de rendement énergétiques, les chiroptères ne sortent pas de leur gîte en cas de mauvais temps (trop de vent, trop d'humidité ou température trop froide), auquel cas le suivi est temporairement interrompu. Le protocole utilisé est celui établi par le réseau « Mammifères » de l'ONF, à savoir le MCD100 (ONF, 2016).



Figure 24 : Examen d'une femelle allaitante d'Oreillard roux (*Plecotus auritus*, L., 1758) © Genin Manon - ONF.

Une session de terrain dure entre 10 et 15 jours. Les individus capturés sont équipés avec des émetteurs dont le poids ne doit pas dépasser 5% de la masse corporelle d'après les recommandations du Muséum national d'Histoire naturelle. Du fait de cette recommandation, nous ne pouvons pas utiliser des puces GPS qui sont encore trop lourdes pour les oreillards roux. Nous utilisons donc des **émetteurs VHF** (Very High Frequency) (marque Lotek, modèle Picopip) d'une autonomie d'une dizaine de jours, pesant 0,42 g ou 0,31 g dans l'éventualité où nous aurions la possibilité d'équiper des individus plus légers tels que des murins à moustaches (*Myotis mystacinus*, Kuhl 1817). Les premières captures ont lieu sur les territoires de chasse présumés à des endroits stratégiques afin de maximiser les chances de capture, tels que proches de source d'eau ou dans de couloirs formant un rétrécissement. Les premières bêtes équipées guident alors les équipes de radiopistage en journée dans les gîtes où dorment les colonies, pour ensuite effectuer de nouvelles captures à la tombée de la nuit en sortie de gîtes. Ce deuxième lot de captures permet d'équiper des individus appartenant très probablement à une même colonie afin de mieux étudier les phénomènes de fission-fusion. Une deuxième session de capture est en général effectuée en début de deuxième semaine de radiopistage afin d'être sûr d'avoir des émetteurs encore actifs tout au long de la mission. Chaque émetteur et donc chaque individu équipé possède une fréquence unique. Toutes les captures sont réalisées à l'aide de filet japonais. L'espèce, le sexe et diverses mesures biométriques sont notés pour chaque individu capturé. Les femelles sont ensuite équipées d'un émetteur collé sur leur dos à l'aide d'une colle chirurgicale, permettant à l'émetteur de se détacher tout seul au bout d'une quinzaine de jours, correspondant à la durée moyenne maximal d'autonomie de la pile de l'émetteur. Seules les femelles adultes sont équipées car en période de sevrage, les habitats de chasse préférentiels en termes d'accessibilité et de qualité sont laissés à ces dernières, les mâles sont repoussés vers des habitats de chasse plus éloignés voire de moins bonne qualité. De plus, les mâles ne vivent pas en colonie pendant cette période, ne rendant pas possible l'étude des phénomènes de fission-fusion. Enfin, ce sont les femelles qui portent le succès de l'espèce puisque seules les femelles s'occupent de la progéniture. C'est pourquoi ce sont ces dernières les plus intéressantes à suivre lorsqu'on travaille sur de la sélection d'habitats et de potentielles modifications de gestion forestière en leur faveur. Si des jeunes volants sont capturés, ils peuvent éventuellement être équipés puisqu'ils ne quitteront la colonie qu'à l'automne.

Ensuite, dans le cadre du suivi nocturne, pendant une dizaine de nuits du coucher au lever du soleil en lien avec l'activité de l'Oreillard roux, ainsi qu'à l'aide de récepteurs VHF (marque Lotek, modèle Biotracker) et d'antennes de réception (Liteflex marque Lotek, modèle Yagi à 3 brins), 5 à 8 équipes d'en général 2 personnes vont suivre les individus équipés depuis des points hauts préalablement référencés. Plus précisément, dirigé par l'équipe de coordination via des talkieswalkies, une triangulation d'une fréquence est déclenchée à un instant précis identifié par un « top azimuth » communiqué à l'ensemble des équipes, qui ont préalablement visés la direction d'émission du signal VHF émis par la fréquence de l'émetteur choisi. Les informations de la triangulation de chaque équipe sont renseignées : le numéro de l'individu capté, le jour, l'heure, la date, la minute, la position du binôme, la direction du signal mesuré à l'aide d'une boussole en grade et un indice de qualité de 0 à 3 dépendant de l'intensité et de la précision du signal reçu. La triangulation des signaux permet donc de déterminer la localisation d'un individu à un moment précis, comme cela est présenté ci-après.

