



ETUDE 2019-2020 DES FACTEURS INFLUENÇANT LA PRESENCE DES CHIROPTERES DANS LES FORETS DU SIGFRA

2021

- Service demandeur : Agence Haute-Marne – DT Grand-Est
- Partenaire(s) technique : Pro Silva France
- Structure de réalisation : Réseau Mammifères de l'ONF



SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE GESTION FORESTIERE
DE LA REGION D'AUBERIVE



AgroParisTech
Talents d'usage planétaire



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE
L'ALIMENTATION

SUIVI DOCUMENTAIRE

Historique de la publication

Version	Date	Commentaires	Auteur du rapport
1	19/04/2021		Frédéric MALGOUYRES, Laurent TILLON, Pierre GATHELIER & Damien NICOLAS Office National des Forêts Réseau Mammifères

Contrôle émetteur et validation

Vérification	Approbation
Nom - Prénom : NICOLAS Damien, GAUTROT Thierry Entité et Fonction : ONF, réseau national mammifères Date : 10/04/2021 Signature : signé	Nom - Prénom : MEHEUX Benoît, LACOMBE Eric Entité et Fonction : Pro Silva France Date : 13/04/2021 Signature : signé

Interlocuteur service demandeur

Coordonnées
Nom - Prénom : Matthieu PERREZ Entité et Fonction : Responsable environnement de l'agence de Haute-Marne Coordonnées : matthieu.perrez@onf.fr / 03 25 35 36 41

Pour citer ce document :

Malgouyrès F., Tillon L., Gathelier P. & Nicolas D. (2021), Etude 2019-2020 des facteurs influençant la présence des chiroptères dans les forêts du SIGFRA, ONF Réseau Mammifères, Paris, 102 pages.

Photos de couverture :

En haut : Forêt du SIGFRA (Haute Marne). ©Frédéric Malgouyrès, Office national des forêts
En bas à gauche : Murin à oreilles échancrées. ©François Schwaab

SOMMAIRE

Remerciements	4
I. Contexte d'étude & objectifs	4
1.1. Les chiroptères et la forêt	4
1.2. Objectifs de l'étude	6
II. Présentation du site	8
2.1. Localisation	8
2.2. Description succincte	8
2.2.1. Surfaces	9
2.2.2. Conditions abiotiques – contexte forestier	9
2.2.3. Description des habitats	12
2.3. Enjeux écologiques	13
2.3.1. Biodiversité connue	13
2.3.2. Les Chiroptères	14
III. Matériels et méthodes	16
3.1. Méthodes	16
3.1.1. Rappel des questions initiales	16
3.1.2. Contraintes méthodologiques	18
3.1.3. Protocole d'écoute utilisé et matériels	18
3.1.4. Application de coefficients de détectabilité	20
3.1.5. Description des points d'écoute	22
3.2. L'échantillonnage	24
3.2.1. Plan d'échantillonnage	24
3.2.2. Sélection des variables	27
3.3. L'analyse des données	29
3.4. Périodes d'intervention	32
IV. Résultats	33
4.1. Liste des espèces observées	33
4.2. Résultats des analyses	29
4.2.1. Puissance des résultats bruts	53
4.2.2. Variables explicatives	54
4.2.3. Rôle des deux variables principales	62
4.2.4. Recherche d'autres seuils explicatifs	69
4.2.5. Le cas particulier des trouées	72
V. Conclusions et perspectives	82
5.1. Synthèse	82
5.2. Perspectives	84
Espace cartes	85
VI. Bibliographie	93
VII. Annexes	96

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier ici toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail :

- Les membres du réseau Mammifères pour la réalisation des campagnes d'inventaire de terrain : Franck BASSET, Benoît BOCQUET, Jean-Gabriel BRAVO, Christophe COUTIERAS, Marguerite DELAVAL, Franck FINOT, Pierre GATHELIER, Thierry GAUTROT, Frédéric MALGOUYRES, Sandrine MILANO, Damien NICOLAS, Julien VALENTIN, Dominique ZABINSKI, Alice ZIMMERMANN,
- Benoît Méheux de Pro Silva France, pour son aide logistique, ses nombreuses cartographies et son aide salvatrice durant les descriptions complémentaires des trouées,
- Les personnels de l'Ut d'Auberive et du service environnement de l'agence ONF de Haute-Marne, pour leur disponibilité et leur aide,
- Samuel COURTAUT pour son aide bénévole salvatrice durant les écoutes nocturnes,
- Thomas DARNIS et Olivier VINET, pour la validation de séquences d'enregistrements ultrasonores.

Cette étude a été commandée et réalisée dans le cadre du projet de Forêt irrégulière école qui rassemble Pro Silva France (chef de file), l'ONF, le CNPF, le Parc national de forêts, le SIGFRA et AgroParisTech. Ce projet a bénéficié d'une aide du Ministère en charge des forêts à travers l'appel à projet "Innovation pour l'amont forestier" de 2017. Dans le cadre de cette subvention, cette étude a fait l'objet d'un soutien financier de la part de Pro Silva France. Le reste de son financement s'est fait sur fonds propres de l'ONF (Direction forêt et risques naturels).

I. CONTEXTE D'ETUDE & OBJECTIFS

1. LES CHIROPTERES ET LA FORET

Depuis les années 1990, les naturalistes considèrent les forêts comme des refuges pour la biodiversité dans nos paysages. Les chauves-souris sont en position élevée de la chaîne trophique, et n'échappent pas à ce constat ¹. Le gestionnaire forestier joue donc un rôle important pour la préservation de ces espèces. Par ailleurs, leur étude revêt un caractère prépondérant pour la compréhension du fonctionnement de l'écosystème forestier (Tillon 2008). Rappelons ici quelques-unes des caractéristiques de l'ordre des Chiroptères en France métropolitaine :

- **35 espèces sont recensées au niveau national** ; celles-ci sont toutes protégées. **La région Champagne-Ardenne compte 25 espèces**. Les Chiroptères constituent un groupe complexe dont la taxonomie reste encore à affiner, comme en témoigne la découverte de 6 nouvelles espèces en France ces vingt dernières années.
- Les Chiroptères sont strictement **insectivores** (à l'exception de *Nyctalus lasiopterus*, capable de se nourrir d'oiseaux notamment pendant les passages migratoires) et doivent adapter leur biologie à la disponibilité des insectes : ils hibernent notamment en sites souterrains en hiver et sont actifs du printemps à l'automne.
- Ces espèces sont fragiles et ont subi **des déclin de populations** parfois très importants depuis les années 1960 ; c'est par exemple le cas des espèces en limite d'aire de répartition, comme les rhinolophes au Nord de la France.
- Elles occupent des **niches écologiques particulières**, avec des espèces opportunistes (les Pipistrelles) et d'autres très spécialisées (par exemple le Petit rhinolophe). Les forêts apparaissent comme zones refuges pour les chauves-souris : elles fournissent des **gîtes** pour beaucoup d'espèces, voire la plupart, et sont une **source d'alimentation** pour toutes les espèces ^{1,3-6}. Une colonie de murins de Bechstein peut par exemple utiliser plus de cent gîtes dans l'année ⁷, voire jusqu'à trois cent essentiellement parmi des loges de pics de taille moyenne et des fissures étroites (Tillon 2015), et lors de pullulations, se nourrir de chenilles tordeuses (plusieurs centaines par nuit et par individu) ⁹. D'autres espèces exploitent des écorces décollées en grand nombre, plusieurs dizaines sur une même saison, comme c'est le cas de la Barbastelle d'Europe (Russo et al. 2010; Vinet, Sané, et Chaigne 2013; Gattus, Biache, et Colombo 2018).
- Du fait de leur position en haut de la chaîne alimentaire et de la spécificité de leurs habitats, les Chiroptères peuvent servir d'**indicateurs de la qualité des habitats forestiers** et de la gestion forestière (Tillon 2008; Russo et Jones 2015).
- Même si la recherche sur les Chiroptères en forêt est encore très récente en Europe, et que leur distribution reste encore mal connue notamment parce que certaines espèces sont sensibles au changement global, les connaissances sur l'écologie des chauves-souris en forêt se sont considérablement améliorées depuis quelques années. Des études récentes éclairent aujourd'hui le gestionnaire sur les interactions entre ces espèces et la forêt (Barataud et Giosa 2012; Dietz, von Helversen, et Nill 2009; Dietz et Pir 2009; Tillon 2015; Archaux et al. 2013). Chaque nouvel inventaire participe à la progression des connaissances sur les Chiroptères en forêt.

2.OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cette étude des chiroptères s'inscrit dans un volet « études naturalistes » du projet « Forêt Irrégulière Ecole » (FIE), retenu par le Ministère en charge des forêts lors de l'appel à projet 2017 « Innovation pour l'amont forestier » et qui rassemble six partenaires localement intégrés dans le territoire : le SIGFRA, l'ONF, le CNPF, AgroParisTech Nancy, le Parc National de Forêts¹, ainsi que Pro Silva France comme chef de file. La FIE a vocation à améliorer et valoriser les connaissances sur les peuplements issus d'anciens taillis-sous-futaie en conversion vers la futaie irrégulière, notamment en ce qui concerne l'impact écologique de cette sylviculture, au sein du Parc National de Forêts. Il devra *in fine* proposer des outils et des méthodes permettant de concilier des enjeux de production avec des objectifs écologiques marqués (sylviculture compatible avec les enjeux d'un Parc National). Les résultats des études réalisées seront ainsi valorisés sous la forme de formation à destination de publics divers, en particulier les élus, propriétaires et gestionnaires forestiers travaillant dans le territoire du Parc National de forêts.

Pour construire ce volet « études naturalistes », la Forêt Irrégulière Ecole a réuni un ensemble de spécialistes de la biodiversité forestière, dont les membres des réseaux naturalistes de l'ONF (Laurent Tillon, Thierry Noblecourt...), ainsi que Réserves Naturelles de France, le Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien, le Conservatoire des Espaces Naturels de Champagne-Ardenne, l'INRAE, etc. Ce groupe de travail avait pour **objectif de mesurer l'intérêt de réaliser des études pour des taxons divers, en fonction de la spécialité de chacun**. La FIE proposait notamment de mettre à disposition des études les données existantes d'un important réseau de placettes permanentes. Parmi l'ensemble des taxons forestiers, le **groupe de travail a finalement proposé de travailler** d'une part sur les coléoptères saproxyliques et d'autre part sur les **chiroptères**.

Pourquoi les chiroptères ?

Les chiroptères dépendent de divers paramètres d'habitats forestiers, comme la composition en essences, l'encombrement par la végétation, mais aussi la quantité des gros bois ; ainsi ces animaux pourraient répondre aux différents stades d'irrégularisation des peuplements. Dans le contexte du SIGFRA, le traitement irrégulier appliqué par le gestionnaire devrait conduire à une augmentation de la part de gros bois dans les peuplements, pouvant favoriser ces espèces.

Par ailleurs, il existe un exemple concret de l'implication économique du rôle écologique des chiroptères, puisque plusieurs études ont montré l'importance des chiroptères dans la consommation d'insectes ravageurs des forêts, comme les scolytes, les chenilles défoliatrices sur les pins ou les chênes, etc.

¹ A l'époque encore GIP du Parc National des Forêts de Champagne et de Bourgogne en cours de constitution.

Enfin, les chiroptères sont à la fois des espèces spécialistes pour certaines, soit des types de proies, soit des types d'écosystèmes, à la fois des espèces sensibles aux évolutions de leur environnement. Quelques publications font notamment état d'une sensibilité plus ou moins forte de ces espèces à l'exploitation forestière^{8,18}.

Ainsi, les chauves-souris sont de bons bio-indicateurs de la qualité des paysages forestiers, et de la qualité de la gestion forestière^{2,13}. Leur étude en forêt peut renseigner le gestionnaire et le guider pour une meilleure prise en compte de la biodiversité.

A quelle(s) question(s), en lien avec la gestion forestière du site, le rapport d'étude devra répondre (source : Fiche « Etude des chiroptères en forêt du SIGFRA (Haute-Marne) » - présenté par l'agence ONF Haute-Marne et Pro Silva France) :

La **conversion des anciens taillis-sous-futaie en futaie irrégulière tend vers un peuplement structuré** (mélange de PB, BM, GB), **étagé, et enrichi en GB**. L'objectif à long terme est d'atteindre et maintenir 50% de Gros Bois dans le capital.

La sylviculture d'arbres permet aussi, en parallèle à l'augmentation des GB, de **faciliter le recrutement d'arbres-habitats** qui ne sont pas en « conflit économique ». Toutefois, il est parfois reproché à cette sylviculture visant la production de bois d'œuvre de qualité de moins recruter ce type d'arbres.

Enfin, la **diversité des essences est toujours recherchée** en fonction des possibilités du milieu, le sylviculteur adaptant très localement ses coupes aux tempéraments des essences.

Tous ces éléments semblent **en principe favorables aux chiroptères**, sauf en ce qui concerne la création de grandes lisières internes au massif.

Le gestionnaire s'interroge sur son action, avec 2 questions majeures :

Question 1 : la conversion des anciens taillis-sous-futaie en futaie irrégulière a-t-elle un effet positif sur la biodiversité en fonction de l'évolution dans le temps de la structure (l'hypothèse étant, par rapport à la bibliographie, que l'augmentation de la part des GB, des arbres-habitats, le tout dans un contexte de structure étagée conservée et de peuplement mélangé, soit favorable).

Question 2 : cette évolution est-elle la même (à quels rythmes ?) avec des points de dépôts structuraux plus ou moins riches en GB ? (l'hypothèse étant que les stades irréguliers mais minoritaires en GB évoluent mais assez lentement)

Ces deux questions sont posées en densité, mais aussi en espèces ou groupes d'espèces.

Nota : dans la mesure du possible, les autres facteurs pressentis (stations, essences, distance à une lisière externe, à une zone en RBI ou en îlot de senescence, à des sites particuliers refuges ou de facilité de nourrissage, ...) seront les moins variables.

Dans le cadre de notre étude, nous avons traduit ces questions générales, en les déclinant de la manière suivante :

- Quelle est **l'influence de la part de GB** pour expliquer la **richesse et l'activité des chiroptères** dans ces forêts ?
- Quelle est **l'influence de la diversité en essences** pour expliquer la **présence des chiroptères**, et particulièrement de la **proportion des chênes sur les hêtres** ? En effet, nous avons déjà pu montrer que les chiroptères étaient plus nombreux en situation de chênaie qu'en hêtraie ¹⁹, le vérifier ici est donc essentiel, compte-tenu de la forte proportion de ces essences.
- En déclinaison de ces deux premières questions, il apparaît que la futaie irrégulière, si elle entraîne une structure des paysages forestiers homogène en grand (des arbres de futaie sous lesquels on trouve de nombreuses strates), induit une grande hétérogénéité au sein des peuplements. Ainsi, peuvent apparaître **des trouées ou des irrégularités** en cœur de parcelle pouvant **augmenter l'offre alimentaire** par un **apport de lumière** dans le sous-bois, mais aussi par la formation de **lisières internes** favorables aux espèces de chiroptères qui dépendent de repères végétaux pour se déplacer, mais en espace libre (cas des petites espèces de lisière comme les pipistrelles et la Barbastelle d'Europe, puis des grandes espèces de lisière comme les noctules et la Sérotine commune). Nous avons donc voulu vérifier que **l'hétérogénéité structurelle des peuplements** pouvait influencer la **richesse et l'activité des chiroptères**.

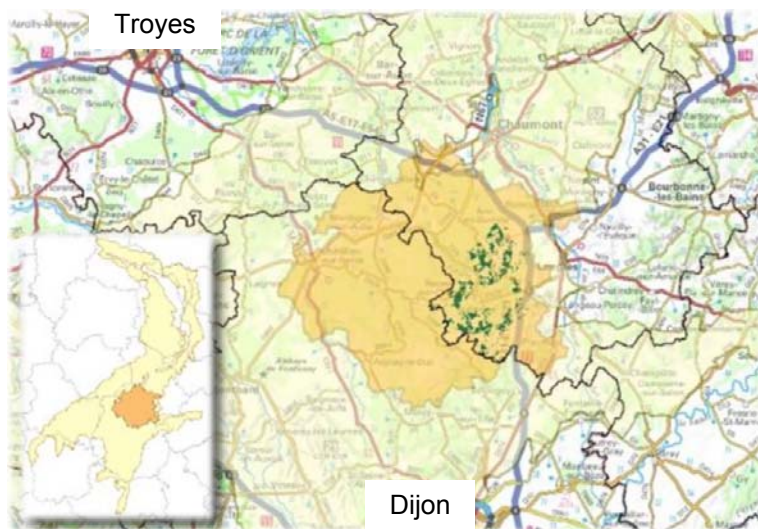
II. PRESENTATION DU SITE

1. LOCALISATION

- *Région* : Grand-Est
- *Département* : Haute-Marne (52)
- *Forêt* : Forêt du Syndicat intercommunal de gestion forestière de la région d'Auberive (SIGFRA)
- *Nom du site* : SIGFRA

Le SIGFRA se situe en Haute-Marne et est situé dans le périmètre du Parc National de Forêts, avec une partie en zone cœur.

Carte 1 : Plan de localisation des forêts du SIGFRA



- Forêts du SIGFRA (environ 6 000 hectares de conversion en irrégulier engagés)
- Aire optimale d'adhésion du Parc national (environ 92 000 hectares de mélange taillis-futaie)
- Sylvo-éco-région C20 des plateaux calcaires du Nord-Est (environ 459 000 hectares de mélange taillis-futaie)

Fond de carte : SCAN 1000®V2 – reproduction interdite
© GIP PN FCB
© Office national des forêts

2. DESCRIPTION SUCCINCTE

1. SURFACES

Le syndicat intercommunal de gestion forestière de la région d'Auberive (SIGFRA) est le plus ancien et le plus grand des syndicats de gestion forestière actuellement en France. Il est constitué de **31 forêts pour 27 communes, et d'une forêt indivise entre toutes les communes du SIGFRA.**

Les forêts du SIGFRA représentent 8000 ha dont **6000 ha d'anciens taillis-sous-futaie en conversion vers la futaie irrégulière.**

Il s'agit d'une forêt de production, qui doit générer des revenus aux communes propriétaires, mais l'application des préceptes du traitement irrégulier ces vingt dernières années s'est accompagnée d'une prise en compte croissante des enjeux de biodiversité en forêt. Cette démarche est soutenue par les propriétaires. Par ailleurs la forêt est entièrement comprise dans le Parc National, avec une partie en zone cœur (4373 ha), présentant *de facto* un enjeu environnemental fort.

2. CONDITIONS ABIOTIQUES – CONTEXTE FORESTIER

Contexte géographique et pédo-climatique

Les forêts du SIGFRA s'inscrivent dans le **plateau de Langres**, plateau calcaire entaillé de vallées creusées par les rivières de l'Ource, l'Aujon, l'Aube (Bassin de la Seine), les Tilles de Villemervy et de Villemoron (bassin du Rhône).

Situées en tête de bassin versant de la Seine (sources de l'Aube) et de la Saône (sources de la Tille), ces forêts ont donc un relief mouvementé. Les plateaux occupent 60 % de la surface forestière, les versants, d'exposition variée 28 % et enfin les fonds de vallon 11 %.

Les forêts sont essentiellement constituées de **Hêtraie-Chênaie sur plateaux calcaires.**

La pluviométrie est d'environ 900 mm/an, habituellement bien répartis dans l'année, bien que des fortes incertitudes émergent quant à l'évolution de cette répartition à l'avenir.

La multiplicité des situations topographiques et les caractéristiques des sols favorisent naturellement une grande diversité d'espèces feuillues.

Contexte de gestion forestière

Les peuplements du SIGFRA sont l'héritage d'un traitement en taillis-sous-futaie. Le taillis-sous-futaie a été progressivement abandonné dans la deuxième moitié du siècle, pendant laquelle les interventions sylvicoles ont été rares, entraînant de fait une phase de capitalisation des peuplements.

A la fin des années 80, l'aménagement prévoit la conversion de ces peuplements issus de taillis-sous-futaie en futaie régulière²⁰.

Les coupes définitives engendrent alors des mécontentements parmi la population, soutenue par les élus du SIGFRA, qui questionnent leur impact paysager et économique, considérant les sacrifices d'exploitabilité inévitables lors de la récolte des peuplements mélangés issus de taillis-sous-futaie, et demandent l'abandon de ce système.

L'ONF propose en conséquence un traitement irrégulier sur l'ensemble des peuplements issus de taillis-sous-futaie au sein du SIGFRA, qui est adopté par le syndicat. Les premières coupes de futaie irrégulière commencent en 1995.

En 1998, des premiers réseaux de placettes permanentes (voir carte 2) sont installés dans plusieurs secteurs de la forêt, et complétés en 1999 et 2000. Au total, ce sont près de 1350 placettes permanentes qui ont été mises en place sur 4000 ha de forêts. La seconde campagne de mesures a débuté en 2007 et s'est échelonnée, jusqu'en 2014. Elle n'a pas couvert l'ensemble du dispositif.

La troisième campagne de mesure s'est effectuée entre 2018 et 2019, coordonnée par Pro Silva et l'ONF dans le cadre du projet Forêt irrégulière école d'Auberive.

Contexte des peuplements forestiers

Les peuplements du SIGFRA dans lesquels a eu lieu l'étude sont des Hêtraies-Chênaies issues d'anciens taillis-sous-futaie sur plateaux calcaires. Une conversion en futaie irrégulière a été entamée au milieu des années 90. En 2020, le capital moyen précomptable sur l'ensemble de ces peuplements est de 17 m²/ha, soit environ 190 m³/ha, auquel il faut ajouter 2,3 m²/ha de taillis et perches. A l'échelle du bouquet, les variations de capital peuvent être assez fortes, mais à l'échelle de la forêt il est globalement homogène.

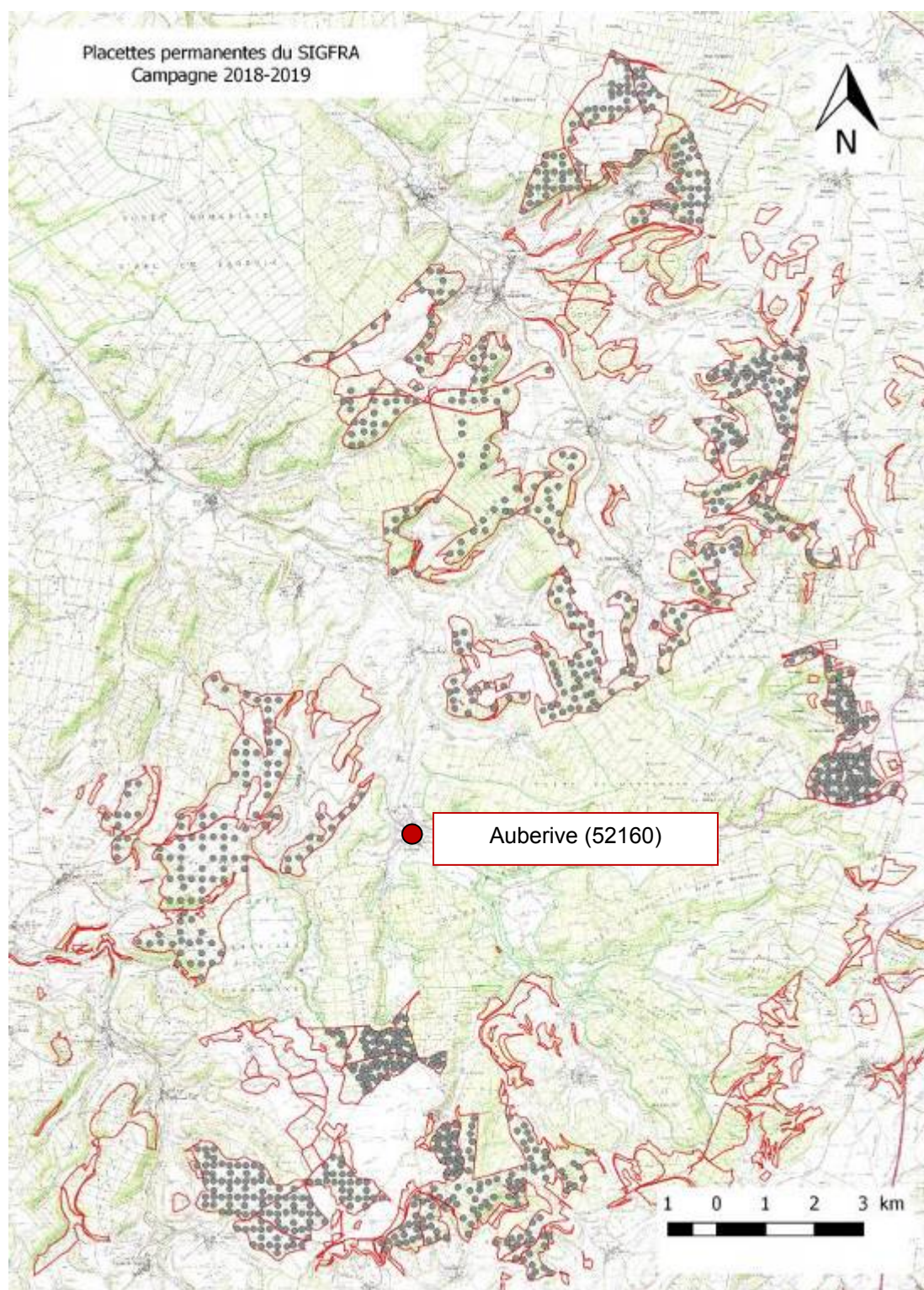
La productivité peut être considérée comme moyenne à faible. La hauteur dominante varie de 15 à un peu plus de 25 m, avec une influence forte de la station. L'accroissement est assez faible, de l'ordre de 0,3 m²/ha/an.

Ces peuplements typiques de plateaux calcaires se caractérisent par une importante diversité d'essences. Ils restent dominés par le Chêne (44 %), sans doute favorisé par l'action humaine dans le passé, et le Hêtre (35 %), qui est dans l'un de ses optimums écologiques (en l'absence de changement climatique). Parmi les feuillus divers (21 %), les plus représentés sont le Charme, les Erables (champêtre, sycomore et plane), les Alisiers (blanc et torminal), le Frêne et le Merisier. Le cortège est complété par d'autres fruitiers, du Tilleul, du Tremble, du Bouleau, etc. La composition

locale des peuplements est bien entendu influencée par la forte variabilité stationnelle, mais les peuplements restent mélangés « pied à pied ».

Les peuplements sont majoritairement constitués de Bois Moyens (50%) puis de Gros Bois (30 %) et enfin de Petits Bois (20 %), héritant directement des anciens taillis-sous-futaie. Cette moyenne cache en revanche une variabilité importante à l'échelle du bouquet voire de la parcelle, conséquence de la gestion passée et de la station forestière (voir fig. 1 et 2).

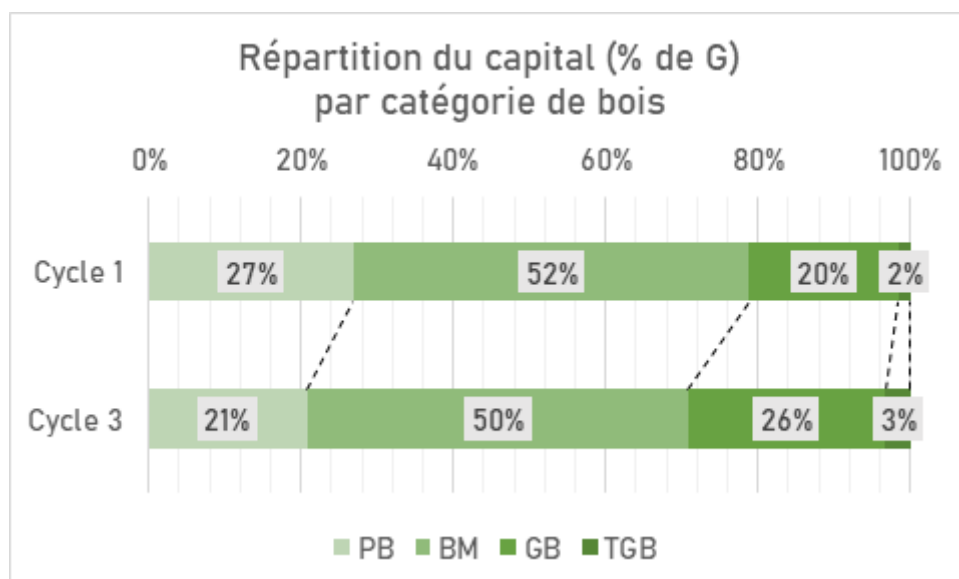
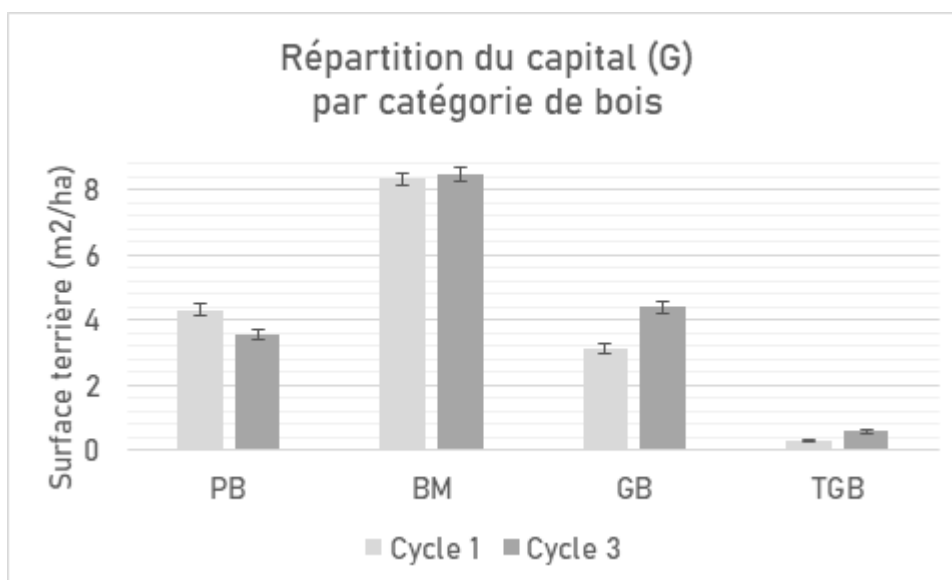
Carte 2 : Plan de localisation des placettes permanentes du SIGFRA



Rappel : La définition des catégories de grosseur de bois n'étant pas toujours la même dans toute la France, elle est à considérer comme suit pour le SIGFRA :

17.5 cm < PB < 27.5 cm < BM < 47.5 cm < GB < 67.5 cm < TGB

Figures 1 et 2 : Graphique présentant l'évolution de la structure des peuplements du SIGFRA entre les campagnes de mesures 1998 et 2018 sur le réseau de placettes permanentes.



La diminution progressive du taillis ces 20 dernières années a permis le développement d'une régénération relativement abondante et l'étagement progressif de la végétation.

3. DESCRIPTION DES HABITATS

Le territoire alterne des zones de plateaux avec des combes marquées, créant des conditions d'exposition et de confinement très diverses.

L'enjeu écologique est de taille dans les forêts du SIGFRA, avec des milieux et espèces remarquables (marais tufeux, hêtraies froides, Lys martagon...).

Figure 3 : Photo des forêts du SIGFRA sur plateau calcaire de Langres



3. ENJEUX ECOLOGIQUES

1. BIODIVERSITE CONNUE

Les forêts du SIGFRA constituent la zone principale d'études et de démonstrations de la Forêt Irrégulière Ecole. Elles sont idéales du fait de **l'ancienneté du traitement irrégulier** (conversion débutée dans les années 90) et de la surface concernée. Par ailleurs, le suivi des peuplements est assuré depuis 20 ans par un **réseau de plus de 1000 placettes permanentes** et, en parallèle d'études poussées ciblées sur quelques taxons, Pro Silva France et l'ONF ont entamé une campagne de remesure des placettes, en intégrant des relevés sur le bois mort et les micro-habitats. La troisième campagne de remesure a été conduite en 2018 et 2019, l'étude sur les chiroptères a donc bénéficié des résultats de cet inventaire.

Les conditions climatiques du plateau de Langres permettent également à des espèces d'affinité montagnarde de se développer. Il est à signaler que de nombreux marais tufeux ont été recensés (et étudiés par ailleurs) au cœur des massifs forestiers. Les conditions naturelles pédologiques, topologiques et climatiques sont donc favorables à la **diversification des habitats forestiers**. La diversité des milieux a d'ailleurs été soulignée par les travaux du GIP du Parc National.

L'ancien aménagement forestier faisait état de la présence d'espèces protégées au niveau national, telles que : l'Anémone pulsatile (*Pulsatilla halleri*), l'Aster amelle (*Aster amellus*), le Choin noirâtre

(*Schoenus ferrugineus*), la Pyrole à feuilles rondes (*Pyrola rotundifolia*) et le Sabot de Vénus (*Cypripedium calceolus*).

Pour ce qui est de la faune, les forêts du SIGFRA sont une zone de présence de la Cigogne noire (*Ciconia nigra*).

Enfin, il faut souligner que les forêts d'Auberive ont déjà servi de support à de nombreuses études ou suivis scientifiques (Cigogne noire par l'ONF et le CNRS, Pic noir par l'IRSTEA, projet « Gestion forestière, Naturalité, Biodiversité » par l'IRSTEA et l'ONF, PSDRF pour une partie classée en Réserve Naturelle Régionale, etc.) et constituent par là un territoire pionnier de la prise en compte des enjeux écologiques dans la gestion forestière.