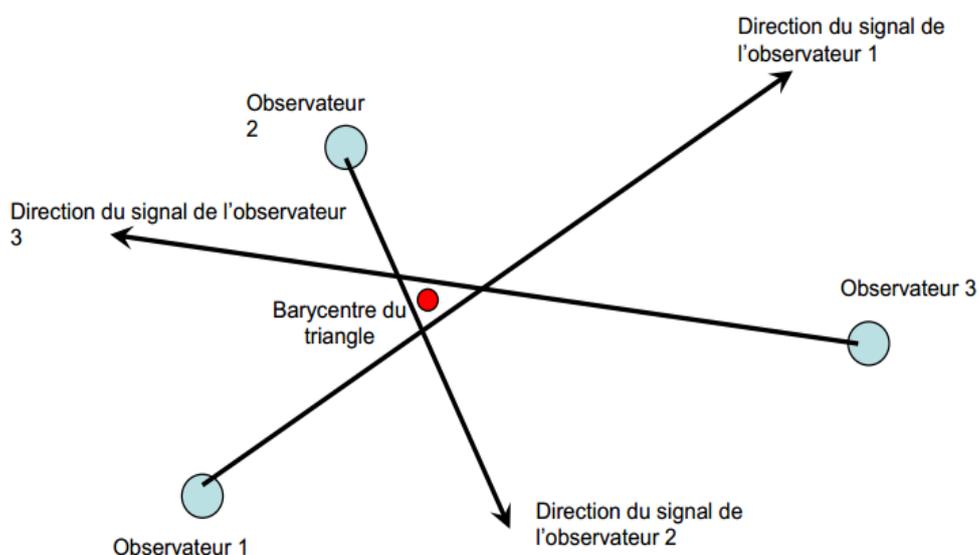


Figure 25 : Schéma du principe de triangulation © Tillon L

De plus, afin d'éviter une autocorrélation spatiale et temporelle des données de triangulation, un « top » sur un même individu doit être espacé d'au moins dix minutes (Tillon, 2015). Il peut être conseillé d'effectuer du « Homing in », c'est-à-dire d'atteindre l'animal pour fiabiliser la localisation en se positionnant directement sous lui, mais cette méthodologie est de plus en plus évitée car les chiroptères peuvent montrer un comportement de fuite du fait du dérangement, biaisant ainsi les localisations et donc l'analyse de sélection d'habitats.

Enfin, un suivi diurne est réalisé, consistant en la localisation précise du gîte de chaque individu équipé d'un émetteur afin d'étudier les phénomènes de fission-fusion des colonies de parturition. De ce fait, chaque jour du suivi, la position du gîte de chaque individu est recherchée à l'aide des récepteurs VHF et des antennes de réception. Plus précisément, assisté par des talkies-walkies afin de se coordonner et de communiquer l'avancée des recherches, chaque gîte connu est scanné puis les coordonnées GPS précises de chaque nouveau gîte découvert avec un individu équipé à l'intérieur sont référencées. L'objectif final étant d'obtenir un tableau avec le gîte utilisé chaque jour par chaque individu ainsi qu'une liste des gîtes utilisés accompagnée de leurs coordonnées GPS. Afin de faciliter la suite de la mission, tous les arbres gîtes sont marqués de rubalise jusqu'à la fin de la session de terrain.

Annexe 2 : Données environnementales du plateau des Saisies

Une carte d'occupation des sols présente les données Corine Land Cover du site étudié ci-dessous. On peut directement observer que la grande majorité des gîtes et des localisations d'individus se situe dans deux occupations des sols particulier, à savoir les forêts de conifères et les forêts et végétation arbustives en mutation dont la majorité est composée de conifères sur ce site.

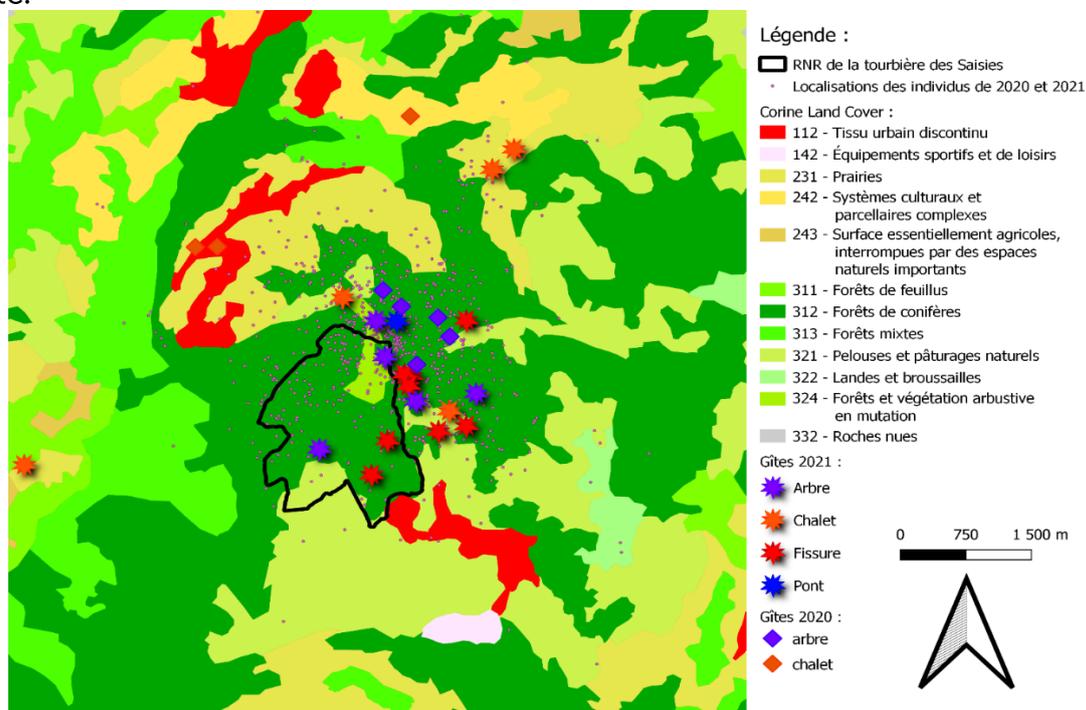


Figure 26 : Carte d'occupation des sols des Saisies.

Profitant d'un couvert de données LiDAR datant de 2017, nous utilisons cette base d'information comme une approche nouvelle dans les études de chiroptères français afin d'obtenir plusieurs variables descriptives des habitats sous forme de rasters composés de pixels de 26,6 mètres (définition couramment utilisée lors des traitements de données LiDAR, qui seront ensuite utilisées dans les analyses de sélection d'habitats). Pour l'analyse de sélection d'habitats, parmi la multitude de variables existantes et souvent utilisées dans de nombreuses études (par exemple Langridge & Tillon, 2017), nous ajoutons des variables moins connues car elles sont plus récentes, tels que l'indice LAD et une modélisation de la structure des peuplements qui sont également détaillés dans le tableau 1. L'indice LAD est présenté en introduction et sa cohérence avec des observations de terrain est testée et détaillée en **annexe 2 du rapport des Saisies (tome 2)**. La modélisation de la structure des peuplements par Munoz Alain est expliquée en **annexe 9 du rapport des Saisies (tome 2)**. Des cartes de chaque variable sont également mises à disposition en **annexe 6 du rapport des Saisies (tome 2)** afin de présenter la répartition de chacune de ces variables. Toutes les variables utilisées dans cette étude sont présentées et détaillées dans le tableau 8 en page suivante. Pour plus de détails sur ces données ou sur l'utilisation du LiDAR de manière générale, se référer au rapport complet sur l'étude du plateau de saisies (**tome 2**).

Tableau 8 : Tableau des variables environnementales utilisées issues des données LIDAR de 2017.