Fonction écologique

Le **cœur du Parc National de Forêts** entraîne un classement en **enjeu fort sur 55% de sa surface** et un classement en **enjeu moyen pour l'aire d'adhésion sur le reste** (moins les territoires communaux hors cœur de Villars-Santenoge, Germaines, Bay-sur-Aube) qui « lisse » l'enjeu écologique vers le haut.

D'après le porté à connaissance du Parc National de Forêts, les **cibles patrimoniales** représentent **13 % des forêts du SIGFRA**. Si la définition précise de ces cibles (géographique et qualification) est amenée à évoluer (amélioration), la proportion importante indique l'importance de la contribution écologique de ces forêts pour le Parc National.

Il faut noter cependant qu'outre le Parc National, les forêts font l'objet d'un certain nombre de zonages qui concernent **8 % de la surface** : **Arrêté de protection de biotope** (Marais du plateau de Langres pour 142 ha, Source de la Vingeanne pour 26 ha) ; **Ex-réserve naturelle nationale** de Chalmessin pour 76 ha, **réserve naturelle régionale** de Villemoron nouvellement créée pour 47 ha et 8 **sites Natura 2000** (sans compter de nombreuses ZNIEFF).

Enfin, certains sites sont écologiquement remarquables sans faire l'objet de zonages (certains marais tufeux qui ont bénéficié d'une étude en Juillet 2019), et il faut également souligner la richesse en espèces végétales et animales rares et/ou protégées de la zone comme le Lys martagon, le Sabot de Vénus, le Lichen pulmonaire, la Cigogne noire, le Sonneur à ventre jaune...).

2. LES CHIROPTERES

25 espèces sont présentes dans la région Champagne Ardenne, dont 23 espèces dans le département de Haute-Marne. L'étude de la bibliographie existante indique que sept taxons sont présents à proximité des forêts du SIGFRA. Le tableau 1 résume l'ensemble des données de présence disponibles.

Tableau 1 : Statuts des espèces de chiroptères connus dans les forêts proche du SIGFRA. Le tableau présente l'inscription de chaque espèce aux annexes II et IV de la Directive Habitat Faune et Flore puis le risque d'extinction de chaque espèce issu de l'évaluation nationale par le Comité français de l'UICN ²¹ et à l'échelle régionale. Sont ensuite présentées les informations relatives à la présence de l'espèce dans le département du site inventorié, puis à proximité ou dans la forêt concernée par l'étude. Le **Murin cryptique** n'a été décrit qu'en 2019, ne permettant pas d'être inclus à l'ensemble des évaluations de type listes rouges.

Listes rouges UICN : CR* espèce considérée comme presque éteinte (non revue depuis plus de 20 ans), CR en danger critique d'extinction, EN en danger, VU vulnérable, NT quasi-menacée, LC non menacée, DD sans données suffisantes, ne non évaluée, et – absente.

Espèce recensée dans le département de Haute Marne : présente (+ cf. statut des espèces dans la liste rouge régionale, en dessous du tableau) ; (-) absente du département (Source : Liste rouge régionale – mise à jour mars 2021)

Espèce recensée à proximité de la forêt : X présente dans la forêt ou absente de la forêt, mais présente à proximité (moins de 30km) (Source : étude GNB Auberive 2009).

Liste des espèces françaises		DHFF	LR nationale ²¹	Espèces recensées dans le département 52	Espèces recensées à proximité des forêts du SIGFRA
RHINOLOPHIDAE					
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	II+IV	LC	VF	X
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	II+IV	LC	O	
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	II+IV	LC	-	
Rhinolophe de Méhély	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	II+IV	CR*	-	
VESPERTILIONIDAE					
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	IV	LC	VF	X
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	II+IV	NT	-	
Murin des marais	<i>Myotis dasycneme</i>	II+IV	EN	bl	
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	IV	LC	VC	
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	IV	LC	VF	
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	IV	LC	VC	
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	II+IV	NT	O	X
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	IV	LC	VC	X
Murin cryptique	<i>Myotis crypticus</i>	ni	ne	-	
Murin d'Escalera	<i>Myotis escaleraei</i>	IV	VU	-	
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	II+IV	LC	VC	X
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	II+IV	LC	VC	
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>	II+IV	NT	-	
Murin du Maghreb	<i>Myotis punicus</i>	IV	VU	-	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	IV	VU	VF	
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	IV	VU	bl	
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	IV	NT	O	
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	IV	NT	VF	
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	IV	DD	R	
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	IV	DD	R	
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	IV	NT	VF	X
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	IV	LC	R	
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	IV	NT	O	

Liste des espèces françaises	DHFF	LR nationale ²¹	Espèces recensées dans le département 52	Espèces recensées à proximité des forêts du SIGFRA
RHINOLOPHIDAE				
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	IV	LC	R	
Vespère de Savi <i>Hypsugo savii</i>	IV	LC	-	
Oreillard roux <i>Plecotus auritus</i>	IV	LC	VF	
Oreillard gris <i>Plecotus austriacus</i>	IV	LC	VF	
Oreillard montagnard <i>Plecotus macrobullaris</i>	IV	VU	-	
Barbastelle d'Europe <i>Barbastella barbastellus</i>	II+IV	LC	VF	X
MINIOPTERIDAE				
Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	II+IV	VU	R	
MOLOSSIDAE				
Molosse de Cestoni <i>Tadarida teniotis</i>	IV	NT	-	

Toutes les espèces de Chiroptères sont protégées, ainsi que les aires de repos et de reproduction.

Liste rouge départementale pour la Haute-Marne : codes des statuts des espèces

VF	très commune à assez commune
VC	peu commune ou localement commune
O	rare ou assez rare
R	très rare (moins de 5 données)
bl	absente
gris	disparue, non retrouvée
jaune	présente, mal connue

III. MATRIELS ET METHODES

1. METHODES

1. RAPPEL DES QUESTIONS INITIALES

La gestion mise en œuvre sur les forêts du SIGFRA conduit à une structure irrégularisée, dont le peuplement est structuré (avec un mélange de PB, BM et GB), étagé, et enrichi en GB (pouvant atteindre idéalement 50 à 60% du capital sur pied). Par ailleurs, la sylviculture ici conduite permet l'augmentation de la proportion des GB tout en facilitant le recrutement des arbres-habitats (ou dits « bio »), même si leur réservation n'est pas toujours systématique en futaie irrégulière. Enfin, la diversité des essences est souvent facilitée dans ce type de contexte. L'ensemble de ces éléments contribue à favoriser les chiroptères en forêt, en augmentant la quantité de feuillage et sa diversité, à tous les étages. Par conséquent, cela augmente théoriquement la quantité de supports pour le développement d'une entomofaune principalement phytophage, dont dépendent beaucoup de

chauves-souris². Finalement, seules les grandes espèces dépendant des grandes lisières internes présentes en forêt peuvent voir leur habitat régresser.

Nous nous attendons ainsi à une forte richesse en chiroptères dans ces types de forêt, avec une proportion importante d'espèces dites glaneuses, puis à ce que l'activité globale y soit aussi élevée, au profit des espèces spécialistes.

Nous avons voulu vérifier cette hypothèse générale consistant à présager d'un effet positif de la conversion des taillis-sous-futaie en futaie irrégulière sur la densité de chiroptères, avec l'objectif de guider le gestionnaire vers ses choix de sylviculteur, en déclinant notre hypothèse de la manière suivante :

- Quelle est **l'influence de la part de GB** pour expliquer la **richesse et l'activité des chiroptères** dans ces forêts ?
- Quelle est **l'influence de la diversité en essences** pour expliquer la **présence des chiroptères**, et particulièrement de la **proportion des chênes sur les hêtres** ? En effet, nous avons déjà pu montrer que les chiroptères étaient plus nombreux en situation de chênaie qu'en hêtraie ¹⁹, le vérifier ici est donc essentiel, compte-tenu de la forte proportion de ces essences.
- En déclinaison de ces deux premières hypothèses, il apparaît que la futaie irrégulière, si elle entraîne une structure des paysages forestiers homogène en grand (des arbres de futaie sous lesquels on trouve de nombreuses strates), induit une grande hétérogénéité au sein des peuplements. Ainsi, peuvent apparaître **des trouées ou des irrégularités** en cœur de parcelle pouvant **augmenter l'offre alimentaire** par un **apport de lumière** dans le sous-bois, mais aussi par la formation de **lisières internes** favorables aux espèces qui dépendent de repères végétaux pour se déplacer, mais en espace libre (cas des petites espèces de lisière comme les pipistrelles et la Barbastelle d'Europe, puis des grandes espèces de lisière comme les noctules et la Sérotine commune). Nous avons donc voulu vérifier que **l'hétérogénéité structurelle des peuplements** pouvait influencer la **richesse et l'activité des chiroptères**.

Enfin, l'une des questions posées par le gestionnaire était de **fournir des éléments sur l'évolution des populations de chiroptères dans le temps** face aux changements de structure et de composition des peuplements forestiers, passant des taillis-sous-futaie à la futaie irrégulière. Cette question implique un suivi temporel, à partir de placettes permanentes. **Notre étude ne peut y répondre tout de suite, et peut impliquer de repasser selon un pas de temps à définir**, pour vérifier une évolution de la richesse et de l'activité des chiroptères.

² Chez les chiroptères, les espèces les plus spécialistes sont glaneuses, c'est-à-dire qu'elles chassent leurs proies en navigant dans la végétation, même dense, sans que cela leur pose le moindre problème dans leur déplacement entre les branches. Certaines espèces, comme le Murin de Bechstein, sont même capables de chasser les insectes défoliateurs en les écoutant grignoter les feuilles des arbres, à l'oreille (donc sans émettre d'ultrasons), et en « cueillant » les proies ainsi repérées.

2. CONTRAINTES METHODOLOGIQUES

Les chiroptères sont des animaux qui vivent seuls ou en colonies de plusieurs dizaines ou centaines d'individus, en gitant dans des bâtiments, des grottes ou des interstices dans les arbres (loges, fissures, derrière des écorces décollées...). Elles ne sortent des gîtes que la nuit, alors que la luminosité devient trop faible pour les observer avec des méthodes classiques. Ces caractéristiques comportementales impliquent une difficulté pour les inventorier ou les étudier en milieu naturel.

Parce qu'elles se déplacent la nuit, les possibilités techniques permettant d'étudier l'activité des chauves-souris en forêt se réduisent à des méthodes utilisant des appareils qui convertissent les ultrasons en sons audibles pour l'Homme, permettant ainsi, et avec de l'expérience, la détermination d'un certain nombre d'espèces ou de groupes d'espèces. La détection ultrasonore révèle ainsi l'activité des chauves-souris à l'échelle très locale, avec selon les espèces des émissions sonar dont la portée est limitée à 100 m (pour les espèces de haut vol) à seulement 5 m (pour les glaneuses forestières comme les Oreillards).

Ainsi, leur étude implique plusieurs méthodologies possibles, selon le type de question posée ^{2,9} :

- recherche de gîtes hivernaux (sites souterrains),
- recherche de gîtes estivaux (visite de bâtiments, de grottes ou d'arbres-gîtes),
- visite des sites de transit (arbres, gîtes souterrains, ponts, bâtiments),
- identification en vol à l'aide d'un détecteur d'ultrasons,
- capture sur les terrains de chasse ou sites de transit,
- étude des terrains de chasse et recherche de gîtes via la télémétrie, après avoir équipé un individu d'un émetteur suite à une capture.

Quelle que soit la méthode utilisée, elle implique un fort niveau de technicité de la part des opérateurs (maîtrise des techniques de grimpe aux arbres, physique acoustique et bioacoustique, manipulation de faune sauvage).

Notre étude visant à comparer des situations diverses de peuplement forestiers, en proportion de GB, en diversité d'essences, puis en hétérogénéité du peuplement, pour l'ensemble des chiroptères présents (en richesse et en activité), les méthodes acoustiques sont les plus appropriées.

3. PROTOCOLE D'ECOUTE UTILISE ET MATERIELS

Plusieurs modèles de détecteurs ont été utilisés pour notre étude : des **tablettes tactiles munis de micros Dodotronic ou Pettersson et du logiciel SoundChaser** (voir fig4 et 5).

Ces appareils permettent l'écoute des sons en hétérodyne (en temps réel, valable uniquement pour les groupes d'espèces) et en expansion de temps (séquence mémorisée de 3 ou 5 secondes ralentie 10 fois selon l'appareil, permettant l'identification de la plupart des espèces à partir d'un ordinateur). Les opérateurs munis de tablettes avaient la possibilité d'une surveillance accrue de l'ensemble de l'univers acoustique exploité par toutes les espèces de chauves-souris (comprenant à la fois les

espèces utilisant les fréquences basses et les espèces à hautes fréquences). Un certain nombre de séquences non identifiées sur le terrain ont été enregistrées puis analysées sur ordinateur à l'aide du logiciel **Batsound 4.4**. Toutes les identifications ont été réalisées à l'aide de la méthode cumulant une **méthode purement acoustique et auditive, et une méthode d'analyse informatique** ²².

Figures 4 et 5 : Photos de tablette tactile avec micro ultrasonore Dodotronic, thermomètre/hygromètre et logiciel Soundchaser



Nous avons réalisé des points d'écoute dans des **conditions météorologiques favorables à l'activité des chiroptères** : vent nul à modéré, absence de précipitations, températures les moins froides possibles voire élevées. Les écoutes débutaient 30 minutes après le coucher du soleil et duraient environ 4 heures après le début des écoutes (temps de déplacement entre les points d'écoute compris). Une écoute à des heures plus tardives présente moins d'intérêt car il est habituel de constater une décroissance du nombre de contacts à partir du pic crépusculaire et une chute marquée d'activité en milieu de nuit ²². Certaines études démontrent néanmoins que la phase de mise bas et d'allaitement des jeunes (juin-juillet) entraîne une activité continue dans la nuit, parfois plus

forte en deuxième partie de nuit ²³. Ainsi, il est préférable de mettre en œuvre des écoutes en forêt pendant les 4 premières heures de la nuit au printemps puis à l'automne. Le cœur de la saison de reproduction apporte par contre plus de souplesse à l'opérateur.

Le **protocole MCD30 de l'ONF** a été mis en œuvre (Tillon 2008), avec **3 passages**. Lors de chaque point d'écoute, le nombre de contacts (phase de 5 secondes consécutives ou moins avec présence d'un individu, méthode reprise de Barataud, 2012) a été noté pour chaque espèce et pour chaque minute d'écoute, pendant un total de 30 minutes consécutives par point. Les 3 passages ont été réalisés :

- **au printemps** (avril-mai) : pendant le regroupement des femelles en colonie avant la mise bas,
- **en été** (juin-juillet) : alors que les femelles se nourrissent à proximité des gîtes (colonies de reproduction) où les jeunes restent en place. De fait, tout inventaire ou suivi à cette période permet de mettre en évidence le statut reproducteur pour chaque espèce, soit parce que l'activité au détecteur d'ultrasons est très élevée (voire anormalement élevée, d'où la présence potentielle de femelles rassemblées en colonies qui reviennent régulièrement nourrir les jeunes), soit parce que le nombre de captures est important, et/ou permet de détecter des animaux allaitants.
- **en automne** (août-octobre) : recherche de gîtes hivernaux, période d'accouplement, regroupement en site de « Swarming ».

L'ensemble des données issues des écoutes ont été enregistrées dans la Base de Données Naturalistes de l'ONF.

4. APPLICATION DE COEFFICIENTS DE DETECTABILITE

Les chiroptères émettent des ultrasons pour se repérer dans l'espace, se déplacer, et trouver leur alimentation. Selon l'espèce, la curiosité de l'animal pour son environnement est limitée à la portée de ses signaux. Ainsi, les espèces de haut vol ont besoin de détecter des obstacles de très loin, et peuvent émettre à plus de 100m de distance. A l'opposé, des espèces chassant dans le feuillage n'ont pas besoin d'émettre à plus de 3 à 5m de distance. Ces comportements acoustiques ont des incidences quand il s'agit de dénombrer l'activité globale des chauves-souris (en nombre de contacts), puisqu'on ne peut pas comparer des incidences d'activité entre des espèces dont la portée des signaux diffère. Ainsi, Barataud ²² propose d'appliquer des coefficients de détectabilité pour permettre ces comparaisons.

Pour notre étude, **nous avons appliqué des coefficients spécifiques aux milieux ouverts (incitant les animaux à émettre à plus longue portée) et aux milieux fermés (les animaux dans le feuillage émettant à faible distance)**, présentés respectivement dans les tableaux 2 et 3. Les habitats échantillonnés sont le plus souvent en milieu forestier fermé. Nous avons ainsi pu comparer les résultats des points entre eux.

Tableau 2 : Coefficients de détectabilité appliqués aux nombres de contacts bruts obtenus en milieu ouvert.

Taxon nom vernaculaire	Milieu ouvert
Petit Rhinolophe	5
Rhinolophe (espèce indéterminée)	3.13
Murin à oreilles échancrées, Murin d'Alcathoe, Murin de Brandt, Murin à moustaches, Rhinolophe euryale, Grand Rhinolophe & Rhinolophe de Méhely	2.5
Murin de Capaccini, Murin des marais, Murin d'Escalera & Murin (espèce indéterminée)	1.87
Murin de Natterer, Murin de Bechstein, Murin de Daubenton & Barbastelle d'Europe	1.67
Chauve-souris non déterminée	1.44
Tous les oreillards, Petit Murin & Grand Murin	1.25
Murin du Maghreb	1.2
Pipistrelle (espèce indéterminée), Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle commune, Pipistrelle pygmée	1
Minioptère de Schreibers	0.83
Sérotine commune & Vespère de Savi	0.63
Sérotine (espèce indéterminée)	0.57
Sérotine de Nilsson & Sérotine bicolore	0.5
Noctule ou Sérotine (espèce indéterminée)	0.37
Noctule de Leisler	0.31
Noctule commune	0.25
Noctule (espèce indéterminée)	0.24
Grande Noctule & Molosse de Cestoni	0.17
Aucune observation	0

Tableau 3 : Coefficients de détectabilité appliqués aux nombres de contacts bruts obtenus en milieu fermé.

Taxon nom vernaculaire	Milieu fermé
Tous les oreillards et le Petit Rhinolophe	5
Murin à oreilles échancrées, Murin de Natterer & Rhinolophe (espèce indéterminée)	3.13
Murin d'Alcathoe, Murin de Bechstein, Murin de Brandt, Murin de Daubenton, Murin à moustaches, Rhinolophe euryale, Grand Rhinolophe & Rhinolophe de Méhely	2.5
Murin de Capaccini, Murin des marais, Murin d'Escalera, Murin (espèce indéterminée), Chauve-souris non déterminée	2.38
Murin du Maghreb	1.7
Barbastelle d'Europe, Petit Murin et Grand Murin	1.67
Minioptère de Schreibers, Pipistrelle (espèce indéterminée), Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle commune, Pipistrelle pygmée	1
Sérotine commune & Vespère de Savi	0.83
Sérotine (espèce indéterminée)	0.67
Sérotine de Nilsson & Sérotine bicolore	0.5
Noctule ou Sérotine (espèce indéterminée)	0.41
Noctule de Leisler	0.31
Noctule commune	0.25
Noctule (espèce indéterminée)	0.24
Grande Noctule & Molosse de Cestoni	0.17
Aucune observation	0

5. DESCRIPTION DES POINTS D'ECOUTE

Lors de l'inventaire, **chaque point d'écoute chiroptère était situé sur le centre de placettes permanentes** du SIGFRA (voir fig. 6 et 7).

Figure 6 et 7 : Les points d'écoute ultrasonores (rubalise blanche) ont été placés sur les centres des placettes permanentes (P bleu sur l'arbre).



Le **peuplement forestier de chaque point d'écoute a été décrit selon le protocole MCH12**, collectant la **composition et structure du peuplement** (surface terrière par essence et par classe de diamètre), **l'encombrement par la végétation** pour chaque strate de végétation (entre 0 et 4m, entre 4 et 16m et au-delà), la **luminosité** entrant dans le sous-bois (à l'aide d'un densiomètre convexe ²⁴, voir fig. 8 et 9), les **dendromicrohabitats** (bois mort au sol et debout, cavités arboricoles) et enfin les **habitats annexes à la forêt**.

Figure 8 : Photographie du densiomètre sphérique convexe et représentation de la grille gravée composée de vingt-quatre carrés sur lesquels la canopée est reflétée. Quatre points imaginaires permettent de quantifier la proportion de canopée dans chacun des carrés (total de 96 points imaginaires).

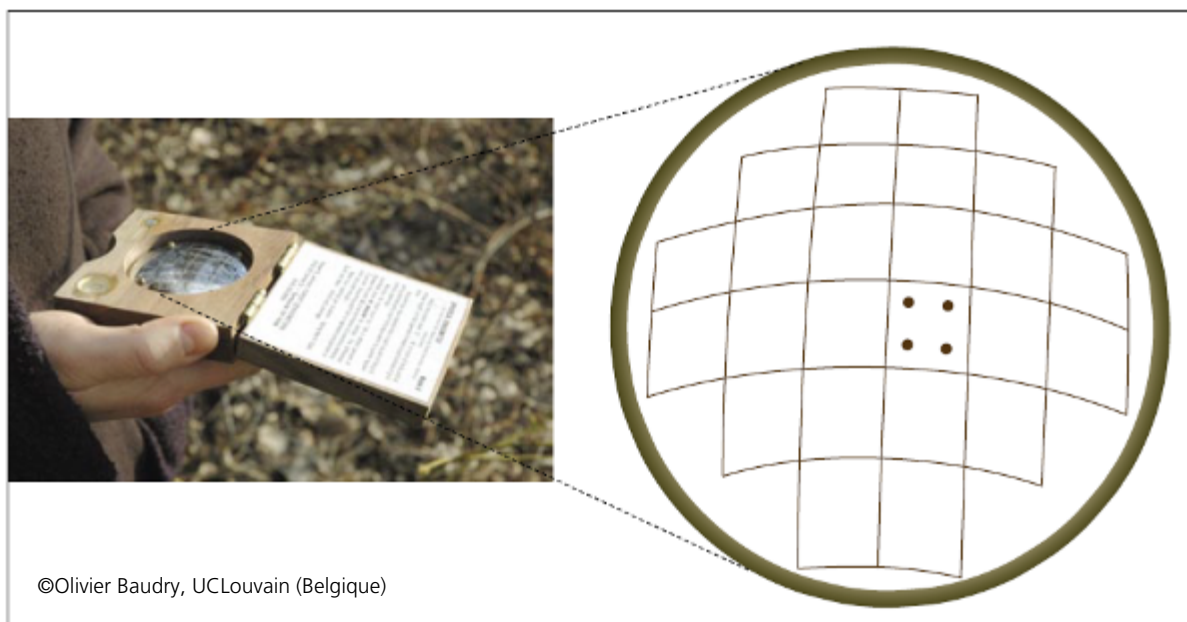
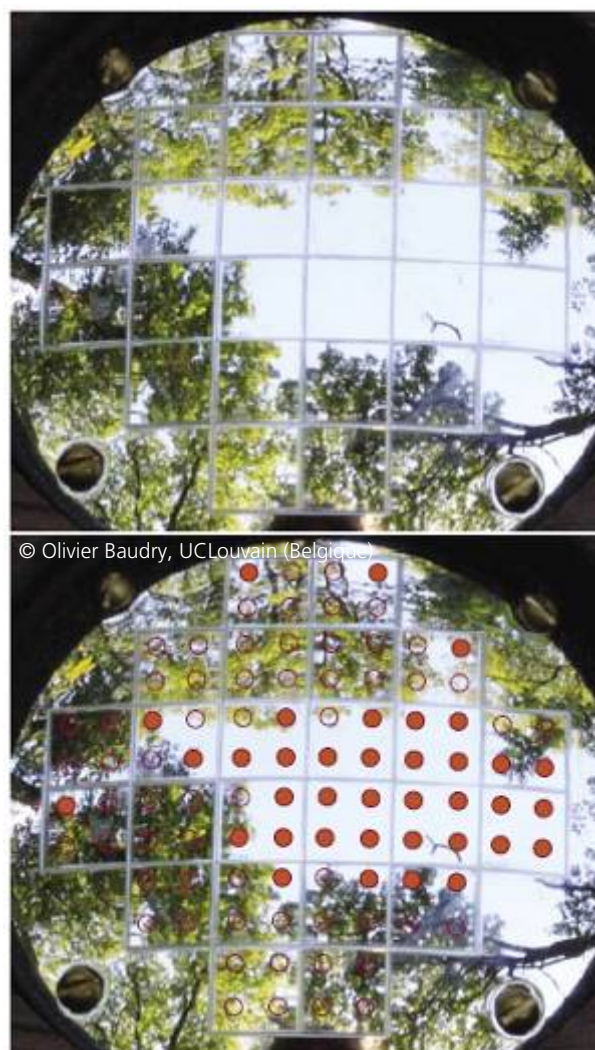


Figure 9 : Mesure de l'ouverture du couvert à l'aide d'un densiomètre convexe. En haut l'image de la canopée reflétée dans l'outil de mesure. En bas le calcul de l'ouverture du couvert : ici 38 % (37 points x 1,04).



Concernant les données dendrométriques, nous avons repris les résultats de la dernière campagne de mesures des placettes permanentes du SIGFRA (2018-2019) pour :

- surface terrière par essence et catégorie de diamètre,
- surface terrière totale,
- nombre de brins non précomptables sur un rayon de 10 mètres,
- hauteur du peuplement,
- essence et diamètre de l'arbre le plus gros de la placette.

2. L'ECHANTILLONNAGE

1. PLAN D'ECHANTILLONNAGE

Compte-tenu des questions posées, nous avons recherché à **échantillonner les chiroptères en nous appuyant exclusivement sur le réseau de placettes permanentes** existantes permettant de suivre l'évolution des peuplements forestiers.

Ces placettes sont distribuées sur l'ensemble de la forêt (voir carte 3) et permettent ainsi de considérer l'ensemble des conditions stationnelles existantes.

Pour autant, nous avons voulu **contrôler l'ensemble des variables explicatives à tester**, afin d'avoir des données comparables entre elles et éviter de conditionner nos résultats à des co-variables pouvant affecter les résultats. Ainsi, nous avons réalisé une **sélection de 150 placettes d'inventaire au total**, toutes en **conditions stationnelles très proches** (les stations forestières atypiques ont été écartées), à des gammes de **distances à la lisière** assez proches (entre 100 et 200m), dans des **essences** là-aussi très proches. Lors de la sélection des placettes, nous avons **fait varier** :

- **la quantité de gros bois** (voir fig. 10a),
- **la composition en essences entre les chênes et les hêtres** (voir fig 10b),

Pour obtenir un échantillonnage contrôlé selon les 2 variables principales à tester, 12 secteurs ont été définis, avec environ une douzaine de points d'écoute à chaque fois, sur lesquels nous faisons varier ces valeurs pour éviter des effets géographiques dans le jeu de données.

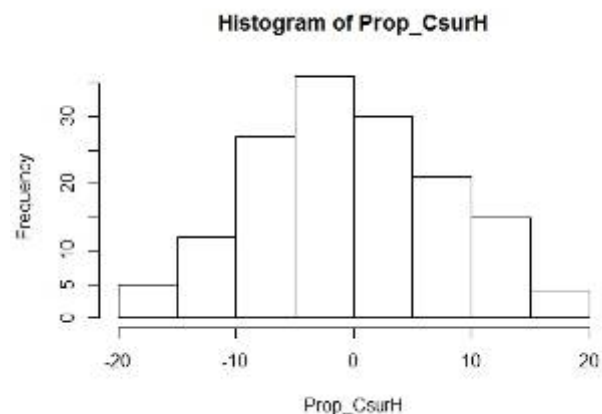
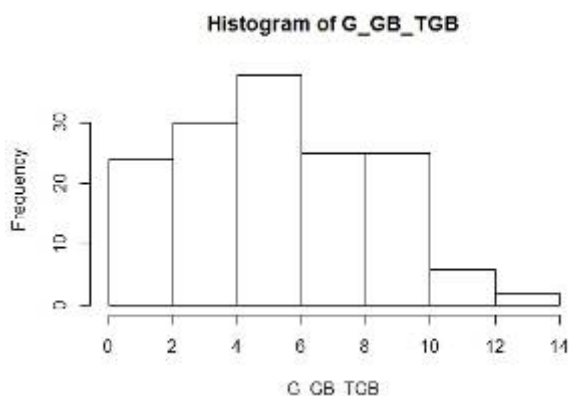


Figure 10a : Distribution des placettes d'échantillonnage selon la surface terrière des GB et TGB.

Figure 10b : Distribution des placettes d'échantillonnage selon la proportion de chêne sur le hêtre à partir des valeurs de surface terrière totale de ces essences (les valeurs positives indiquent une prédominance du chêne).

Afin de contrôler les biais, ces placettes ont été choisies et équi-réparties :

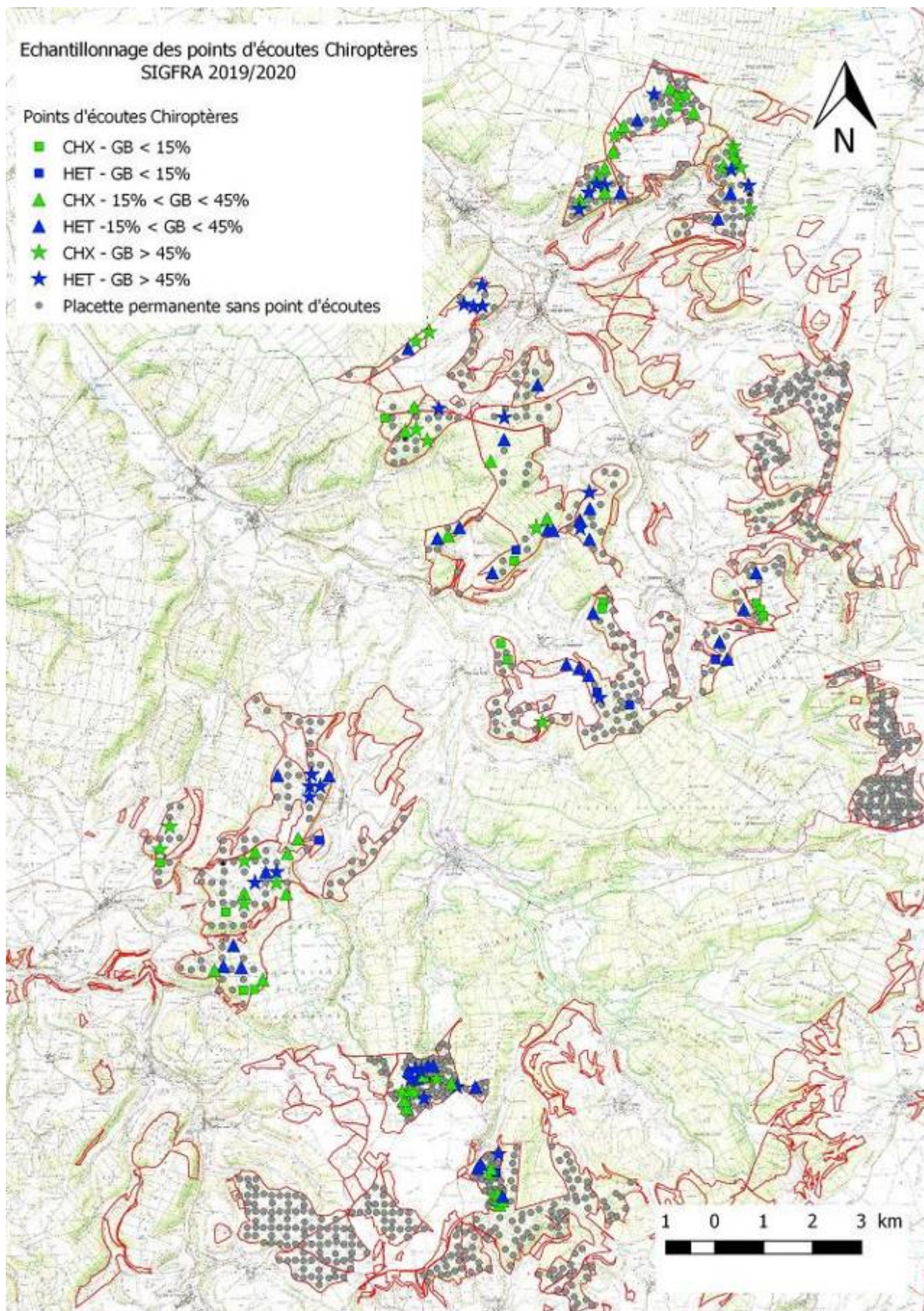
- 1- dans chacune des classes de surface terrière totale suivantes :
 - 0 à 12 m²/ha
 - 13 à 16 m²/ha
 - 17 à 19 m²/ha
 - 20 à 22 m²/ha
- 2- Pour moitié avec le chêne et pour moitié avec le hêtre en essence majoritaire,
- 3- Pour les pourcentages de gros bois et très gros bois (GB/TGB) en sélectionnant les placettes selon les 3 catégories suivantes :
 - 5 à 15% de GB/TGB par rapport à la surface terrière totale
 - 25 à 35% de GB/TGB par rapport à la surface terrière totale
 - 45 à 60% de GB/TGB par rapport à la surface terrière totale

Les **150 placettes retenues se distribuent donc en 6 groupes comme visible dans la carte 3** (en vert lorsque le Chêne est l'essence majoritaire et en bleu lorsque le Hêtre est l'essence majoritaire) (voir carte générale n°3 et cartes détaillées dans l'espace cartes de la fin du document).

L'étude s'étant étalée sur 2 ans, chaque année nous avons veillé à :

- ✓ Sélectionner un **même nombre de placettes dans chacun des 6 groupes** ci-dessus, afin de limiter l'effet « année d'observation » d'une campagne d'écoute sur l'autre,
- ✓ Sélectionner des placettes **géographiquement réparties de manière homogène sur l'ensemble du SIGFRA**, afin de limiter l'effet « site » d'une campagne d'écoute sur l'autre.

Carte 3 : Localisation des points d'écoute au sein du réseau de placettes permanentes du SIGFRA.



2. SELECTION DES VARIABLES

Plusieurs **variables** ont été intégrées à l'analyse :

- Variables de **structure du peuplement** : la surface terrière totale (G_tot), la surface terrière des GB et TGB (G_GB_TGB), la surface terrière des TGB (G_TGB), la proportion des GB et TGB au regard de la surface terrière totale (Prop_GB_TGB) (voir fig. 12) et le diamètre maximal (Diam_max) (voir fig. 11) ;
- Variables de **diversité en essences** : la proportion de chênes sur le hêtre (calculée en surface terrière totale de chêne moins la surface terrière de hêtre : Prop_CsurH) et la diversité en essences forestières (Div_essences) ;
- Variables décrivant l'**encombrement par la végétation**, influençant autant la capacité de vol des espèces que la production en insectes : l'encombrement total par la végétation (Enc_tot), la présence d'une trouée (Trouee) et la mesure de l'éclairement arrivant jusqu'au sol par la lecture du densiomètre (en %age de lumière, Densio).

Enfin, plusieurs espèces sélectionnent des sites de chasse parce que le site présente des refuges exploitables en cas de changement soudain des conditions météorologiques. Nous avons donc intégré le **nombre de cavités arboricoles disponibles** pouvant servir d'abri sur la placette (Cavites).

Figure 11 : Le graphique présente les dimensions du plus gros arbre de la placette.

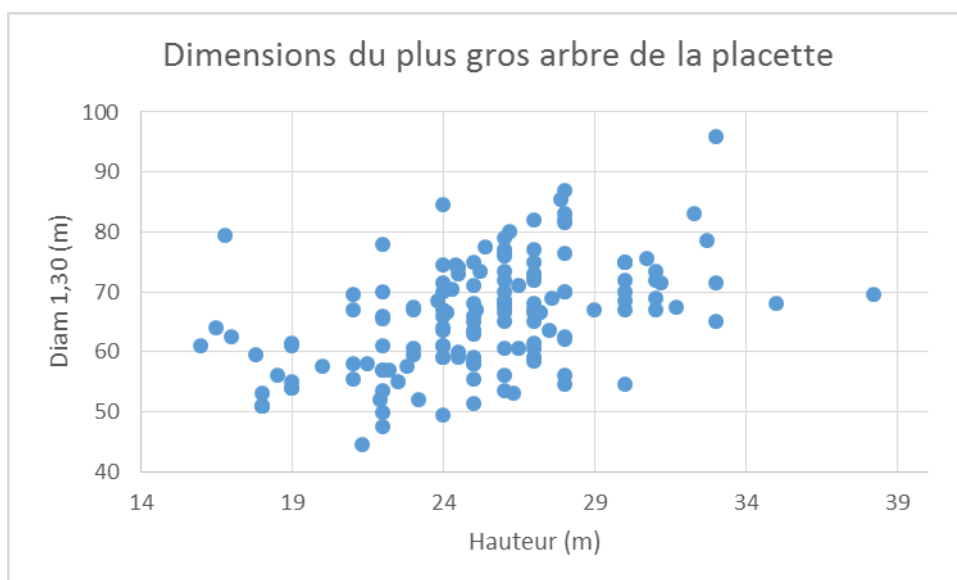
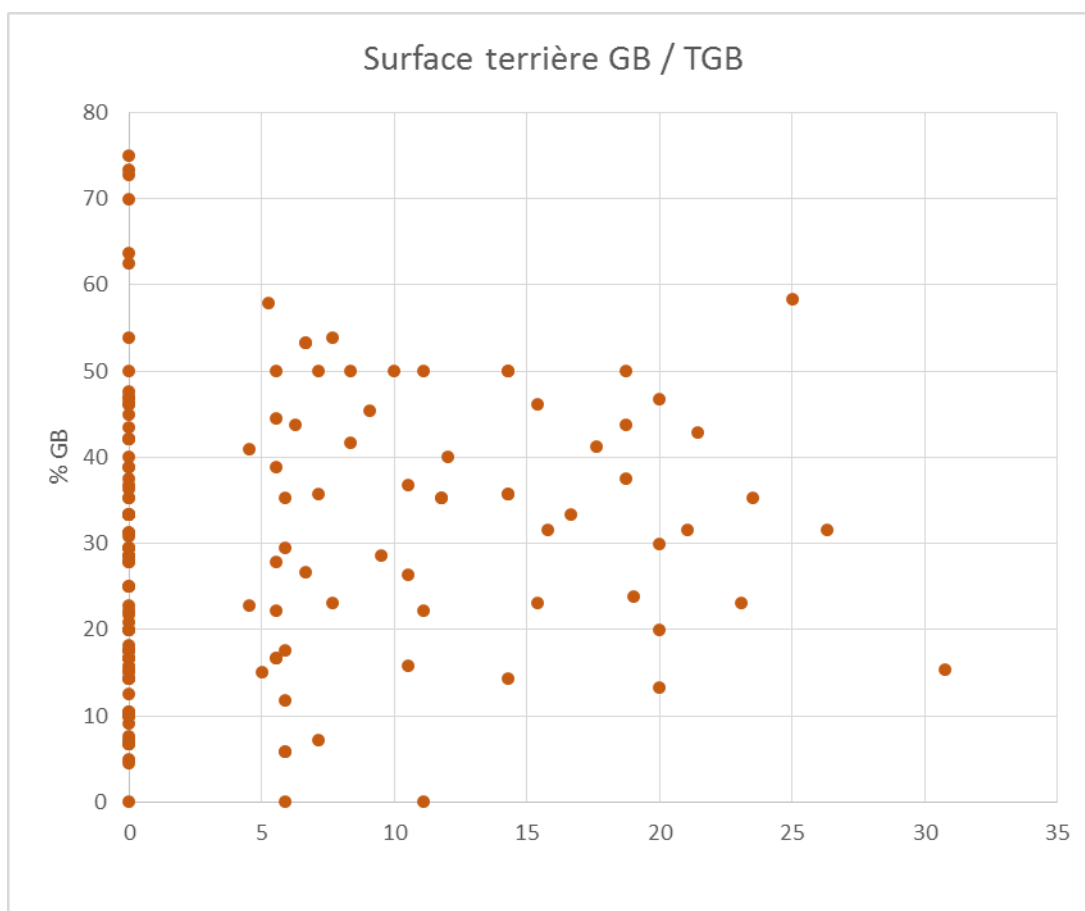


Figure 12 : Le graphique présente la structure des peuplements des points d'écoute étudiés. Plus précisément il présente le pourcentage de Gros Bois et de Très Gros Bois par rapport à la surface terrière totale de chaque placette.



3. L'ANALYSE DES DONNEES

Les analyses ont été mises en œuvre à l'aide du logiciel libre et collaboratif R. Nous avons d'abord **testé les corrélations entre les différentes variables descriptives** des placettes d'écoute (voir plus haut) en utilisant la fonction *panel* de la librairie « HighstatLibV6.R »²⁵ (voir en annexe pour la première analyse puis figure 13). Les **relations entre chaque variable d'habitat et les chauves-souris ont ensuite été modélisées**, en vérifiant l'absence de sur-dispersion et de sous-dispersion, puis en vérifiant l'absence de points aberrants pouvant biaiser les relations modélisées (fonction *cooks.distance*) ainsi que la distribution des résidus des modèles. Les **modèles ont été mis en œuvre** en fonction des variables de « **diversité des essences** » puis de « **surface terrière des GB et TGB** » et de l'« **encombrement par la végétation** » (voir figures 14 et 15), analysées 2 à 2 à l'aide de la fonction *glm* :

- pour la richesse spécifique totale, avec une distribution de Poisson, comme pour les richesses spécifiques des **espèces glaneuses**, et avec une distribution de quasi-Poisson pour les richesses spécifiques des **petites et des grandes espèces de lisière**³,
- pour l'activité totale des chiroptères, les **contacts totaux des petites espèces de lisière**, des **espèces glaneuses** avec une distribution de Poisson et les **contacts des grandes espèces de lisière** avec une distribution binomiale négative,
- pour l'activité de **chaque taxon**, avec une distribution binomiale négative, de quasi-Poisson ou de Poisson selon la distribution observée pour le taxon.

Parce que la richesse spécifique peut varier selon les forêts étudiées, nous avons ajouté un effet aléatoire “placette” à chaque modèle.

Lorsque des relations significatives ont été révélées par les modélisations, nous avons **recherché des valeurs de seuil** pouvant expliquer des basculements statistiques entre une variable et un taxon⁴, à l'aide de la méthode du partitionnement récursif (Hothorn et al. 2006; Zeileis et al. 2008). Nous avons alors réalisé de nouvelles analyses de régression cette fois à l'aide de la fonction *gamm* du package *gamm4*. Seuls les seuils significatifs ($p < 0.001$) ont été reportés ici. Basés sur 1000 ré-échantillonnages aléatoires, des intervalles de confiance IC à 80% (définissant des rangs plus étroitement que les IC à 95%) ont été calculés pour tous les seuils (R-packages *party* et *boot*).

³ On notera le regroupement du Petit Rhinolophe avec les espèces glaneuses lors de cette étude.

⁴ L'objectif de cette procédure est d'identifier des valeurs à partir desquelles la relation entre une variable et un taxon s'amplifie. En effet, si on peut observer parfois une relation significative entre une variable et une espèce, elle peut parfois être plus élevée que la moyenne à partir d'une certaine valeur. C'est ce que nous avons voulu tester ici.

Figure 13 : Graphique indiquant les valeurs des corrélations entre les variables explicatives prises 2 à 2. Par exemple, « G_GB_TGB » est corrélé avec « Diam_max » avec une relation dont le coefficient est de $r=-0.53$. Ce résultat montre que ces deux variables sont corrélées et qu'elles expliquent la même chose sur le terrain, ou presque. S'il est possible de tester la relation entre chacune des 2 variables et l'activité ou la richesse en chiroptères, il n'est pas possible de modéliser ces relations en associant ces 2 variables dans le même modèle, les effets étant trop confondants. Il faudra donc choisir une des deux variables à inclure dans les modèles, d'après sa pertinence écologique en lien avec la question posée. D'une manière générale, on considère qu'il y a une corrélation trop forte, et qu'une variable à expliquer en explique une autre lorsque le coefficient de corrélation est supérieur à $r=0.27$ pour des tailles d'échantillons "grands" ($n>30$).

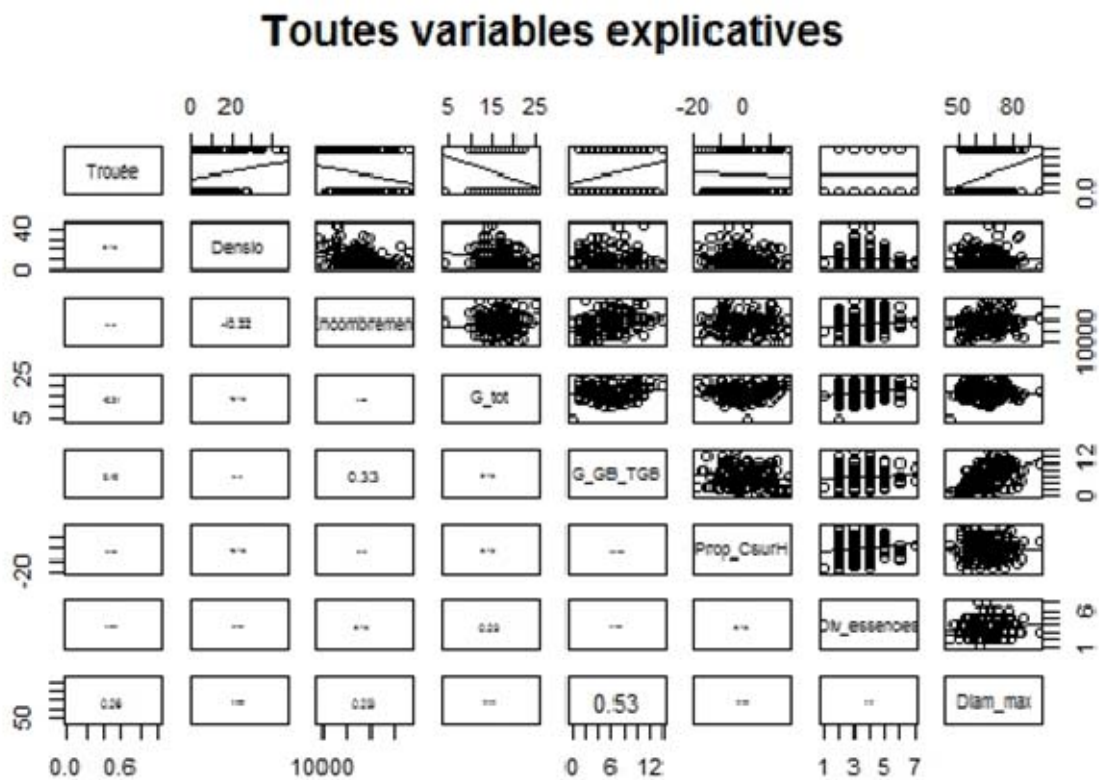




Figure 14 et 15 : Photos illustrant l'estimation de l'encombrement par la végétation (à gauche) et le relevé des surfaces terrières par essences et classes de diamètre (à droite).

Figures 16 et 17 : Photos illustrant 2 structurations verticales de végétation bien différentes.



4. PERIODES D'INTERVENTION ET EQUIPES PROJET

3 sessions ont été mises en œuvre sur 72 placettes en 2019 et sur 78 placettes en 2020 lors de cet inventaire (tableau 4). Les conditions d'observation ont été globalement favorables pendant l'ensemble de l'inventaire (tableau 5).

Tableau 4 : Equipe projet mobilisée.

Dates	Intervenants
Préparation terrain 2019 : mai 2019	Jean-Gabriel Bravo, Pierre Gathelier, Frédéric Malgouyrès et Damien Nicolas
Préparation terrain 2020 : mai 2020	Damien Nicolas
Session 2019-1 : du 20 au 24 mai 2019	Jean-Gabriel Bravo, Pierre Gathelier, Frédéric Malgouyrès et Damien Nicolas
Session 2019-2 : du 08 au 12 juillet 2019	Franck Basset, Samuel Courtaut, Thierry Gautrot, Frédéric Malgouyrès et Sandrine Milano
Session 2019-3 : du 26 au 30 août 2019	Christophe Coutiéras, Marguerite Delaval, Frédéric Malgouyrès et Alice Zimmermann
Session 2020-1 : du 02 au 05 juin 2020	Jean-Gabriel Bravo, Samuel Courtaut, Pierre Gathelier, Frédéric Malgouyrès et Damien Nicolas.
Session 2020-2 : du 29 juin au 03 juillet 2020	Jean-Gabriel Bravo, Samuel Courtaut, Franck Finot, Pierre Gathelier, Frédéric Malgouyrès et Damien Nicolas.
Session 2020-3 : du 21 au 25 septembre 2020	Benoit Bocquet, Jean-Gabriel Bravo, Samuel Courtaut, Franck Finot, Pierre Gathelier, Thierry Gautrot, Frédéric Malgouyrès, Damien Nicolas, Julien Valentin et Dominique Zabinski

Tableau 5 : Conditions d'observation.

Session	Date	Météo	Température	Hygrométrie
2019-1	20/05/2019	variable	11°C	80.%
	21/05/2019	beau	10°C	75.%
	22/05/2019	beau	9°C	70.%
	23/05/2019	beau	13°C	80.%
2019-2	08/07/2019	beau	14°C	50.%
	09/07/2019	beau	16°C	50.%
	10/07/2019	beau	18°C	45.%
2019-3	26/08/2019	beau	23°C	50.%
	27/08/2019	beau	21°C	55.%
	28/08/2019	beau	18°C	85.%
	29/08/2019	beau	21°C	55.%
2020-1	02/06/2020	beau	16°C	60.%
	03/06/2020	variable	14°C	80.%
	04/06/2020	variable	10°C	95.%
2020-2	29/06/2020	beau	11°C	80.%
	30/06/2020	beau	13°C	90.%
	01/07/2020	beau	19°C	75.%
2020-3	21/09/2020	beau	18°C	50.%
	22/09/2020	beau	19°C	50.%

IV. RESULTATS

1. LISTE DES ESPECES OBSERVEES

Durant ces 2 années d'étude acoustique, **19 espèces ont été contactées sur les forêts du SIGFRA** (voir tableau 6).

Tableau 6 (page suivante) : Statuts des espèces de chiroptères recensées dans les forêts du SIGFRA et caractères indicateurs. Le tableau présente l'inscription de chaque espèce aux annexes II et IV de la Directive Habitat Faune et Flore. Sont ensuite présentées les informations relatives à la présence de l'espèce dans le département de Haute-Marne, puis celles recensées dans les forêts du SIGFRA durant cette étude. Enfin est précisé pour chaque espèce : le groupe espèce, le caractère indicateur pour le terrain de chasse et le caractère indicateur pour les gîtes.

Espèce recensée dans le département de Haute Marne : présente (+ cf. statut des espèces dans la liste rouge régionale, en dessous du tableau) ; (-) absente du département (Source : Liste rouge régionale – mise à jour mars 2021)

Espèce recensée sur le site : X présente dans la forêt ; (-) absente de la forêt

Liste rouge départementale pour la Haute-Marne : codes des statuts des espèces

VF	très commune à assez commune
VC	peu commune ou localement commune
O	rare ou assez rare
R	très rare (moins de 5 données)
bl	absente
gris	disparue, non retrouvée
	présente, mal connue

Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF

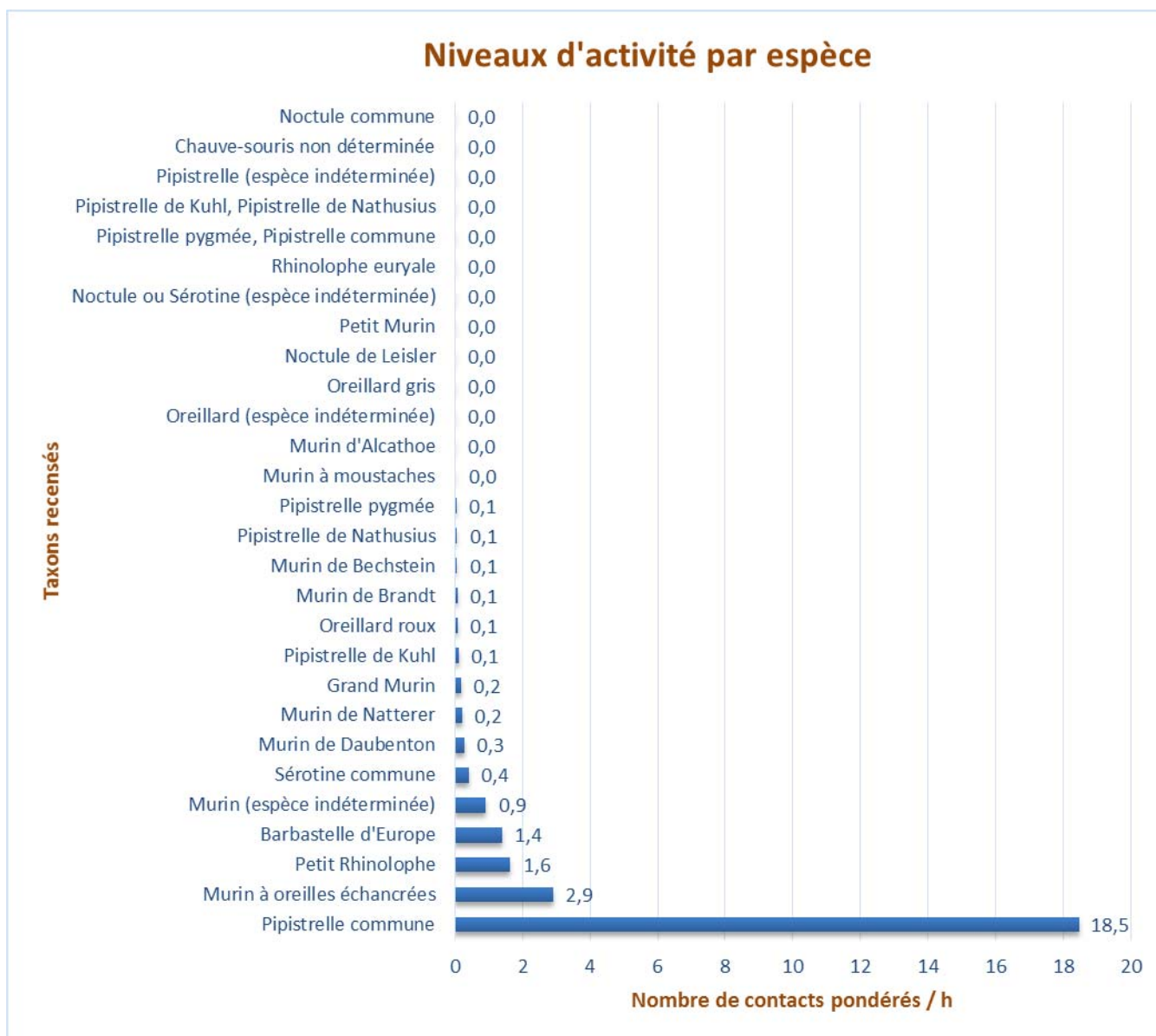
Liste des espèces françaises		Espèces recensées dans le département52	Espèces recensées dans les forêts du SIGFRA	Groupe espèce	Espèce forestière pour les terrains de chasse	Espèce forestière pour les gîtes
RHINOLOPHIDAE						
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	VF	X	Rhinolophe	Très forestière	Non forestière
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	O	-	Rhinolophe	Plutôt forestière	Non forestière
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	-	Présence à confirmer	Rhinolophe	Très forestière	Non forestière
Rhinolophe de Méhély	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	-	-	Rhinolophe	Indéterminé	Indéterminé
VESPERTILIONIDAE						
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	VF	X	Petite espèce de lisière	Plutôt forestière	Plutôt forestière
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	-	-	Autre	Non forestière	Non forestière
Murin des marais	<i>Myotis dasycneme</i>	bi	-	Autre	Non forestière	Non forestière
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	VC	X	Glaneur	Très forestière	Très forestière
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	VF	X	Glaneur	Plutôt forestière	Plutôt forestière
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	VC	X	Glaneur	Très forestière	Très forestière
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	O	X	Glaneur	Très forestière	Très forestière
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	VC	X	Glaneur	Très forestière	Très forestière
Murin cryptique	<i>Myotis crypticus</i>	-	-	Glaneur	Très forestière	Indéterminé
Murin d'Escalera	<i>Myotis escaleraei</i>	-	-	Glaneur	Plutôt forestière	Non forestière
Murin à oreilles échanquées	<i>Myotis emarginatus</i>	VC	X	Glaneur	Plutôt forestière	Non forestière
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	VC	X	Glaneur	Très forestière	Non forestière
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>	-	-	Autre	Non forestière	Non forestière
Murin du Maghreb	<i>Myotis punicus</i>	-	-	Autre	Plutôt forestière	Non forestière
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VF	X	Autre	Plutôt forestière	Très forestière

Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF

Liste des espèces françaises		Espèces recensées dans le département ⁵²	Espèces recensées dans les forêts du SIGFRA	Groupe espèce	Espèce forestière pour les terrains de chasse	Espèce forestière pour les gîtes
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	bl	-	Autre	Non forestière	Très forestière
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	O	X	Grande espèce de lisières	Plutôt forestière	Très forestière
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	VF	X	Grande espèce de lisières	Plutôt forestière	Non forestière
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssoni</i>	R	-	Autre	Non forestière	Non forestière
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	R	-	Autre	Non forestière	Non forestière
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VF	X	Petite espèce de lisière	Plutôt forestière	Plutôt forestière
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	R	X	Petite espèce de lisière	Plutôt forestière	Plutôt forestière
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	O	X	Autre	Plutôt forestière	Très forestière
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	R	X	Petite espèce de lisière	Plutôt forestière	Plutôt forestière
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	-	-	Autre	Non forestière	Non forestière
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	VF	X	Glaneur	Très forestière	Très forestière
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	VF	X	Glaneur	Plutôt forestière	Non forestière
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobullaris</i>	-	-	Glaneur	Plutôt forestière	Non forestière
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	VF	X	Petite espèce de lisière	Plutôt forestière	Plutôt forestière
MINIOPTERIDAE						
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	R	-	Petite espèce de lisière	Plutôt forestière	Non forestière
MOLOSSIDAE						
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	-	-	Autre	Non forestière	Non forestière

Outre l'activité prépondérante de la Pipistrelle commune, on peut remarquer 3 espèces au niveau d'activité notablement élevé: **Murin à oreilles échancrées**, **Petit rhinolophe** et **Barbastelle d'Europe** (voir fig. 18). Toutes 3 sont des espèces classées à l'Annexe II de la directive européenne habitats faune flore (DHFF).

Figure 18 : Niveau d'activité par espèce. Le graphique présente le nombre de contacts pondérés par heure (cf. définition § 3.1.4) pour chaque espèce contactée durant les 2 années d'étude.



Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



Barbastelle d'Europe



Sérotine commune



Murin de Natterer



Murin de Bechstein



Grand murin



Murin de Daubenton



Murin à oreilles échanquées



Noctule commune



Murin à moustaches



Noctule de Leisler



Petit rhinolophe



Pipistrelle de Nathusius



Oreillard roux



Oreillard gris



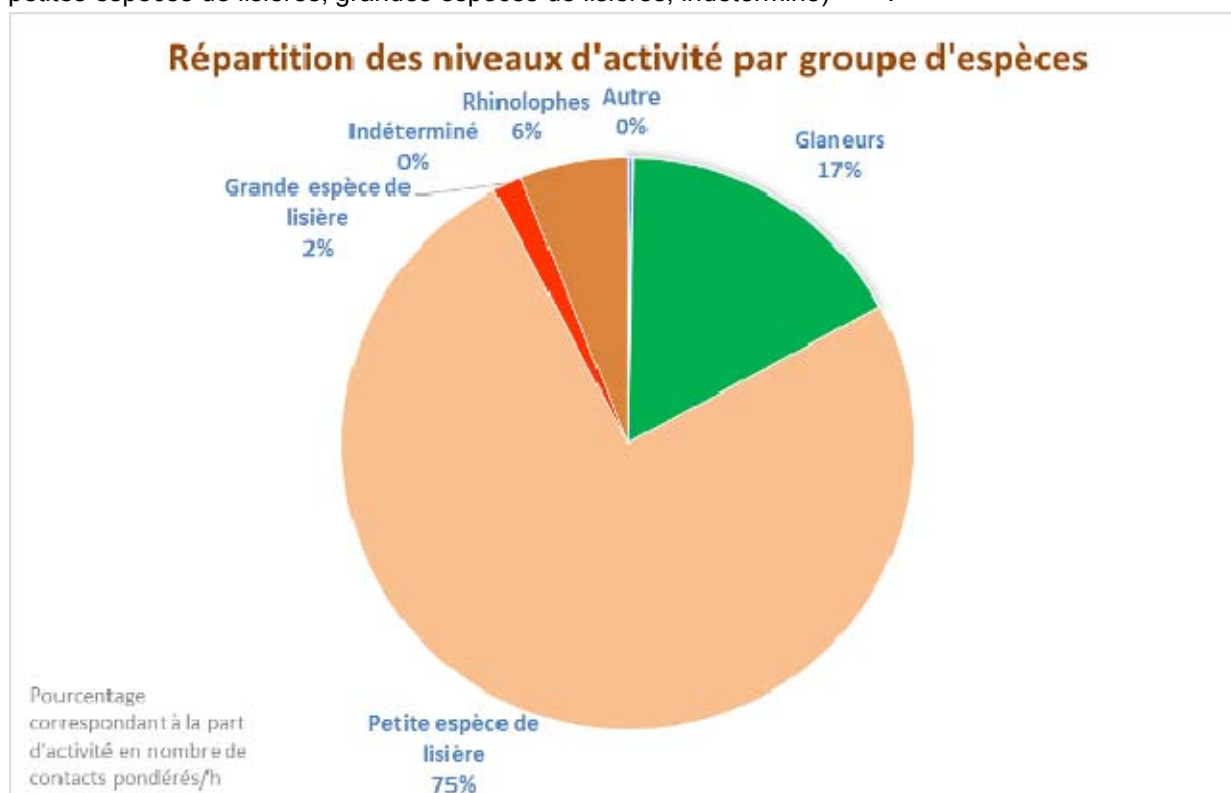
Pipistrelle commune

LES ESPECES QUI FREQUENTENT LES FORETS DU SIGFRA

On remarque que les **petites espèces de lisière** ont une activité prépondérante sur les points d'écoute étudiés (75% de l'activité totale, voir fig. 19). Une des hypothèses pouvant expliquer cette forte activité pourrait être la physionomie même des peuplements forestiers. Le traitement en futaie irrégulière crée des **peuplements hétérogènes et une multitude de trouées de tailles variées dans la canopée**. Ces micro lisières peuvent donc améliorer l'attractivité des terrains de chasse pour ces espèces.

Les **espèces glaneuses** (17%) et les **rhinolophes** (6%), utilisent les frondaisons et les feuillages denses pour y chasser et se déplacer. C'est ici une autre caractéristique des peuplements travaillés en futaie irrégulière qui les favorisent : la **structuration verticale de la végétation**. Des encombrements de végétation élevés à différents étages traduisent une **forte densité de feuillage**. Il en résulte une plus forte production de biomasse d'insectes que sur des peuplements mono-étagés, mais aussi une meilleure protection contre les prédateurs.

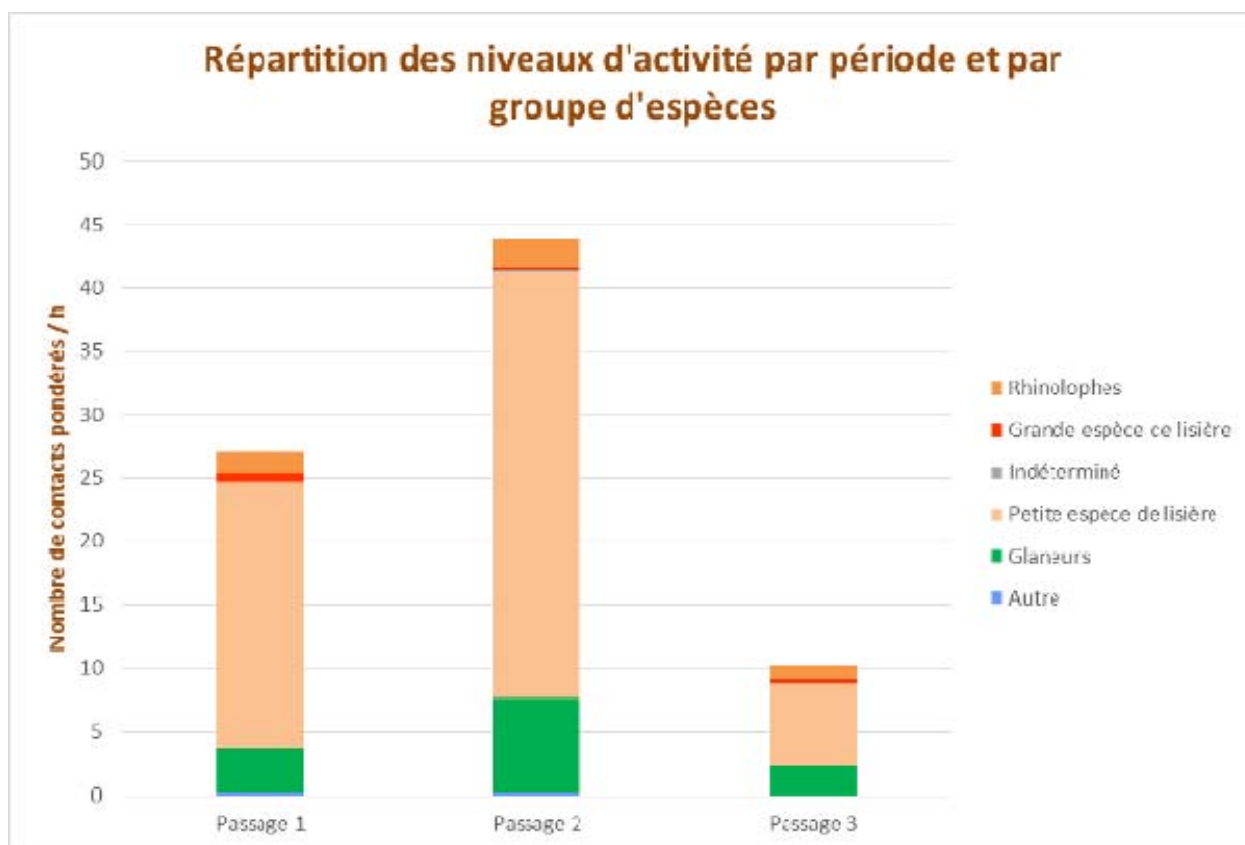
Figure 19 : Répartition du niveau d'activité par groupe d'espèces. Le graphique présente le niveau d'activité selon le classement des espèces fonction de leur comportement de chasse (glaneuses, petites espèces de lisières, grandes espèces de lisières, indéterminé)^{2,22,26}.



Les **proportions de l'activité** des différents groupes d'espèces sont **globalement équivalentes** d'une période de l'année à l'autre (voir fig. 20).