Acronymes	Variables	Informations
MNT1	Altitude	
H0	Hauteur dominante	Hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare. C'est un indice de maturité de peuplement.
D0	Diamètre moyen dominant	Diamètre moyen mesuré à 1,5 mètres de hauteurs des 100 plus grosses tiges à l'hectare. C'est un indicateur de stade de maturité de peuplement.
Dg	Diamètre quadratique	Moyenne quadratique des diamètres de toutes les tiges mesurées à 1,5 mètres de hauteurs. C'est un indicateur de stade de maturité souvent utilisé pour estimer la valeur économique d'une parcelle.
V	Volume sur pied	
G	Surface terrière	Diamètre moyen des arbres mesuré à 1,5 mètres de hauteur
GGB	Surface terrière des gros bois	Diamètre moyen des arbres de plus de 47,5 cm de diamètre mesuré à 1,5 mètres de hauteur
GF	Surface terrière des feuillus	Diamètre moyen des feuillus mesuré à 1,5 mètres de hauteur
GR	Surface terrière des résineux	Diamètre moyen des résineux mesuré à 1,5 mètres de hauteur
p100GF	Pourcentage de feuillus	Pourcentage de feuillus parmi les arbres présents
p100GR	Pourcentage de résineux	Pourcentage de résineux parmi les arbres présents
p100GB	Pourcentage de gros bois	Pourcentage d'arbre de plus de 47,5cm de diamètre mesuré à 1,5 mètres de hauteur parmi les arbres présents
Struc_type	Catégorie de type de structure des peuplements	Modélisation de la structure des peuplements basée sur deux triangles de structure générique de répartition des catégories de bois en pourcentage de surface terrière, à savoir les petits bois (PB), les bois moyens (BM) et les gros bois (GB) (Munoz A., 2021).
Struc_fam	Catégorie de famille de structure des peuplements	
Typo_etage	Catégorie d'étagement des peuplements	(Munoz A., 2021)
LAD_0_4	LAD entre 0 et 4 mètres de hauteurs	
LAD_1_4	LAD entre 1 et 4 mètres de hauteurs	
LAD_4_8	LAD entre 4 et 8 mètres de hauteurs	
LAD_8_16	LAD entre 8 et 16 mètres de hauteurs	
LAD_16_40	LAD entre 16 et 40 mètres de hauteurs	
Shannon_LAD	Indice de Shannon des LAD	Reflète l'hétérogénéité de l'encombrement de la végétation
LAI	<i>Leaf Area Index</i>	Le LAI correspond à la somme des LAD d'une colonne verticale.

Annexe 3 : Données environnementales de la montagne de Lure

Une carte d'occupation des sols présente les données Corine Land Cover du site étudié ci-dessous. On peut directement observer que la grande majorité des gîtes et des localisations d'individus se situent dans deux occupations des sols particulier, à savoir les forêts de feuillus et les forêts mixtes.

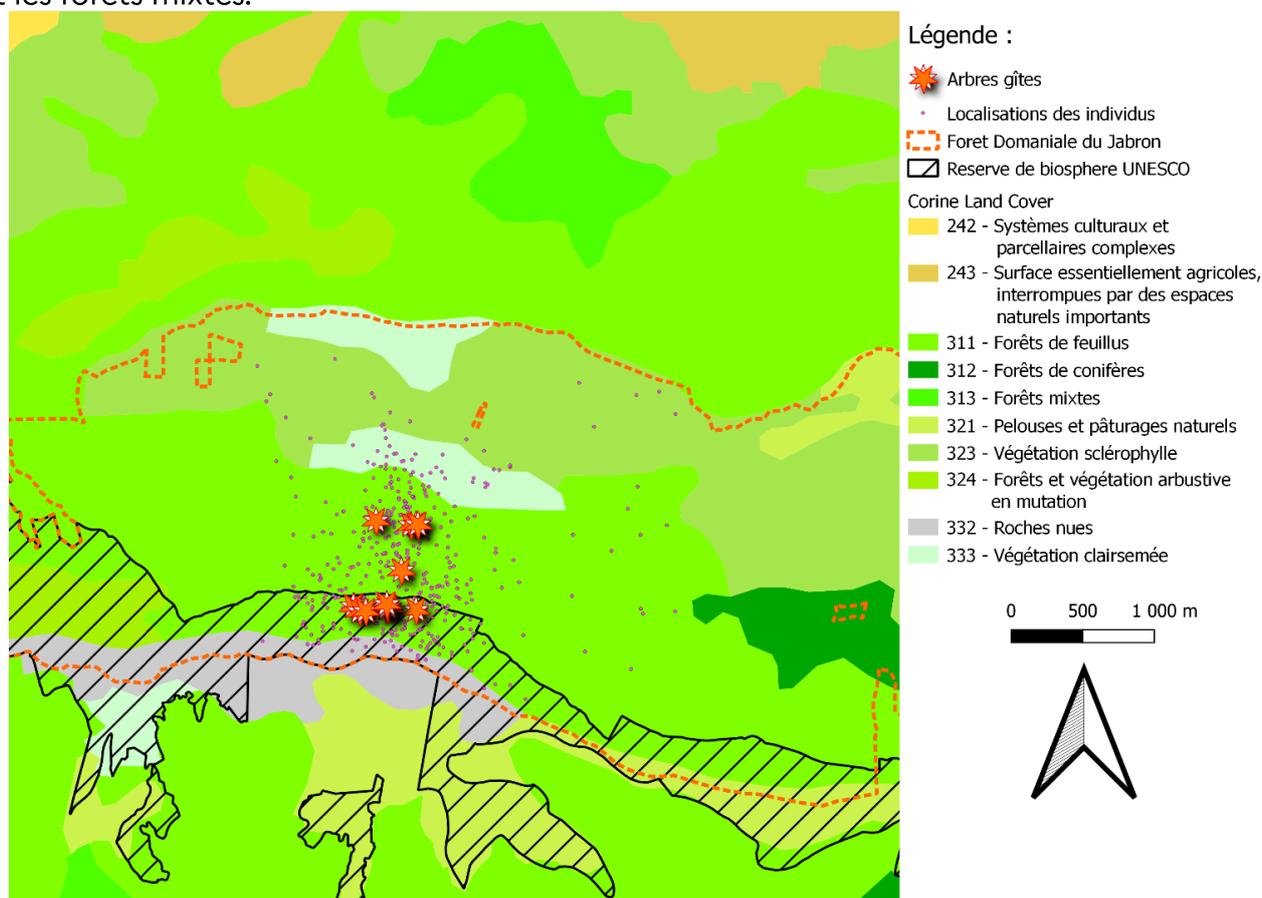


Figure 27 : Carte d'occupation des sols de la montagne de Lure

La cartographie des variables prospectées sur le terrain a été réalisée d'avril à juin 2021 à l'échelle de l'unité de gestion forestière, c'est-à-dire en se basant sur les parcelles forestières de la forêt domaniale du Jabron et de la forêt communale de Valbelle. Chaque parcelle forestière publique ou privée de la zone d'étude est parcourue en journée, de manière la plus exhaustive possible, afin d'en renseigner plusieurs variables environnementales. Chacune de ces parcelles est décrite seulement si elle est homogène sur sa totalité. Si une des variables varie sur plus de 100 mètres correspondant environ à l'erreur moyenne de mesure des triangulations qui est de 188,8 mètres en 2021 au site des Saisies, cette dernière est découpée en deux parcelles distinctes lors de la description, les deux nouvelles parcelles sont alors décrites séparément. Toutes les variables prospectées sur le terrain seront ensuite rastérisées pour se caler à la résolution des données LiDAR de 26,6 m utilisée dans l'étude réalisée aux Saisies afin de faciliter la comparaison des résultats entre les différents sites.

Différentes variables ont été choisies afin de référencer les paramètres écologiques pouvant influencer la sélection d'habitats par les chauves-souris. Il s'agit de variables structurantes du milieu ainsi que des variables liées aux dendromicrohabitats pour les habitats forestiers. Ces variables sont présentées de manière relative par rapport à l'ensemble de la parcelle décrite, et détaillées dans le tableau 9 ci-dessous. Sur les un peu moins de 4000 hectares de forêts du site, 2400 ont été cartographiés.

Tableau 9 : Tableau des variables environnementales utilisées issues des données LIDAR de 2017.

Acronymes	Variables	Informations
BMP	Bois mort sur pieds	Présence relative d'arbre mort encore sur pied dont la hauteur fait plus de 8 mètres.
BMS	Bois mort au sol	Présence relative de bois mort au sol dont le diamètre fait plus de 20 centimètres
GBMP	Gros bois mort sur pieds	Présence relative d'arbre mort encore sur pied dont la hauteur fait plus de 8 mètres et le diamètre fait plus de 47,5 centimètres.
GBV	Gros bois vivant	Présence relative d'arbre vivant dont le diamètre fait plus de 47,5 centimètres.
Enc_0_1	Encombrement de 0 à 1 mètre de hauteur	Dans chacune de ces tranches de hauteurs, l'encombrement est estimé à 5% près, correspondant au niveau de fermeture de la végétation et des obstacles contraignant le vol des chiroptères. Un pourcentage de 70% signifie qu'il ne reste dans la strate concernée que 30% d'espace libre pour le déplacement des chauves-souris. Voir Annexe 1 pour plus de détails
Enc_1_4	Encombrement de 1 à 4 mètres de hauteur	
Enc_4_7	Encombrement de 4 à 7 mètres de hauteur	
Enc_7_16	Encombrement de 7 à 16 mètres de hauteur	
Enc_16_40	Encombrement de 16 à 40 mètres de hauteur	
Trouees	Trouées de végétation	Présence relative de trouée ou de zone clairière au sein du peuplement décrit
Ecorce	Dendromicrohabitats : Écorce décollée	Présence relative d'écorces décollées
Fente	Dendromicrohabitats : Fente	Présence relative de fentes
Loge	Dendromicrohabitats : Loge de pic	Présence relative de loge de pic
Carries	Dendromicrohabitats : Carries	Présence relative de carries
Autres	Dendromicrohabitats : Autres	Présence relative de tous autres dendromicrohabitats tels que des fissures d'arbre ou encore des fissures en falaise.