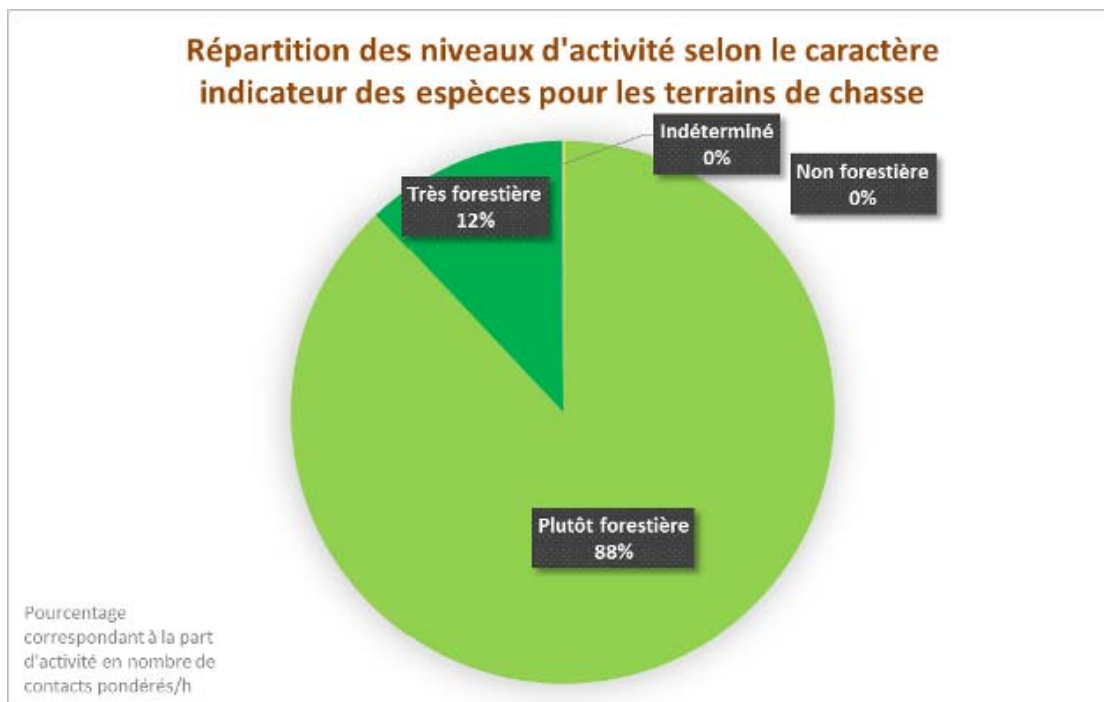
On peut toutefois noter une différence pour les grandes espèces de lisières. Elles sont un peu plus contactées au printemps. Cela s'explique par une plus grande facilité à capter leurs émissions ultrasonores à cette période, comme nous l'avions déjà constaté²⁶. Les feuilles étant en train de pousser à cette période de l'année, le feuillage moins dense crée moins d'interférences pour capter ces espèces. Depuis l'intérieur d'une parcelle, on peut alors plus facilement capter les émissions d'un animal chassant plus loin sur une route forestière ou une lisière.

Figure 20 : Niveau d'activité par période et groupe d'espèces. Le graphique présente une répartition de l'activité selon le passage d'écoute (printemps / été / automne).



Les forêts du SIGFRA offrent des terrains de chasse qui sont utilisés par 88% d'espèces plutôt forestières et 12% d'espèces très forestières (voir fig. 21). **Y chassent des espèces qui utilisent la forêt essentiellement à quasi exclusivement pour trouver leur nourriture, considérées comme des spécialistes forestières (cas des murins notamment).**

Figure 21 : Niveau d'activité selon le caractère indicateur des espèces pour les terrains de chasse. Le graphique présente la part d'activité des espèces selon leur caractère plus ou moins forestier vis-à-vis des terrains de chasse.



Les forêts du SIGFRA sont fréquentées par des espèces qui sélectionnent plus ou moins le milieu forestier pour son offre en gîtes arboricoles (voir fig. 22 et 23). Ainsi 79% sont considérées comme plutôt forestières et seulement 2% comme très forestières dans leur sélection de la forêt pour y trouver des gîtes. D'autre part, 19% des espèces qui parcourent les parcelles du SIGFRA, ne gîtent pas en forêt. Elles viennent donc de plus loin (villages par exemple) pour venir chasser en forêt.

Figure 22 : Niveau d'activité selon le caractère indicateur des espèces pour les gîtes. Le graphique présente la part d'activité des espèces selon leur caractère plus ou moins forestier vis-à-vis des gîtes sélectionnés pour dormir et/ou mettre bas et/ou élever les jeunes et/ou s'y reproduire.

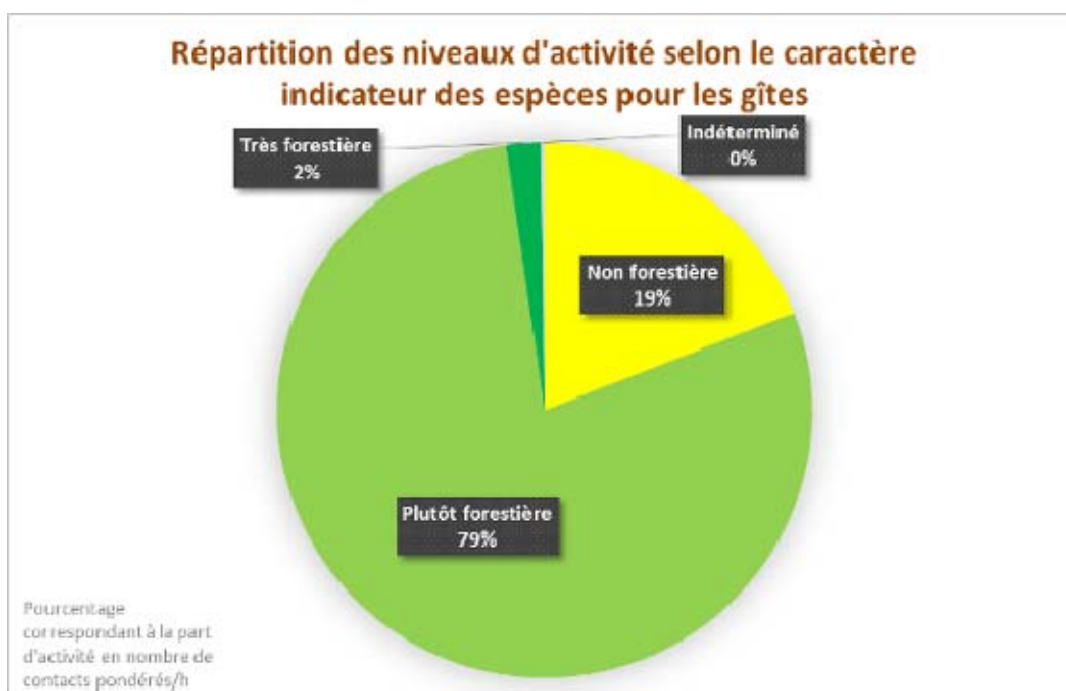


Figure 23 : Photo illustrant un dendro-micro-habitat très apprécié des chauves-souris gîtant en forêt.



Caractérisation des chauves-souris fréquentant les forêts du SIGFRA

Le croisement des 4 graphiques précédents nous révèle le comportement sélectif des chauves-souris qui fréquentent les forêts du SIGFRA

- Y chassent donc des espèces qui **utilisent la forêt** essentiellement à quasi exclusivement pour **trouver leur nourriture**
- les 4/5^{ème} d'entre-elles **y accomplissent leur cycle biologique complet** (hors hibernation).
- Ces forêts servent aussi de **terrain de chasse refuge** pour des espèces qui gîtent dans les villages.
- La **structure des peuplements** traités en futaie irrégulière (création de trouées, structuration verticale et fort encombrement de végétation) est **favorable aux petites espèces de lisières, glaneurs et rhinolophe**.

Focus sur le Petit rhinolophe : une espèce inféodée au milieu bâti mais dépendante de la forêt et du maillage de haies.

Le Petit rhinolophe gîte dans des greniers ou des caves. Ne rencontrant plus suffisamment de terrain de chasse favorable autour des villages (vergers, bocage), il doit dénicher des corridors (réseau constitué de haies, rangées d'arbres à espacement faible, lisière de bois) qui lui permettront de rejoindre la forêt pour s'y nourrir chaque nuit. Le milieu forestier est donc un terrain de chasse refuge pour l'espèce. Mais attention à ces précieux corridors, car sans eux, il lui sera impossible de rallier la forêt pour y chasser²⁷ et faire plusieurs fois l'aller-retour chaque nuit durant la période d'élevage des jeunes (voir fig. 25).

La responsabilité du gestionnaire forestier est donc élevée dans la conservation de cette espèce. Tout comme pour les gestionnaires de l'espace agricole autour des villages.

Figures 24, 25 et 26 : Photos de Petit Rhinolophe (à droite) et illustrant le **cheminement en vol d'un Petit rhinolophe** entre son gîte et ses terrains de chasse (à gauche), ainsi que l'image des peuplements forestiers recherchés avec beaucoup d'encombrement de végétation pour ses territoires de chasse (en bas).



©Frédéric Malgouyrès, Office national des

La survie d'une colonie de Petit rhinolophe n'est assurée qu'en associant 3 composantes indissociables :

- 1- Un **gîte dans le grenier** calme et sombre d'une maison,
- 2- Un **ensemble des corridors boisés** : haies, vergers, alignements d'arbres rapprochés,
- 3- Des **terrains de chasse favorables en forêt** : diversité d'essences feuillues, étagement de la végétation, fort encombrement de la végétation (Malgouyrès, 2016).

Qu'une de ces 3 composantes vienne à manquer et c'est la survie de toute la colonie qui est remise en cause.



©Frédéric Malgouyrès, Office national des forêts

Le Rhinolophe Euryale : une présence qui reste encore à confirmer

Figures 27 et 28 : Photos de Rhinolophe euryale



Rhinolophus euryale — Wikipédia
fr.wikipedia.org



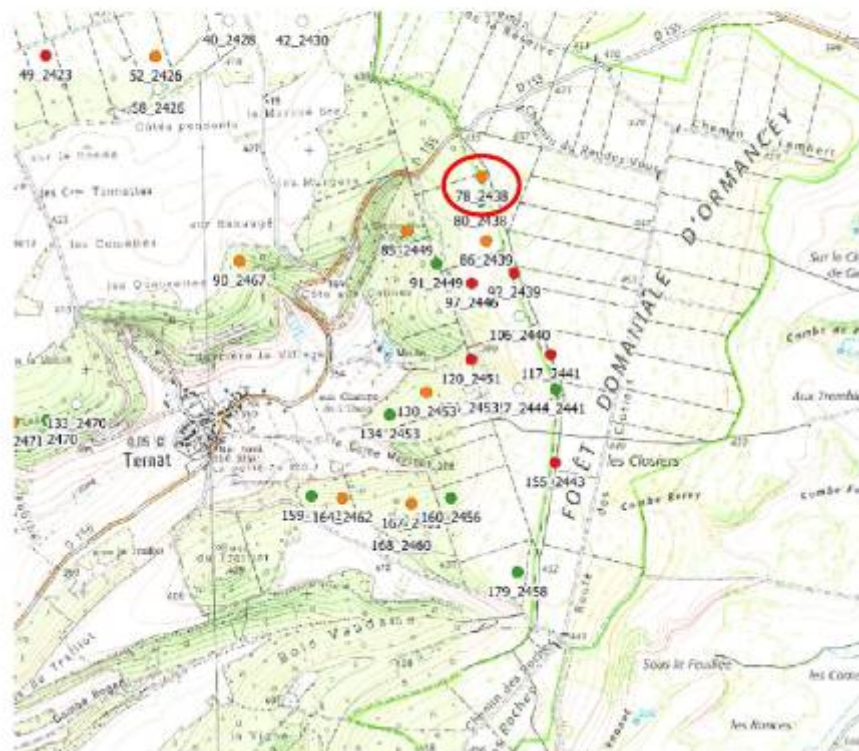
RHINOLOPHE EURYALE
paca.developpement-durable.gouv.fr

Le 10 juillet 2019, sur la placette 78_2438 (voir carte 4), nous avons fait un enregistrement de Rhinolophe durant la session d'écoute ultrasonore. Quelle ne fut pas notre surprise lorsque le lendemain, au moment de faire des mesures sur ces cris enregistrés ... nous avons découvert que l'animal qui nous avait survolé pouvait être un Rhinolophe euryale.

Carte 4 : Carte présentant la localisation du contact de Rhinolophe euryale probable enregistré le 10/07/2019.

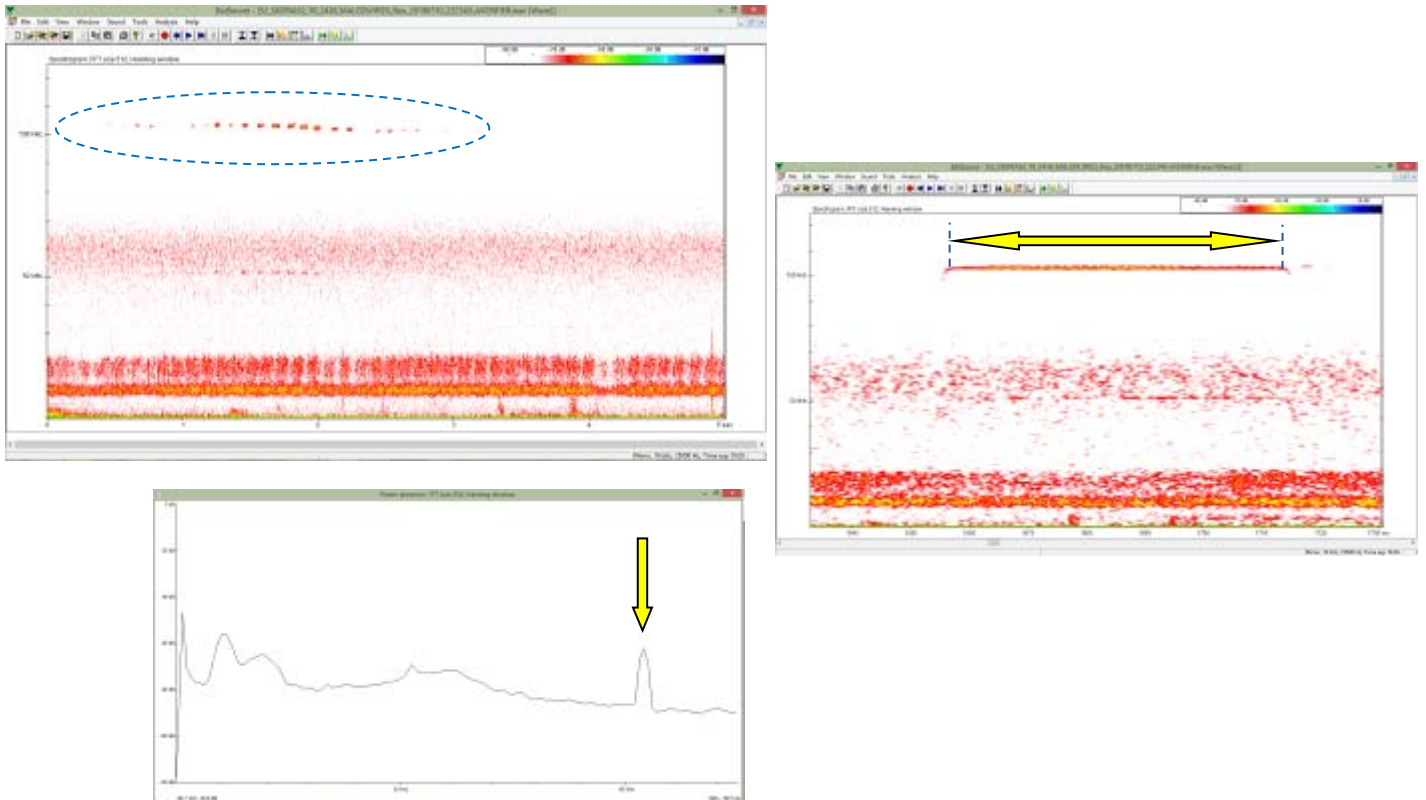
Rhinolophe euryale probable

contacté 1 seule séquence le 10/07/2019 à 22h23, sur la placette permanente n° 78-2438 du SIGFRA.



Cette espèce n'ayant pas été encore répertoriée dans le département de la Haute-Marne, des mesures précises de chaque signal enregistré s'imposaient.

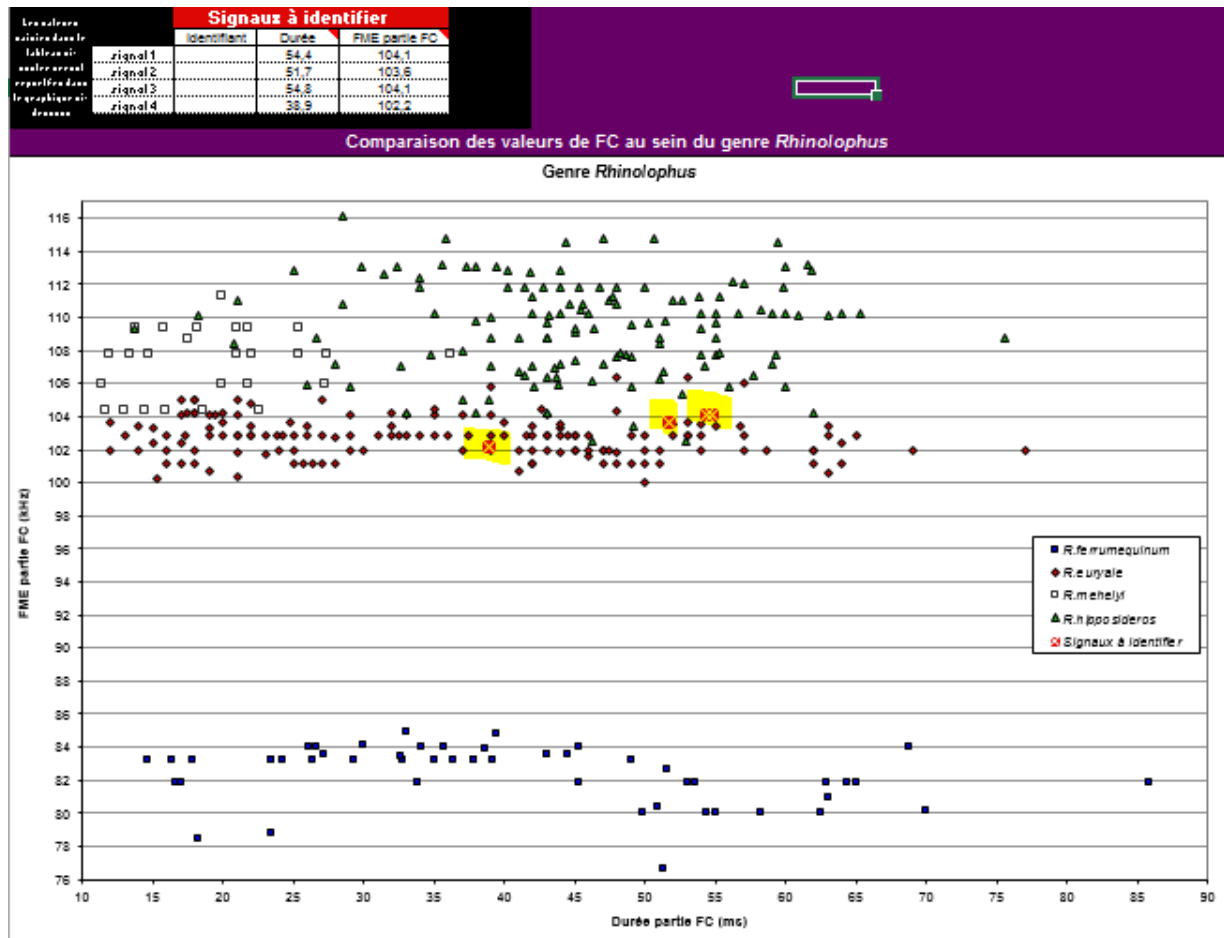
Figures 29, 30 et 31 : le graphique en haut à gauche présente l'ensemble de la séquence enregistrée (25 cris d'écholocation) sur logiciel Batsound®. Le graphique à droite présente comment mesurer la durée de la partie fréquence constante de chaque cri (logiciel Batsound® - expansion de temps x10 – FFT size 512). Le graphique en bas à gauche présente comment mesurer la fréquence du maximum d'énergie (logiciel Batsound® - power spectrum – FFT size 256).



Mais les mesures n'ont statistiquement pas permis de confirmer le Rhinolophe euryale avec 100% de certitude. Les mesures relevées, ne permettent pas d'exclure le Petit rhinolophe, pour 5.5% de probabilité.

Les mesures de la fréquence du maximum d'énergie de la partie fréquence constante, oscillent entre 102.2 et 104.1 KHz (Kilohertz) (voir fig.32).

Figure 32 : Le graphique présente la répartition des cris mesurés (surligné jaune) dans l'ensemble du nuage de points des mesures de cris des 4 Rhinolophe que l'on peut rencontrer en France (Barataud, 2019).



Les cris mesurés se situent dans le nuage de points du Rhinolophe euryale, mais sont très proches de celui du Petit rhinolophe.

Figure 33 : Le tableau ci-dessous présente le pourcentage de certitude de détermination des 4 espèces de Rhinolophes en fonction de la FME des cris mesurés²².

76 à 85 kHz	<i>R. ferrumequinum</i>
100 à 102,5 kHz	<i>R. euryale</i>
102,5 à 104 kHz	<i>R. euryale</i> / <i>R. hipposideros</i> (<i>R. euryale</i> probable à 94,5%)
104 à 106,5 kHz	<i>R. euryale</i> / <i>R. hipposideros</i> / <i>R. mehelyi</i>
106,5 à 111,5 kHz	<i>R. hipposideros</i> / <i>R. mehelyi</i>
111,5 à 116 kHz	<i>R. hipposideros</i>

La détermination de l'espèce que nous avons contactée n'est donc « probable » qu'à 94.5% (voir fig. 33).

C'est la raison pour laquelle nous avons mis en place un matériel d'enregistrement passif SM2 bat+ de Wildlife acoustics® (fig.34).

L'enregistreur a été attaché au pied du Hêtre le plus proche du centre de la placette. Doté de 2 micros déportables, le premier a été accroché à 2 mètres de hauteur dans la végétation et le second monté en canopée. Ce matériel a enregistré toutes les chauves-souris passant à proximité, toutes les nuits du 17 juillet 2019 au 26 août 2019.

Figure 34 : Photo de l'enregistreur automatique SM2 bat+ de Wyldlife acoustics® posé au centre de la placette 78_2438 du SIGFRA

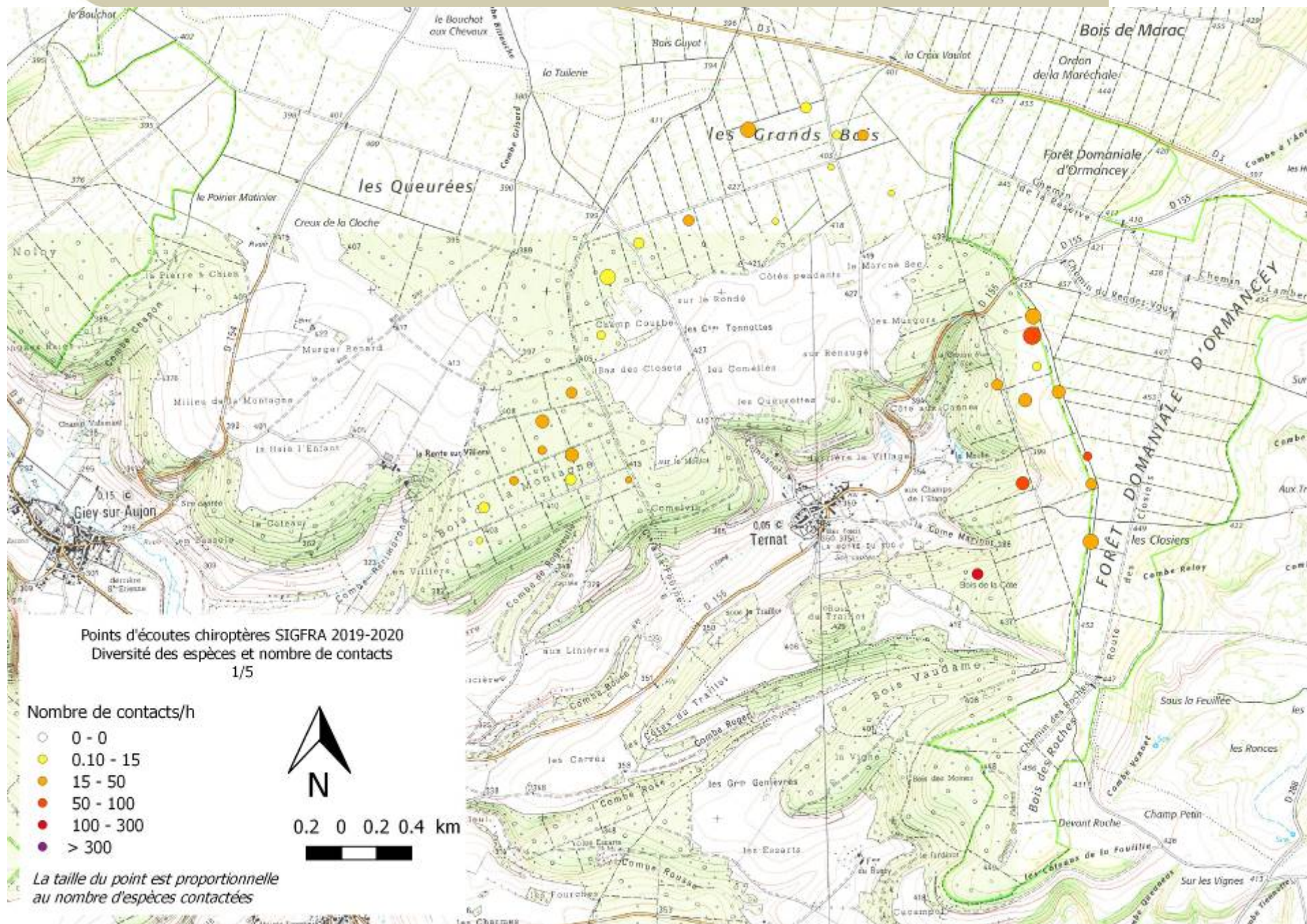


Aucun contact enregistré par le SM2 bat+ n'ayant pu être attribué au **Rhinolophe euryale**, cette espèce reste donc à confirmer ultérieurement.

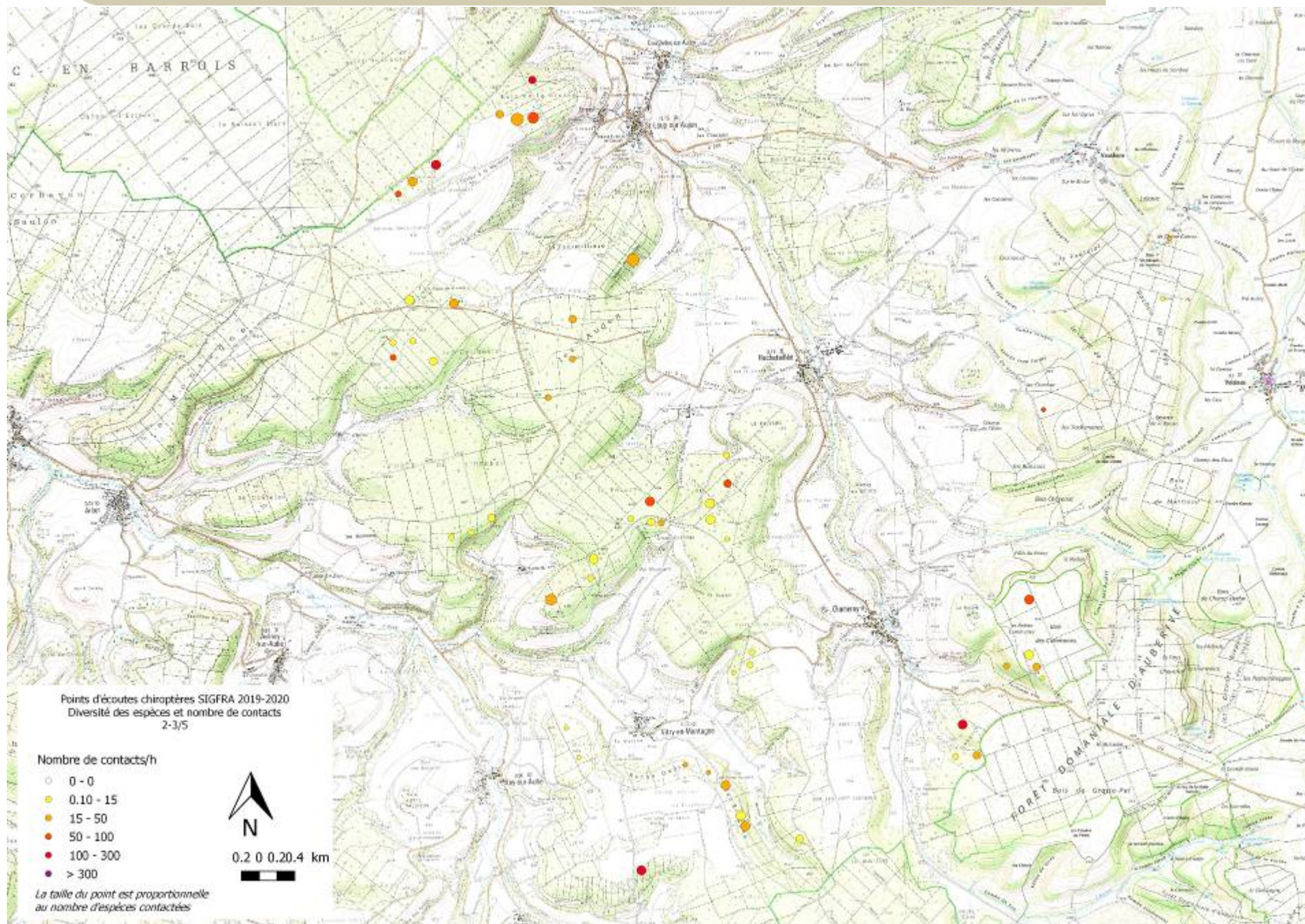
Répartition géographique de l'activité des chiroptères dans le SIGFRA

Cartes 5, 6, 7 et 8 : Cartes présentant le niveau d'activité des chiroptères sur chaque point (3 passages cumulés) en nombre de contacts pondérés par heure, ainsi que le nombre total d'espèces au point.