Annexe 4 : Tableaux détaillés des caractéristiques des arbres gîtes

Tableau 10 – partie 1 : Caractéristiques notoires du protocole de description des arbres gîtes du plateau des Saisies

Caractéristiques	Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Arbre 4	Arbre 5
Diamètre de l'arbre (cm)	56	61	54	35	30
Hauteur de l'arbre (m)	17	38	28	19	7
État sanitaire	Dégradé	Mort	Sain	Mort	Mort
Distance à l'eau (m)	> 200	< 50	> 200	> 200	[50 ; 200]
Type de gîte	Loge de pic				
Diamètre du gîte (cm)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Hauteur du gîte (m)	14	28	4	7	5
Nombre d'adultes femelles	0	0	0	0	0
Nombre d'individu sans identification	32	32	22	14	1
État sanitaire de la zone	Dégradé	Mort	Dépérissant	Mort	Mort
Encombrement au-dessus de 16m	25	20	20	40	15
Encombrement entre 4 et 16m	45	65	30	60	25
Encombrement en-dessous de 4m	60	60	10	30	10
Forêt privée ou publique	privée	publique	privée	privée	publique

Tableau 10 – partie 2 : Caractéristiques notoires du protocole de description des arbres gîtes du plateau des Saisies

Caractéristiques	Arbre 6	Arbre 7	Arbre 8	Arbre 9	Moyenne
Diamètre de l'arbre (cm)	27	51	29	70	46
Hauteur de l'arbre (m)	18	23	15	24	21
État sanitaire	Dépérissant	Dépérissant	Dépérissant	Mort	/
Distance à l'eau (m)	< 50	> 200	[50 ; 200]	< 50	/
Type de gîte	Carie	Loge de pic	Loge de pic	Loge de pic	/
Diamètre du gîte (cm)	< 10	< 10	< 10	[10 ; 20]	/
Hauteur du gîte (m)	1	3	1	23	10
Nombre d'adultes femelles	2	5	11	5	3
Nombre d'individu sans identification	0	4	0	5	12
État sanitaire de la zone	Dégradé	Dépérissant	Mort	Dégradé	/
Encombrement au-dessus de 16m	10	30	0	20	20
Encombrement entre 4 et 16m	65	60	50	40	49
Encombrement en-dessous de 4m	75	70	60	90	52
Forêt privée ou publique	publique	publique	privée	publique	/

Tableau 11 – partie 1 : Caractéristiques notoires du protocole de description des arbres gîtes du massif de Boscodon

Caractéristiques	Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Arbre 4	Arbre 5	Moyenne
Diamètre de l'arbre (cm)	43	86	28	47	19	36
Hauteur de l'arbre (m)	25	37	18	NA	14	17
État sanitaire	Sain	Sain	Sain	Mort	Sain	/
Distance à l'eau (m)	NA	NA	NA	> 200	[50 ; 200]	/
Type de gîte	Loge de pic	Autre	Autre	Loge de pic	Écorce	/
Diamètre du gîte (cm)	[10 ; 20]	[10 ; 20]	< 10	< 10	< 10	/
Hauteur du gîte (m)	10	8	7	6	5	6
Nombre d'adultes femelles	1	NA	NA	NA	NA	/
Nombre d'individu sans identification	NA	NA	NA	NA	NA	/
État sanitaire de la zone	Sain	Sain	Sain	Sain	Mort	/
Encombrement au-dessus de 16m	7	60	20	70	0	30 /
Encombrement entre 4 et 16m	70	70	50	70	85	72
Encombrement en-dessous de 4m	30	20	90	50	80	56
Forêt privée ou publique	publique	publique	publique	publique	publique	/