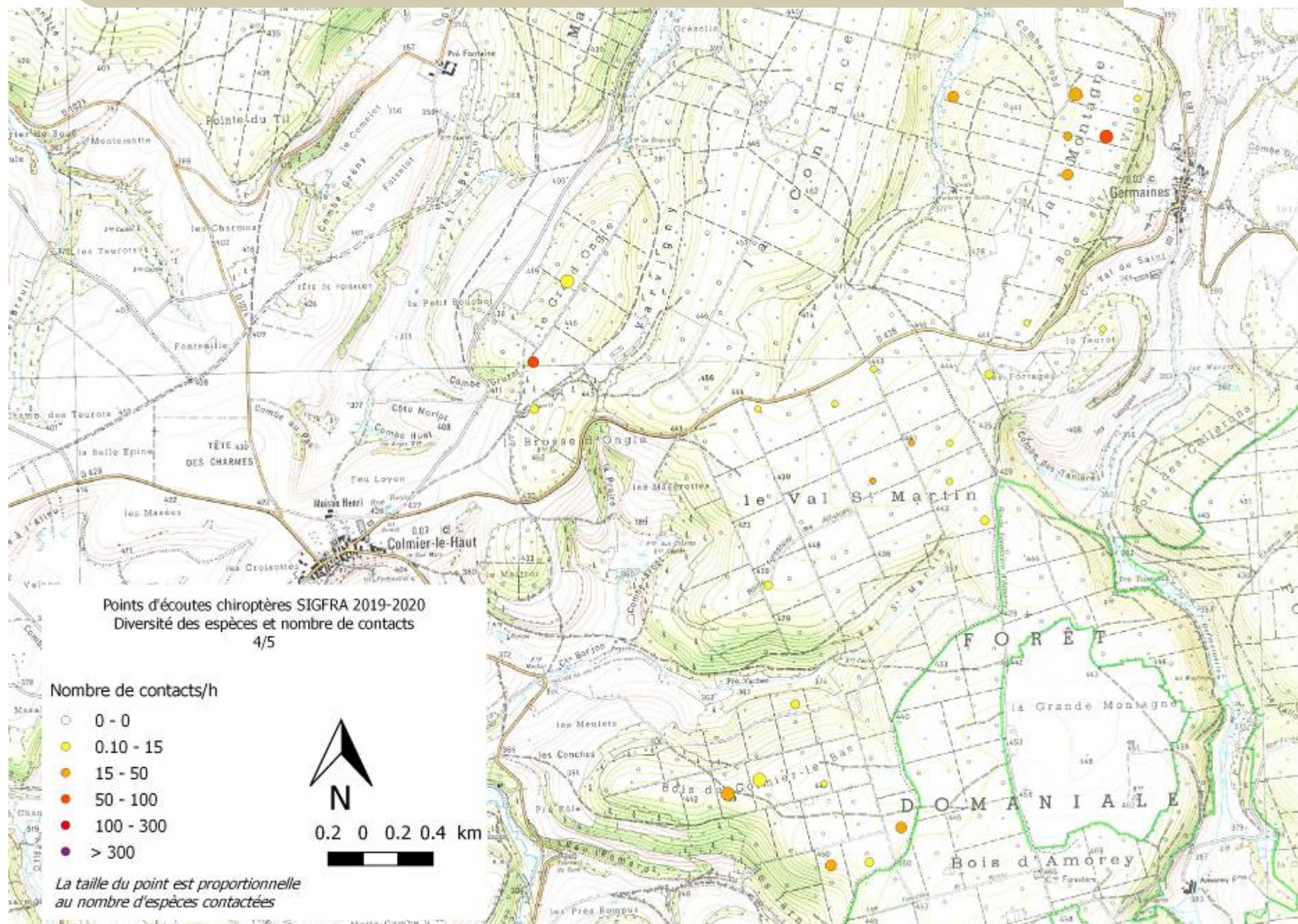
Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



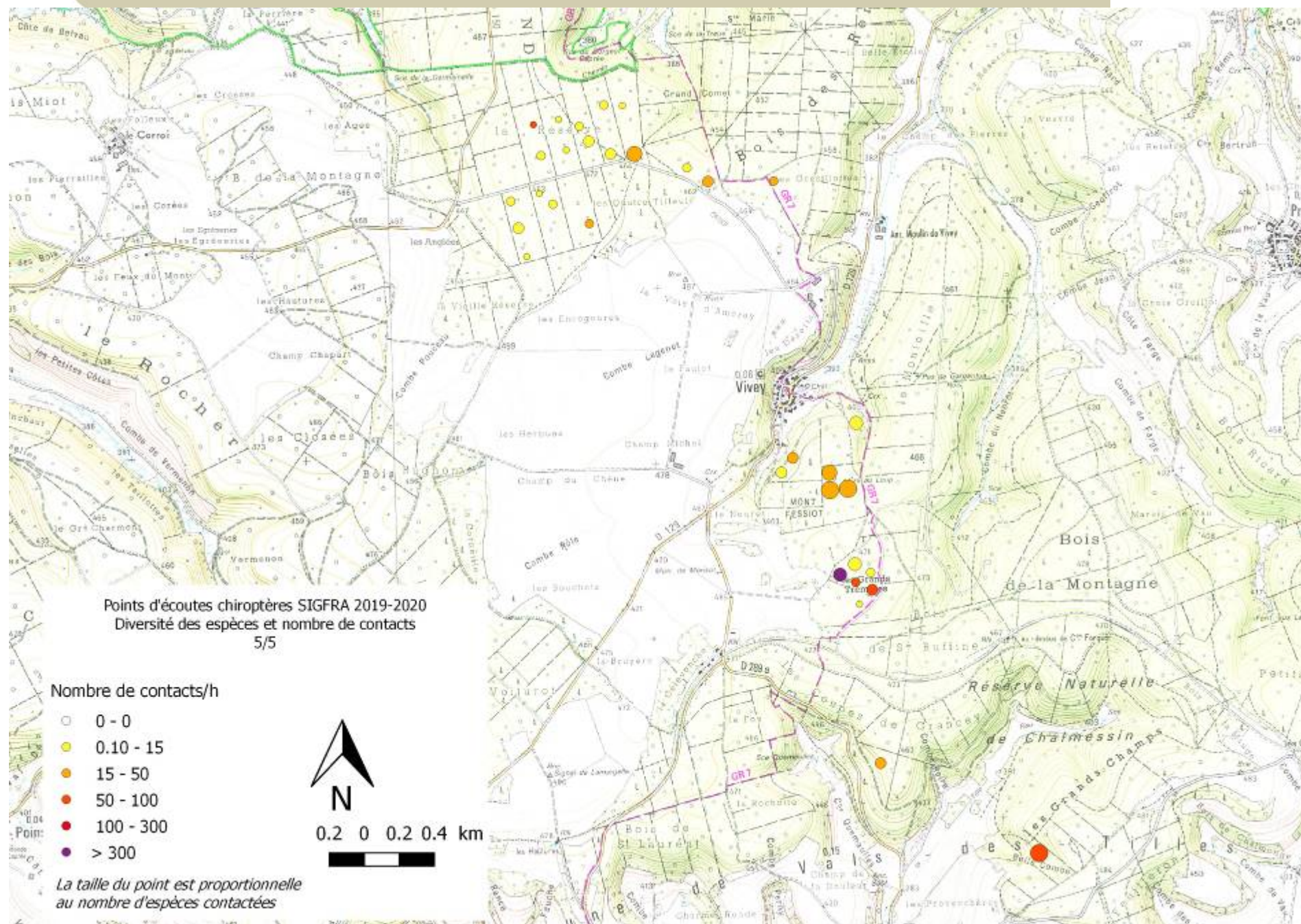
Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



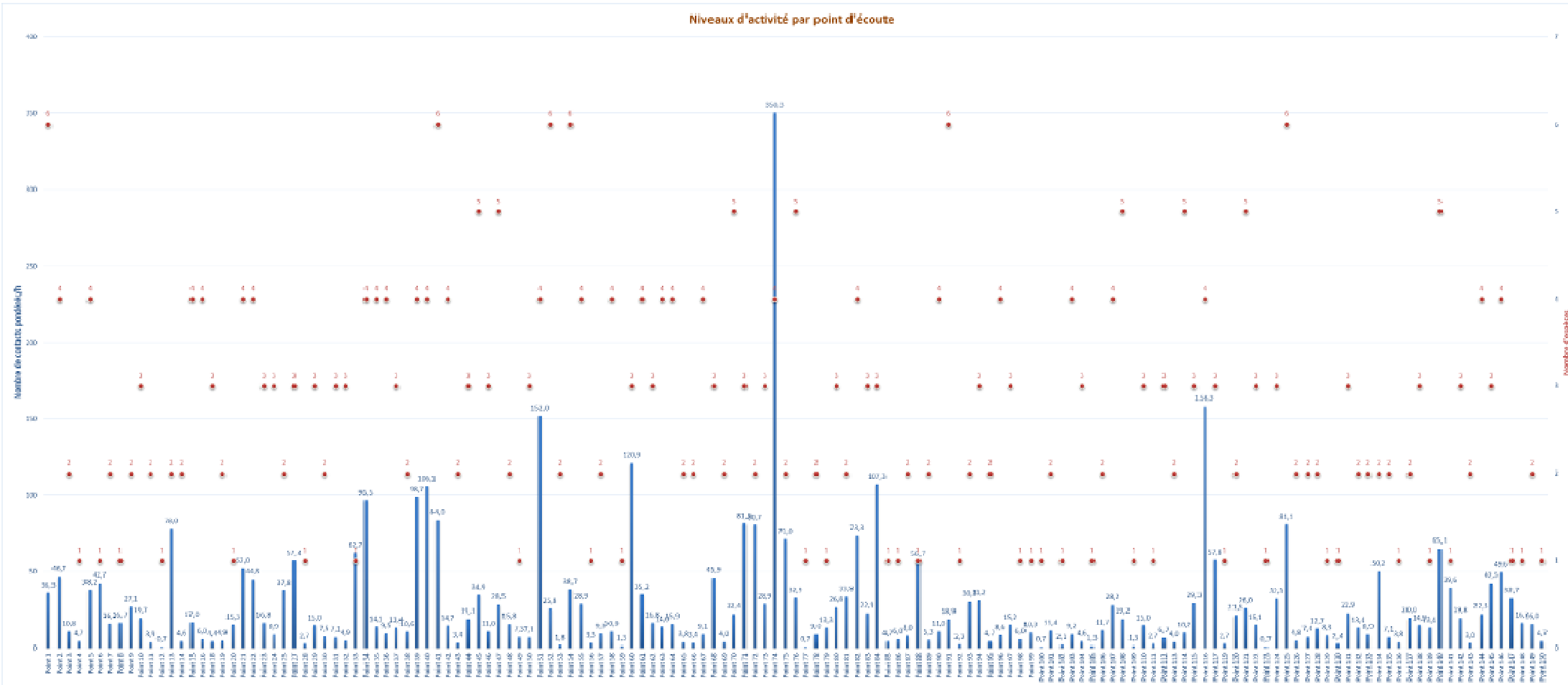
Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF

Figure 35 : Niveau d'activité au point d'écoute (contacts pondérés/heure) et nombre total d'espèces.

ZOOMER POUR PLUS DE DETAILS



On remarque que certains « cantons forestiers » sont plus attractifs que d'autres pour les chiroptères. L'activité en nombre total de contacts pondérés par heure est notamment soutenue sur « Ternat Est » (partie contre la forêt domaniale d'Ormancey), « Partie contre la forêt de Giey-sur-Aujon », « Chameroiy », « Vitry-en-Montagne », « Germaine Ouest » et encore plus sur « Vivey Sud ». L'activité sur le point 179_3339 culmine à 350 contacts/heure (voir fig. 35).

Seuls 3 points n'ont vu aucune activité :

- Le point 120_834
- Le point 131_834
- Le point 74_2137

Le nombre total d'espèces au point oscille de 1 à 6 espèces. Les cantons forestiers les plus riches en espèces sont encore « Ternat Est », « Germaine Ouest » et « Vivey Sud », ainsi que « Colmier-le-Haut Sud-Est ».

L'annexe 3 présente les valeurs de chaque point sous forme de tableau. S'y référer, ainsi qu'aux cartes de localisation des points de l'espace cartes pour plus de détail au point.

Le travail statistique (paragraphe 4.2) sur les variables de peuplement, explicitera les composantes de l'effet « peuplement » pour tempérer ce premier prisme de lecture qui ne doit pas se limiter à l'effet « massif ».

Tableau 7 : Effort d'échantillonnage et indices de diversité liés à l'inventaire des placettes su SIGFRA. La note de valeur du site pour les espèces sensibles s'appuie sur une méthode proposée par la SFPEM pour évaluer l'importance d'un site (gîtes de type cavité souterraine) à l'échelle régionale, et propose une valeur du rôle du site pour les espèces à enjeux dans la région (coefficient espèce Ke = Note de sensibilité nationale + Note de sensibilité régionale)²⁸. Par ailleurs, la valeur de la responsabilité du site par rapport aux enjeux départementaux cumule les indices de la liste rouge nationale des espèces évaluées avec un risque d'extinction. Plus sa valeur est élevée, plus le site assure la conservation de ces espèces à l'échelle départementale (Somme des indices LRN de chacune des espèces présentes sur le site / Somme des indices LRN des espèces du département)²¹.

Nombre de contacts / h (=nb total de contacts /durée d'écoute en h) :	22.2
Nombre de points sans activité (points nuls, zéro contact à chaque session) :	3 (sur 150)
<hr/>	
Richesse spécifique totale (nb total d'espèces sur le site) :	19
Diversité alpha (nb moyen d'espèces rencontrées dans chaque point) :	2.7
Diversité gamma (nb total d'espèces divisé par le logarithme de la surface) :	2.3
Diversité beta (=diversité gamma/diversité alpha, cet indice indique le turn-over des espèces entre chaque point) :	0.9
<hr/>	
Note de valeur du site pour les espèces sensibles	65
Responsabilité du site par rapport aux enjeux départementaux	1

NB : Un référentiel de ces variables est en cours de construction par le réseau national mammifères ONF. Ce ne sera qu'avec le temps que ces résultats deviendront interprétables.

2. RESULTATS DES ANALYSES

1. PUISSANCE DES RESULTATS BRUTS

Au total, 147 placettes sur les 150 ont montré au moins un contact de chiroptères. Pour chaque taxon, le taux de résultats expliqués entre les taxons et les différentes variables peut varier, de seulement 5% pour la Barbastelle d'Europe à près de 60% pour le Murin à moustaches (voir tableau 8). Cela implique que l'échantillonnage mis en place n'a pas permis de mettre en évidence un caractère descriptif des peuplements forestiers permettant de comprendre la **sélection des habitats forestiers** par la Barbastelle d'Europe. Par contre, il semble que le Murin à moustaches opère bien une sélection parmi les différentes placettes stratifiées selon les deux variables à expliquer. Dit autrement, il est probable que l'absence de relation entre un taxon et les variables analysées vienne du fait que l'espèce n'a pas été suffisamment contactée (cas des faibles échantillons : ça ne semble pas être le cas ici), ou alors du fait qu'un taxon est plutôt bien réparti sur l'ensemble de la zone, parce que le type de gestion par traitement irrégulier lui correspond bien sur l'ensemble forestier étudié (ou l'inverse aussi possible), sans que l'une des variables descriptives d'habitats explique une quelconque sélection d'habitat. Ainsi, avec une présence sur 54 placettes, la **Barbastelle d'Europe** apparaît comme une **espèce bien présente à l'échelle des forêts du SIGFRA**, de manière assez équilibrée (d'où la faible réponse statistique). A l'inverse, le Murin d'Alcathoé est peu présent (sur seulement 2 placettes) et montre une forte sélectivité (taux de résultats expliqués de 35%) : cette espèce sélectionne probablement le même type d'habitat entre les 2 cas, avec une même tendance de relation sur l'une des variables à expliquer⁵.

⁵ Attention toutefois, il est probable que ce résultat traduise aussi une lacune dans l'échantillonnage, car une présence aussi réduite risque de produire un résultat ne reflétant pas la réalité pour l'espèce. Il faudrait augmenter l'échantillon pour avoir un résultat suffisamment puissant et représentatif.

Tableau 8 : Résultats préliminaires des analyses portant sur les relations entre chaque taxon et les différentes variables testées. Les résultats présentent le taux d'explication de chaque résultat général obtenu pour chaque espèce, mais aussi l'activité observée.

	Nb de placette avec le taxon	Nb de contacts totaux	Nb moyen de contacts/placette (en nb pondéré/h)	Taux de résultats expliqués
Nb total contacts	147			19%
Richesse spécifique	147			12%
Espèces glaneuses				15%
<i>Myotis alcaethoe</i>	2	2	0.01	35%
<i>Myotis bechsteinii</i>	5	6	0.04	15%
<i>Myotis brandtii</i>	4	7	0.05	21%
<i>Myotis emarginatus</i>	57	208	1.39	14%
<i>Myotis myotis</i>	13	25	0.17	34%
<i>Myotis mystacinus</i>	3	3	0.02	57%
<i>Myotis nattereri</i>	14	16	0.11	13%
<i>Plecotus auritus</i>	3	4	0.03	26%
<i>Plecotus austriacus</i>	1	1	0.01	aucun résultat convergent
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	30	75	0.50	17%
Grandes espèces de lisière				23%
<i>Eptesicus serotinus</i>	37	109	0.73	24%
<i>Nyctalus leisleri</i>	7	14	0.09	48%
<i>Nyctalus noctula</i>	1	1	0.01	aucun résultat convergent
Petites espèces de lisière				24%
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	7	23	0.15	40%
<i>Pipistrellus nathusii</i>	4	15	0.10	41%
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	138	4155	27.70	16%
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	5	14	0.09	31%
<i>Barbastella barbastellus</i>	54	188	1.25	5%
<i>Myotis daubentonii</i>	12	24	0.16	25%

2. VARIABLES EXPLICATIVES

Les modélisations par régression mises en œuvre pour chaque taxon révèlent (voir tableau 9) :

- Hormis pour le Murin de Daubenton, **l'activité des chiroptères** (de manière globale comme pour beaucoup d'espèces) **diminue quand la surface terrière augmente**. Par contre, cette

relation ne se vérifie pas avec la surface terrière des gros bois et très gros bois. Ainsi, **la surface terrière totale peut baisser sans impacter les chiroptères, mais à condition, quoi qu'il arrive, de maintenir voire d'augmenter pour autant la surface terrière des gros bois et très gros bois**, plus pourvoyeurs de proies potentielles et de dendro-micro-habitats pouvant servir d'abris, pour que les chiroptères sélectionnent un habitat forestier géré en futaie irrégulière. Dit autrement, les petits bois et bois moyens ne jouent pas dans la surface terrière pour expliquer la sélection d'un peuplement forestier par les chiroptères. Ce résultat **se vérifie pour la plupart des espèces**, sauf le Murin de Daubenton et les pipistrelles de Kuhl et pygmée.

- La **diversité en essences** explique en partie la sélection d'un habitat forestier par les chauves-souris. En effet, hormis le Murin à oreilles échancrées, toutes les espèces qui présentent un lien avec la variable de diversité en essences voient leur **activité augmenter avec cette diversité**. Ainsi, **plus une placette est riche en espèces d'arbres, plus elle est attractive**. Le cas du Murin à oreilles échancrées s'explique par le fait qu'il semble principalement attiré par les chênes, puisqu'il répond très favorablement à cette variable (proportion de chêne face au hêtre). Par ailleurs, **toutes les espèces spécialistes forestières** (les glaneuses ou encore la Pipistrelle de Nathusius) **sélectionnent les placettes de forêt dans lesquelles le chêne prédomine sur le hêtre, alors que les espèces généralistes** (la Pipistrelle commune ainsi que les grandes espèces de lisière) **préfèrent les forêts à dominante de hêtre**.
- La **richesse spécifique en espèces est d'autant plus élevée que l'encombrement par la végétation est lui aussi important**. En effet, la richesse spécifique est la plus importante chez les chiroptères glaneurs, les plus diversifiés parmi les chauves-souris européennes. Plus la végétation est dense, plus l'habitat forestier est source de production de proies. Pour autant, les petites espèces de lisière voient leur activité diminuer de manière significative quand l'encombrement augmente.
- Enfin, il existe un **effet assez fort de la présence d'une trouée pour certaines espèces**. Il semble globalement que les **espèces glaneuses évitent les trouées**, ce qui semble logique si on considère que ces espèces chassent dans le feuillage. Ainsi, si un habitat forestier réduit la quantité de feuillage, la capacité du milieu à offrir une capacité de production de proies dépendantes du feuillage diminue. Par contre, de manière assez logique, les **espèces de lisière ont une réaction positive avec la trouée** : en effet, ces espèces (de petite et de grande taille) ont besoin d'espaces dégagés pour voler, tout en conservant un lien direct avec la végétation utilisée alors comme point de repère pour évoluer, pour voler sans risquer de heurter un obstacle. Par ailleurs, voler à proximité de la végétation permet d'accéder rapidement aux proies potentielles pouvant s'extraire de la végétation à proximité. Ces résultats se traduisent dans la plupart des cas par une **relation significative avec les mesures d'ouverture du couvert au densiomètre convexe** (nous verrons que des seuils sont détectables).

Tableau 9 : Résultats des modélisations par régression visant à étudier les relations entre les taxons et chacune des variables explicatives mais toutes incluses dans un modèle global, respectivement : présence d'une trouée, mesure d'ouverture du couvert au densiomètre, encombrement total de la végétation, surface terrière totale, surface terrière des gros bois et très gros bois, proportion de chêne sur le hêtre (une relation positive traduit une sélection du chêne, une relation négative traduit une sélection du hêtre), et enfin la diversité totale en essences forestières. La valeur indique la nature de la relation (elle est positive entre le taxon et la variable si la valeur est positive ; plus la valeur est élevée, plus il y a de relations), et le nombre d'* la significativité de la réponse (de *** : très significatif à . : un peu significatif).

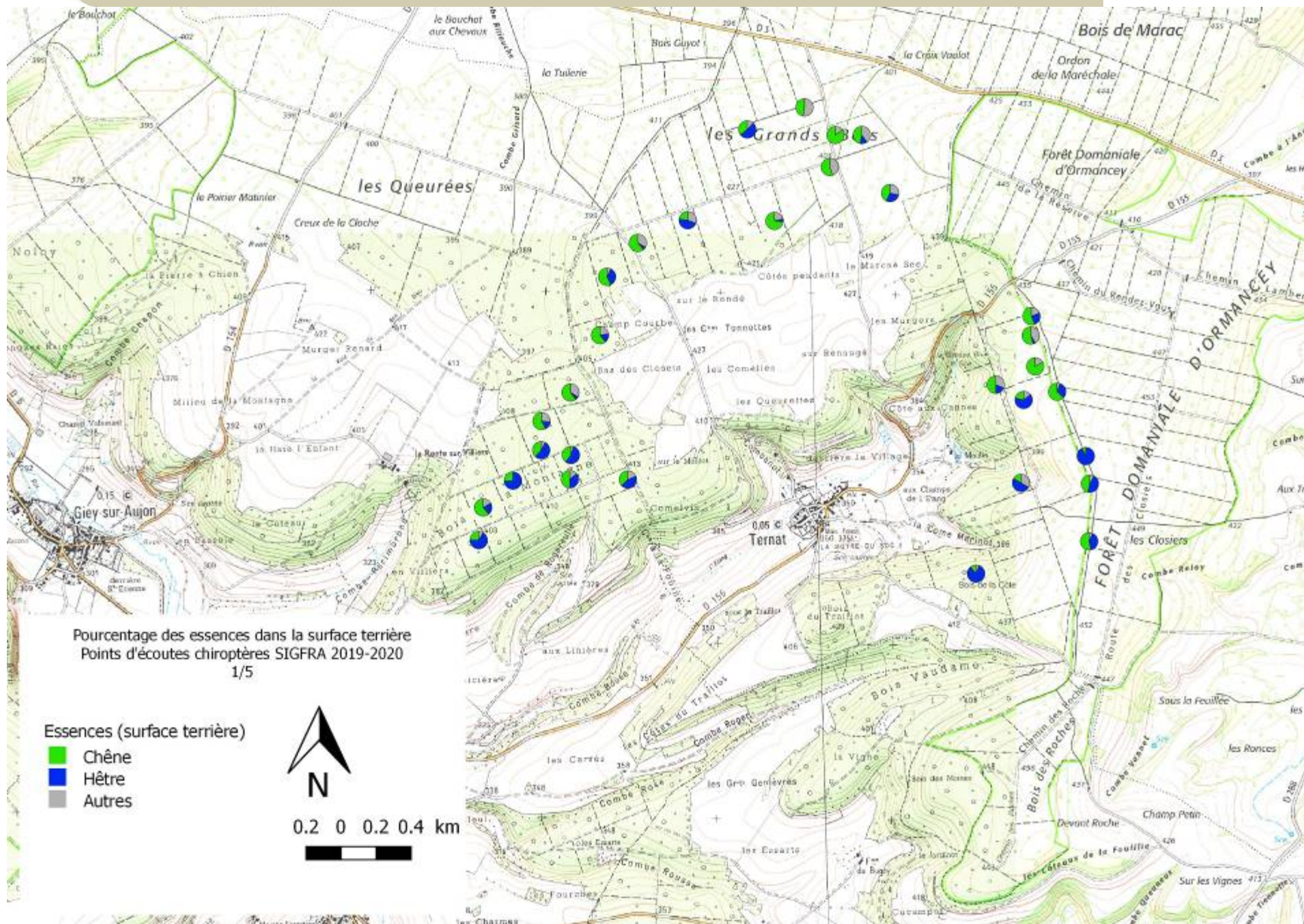
	Trouee	Densio	Enc_tot	G_tot	G_GB_TGB	Prop_CsurH	Div_essences
Nb total contacts	-	0.029***	-9.7e-06***	-0.035***	0.048***	-0.027***	-0.046**
Richesse spécifique	-	0.049**	3.75e-05.	-	0.099*	-	-
Espèces glaneuses	-0.493***	0.039***	2.65e-05***	-	0.086***	0.018**	-0.223***
<i>Myotis alcaethoe</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myotis bechsteinii</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myotis brandtii</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myotis emarginatus</i>	-0.629***	0.039***	3.9e-05***	-	0.051*	0.036***	-0.296***
<i>Myotis myotis</i>	-	0.077**	-	-	0.233**	0.085*	-
<i>Myotis mystacinus</i>	-	0.439.	-	-	-	-	-
<i>Myotis nattereri</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plecotus auritus</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plecotus austriacus</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	-0.749**	0.057***	8.02e-05***	-0.101**	0.118**	-	0.248*
Grandes espèces de lisière	1.173***	0.014.	-	-0.058.	-	-0.056***	0.286***
<i>Eptesicus serotinus</i>	1.222***	0.019*	-	-0.105**	-	-0.042**	0.352***
<i>Nyctalus leisleri</i>	-	-	-	-	0.203*	-0.202***	-
<i>Nyctalus noctula</i>	-	-	-	-	-	-	-
Petites espèces de lisière	0.174***	0.029***	-5.52e-06*	-0.067***	0.048***	-0.029***	0.104***
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	1.042*	-	0.0001***	-0.121*	-0.566***	0.062.	0.69**
<i>Pipistrellus nathusii</i>	-	0.109***	0.0001*	-0.222*	-	0.188**	-
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0.168***	0.029***	-6.23e-06**	-7.1e-02***	5.14e-02***	-3.26e-02***	0.109***
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	-	-	-9.26e-05.	-0.216**	-0.347*	-	-
<i>Barbastella barbastellus</i>	-	-	-4.06e-05***	-	0.089**	-	-
<i>Myotis daubentonii</i>	0.896.	-	1.29e-04***	0.153*	-0.152.	0.048.	-

Structure et composition des peuplements forestiers ont un fort impact sur l'activité des chiroptères

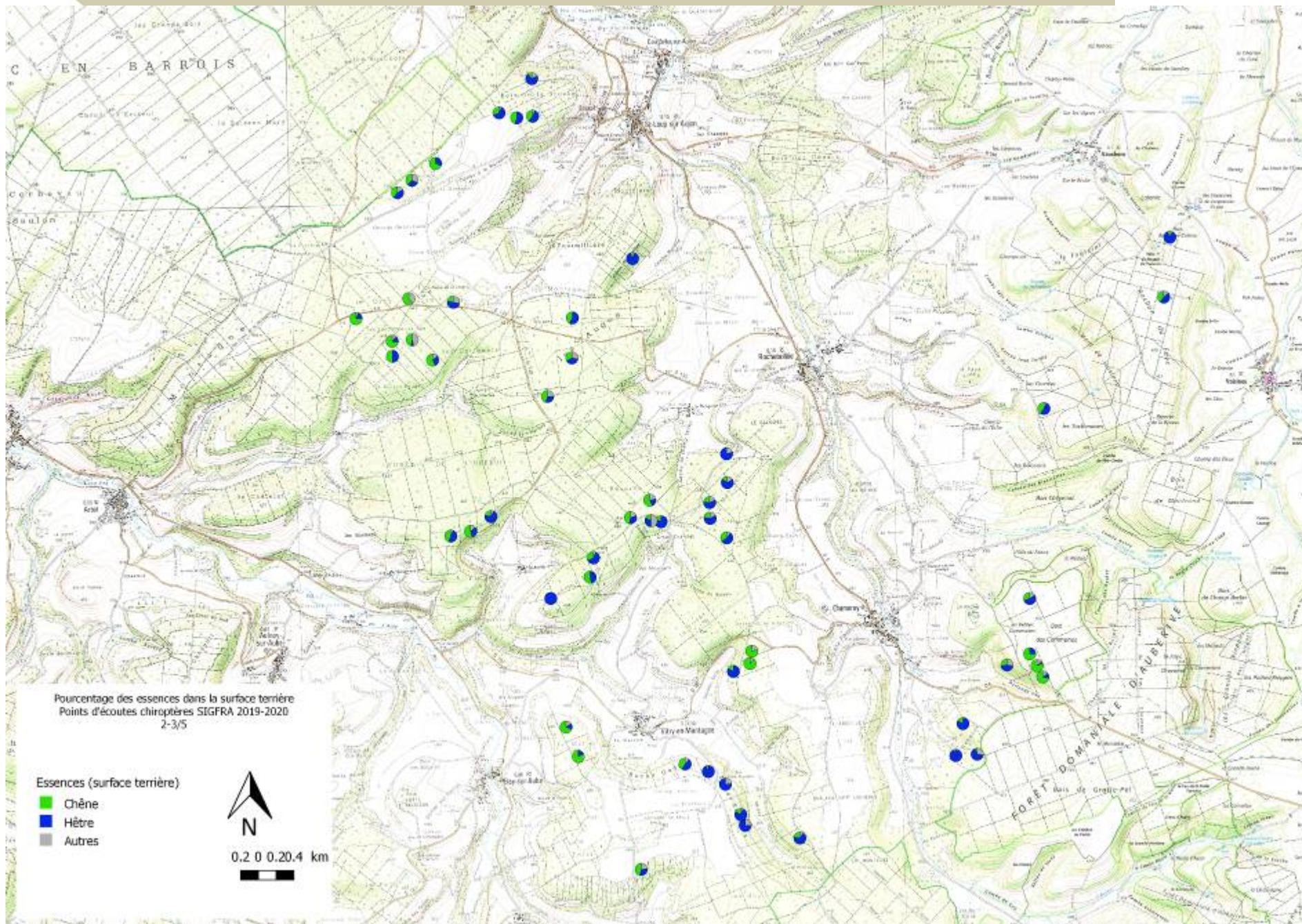
L'ensemble de ces résultats nous montrent des relations fortes entre les variables descriptives des peuplements forestiers choisies et les chauves-souris, avec pour les deux variables qui nous intéressent particulièrement, une attractivité globale pour les peuplements à gros bois et très gros bois, et une sélection des peuplements où le chêne domine par les espèces spécialistes de la forêt, alors que les généralistes préfèrent le hêtre. Enfin, il apparaît que toute forme d'hétérogénéité interfère pour expliquer la présence de certaines espèces, et que la trouée peut constituer un effet confondant qu'il convient d'explorer, à part de cette analyse principale (voir plus loin).

Cartes 9, 10, 11 et 12 (pages suivantes) : Mesure de la composition de la surface terrière totale de chaque point.

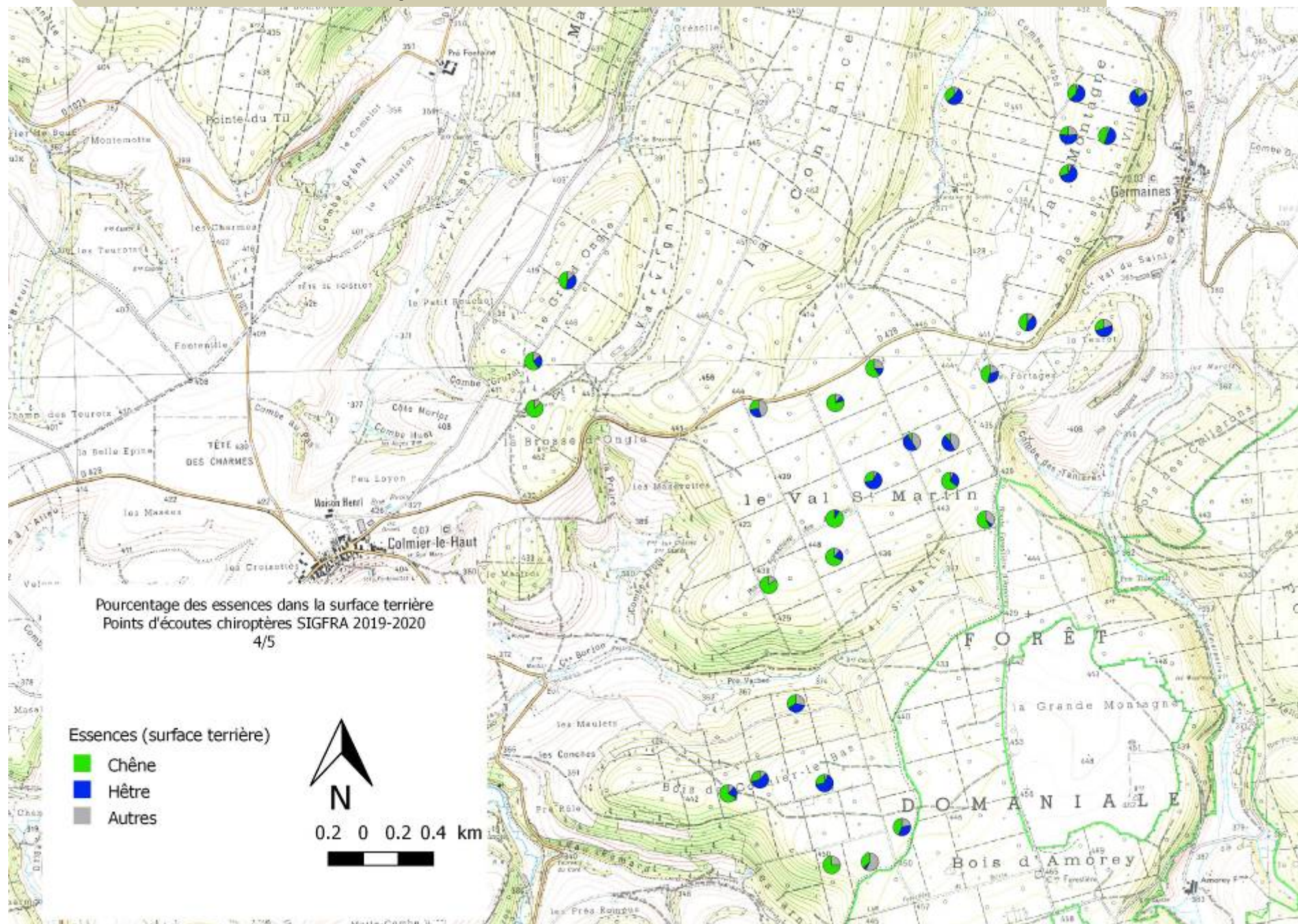
Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



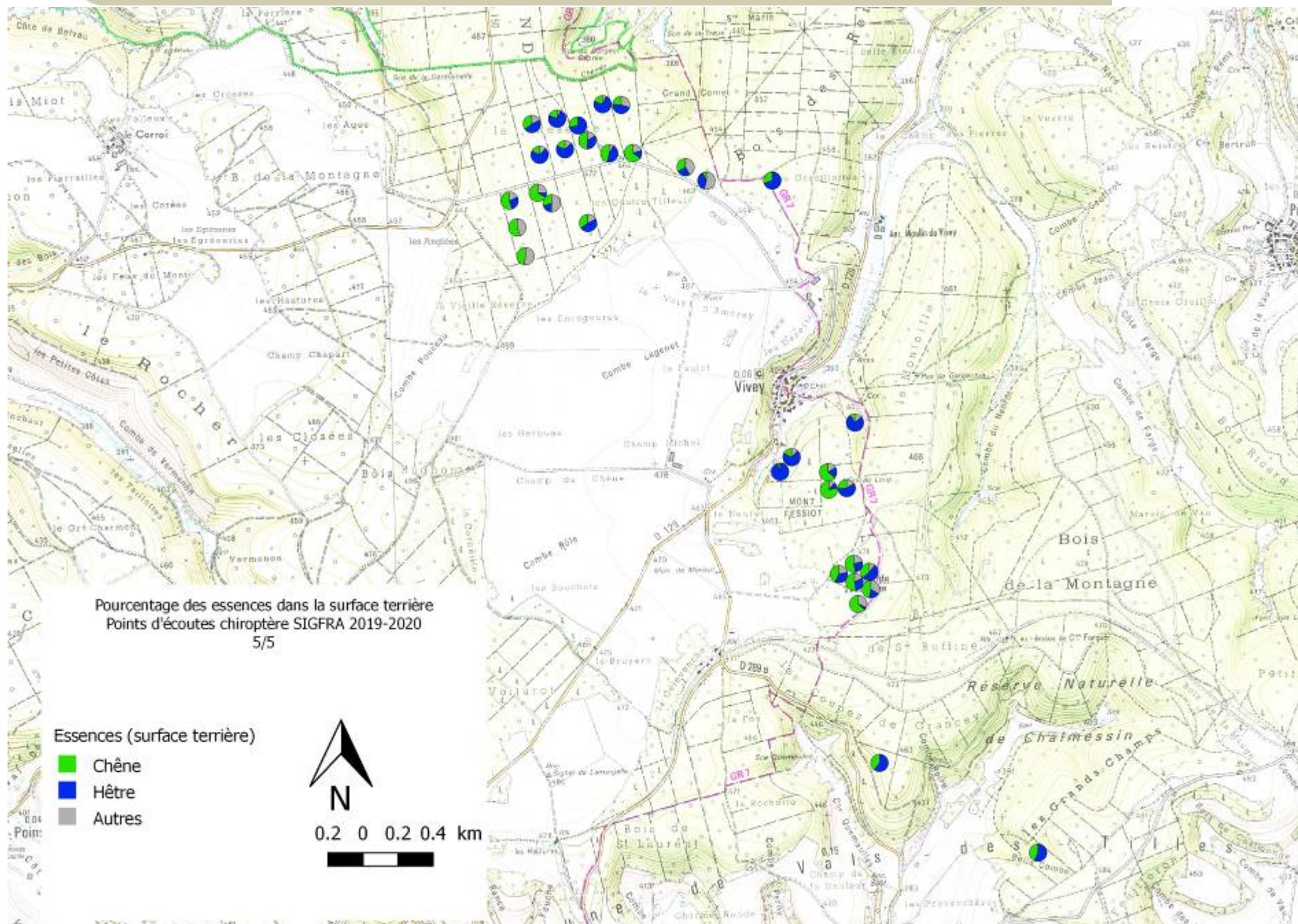
Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



3. ROLE DES DEUX VARIABLES PRINCIPALES

Compte-tenu de ces premiers résultats, nous avons mené une analyse visant à explorer uniquement les deux variables réponses (**surface terrière des gros bois et très gros bois et proportion des chênes face au hêtre**). Par ailleurs, il nous a semblé intéressant de rechercher de possibles **effets de seuils, au-delà desquels les relations peuvent s'intensifier**.

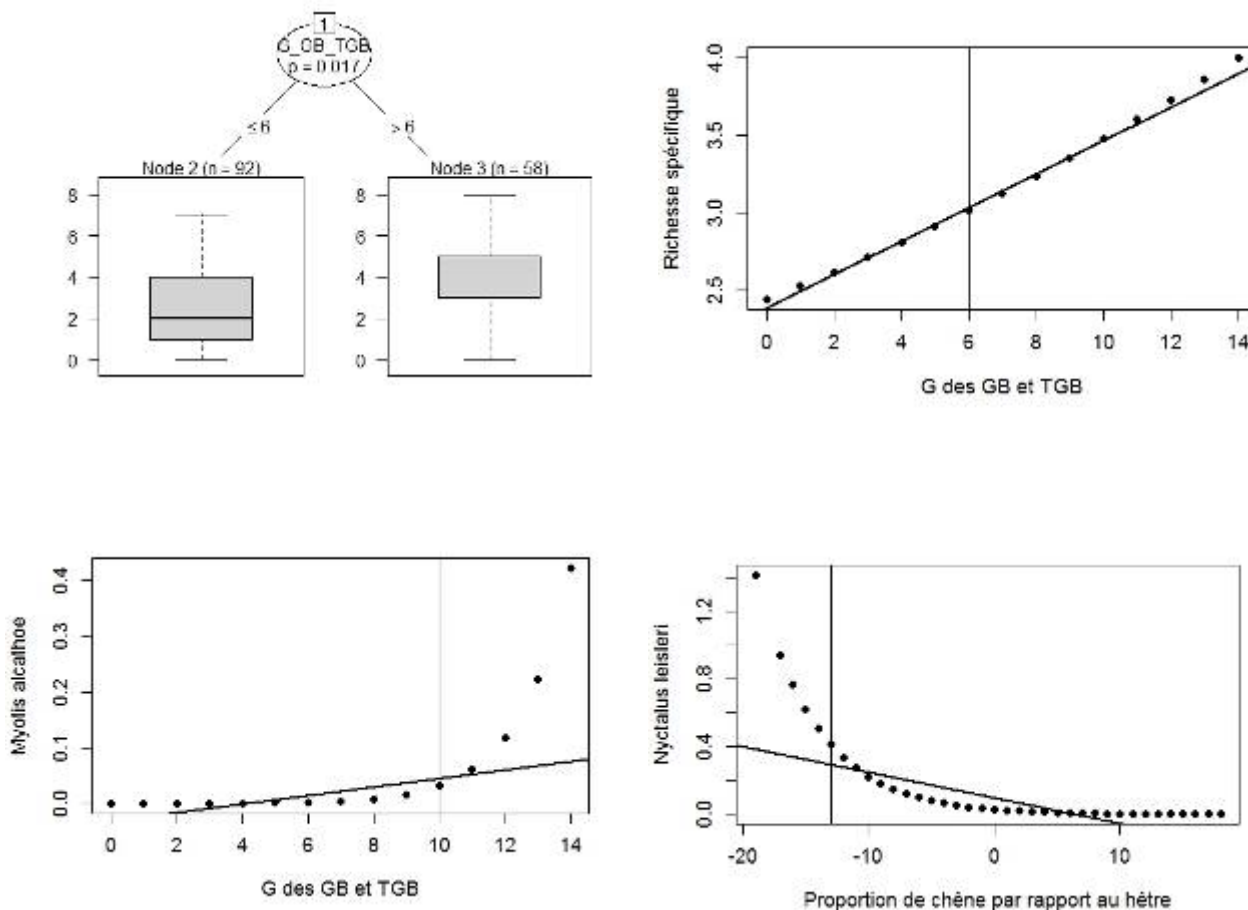
Nous observons ainsi les résultats suivants (tableau 10 et fig. 36) :

- Quand on se limite aux deux seules variables réponses visées par l'échantillonnage, les résultats écologiques sont un peu différents de ceux de l'analyse précédente. Ce résultat montre que ces deux variables réponses sont importantes et expliquent en grande partie la sélection des habitats forestiers par les chiroptères en contexte de futaie irrégulière, mais qu'elles ne sont **pas les seules variables à piloter** cette sélection d'habitats. Ainsi, les autres variables jouent aussi leur rôle.
- Un **effet positif des surfaces terrières des gros bois et très gros bois sur l'ensemble des chauves-souris**, particulièrement sur la richesse spécifique totale (avec un seuil à 6m² au-delà duquel cette richesse augmente sensiblement) et sur l'activité globale (toutes espèces confondues), mais aussi sur les espèces glaneuses (Murin d'Alcathoé, Murin à oreilles échancrées, Grand Murin, Oreillard roux et Petit Rhinolophe, **avec un seuil à 10m²/ha** pour le Murin d'Alcathoé et le Grand Murin au-delà duquel leur activité augmente), sur des espèces de lisière (Nocule de Leisler, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle commune et Barbastelle d'Europe). Par contre la relation est négative pour la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle pygmée, deux espèces généralistes peu présentes en forêt.
- Une **sélection des habitats forestiers dominés par les chênes** pour le Murin à oreilles échancrées, le Grand Murin, le Murin de Daubenton et la Pipistrelle de Nathusius, alors que le hêtre est préféré par le Murin de Natterer, la Sérotine commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune. Le chêne est connu pour être plus favorable au développement d'une grande diversité d'insectes, dont beaucoup dépendent de son feuillage, alors que le hêtre est globalement moins riche. Ce résultat est intéressant, dans la mesure où il peut traduire un **lien pour des espèces préférant le hêtre à une structure particulière de l'habitat**, soit parce que la gestion du hêtre implique un prélèvement favorisant l'apparition de trouées (rappelons que les trois espèces de lisière citées sont dépendantes aussi des trouées, comme nous l'avons mis en évidence dans l'analyse précédente), ou un sous-bois dégagé. Le cas du Murin de Natterer pose question, lui qui chasse principalement dans le sous-bois des peuplements feuillus. Il est possible que l'apparition de trouées dans le hêtre favorise l'éclaircissement latéral du sous-bois, entraînant le développement d'une végétation arbustive propice à son activité alimentaire (semis de Hêtre prompts à s'installer dès l'ouverture du peuplement entamée, etc.).

Tableau 10 : Résultats des modélisations par régression visant à étudier les relations entre les taxons et chacune des variables explicatives, respectivement : surface terrière des gros bois et très gros bois, et proportion de chêne sur le hêtre (une relation positive traduit une sélection du chêne, une relation négative traduit une sélection du hêtre). Afin d'éclairer ces relations, des seuils possibles ont été recherchés. Figurent ainsi les valeurs de seuil quand ils existent, uniquement quand la modélisation par régression a détecté une relation entre le taxon et la variable considérée (nc : pas de seuil détecté). La valeur indique la nature de la relation (elle est positive entre le taxon et la variable si la valeur est positive ; plus la valeur est élevée, plus il y a de relations), et le nombre d'* la significativité de la réponse (de *** : très significatif à . : un peu significatif).

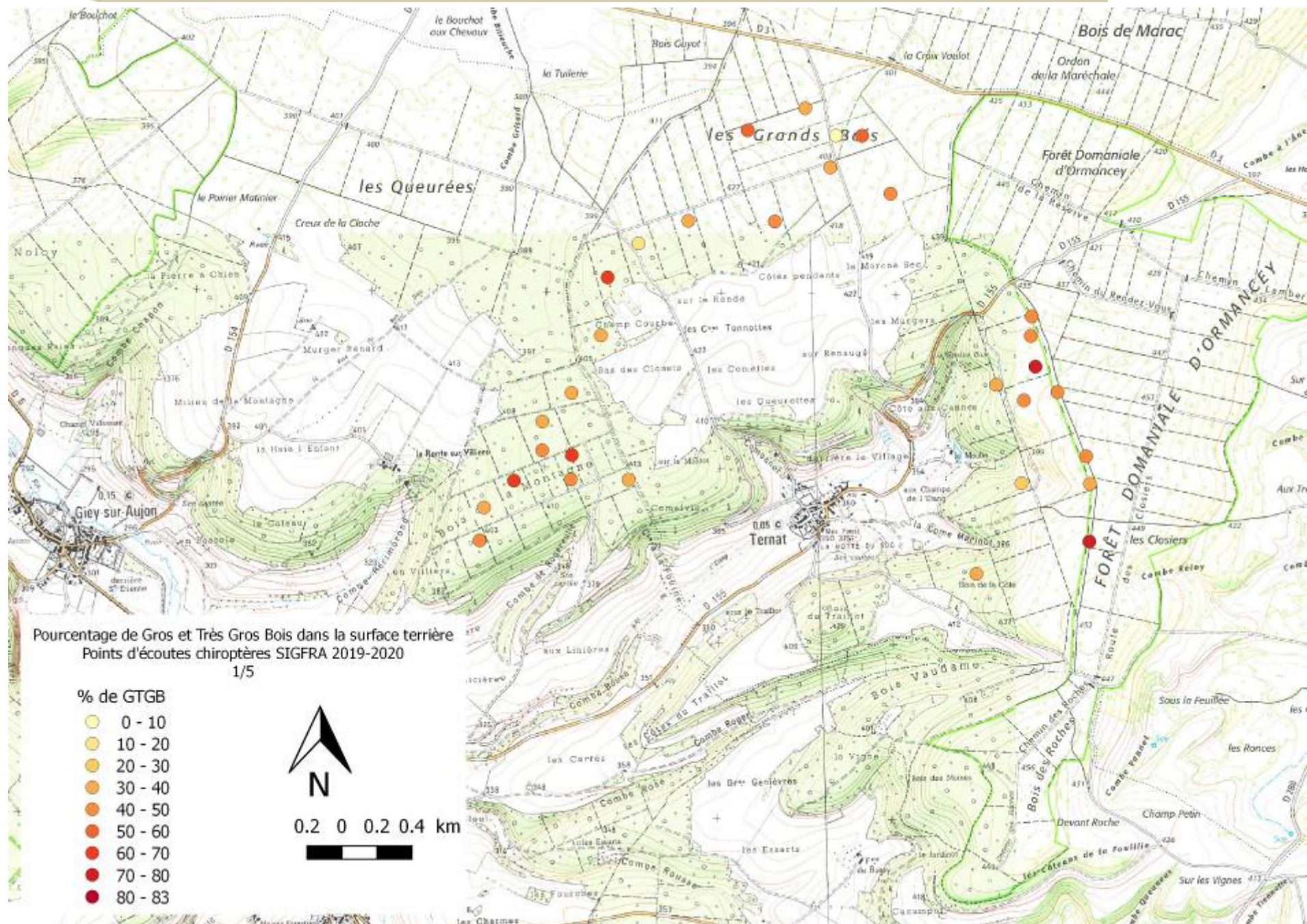
	Nb de placette avec le taxon	Nb de contacts totaux	Nb moyen de contacts/placette	Taux de résultats expliqués	G_GB_TGB	Seuil détecté (en m ² /ha)	Prop_CsurH	Seuil détecté
Nb total contacts	147			7%	0.026***	nc	-0.035***	nc
Richesse spécifique	147			5%	0.103*	6*	-	
Espèces glaneuses				4%	0.087***		-	
<i>Myotis alcaethoe</i>	2	2	0.01	35%	0.679*	10*	-	
<i>Myotis bechsteinii</i>	5	6	0.04	-	-		-	
<i>Myotis brandtii</i>	4	7	0.05	-	-		-	
<i>Myotis emarginatus</i>	57	208	1.39	2%	0.052*	nc	0.026**	nc
<i>Myotis myotis</i>	13	25	0.17	14%	0.269***	10*	0.063*	nc
<i>Myotis mystacinus</i>	3	3	0.02	4%	-		-	
<i>Myotis nattereri</i>	14	16	0.11	13%	-		-0.070*	-8*
<i>Plecotus auritus</i>	3	4	0.03	16%	0.297.	nc	-	
<i>Plecotus austriacus</i>	1	1	0.01	aucun résultat convergent	-		-	
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	30	75	0.50	3%	0.12**	nc		
Grandes espèces de lisière				5%	-		-0.049***	
<i>Eptesicus serotinus</i>	37	109	0.73	3%	-		-0.038**	nc
<i>Nyctalus leisleri</i>	7	14	0.09	48%	0.312***	nc	-0.218***	-13*
<i>Nyctalus noctula</i>	1	1	0.01	aucun résultat convergent	-		-	
Petites espèces de lisière				4%	0.031***		-0.033***	
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	7	23	0.15	9%	-0.265**	nc	-	
<i>Pipistrellus nathusii</i>	4	15	0.10	10%	0.235**	nc	0.094*	nc
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	138	4155	27.70	5%	0.032***	nc	-0.035***	nc
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	5	14	0.09		-0.484***	nc	-	
<i>Barbastella barbastellus</i>	54	188	1.25	1%	0.052*	nc	-	
<i>Myotis daubentonii</i>	12	24	0.16	5%	-		0.063*	

Figure 36 : Seuils détectés pour quelques espèces sur l'une des deux variables. Au-delà de ce seuil, l'activité du taxon change. Ainsi, la **richesse spécifique augmente sensiblement après 6m²/ha de surface terrière des gros bois et très gros bois** (les 2 graphiques du haut). De même l'activité du Murin d'Alcathoé augmente après 10m²/ha, alors que l'activité de la Noctule de Leisler baisse quand le taux de hêtre baisse en forêt (à -13).

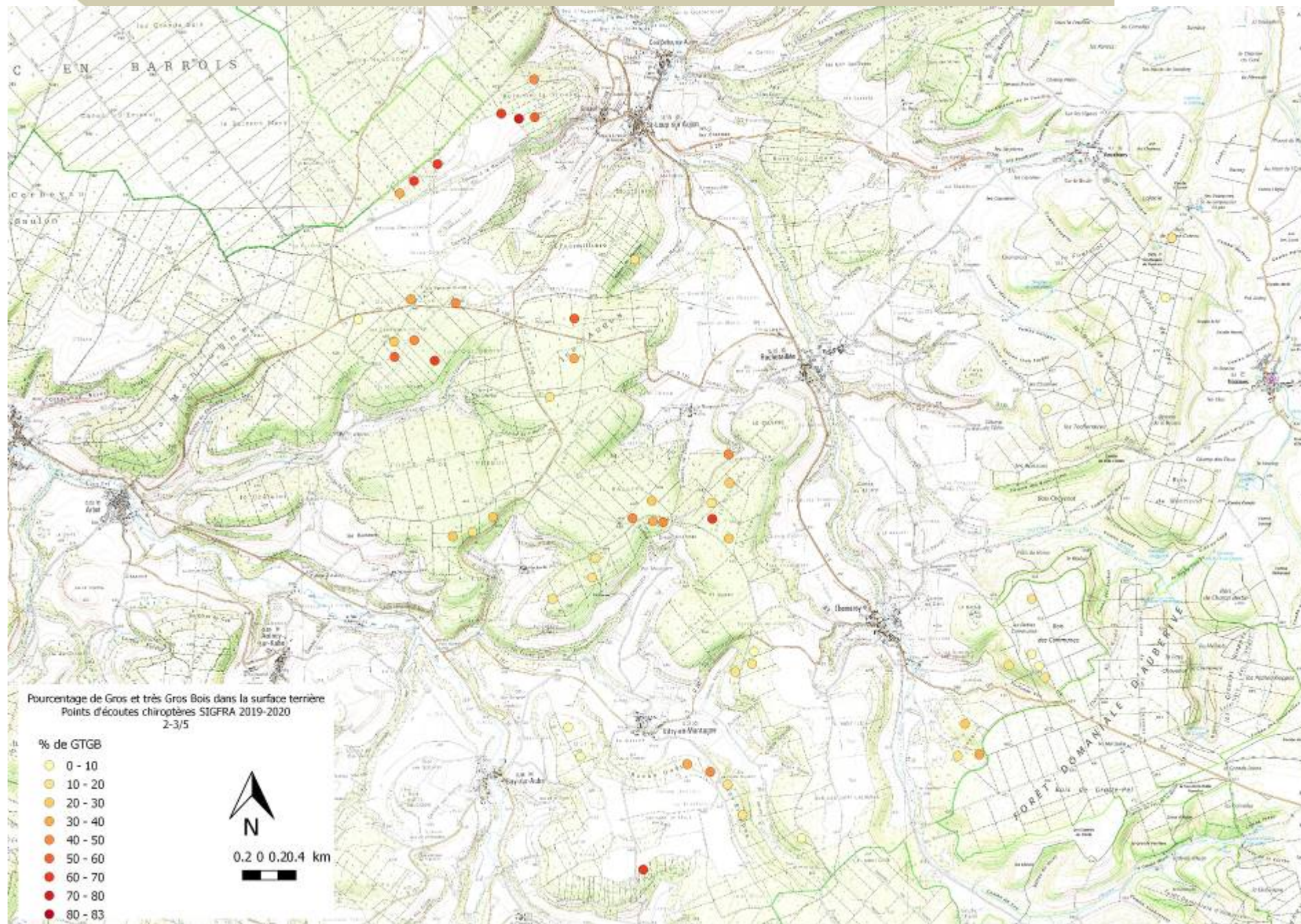


Cartes 13, 14, 15 et 16 (pages suivantes) : Cartes de modélisation du pourcentage de Gros Bois et Très Gros Bois dans la surface terrière totale de chaque point de la zone d'étude chiroptères.

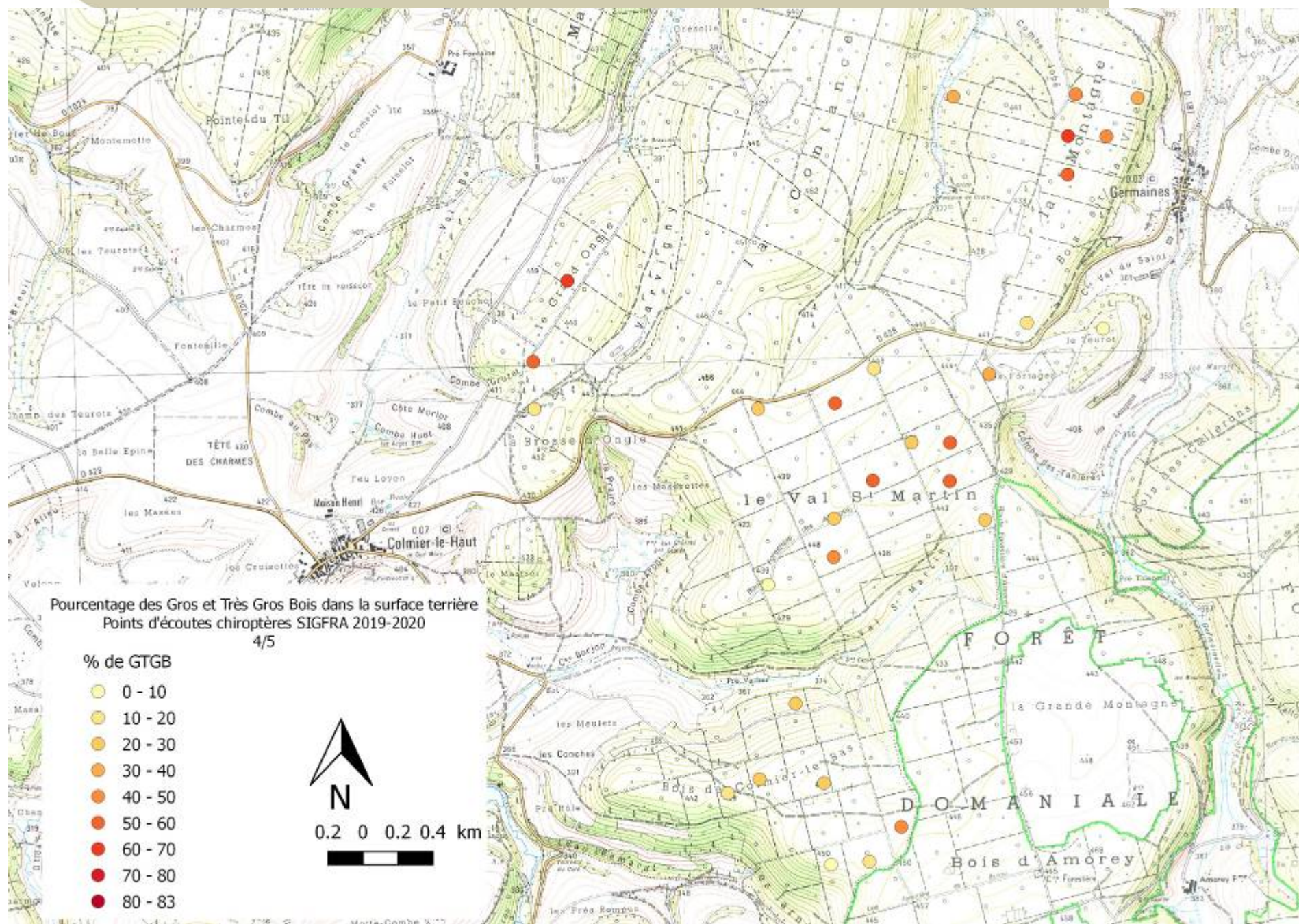
Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



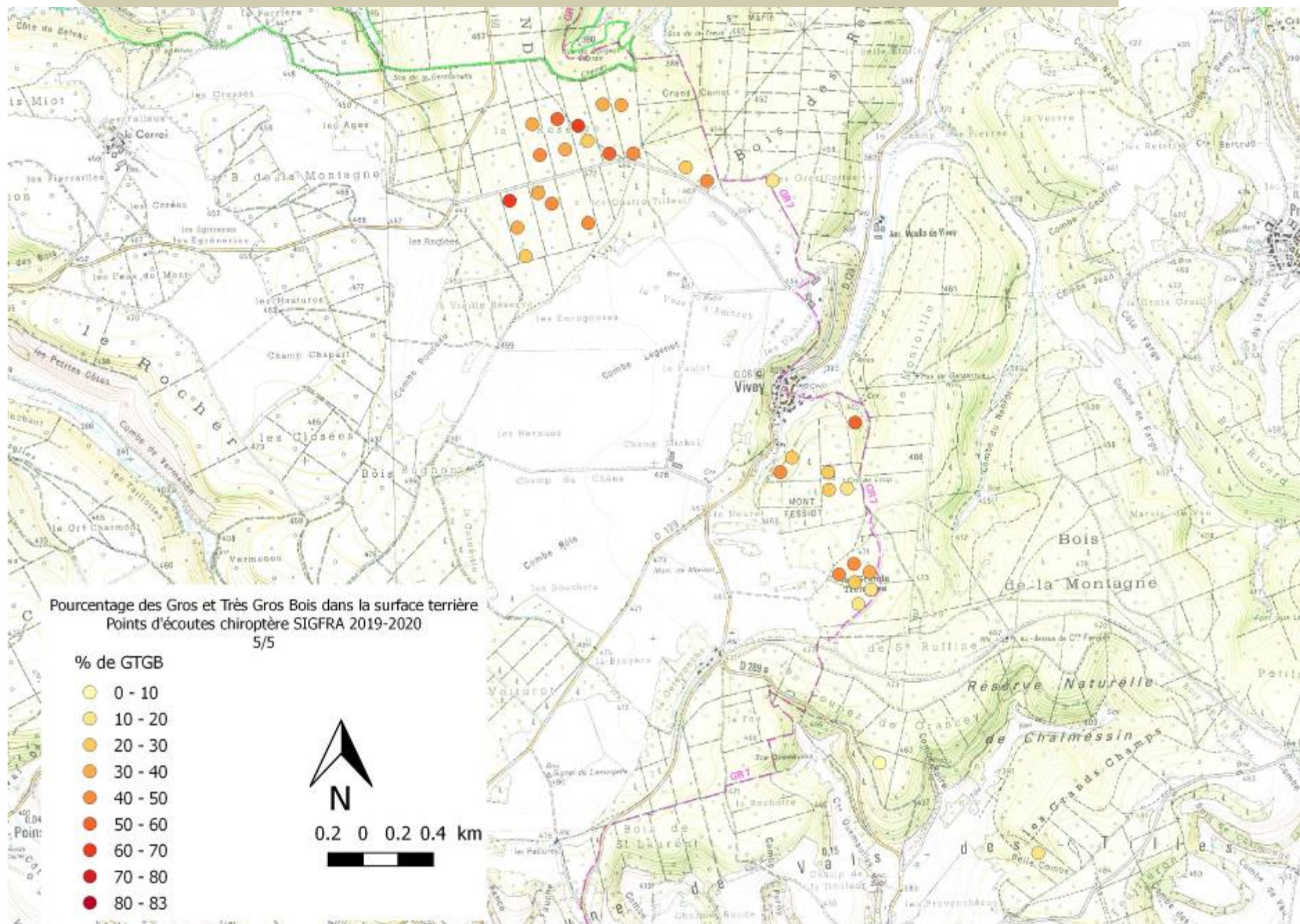
Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF



4. RECHERCHE D'AUTRES SEUILS EXPLICATIFS

Compte-tenu des premiers résultats et des réponses obtenues sur certaines variables, nous avons recherché des seuils possibles pour chaque variable et chaque taxon (voir tableau 11 et fig. 37). Les analyses nous montrent que :

- Aucun seuil n'a été détecté pour les variables suivantes : G_tot, G_TGB, Prop_TGB et Diversités.
- Un **seuil à 60%** a été détecté pour la proportion de **gros bois et très gros bois**, valeur **au-delà de laquelle la richesse spécifique augmente sensiblement**. De la même manière, un autre seuil est détecté à 61,5% pour les petites espèces de lisière. Il ne semble pas y avoir de seuil en valeur absolue. Le modèle indique que c'est la proportion de GB/TGB qui semble être importante dans l'attractivité d'un milieu.
- Deux seuils à près de 32000m³ de volume d'encombrement par la végétation sont détectés pour le Murin de Daubenton et le Petit Rhinolophe.
- Enfin, deux seuils semblent expliquer en grande partie la distribution des espèces sur les 150 points d'écoute : en effet, **certains taxons voient leur présence augmenter après une mesure au densiomètre de 6 à 7% d'ouverture de la canopée** permettant l'entrée de lumière vers le sol⁶ (richesse spécifique, nombre total de contacts et la Pipistrelle commune), **alors que d'autres sont sensibles à une ouverture à 25 à 27%** (Grand Murin, Murin à moustaches, Sérotine commune, petites espèces de lisière et Pipistrelle de Nathusius). **Ce résultat, inédit pour des chauves-souris, nécessite une analyse complémentaire pour caractériser la structure de l'habitat forestier impliquant ces deux seuils**. Se pose en effet la question des raisons écologiques justifiant cette réaction de la part de ces taxons (Cf. paragraphe 4.2.5).

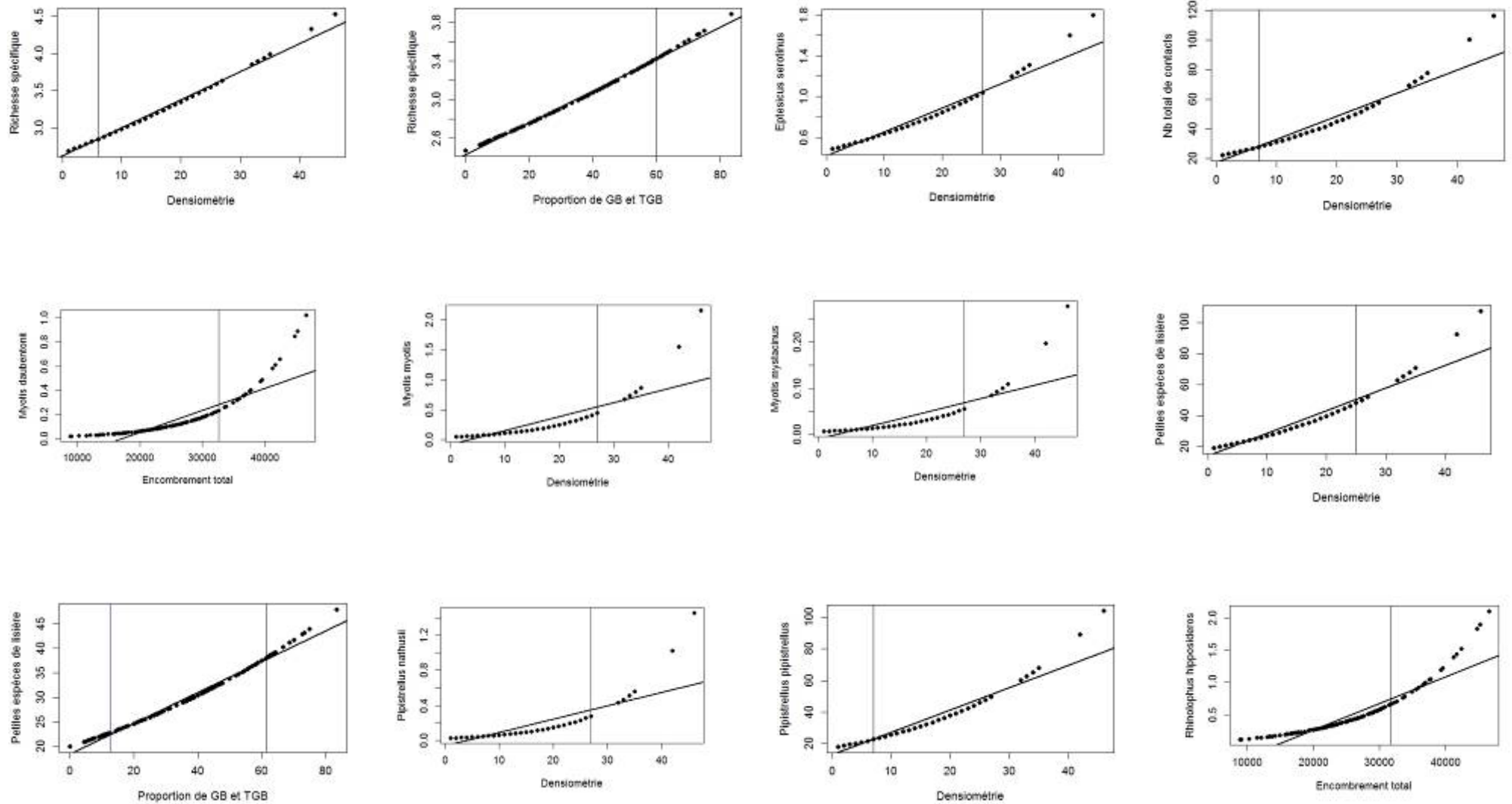
⁶ Pour ce seuil de 6 à 7%, il apparaît simplement que cette lumière entrant dans le sous-bois permet le développement d'une certaine végétation de sous-bois. En deçà de cette valeur, cette végétation ne se développe pas, et on ne distingue que très peu de buissons et d'arbustes, pourtant sources d'un feuillage sur lequel se développe tout un cortège de proies pour les chiroptères. Ainsi, sur le SIGFRA, un peuplement forestier trop fermé semble limiter l'accueil des chiroptères.