Tableau 11 – partie 2 : Caractéristiques notoires du protocole de description des arbres gîtes du massif de Boscodon

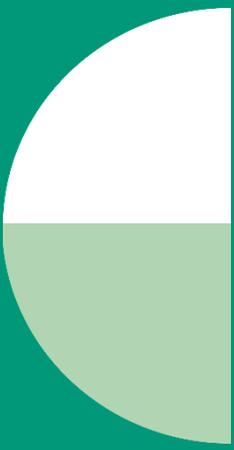
Caractéristiques	Arbre 6	Arbre 7	Arbre 8	Arbre 9
Diamètre de l'arbre (cm)	18	40	20	24
Hauteur de l'arbre (m)	10	13	4	17
État sanitaire	Sain	Mort	Mort	Sain
Distance à l'eau (m)	> 200	[50 ; 200]	> 200	> 200
Type de gîte	Autre	Écorce	Fente	Fente
Diamètre du gîte (cm)	< 10	[10 ; 20]	[10 ; 20]	< 10
Hauteur du gîte (m)	8	4	3	7
Nombre d'adultes femelles	NA	NA	NA	NA
Nombre d'individu sans identification	NA	NA	NA	NA
État sanitaire de la zone	Sain	Mort	Mort	Sain
Encombrement au-dessus de 16m	20	0	70	20
Encombrement entre 4 et 16m	70	90	60	80
Encombrement en-dessous de 4m	40	60	50	85
Forêt privée ou publique	publique	publique	publique	publique

Tableau 12 – partie 1 : Caractéristiques notoires du protocole de description des arbres gîtes

Caractéristiques	Arbre 1	Arbre 2	Arbre 3	Arbre 4	Arbre 5	Arbre 6	Arbre 7
Diamètre de l'arbre (cm)	35	45	59	21	46	48	29
Hauteur de l'arbre (m)	18	28	30	18	26	28	26
État sanitaire	Dépérissant	Sain	Sain	Mort	Sain	Sain	Sain
Distance à l'eau (m)	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200
Type de gîte	Écorce	Fente	Fente	Fente	Fente	Fente	Fente
Diamètre du gîte (cm)	< 10	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20
Hauteur du gîte (m)	10	8	22	3	11	6	7
Nombre d'adultes femelles	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nombre d'individu sans identification	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
État sanitaire de la zone	Dépérissant	Sain	Sain	Mort	Sain	Sain	Sain
Encombrement au-dessus de 16m	75	80	55	90	55	75	70
Encombrement entre 4 et 16m	75	80	30	80	50	70	70
Encombrement en-dessous de 4m	40	70	60	15	20	90	80
Forêt privée ou publique	publique	publique	publique	publique	publique	publique	publique

Tableau 12 – partie 2 : Caractéristiques notoires du protocole de description des arbres gîtes

Caractéristiques	Arbre 8	Arbre 9	Arbre 10	Arbre 11	Arbre 12	Arbre 13	Arbre 14	Moyenne
Diamètre de l'arbre (cm)	41	40	18	23	37	31	31	36
Hauteur de l'arbre (m)	30	30	15	23	25	27	20	25
État sanitaire	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	/
Distance à l'eau (m)	> 200	> 200	> 200	> 200	[50 ; 200]	> 200	[50 ; 200]	/
Type de gîte	Fente	Fente	Fente	Fente	Fente	Fente	Fente	/
Diamètre du gîte (cm)	NA	NA	< 10	> 20	> 20	> 20	> 20	/
Hauteur du gîte (m)	NA	NA	4	1	4	10	7	8
Nombre d'adultes femelles	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	/
Nombre d'individu sans identification	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	/
État sanitaire de la zone	NA	NA	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	/
Encombrement au-dessus de 16m	80	80	0	60	50	65	70	65
Encombrement entre 4 et 16m	30	70	75	60	50	55	80	63
Encombrement en-dessous de 4m	60	90	15	15	15	10	70	46
Forêt privée ou publique	publique	publique	publique	publique	publique	publique	publique	/



Office National des Forêts

Agence des Hautes-Alpes
5 rue des silos
05007 GAP