Tableau 11 : Résultats des valeurs de seuil obtenus entre chaque taxon et les différentes variables étudiées (sans les deux variables réponses analysées précédemment), uniquement quand la modélisation par régression a détecté une relation entre le taxon et la variable considérée (nc : pas de seuil détecté). Le nombre d'* indique la significativité de la réponse (de *** : très significatif à . : un peu significatif).

	Densio	Enc_tot	G_tot	Prop_GB_TGB	G_TGB	Prop_TGB	Div_essences
Nb total contacts	7**	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Richesse spécifique	6*	nc	nc	60%*	nc	nc	nc
Espèces glaneuses	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis alcathoe</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis bechsteinii</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis brandtii</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis emarginatus</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis myotis</i>	27***	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis mystacinus</i>	27*	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis nattereri</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Plecotus auritus</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Plecotus austriacus</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	nc	31612*	nc	nc	nc	nc	nc
Grandes espèces de lisière	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Eptesicus serotinus</i>	27*	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Nyctalus leisleri</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Nyctalus noctula</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Petites espèces de lisière	25*	nc	nc	61.5%**	nc	nc	nc
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Pipistrellus nathusii</i>	27*	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	7***	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Barbastella barbastellus</i>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
<i>Myotis daubentonii</i>	nc	32594*	nc	nc	nc	nc	nc

Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF

Figure 37 : Seuils détectés pour plusieurs taxons, pour la mesure de lumière au densiomètre (en %age), pour la proportion de gros bois et très gros bois, et l'encombrement total. Les valeurs en ordonnée sont le résultat de modélisations re-simulant la distribution des taxons à l'aide de la fonction *gamm* (sous R).



5. LE CAS PARTICULIER DES TROUEES

Le **protocole de description d'habitats forestiers MCH12** du réseau national mammifères ONF, lié à des points d'écoute chiroptères, définit la notion de trouées comme suit : « *On entend par **trouée** une **rupture en structure verticale** entre le peuplement de la placette et un autre stade forestier (régénération, fourré, chablis, volis, etc.) dont le **diamètre est compris entre 1 et 3 fois la hauteur dominante**. Ne sont pas pris en compte les pistes, ni routes forestières ».*

Comme nous l'avons observé plus haut, il semble qu'une variable explique une partie de l'activité de certains taxons. En effet, la mesure réalisée au densiomètre indique deux seuils au-delà desquels la richesse spécifique et l'activité de ces taxons augmentent. Ces deux seuils sont autour de 6% et 27%, et correspondent à un taux d'ensoleillement arrivant au sol, issu de plus ou moins grandes trouées. Le seuil de 6% pourrait correspondre à un peuplement suffisamment clair pour laisser passer de la lumière dans le sous-bois. Celui de 27% est bien plus important, et souligne la présence d'une ouverture physique permettant à la lumière d'accéder en bloc au sol de la forêt, entraînant le développement d'une structure végétale particulière. Il s'agit des trouées, issues de la chute d'un arbre, ou de l'exploitation d'un ou plusieurs arbres.

Ainsi, nous émettons l'hypothèse que la présence des trouées peut conditionner la sélection d'un site par les chiroptères.

De fait, lorsque la **présence de trouées** était notée sur un point d'écoute chiroptères du SIGFRA, un **complément de description dendrométrique** a été réalisé. Pour **chaque trouée des 59 placettes concernées**, ont été décrites ou calculées les variables suivantes (voir en annexe 1 le détail des mesures réalisées) :

- Le nombre total de trouées sur la placette,
- La surface totale des trouées sur la placette en m²,
- Au sein de l'emprise de la trouée, le volume total occupé par de la végétation (depuis le sol principalement, en m³),
- Au sein de l'emprise de la trouée, le volume total de vide, sans végétation (depuis le sol principalement, en m³),
- Un indice de diversité en essences forestières (calculé en nb total d'essences différentes par strate de végétation),
- La quantité de lumière inondant les trouées,
- Le taux mesuré au densiomètre (en %) de lumière pénétrant dans les peuplements autour des trouées.

Pour les autres placettes (91 placettes au total), une valeur nulle a été attribuée, justifiée par l'absence de trouée.

Figures 38, 39, 40, 41 et 42 : Photos illustrant différentes physionomies de trouées :

- Trouée n°1 : trouée circulaire avec un faible volume de végétation, une faible hétérogénéité (forme « plate » de la végétation dans la trouée), une mesure d'ouverture de couvert élevée au centre de la placette et une faible ouverture de couvert à 10 m autour de la trouée (image d'une végétation dense contrastant fortement avec la trouée, créant une sensation de « puit »)
- Trouée n°2 : trouée elliptique avec un volume moyen de végétation, une forte hétérogénéité (forme « cône » de la végétation dans la trouée), une mesure d'ouverture de couvert moyenne au centre de la placette et une ouverture moyenne de couvert à 10 m autour de la trouée (image d'une végétation lâche contrastant peu avec celle de la trouée, créant une sensation de « passoire » où la lumière pénètre latéralement dans le peuplement)



- Trouée n°3 : trouée en rectangle avec un faible volume de végétation, une faible hétérogénéité de la végétation dans la trouée, une mesure d'ouverture de couvert moyenne au centre de la placette et une ouverture de couvert à 10 m autour de la trouée qui est influencée à gauche par la présence d'une autre trouée
- Trouée n°4 : trouée circulaire avec un faible volume de végétation, une hétérogénéité moyenne (forme « convexe » de la végétation dans la trouée), une mesure élevée d'ouverture de couvert au centre de la placette. Les semis de Hêtre sont plus petits que l'opérateur et n'influence donc pas les mesures de densiomètre au centre de la placette.
- Trouée n°5 : trouée dans la canopée de forme à peu près similaire à celle de la trouée n°4, mais dont les mesures de densiomètre au centre sont fortement influencées par une végétation dense de 6 à 7 mètres de haut. Le couvert mesuré depuis le sol avec le densiomètre, est perçu comme très fermé, alors que la canopée est assez ouverte. Un des biais de ces mesures.



Comme pour les analyses précédentes, nous avons d'abord réalisé une analyse de corrélation entre les sept variables explicatives retenues en utilisant la fonction *panel* de la librairie « HighstatLibV6.R »²⁵. Inévitablement, elles sont toutes dépendantes des trouées, et sont donc très corrélées entre elles (voir figure 43).

Compte-tenu de cette forte relation entre les sept variables, les **relations entre chaque variable d'habitat et les chauves-souris ont été modélisées**, en vérifiant l'absence de sur-dispersion et de sous-dispersion, puis en vérifiant l'absence de points aberrants pouvant biaiser les relations modélisées (fonction *cooks.distance*) ainsi que la distribution des résidus des modèles. Pour chaque taxon, nous avons réalisé une analyse avec une seule variable par modèle. Chacun d'eux a ensuite été testé à l'aide d'une ANOVA et du calcul du critère d'Akaike permettant de classer les sept modèles obtenus. Il nous a ainsi été possible d'identifier parmi toutes les variables réponses celle qui était la plus explicative. Chaque modèle a été mis en œuvre à l'aide de la fonction *glm* :

- pour la richesse spécifique totale, avec une distribution de Poisson, comme pour les richesses spécifiques des **espèces glaneuses**, et avec une distribution de quasi-Poisson pour les richesses spécifiques des **petites et des grandes espèces de lisière**⁷,
- pour l'activité totale des chiroptères, les **contacts totaux des petites espèces de lisière**, des **espèces glaneuses** avec une distribution de Poisson et les **contacts des grandes espèces de lisière** avec une distribution binomiale négative,
- pour l'activité de **chaque taxon**, avec une distribution binomiale négative, de quasi-Poisson ou de Poisson selon la distribution observée pour le taxon.

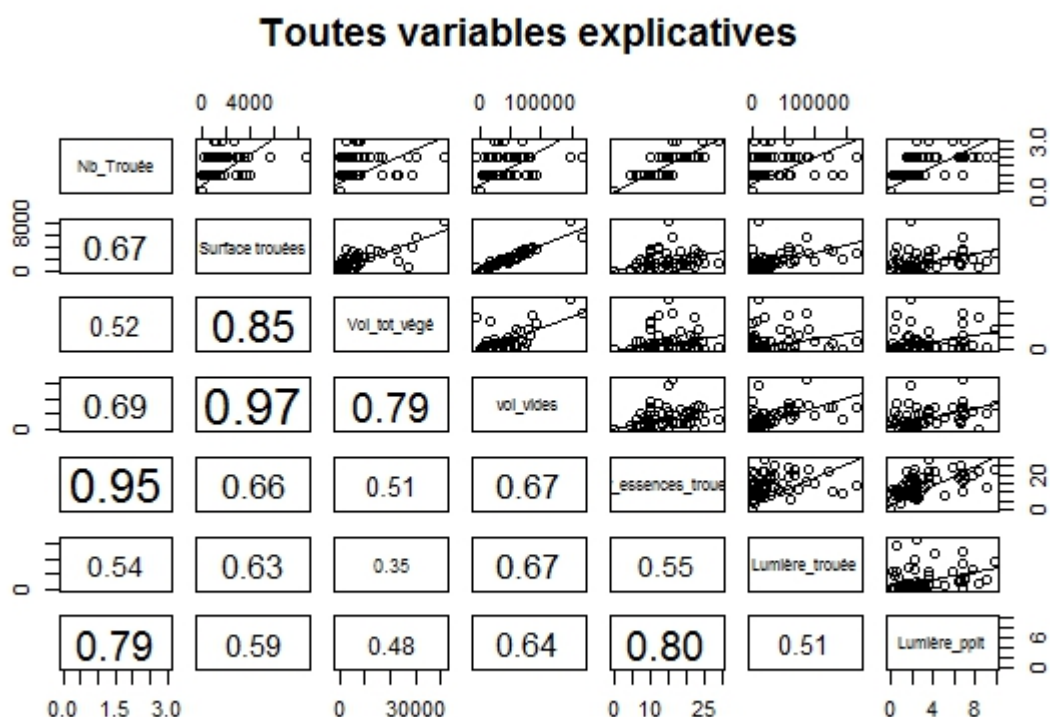
Parce que la richesse spécifique peut varier selon les forêts étudiées, nous avons ajouté un effet aléatoire "placette" à chaque modèle.

Lorsque des relations significatives ont été révélées par les modélisations, nous avons comme précédemment **recherché des valeurs de seuil** pouvant expliquer des basculements statistiques entre une variable et un taxon⁸, toujours à l'aide de la méthode du partitionnement récursif (Hothorn et al. 2006; Zeileis et al. 2008).

⁷ On notera le regroupement du Petit Rhinolophe avec les espèces glaneuses lors de cette étude.

⁸ L'objectif de cette procédure est d'identifier des valeurs à partir desquelles la relation entre une variable et un taxon s'amplifie. En effet, si on peut observer parfois une relation significative entre une variable et une espèce, elle peut parfois être plus élevée que la moyenne à partir d'une certaine valeur. C'est ce que nous avons voulu tester ici.

Figure 43 : Graphique indiquant les **valeurs des corrélations entre les variables explicatives prises 2 à 2**. Par exemple, « Surface trouées » est très corrélé avec « vol_vides » avec une relation dont le coefficient est de $r=-0.97$. Ce résultat montre que ces deux variables sont corrélées et qu'elles expliquent la même chose sur le terrain. S'il est possible de tester la relation entre chacune des 2 variables et l'activité ou la richesse en chiroptères, il n'est pas possible de modéliser ces relations en associant ces 2 variables dans le même modèle, les effets étant trop confondants. D'une manière générale, on considère qu'il y a une corrélation trop forte, et qu'une variable à expliquer en explique une autre lorsque le coefficient de corrélation est supérieur à $r=0.27$ pour des tailles d'échantillons "grands" ($n>30$). Dans le cas présent, cette forte corrélation implique une analyse non pas multivariée, mais variable par variable dans des modèles indépendants, pour chaque taxon.



Nos résultats montrent que l'effet des trouées est visible pour les chiroptères, avec des relations diversifiées selon les taxons (voir tableaux 12 et 13, et fig. 43) :

- Si la **richesse spécifique ne montre aucun lien avec les trouées** (c'est-à-dire que la présence de trouées n'impacte pas le nombre d'espèces pouvant être rencontrées sur la zone), **le nombre de contacts est lui fortement corrélé à leur présence** (réponse positive pour 6 des 7 variables explicatives, avec quelques seuils, notamment à près de 60.000m³ de vide représenté par la trouée – soit pour une trouée « vide », une trouée d'un peu plus de 27 m de rayon pour 25 m de haut).
- Les **espèces glaneuses réagissent peu à la présence des trouées**. Pour autant, le **Petit Rhinolophe et le Murin à oreilles échanrées évitent clairement les trouées** (réaction négative au nombre de trouées et au taux d'éclairement induit dans le peuplement autour des

trouées). Pour autant, la recherche de seuils permettant d'éclairer ce résultat n'a fourni aucune information, tout comme pour le **Grand murin, qui réagit positivement au nombre de trouées ainsi qu'à la diversité en essences** forestières qui en découle avec l'augmentation du sous-bois.

Ces résultats sont intéressants, et doivent être confrontés à d'autres. Lors d'une étude portant sur le Petit Rhinolophe en forêt de Duesme²⁹, nous avons mis en évidence une relation positive entre les trouées et l'espèce. En réalité, les trouées en question correspondaient à des trouées de bois mort faisant suite à la tempête de 1999. Consécutivement, la dynamique de la végétation au sol et dans les sous-bois environnants a été particulièrement importante. Notre étude avait montré que l'espèce chassait principalement dans la strate de végétation entre 4 et 16m de hauteur. Or, la végétation de ces trouées sur le site, principalement arbustive, étant maximale autour des trouées. Dans les forêts du SIGFRA, nos opérateurs de terrain ont constaté une dynamique de cette végétation bien plus lente au niveau des trouées et dans le sous-bois environnant, observation pouvant expliquer cette différence notable entre les 2 sites pour l'espèce. Cette hypothèse doit se vérifier pour les autres espèces dites glaneuses, chassant dans le feuillage : si ce dernier n'est pas fortement dynamique et développé, le site se trouve ainsi moins attractif pour ces espèces chassant dans le feuillage. Par ailleurs, ce résultat pourrait se confirmer par le fait que le Grand Murin, quant à lui, est favorisé par les trouées (très étrangement, compte-tenu qu'il chasse les insectes au sol, et que le développement de la végétation basse constitue une entrave à son déplacement ; il doit profiter d'un éclaircissement qui favorise certaines proies du sol ensoleillé, dans des espaces restant accessibles pour lui).

- **Les espèces de lisières** (grandes et petites) **profitent des trouées**. Ce résultat est tout à fait logique, si on considère que ces taxons ont besoin d'espaces dégagés pour voler sans risquer d'entrer en contact avec la végétation. Quand cette dernière est trop importante, l'encombrement par les troncs, les branches et le feuillage entrave le déplacement des individus, dont le vol est rapide. A l'opposé, une ouverture dans le peuplement entraîne à la fois un vide permettant le vol de ces animaux, mais constitue par ailleurs un bloc avec des lisières sur le contour de la trouée offrant des références acoustiques (comme des repères visuels) sur lesquels les chiroptères peuvent s'appuyer pour évoluer en sécurité tout en recherchant les proies : **la création d'une multitude de lisières internes**. Enfin, la végétation qui l'encadre produit continuellement des insectes en quantité et en grande diversité, qui peuvent tenter de s'échapper du peuplement forestier pour gagner des espaces au vol plus aisé et facilitant les rencontres avec des partenaires sexuels. Ces insectes se retrouvent alors dans l'espace de vol de ces espèces de lisières, qui peuvent alors en profiter. Globalement, toutes les espèces en profitent, **sauf la Noctule commune**, qui chasse plus haut, généralement au-dessus des arbres. Plusieurs seuils ont été trouvés pour ces espèces (voir tableau 13 et figure 44). Par exemple, il semble que les **grandes espèces de lisières profitent déjà des petites trouées provoquées par l'exploitation d'une petite grappe d'arbres** (seuil positif à 738m² - soit une surface de 15 à 16 m de rayon, pour la Sérotine commune), puis lorsque les surfaces deviennent plus importantes suite à **l'exploitation d'un bouquet d'arbres pour la Noctule de Leisler** (seuil positif à 3157m² - soit une surface de 32 m de rayon). Ainsi, le graphique de droite de la figure 44 montre en effet 2 seuils au-delà desquels l'activité de ce groupe augmente de manière significative. Par ailleurs, ces trouées induisent parfois un éclaircissement du sous-bois voisin. Nous avons détecté un nouveau **seuil**

autour de 6% de lumière entrant dans le peuplement pour la Pipistrelle commune (graphique de gauche de la figure 44). En effet, un sous-bois trop encombré peut entraver le déplacement de cette petite espèce. Il semble qu'à partir d'un certain niveau d'ensoleillement, le sous-bois permette à cette espèce d'évoluer sans risque de collision avec les obstacles végétaux.

NB : ces valeurs seuil de surfaces de trouées ne sont pas à considérer pour une trouée unitaire mais bien en surface cumulée des différentes trouées qui impactent les 25 mètres de perception d'un point d'écoute chiroptères.

En conclusion

Il apparaît que les chauves-souris sont diversement impactées par l'émergence d'une trouée dans le peuplement forestier (voir figure 43 ci-après). Si l'activité globale augmente avec les trouées, les espèces de lisière sont clairement favorisées, alors que les espèces glaneuses les évitent. Ainsi, même si la richesse spécifique ne répond pas favorablement aux trouées (ce qui est logique si on considère que la moitié des espèces forestières, les chiroptères glaneurs, les évitent), les noctules, sérotines, pipistrelles et autres petites espèces de lisières profitent de ces volumes qui hétérogénéisent les peuplements irréguliers. Ces derniers offrent finalement peu d'opportunités de chasse pour les espèces plus généralistes au vol rapide que sont les chauves-souris chassant en lisière ou dans les espaces vides, sauf quand l'exploitation forestière ou un accident naturel entraîne la formation d'un vide au milieu du peuplement.

Figure 43, d'après Tillon et al. ³⁰ : Distribution des espèces de chiroptères dans un volume forestier, selon le paysage intra-forestier. Le schéma montre que les espèces glaneuses (murins et oreillards) sélectionnent les sous-bois et les houppiers, alors que les petites et les grandes espèces de lisière occupent favorablement la trouée (ici induite par la mort d'un arbre ; la situation serait identique dans le cas de l'exploitation de cet arbre).

Bb : Barbastelle d'Europe, Es : Sérotine commune, Mb : Murin de Bechstein, Mm : Grand Murin, Mms : Murin à moustaches, Mn : Murin de Natterer, NI : Noctule de Leisler, Nn : Noctule commune, Pa : Oreillard roux, Pk : Pipistrelle de Kuhl, Pp : Pipistrelle commune.

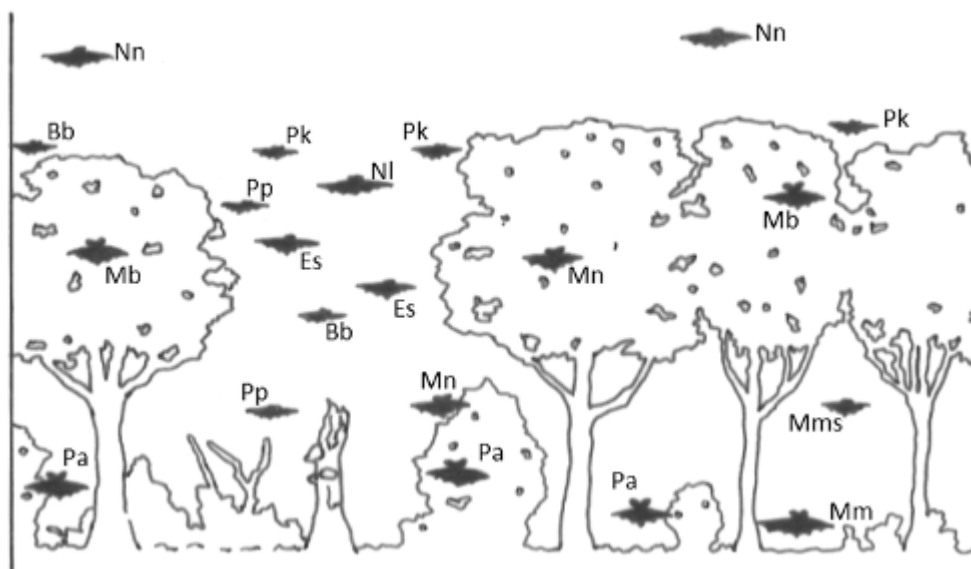


Tableau 12 : Résultats des modélisations réalisées à l'aide de régressions univariées visant à étudier les relations entre les taxons et chacune des variables explicatives, respectivement (avec leur numéro d'ordre dans l'analyse) : nombre de trouées (1), surface des trouées (2), volume total de végétation (3), volume des espaces vides (4), indice de diversité des essences dans les trouées (5), quantité de lumière dans les trouées (6) et taux de lumière dans les peuplements (7). Les sept modèles ont été classés à l'aide du calcul du critère d'Akaïke (AICc). La valeur indique la nature de la relation (elle est positive entre le taxon et la variable si la valeur est positive ; plus la valeur est élevée, plus il y a de relations), et le nombre d'* la significativité de la réponse (de *** : très significatif à . : un peu significatif).

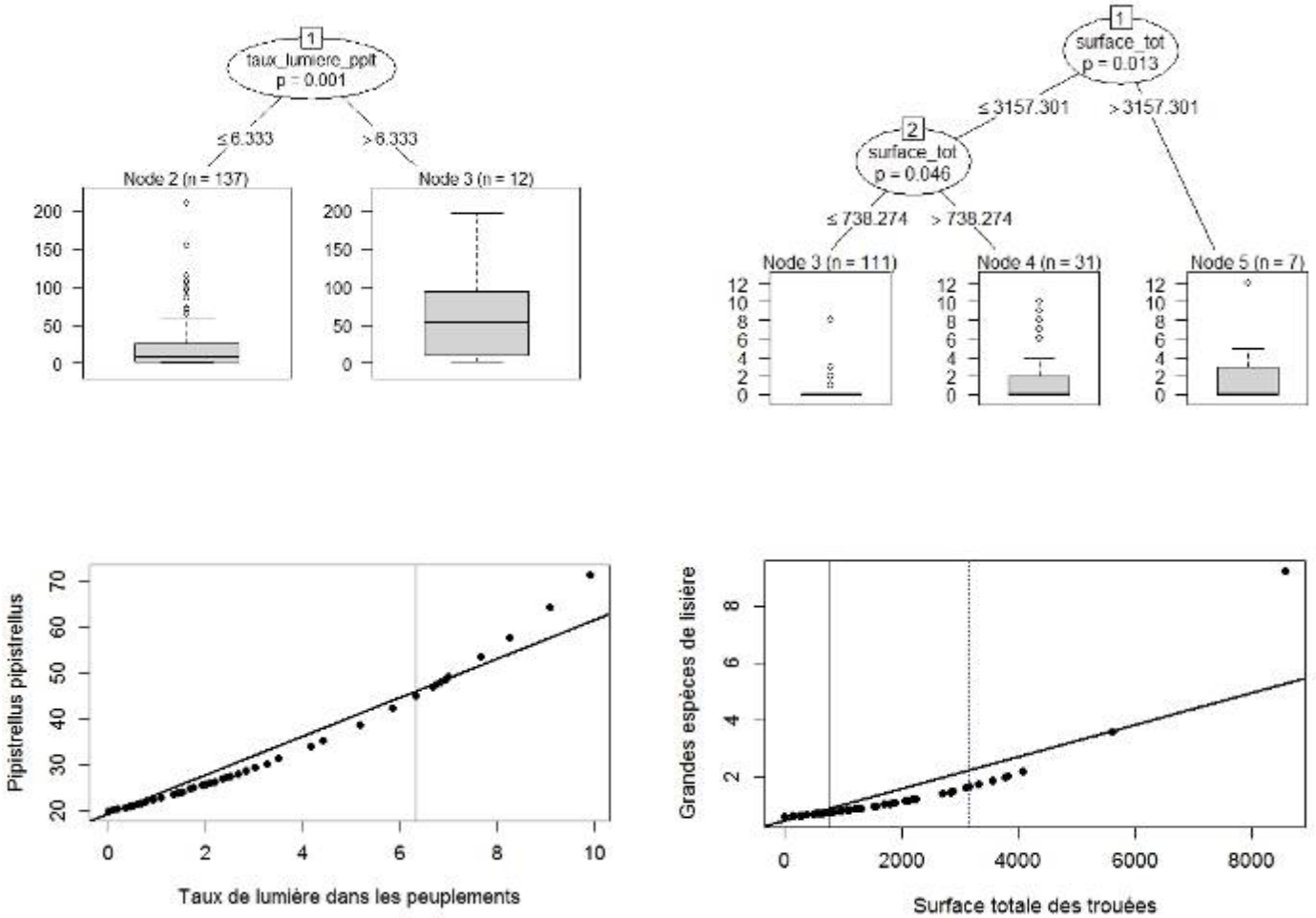
Remarque : chaque résultat doit se lire de manière indépendante entre chaque variable. Ainsi, chaque analyse montre une certaine relation entre le taxon et la variable. Souvent dans nos résultats, la diversité en essences dans les trouées montre une réponse plus forte (valeur de vraisemblance plus élevée que pour les autres variables). Pour autant, l'analyse par comparaison des valeurs d'AICc nous indique la variable la plus importante parmi toutes les variables testées. C'est ainsi que la lumière dans les trouées, ou dans les peuplements voisins, apparaît régulièrement la plus significative.

Numéro de la variable explicative		1	2	3	4	5	6	7	
Variable explicative		Nb de trouées	Surface des trouées	Volume total de végétation	Volume des espaces vides	Indice de diversité des essences dans les trouées	Quantité de lumière dans les trouées	Taux de lumière dans les peuplements	Variable réponse principale
	Nb total contacts	0.147***	1.222e-04***	-	6.654e-06***	0.019***	7.763e-06***	0.122***	7
	Richesse spécifique	-	-	-	-	-	-	-	ns
Espèces glaneuses		-0.193**	-	-1.956e-05***	-	-0.012.	-	-0.070**	1
	<i>Myotis alcaethoe</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Myotis bechsteinii</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Myotis brandtii</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Myotis emarginatus</i>	-0.242**	-	-	-	-0.018.	4.625e-06*	-0.071*	1
	<i>Myotis myotis</i>	0.482*	-	-	-	0.049*	-	0.119.	1
	<i>Myotis mystacinus</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Myotis nattereri</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Plecotus auritus</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Plecotus austriacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	-0.295.	-	-9.046e-05*	-	-	-	-0.136.	3
Grandes espèces de lisière		0.498***	2.967e-04***	4.434e-05***	1.465e-05***	0.057***	1.640e-05***	0.128***	6
	<i>Eptesicus serotinus</i>	0.560***	2.857e-04***	3.801e-05***	1.403e-05***	0.064***	1.750e-05***	0.098**	6
	<i>Nyctalus leisleri</i>	-	4.164e-04***	8.840e-05***	2.191e-05***	-	-	0.383***	7
	<i>Nyctalus noctula</i>	-	-	-	-	-	-	3.013e-05.	6
Petites espèces de lisière		0.166***	1.269e-04***	-	6.957e-06***	0.021***	7.906e-06***	0.136***	7
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	-	-	-	-	-	-	-	ns
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	-	3.727e-04***	-	1.874e-05***	-	2.412e-05***	0.296***	6
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0.164***	1.282e-04***	4.443e-06***	7.048e-06***	0.021***	8.058e-06***	0.136***	7
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	0.482.	-	-	-	0.097**	-	0.250**	5
	<i>Barbastella barbastellus</i>	0.227**	-	-	4.855e-06*	0.019*	-	0.142***	7
	<i>Myotis daubentonii</i>	-	2.713e-04**	5.128e-05**	1.185e-05*	-	9.986e-06*	-	2

Tableau 13 : Résultats des valeurs de seuil obtenus entre chaque taxon et les différentes variables étudiées, uniquement quand la modélisation par régression a détecté une relation entre le taxon et la variable considérée (ns : pas de seuil détecté).

	Nb de trouées	Surface des trouées (en m ²)	Volume total de végétation (en m ³)	Volume des espaces vides (en m ³)	Indice de diversité des essences dans les trouées	Quantité de lumière dans les trouées	Taux de lumière dans les peuplements
Nb total contacts	ns	ns	-	59376	ns	65575	6.333
Richesse spécifique	-	-	-	-	-	-	-
Espèces glaneuses	ns	-	ns	-	ns	-	ns
<i>Myotis alcaethoe</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myotis bechsteinii</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myotis brandtii</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myotis emarginatus</i>	ns	-	-	-	ns	ns	ns
<i>Myotis myotis</i>	ns	-	-	-	ns	-	ns
<i>Myotis mystacinus</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myotis nattereri</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plecotus auritus</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plecotus austriacus</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	ns	-	ns	-	-	-	ns
Grandes espèces de lisière	ns	738 et 3157	7540 et 16771	71560	ns	67623	6.667
<i>Eptesicus serotinus</i>	0	738	ns	15840	8	67623	ns
<i>Nyctalus leisleri</i>	-	3157	16771	71560	-	-	6.667
<i>Nyctalus noctula</i>	-	-	-	-	-	-	ns
Petites espèces de lisière	ns	ns	-	ns	ns	74888	6.333
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pipistrellus nathusii</i>	-	ns	-	ns	-	74888	ns
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	ns	ns	ns	59376	ns	65576	6.333
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	ns	-	-	-	ns	-	ns
<i>Barbastella barbastellus</i>	ns	-	-	ns	ns	-	4.417
<i>Myotis daubentonii</i>	-	ns	ns	ns	-	ns	-

Figure 44 : Seuils détectés pour plusieurs taxons, pour la mesure de lumière au cœur du peuplement voisin des trouées au densiomètre (en %age) pour la Pipistrelle commune (graphiques de gauche) et pour la surface totale (en m²) des trouées pour la Sérotine commune (graphiques de droite). Les valeurs en ordonnée (de la partie basse) sont le résultat de modélisations re-simulant la distribution des taxons à l'aide de la fonction *gamm* (sous R).



V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

1. SYNTHÈSE

L'étude de la fréquentation des forêts du SIGFRA par les chiroptères a permis d'obtenir des résultats inédits, puisqu'il s'agissait de la première étude portant sur des forêts traitées en irrégulier depuis plus de trente ans. L'antériorité de la gestion permet d'appuyer les observations sur des sylvofaciès irréguliers déjà mûrs.

Pour résumer, nos résultats montrent :

- Que si la surface terrière globale totale intervient peu (voire négativement par l'entraînement d'une fermeture du peuplement trop importante en cas d'une prédominance de jeunes bois), par contre la surface terrière des **Gros Bois et Très Gros Bois joue un rôle fondamental** pour expliquer la richesse spécifique, l'activité globale des chiroptères et particulièrement les espèces glaneuses (avec un seuil positif à 10m² de gros bois minimum pour favoriser le Murin d'Alcathoé et le Grand Murin) : c'est à partir de plus de **60% de GB / TGB** en proportion de tiges (quelle que soit la surface terrière) que le peuplement devient attractif pour les chauves-souris.
- Que la **diversité en essences** contribue globalement à augmenter la présence des chiroptères (en richesse, en activité). Néanmoins, il semble que le **chêne** favorise clairement les espèces spécialistes forestières, le Murin à oreilles échancrées en tête (suivent le Grand Murin, le Murin de Daubenton et la Pipistrelle de Nathusius), alors que le hêtre favorise plutôt les espèces généralistes, dont la Pipistrelle commune. Ce résultat rejoint celui que nous avons obtenu dans une autre étude en forêt régulière¹⁹. Le chêne est l'arbre le plus riche en diversité et quantité d'insectes dans nos forêts, et est donc plus sujet à proposer des proies aux chiroptères. Ce n'est pas le cas du hêtre. Ici, l'attrait du hêtre porte plutôt à la présence de trouées qui permet aux espèces de lisière de chasser au sein des peuplements forestiers.
- Que **l'encombrement par la végétation** augmente la surface en feuilles sur laquelle se développe des insectes (rappelons que plus de 2/3 des insectes forestiers sont défoliateurs ou dépendent des feuilles), donc favorise la richesse spécifique en chiroptères, même si les espèces de lisière dont le vol ne permet pas d'accéder aux sous-bois trop encombrés évitent les peuplements avec trop de végétation.
- Que les **trouées** sont **évitées par les espèces glaneuses**, alors qu'elles sont **sélectionnées par les espèces de lisières** (noctules, sérotines, pipistrelles, barbastelle...). On y observe une augmentation significative de l'activité globale (portée surtout par ces espèces de lisière), avec un seuil de vide (de trouée) à 60.000m³ (au-delà de cette valeur, l'activité des chiroptères augmente encore plus). Il apparaît d'ailleurs que deux seuils de surfaces de trouées entraînent une augmentation d'activité, d'abord à 738m² (pour les petites espèces de

lisière et la Sérotine commune), puis à 3157m² (on gagne alors la Noctule de Leisler, au vol rapide).

En conclusion

Il apparaît que la futaie irrégulière dans les forêts du SIGFRA est attractive pour les chiroptères, mais sous condition que :

- les **Gros Bois / Très Gros Bois prédominant pour plus de 60%** de la surface terrière des peuplements,
NB : ces arbres sont également propices au développement des dendro-micro-habitats dans lesquels les colonies de reproduction de chiroptères peuvent s'abriter.
- la **diversité en essences soit maximale**, avec des **chênes** toujours présents pour favoriser les espèces les plus spécialistes forestières,
- la végétation puisse se développer dans toutes les **strates de végétation**,
- l'homogénéité de la forêt entraînée par le traitement irrégulier soit perturbée, avec la création de **trouées**, pour que les espèces de lisières (près de la moitié des espèces de la région) puissent aussi accéder aux habitats et aux proies qui sont nécessaires à leur développement. Rappelons que la forêt joue un rôle refuge pour l'ensemble de la biodiversité, et que les espèces mêmes généralistes comme ces chiroptères, ont aujourd'hui besoin de la forêt pour trouver toutes les ressources dont elles ont besoin pour boucler leur cycle biologique. Un travail sur la gestion des **lisières internes et externes** (bords de parcelles, lisières de routes forestières) pourrait augmenter le grain d'hétérogénéité favorable aux espèces de lisières et au développement de corridors pour les autres espèces.

Précision d'Eric Lacombe (Pro Silva France) :

* La présence de trouées jusqu'à 700 m² est inhérente au traitement irrégulier ; cela correspond environ à 3 équivalents Gros Bois et à la taille minimale détectée dans les sites post tempête pour avoir, au bout de 20 ans, une régénération correcte. Donc les trouées de 300 à 700 m² sont une part « inévitable » de la gestion en feuillus. Ce sont les bouquets.

* La question se pose davantage si on parle de trouées de l'ordre de 3000 à 4000 m² qui ne sont pas favorisées par cette gestion : sur ce point il convient d'indiquer que de temps en temps, à la faveur d'un incident, le sylviculteur est engagé à favoriser ce type de trouée (par exemple lorsque des bois de moindre qualité se trouvent regroupés et peuvent être exploités ensemble. Ou lors d'un chablis, etc.

Mais ces grandes trouées se referment vite avec une végétation basse très dense rapidement et deviennent donc par la suite des espaces homogènes sans doute moins favorables aux chiroptères.

Rappel des auteurs : les valeurs seuil de surfaces de trouées sont à considérer en surface cumulée de plusieurs trouées qui impactent les 25 mètres de perception d'un point d'écoute chiroptères.

Les praticiens de la futaie irrégulière ont tendance à considérer que cette sylviculture homogénéise la forêt à l'échelle du paysage (massif), mais l'hétérogénéise à l'échelle du bouquet (à l'intérieur des peuplements). Le prélèvement de gros bois mûrs a pour conséquence de créer des ouvertures. A l'inverse un collectif de Bois Moyen de qualité peut être conservé serré. Certains gestionnaires considèrent d'ailleurs que l'apparition d'un gradient de lumière dans la forêt, conséquence de la gestion, est souhaitable car il assure de trouver des conditions favorables (à la régénération par exemple). Il semble en résulter une plus grande attractivité du milieu pour les chiroptères.

2. PERSPECTIVES

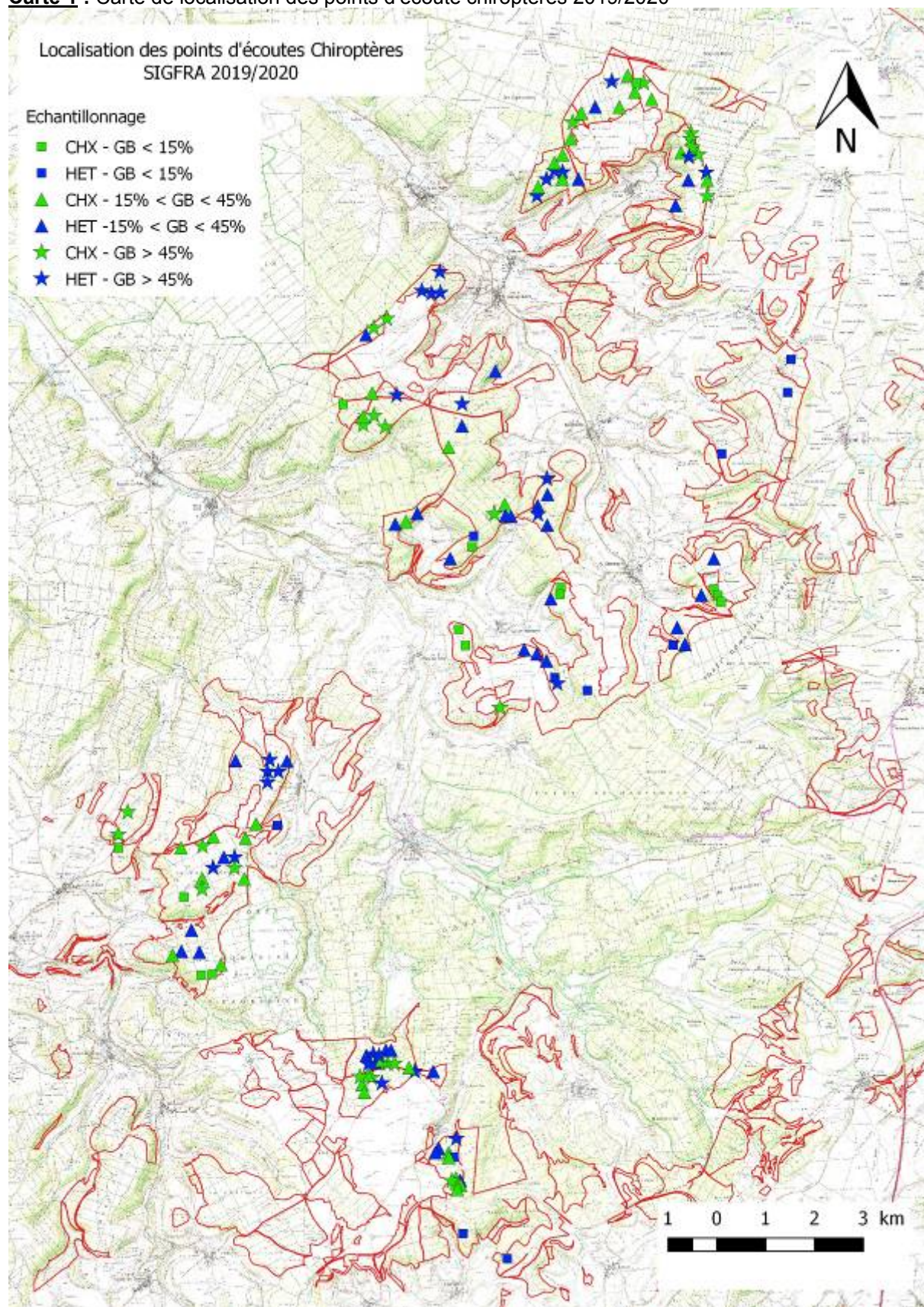
Cette étude a permis de faire quelques découvertes, sur le rôle des trouées par exemple. Il est possible que certains résultats puissent être liés à d'autres facteurs non observés ici (avec un possible effet canton favorisant telle ou telle situation forestière à laquelle les chiroptères réagissent particulièrement, ou encore un effet de la distance aux routes par exemple. Mais l'échantillonnage et la sélection des placettes à l'amont des inventaires ont été conduits pour tenter de distribuer les placettes de manière égale. Par ailleurs, les gammes de distances des points d'observation aux routes ont généralement toujours été les mêmes. Cela dit, une petite analyse complémentaire pourrait s'avérer utile.

Il pourrait être intéressant de poursuivre le travail sur d'autres sites, en stratifiant l'échantillonnage sur certaines variables étudiées ici. Par exemple, ce projet pourrait **initier une étude pluri-annuelle et multi-sites**, et intégrer des sites en futaie régulière (différents stades) et en RBI, au sein du Parc National de Forêts, à fins de comparaisons. Une RBI existe sur l'Unité territoriale d'Auberive (Bois des Roncés), sur des conditions stationnelles similaires à celles des forêts du SIGFRA et d'une taille de 215 ha. Elle est située en Forêt Domaniale d'Auberive. Par ailleurs, le territoire du Parc national de forêts contient, en plus de la Forêt Domaniale d'Auberive (Futaie régulière en conversion vers la futaie irrégulière), une réserve intégrale (Arc-en-Barrois) et deux autres grandes forêts domaniales : Arc-en-Barrois et Châtillon-sur-Seine, traitées en majorité en futaie régulière.

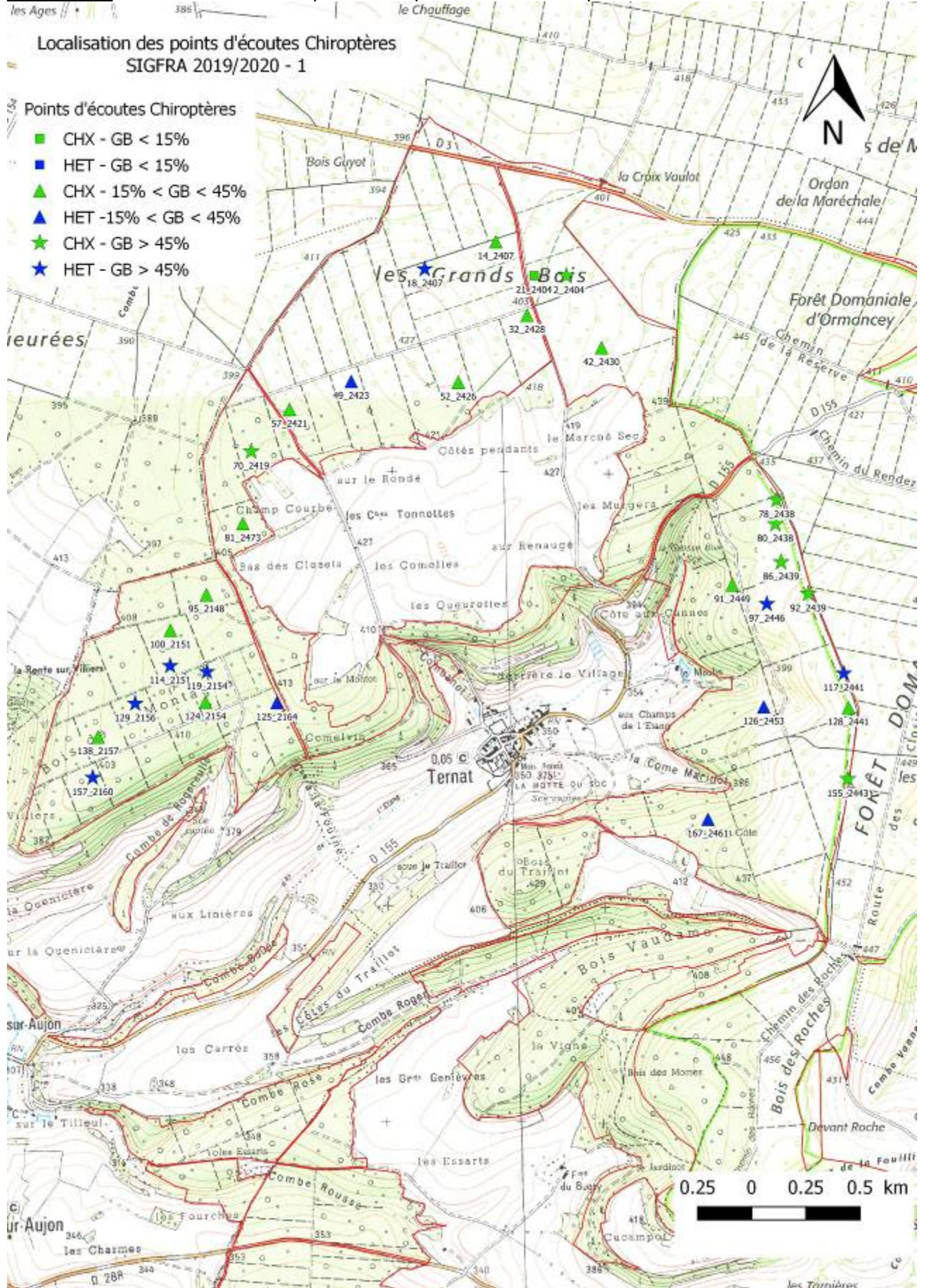
Enfin, il nous semble intéressant de s'appuyer sur cette étude pour y adosser un suivi temporel, à la fois pour répondre à l'une des questions initiales de l'étude, mais aussi parce que ce type de suivi servirait à enrichir la base de connaissances sur l'évolution des peuplements forestiers et de leur biodiversité. Ce serait aussi l'occasion d'étudier l'évolution des chiroptères en fonction de l'évolution conjointe des peuplements forestiers. Resterait alors à définir le pas de temps nécessaire entre chaque passage.

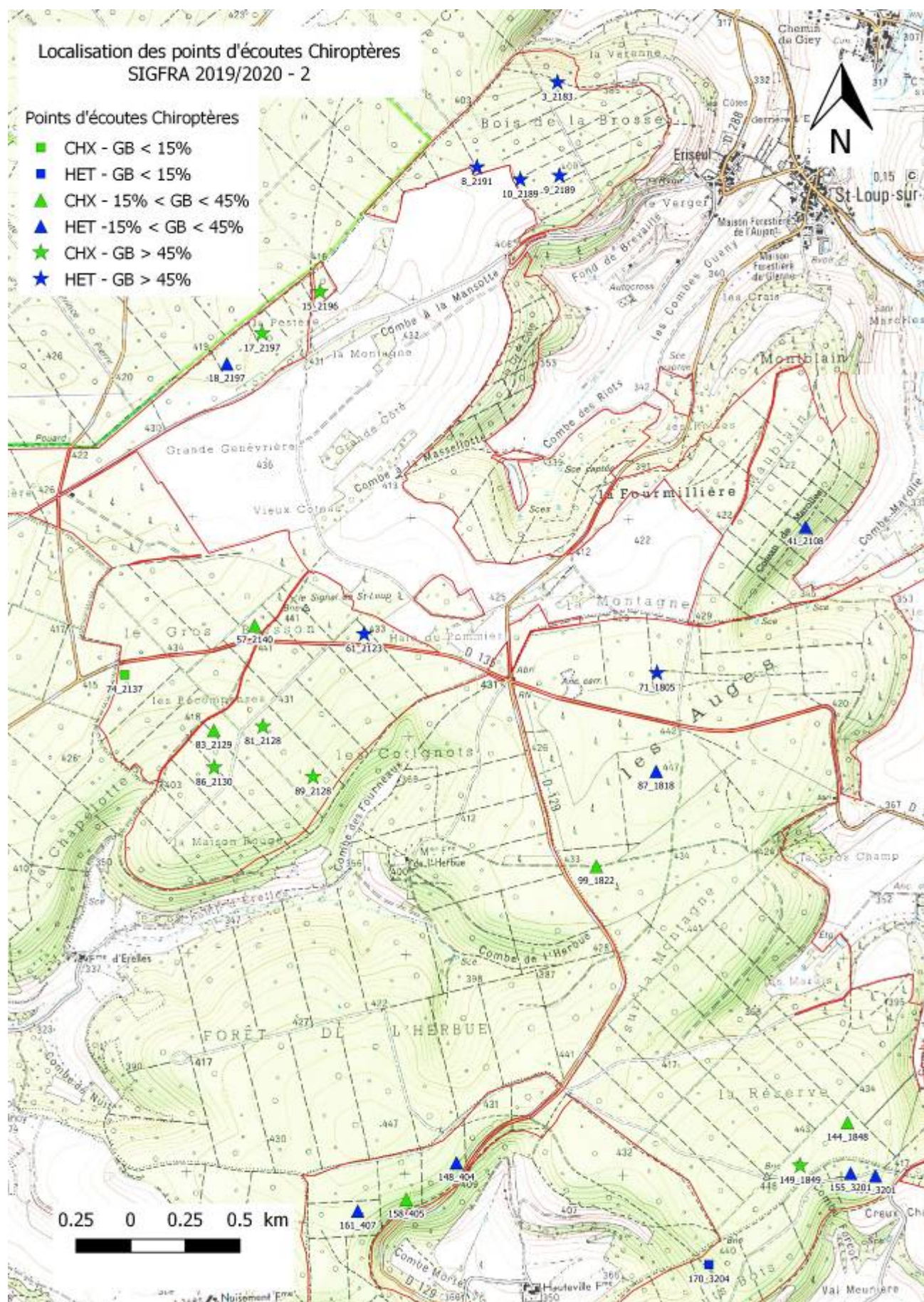
Espace cartes

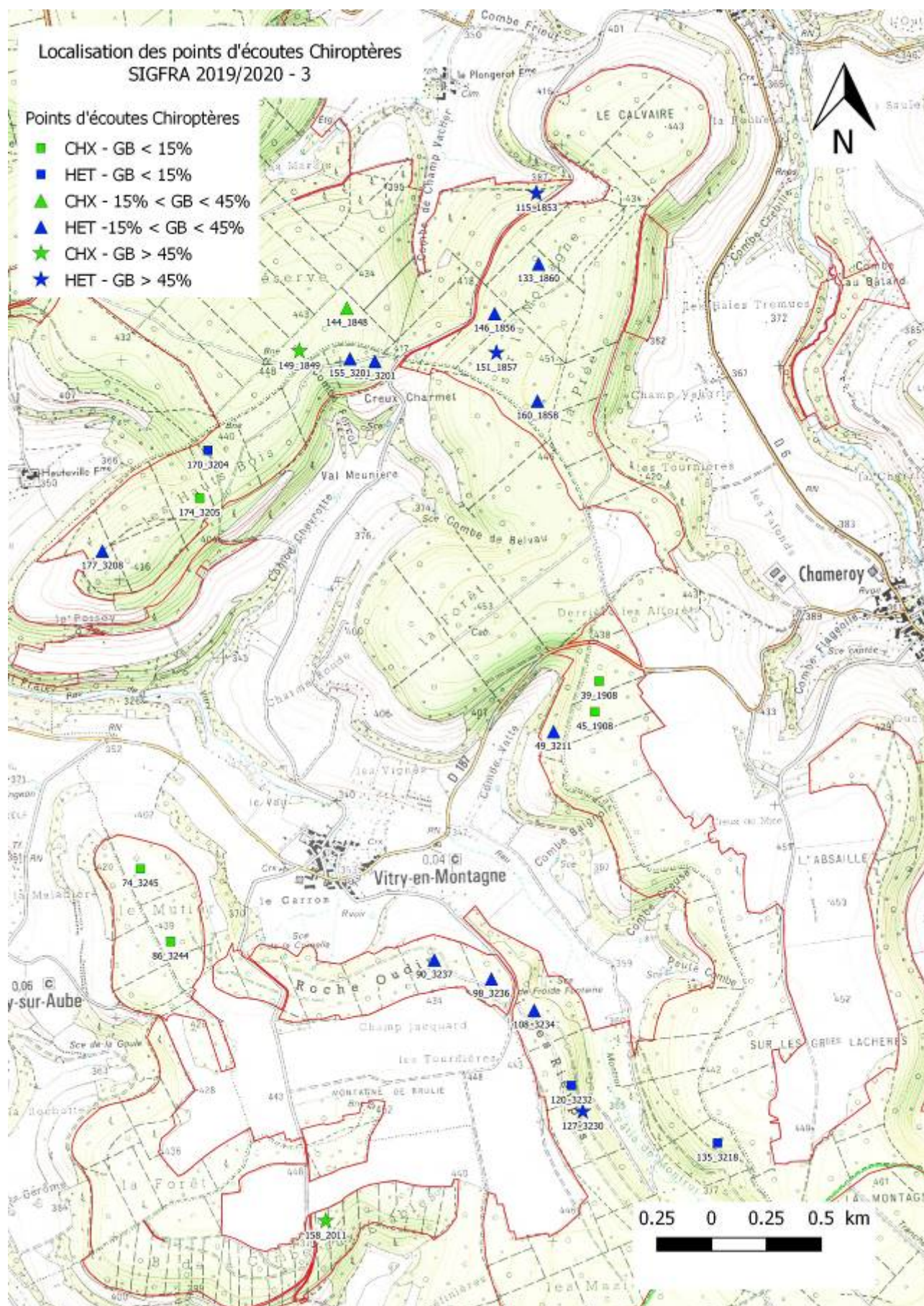
Carte 1 : Carte de localisation des points d'écoute chiroptères 2019/2020

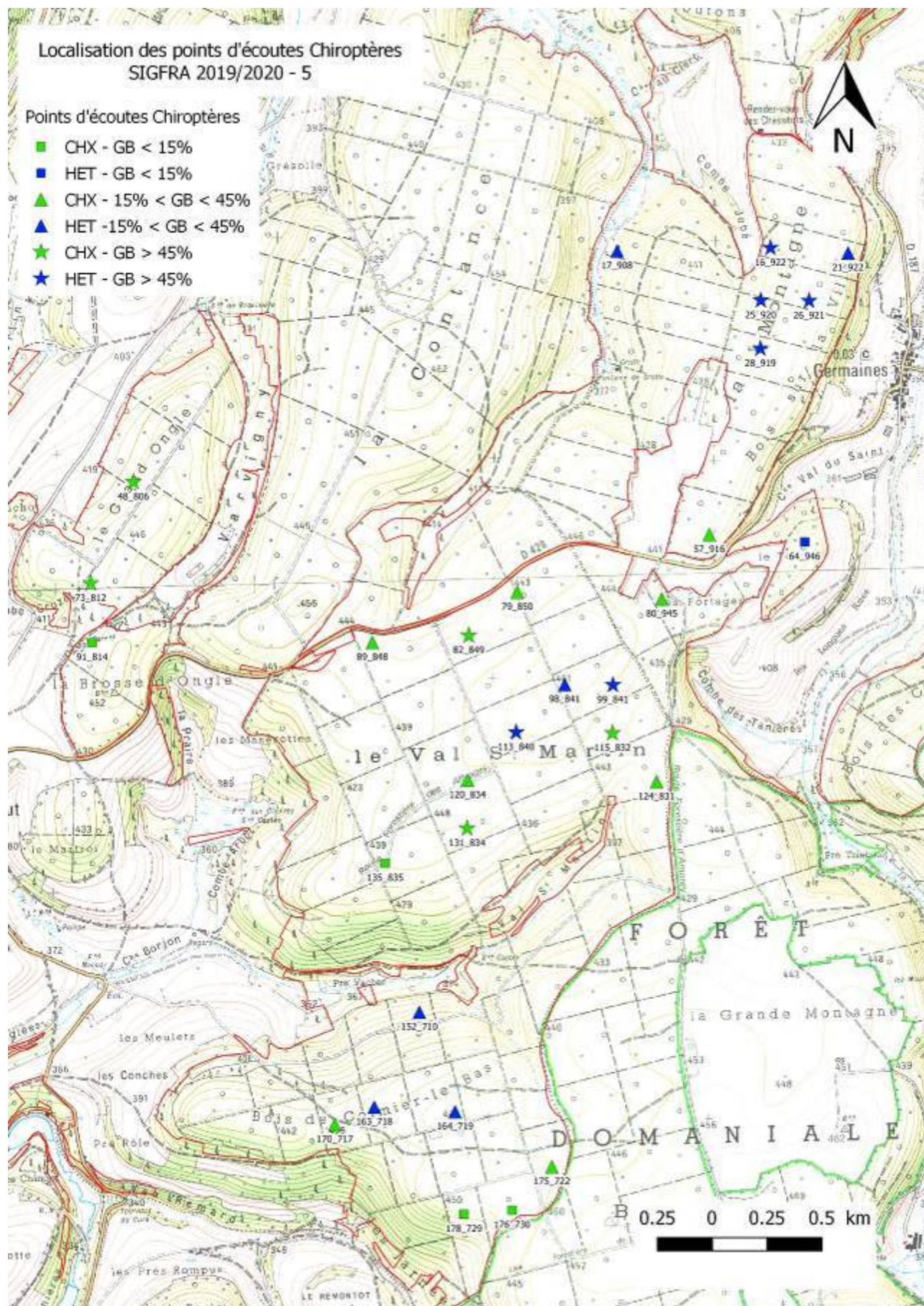


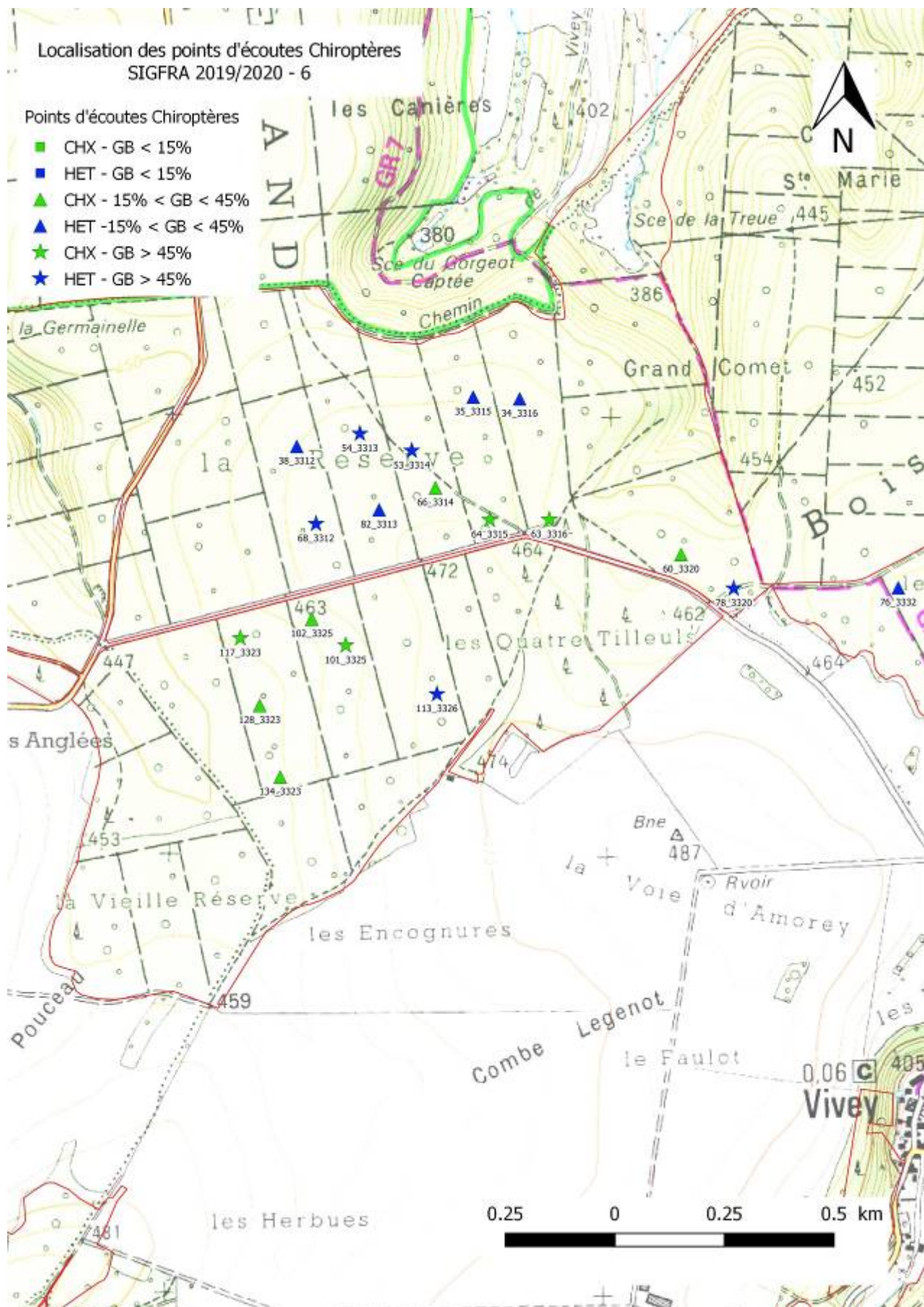
Cartes 2 à 8 : Cartes de localisation précise des points d'écoute chiroptères 2019/2020

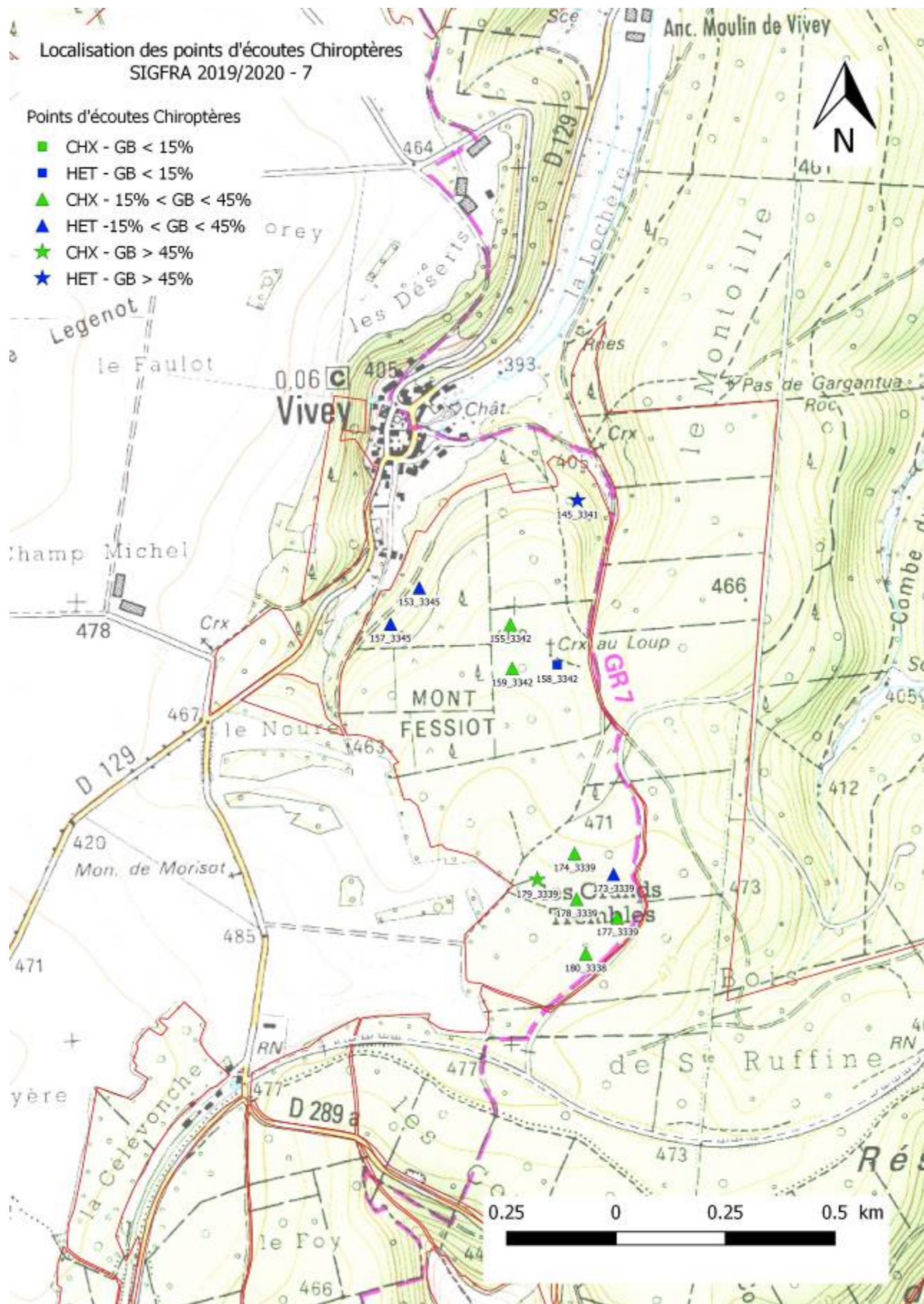












VI. BIBLIOGRAPHIE

1. Mayle, B. A. A biological basis for bat conservation in British woodlands - a review. *Mammal Rev.* **20**, 159–195 (1990).
2. Tillon, L. *Inventorier, étudier ou suivre les chauves-souris en forêt, Conseils de gestion forestière pour leur prise en compte. Synthèse des connaissances.* 88+annexes (2008).
3. Arnett, E. B. Advancing science and partnerships for the conservation of bats and their habitats. *Wildl. Soc. Bull.* **31**, 2–5 (2003).
4. Kunz, T. H. & Fenton, M. B. *Bat ecology.* (The University of Chicago Press, 2003).
5. Mitchell-Jones, A. J., Hutson, A. M. & Racey, P. A. The growth and development of bat conservation in Britain. *Mammal Rev.* **23**, 139–148 (1993).
6. Racey, P. A. & Entwistle, A. C. Conservation ecology of bats. in *Bat ecology* (eds. Kunz, T. H. & Fenton, M. B.) 680–743 (The University of Chicago Press, 2003).
7. Barataud, M. Le dossier : Utilisation de l'habitat et des ressources trophiques par le Murin de Bechstein *Myotis bechsteinii* Kuhl, 1817 (analyse bibliographique). *Envol Chiro* **9**, 7–14 (2006).
8. Tillon, L. Utilisation des gîtes et des terrains de chasse par les Chiroptères forestiers, propositions de gestion conservatoire. (Université Paul Sabatier de Toulouse III, 2015).
9. Meschede, A. & Heller, K.-G. Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier. *Le Rhinolophe* **16**, 1–248 (2003).
10. Russo, D., Cistrone, L., Garonna, A. P. & Jones, G. Reconsidering the importance of harvested forests for the conservation of tree-dwelling bats. *Biodivers. Conserv.* **19**, 2501–2515 (2010).
11. Vinet, O., Sané, F. & Chaigne, A. *Radiopistage de la Barbastelle (Barbastella barbastellus) en forêt domaniale de l'Aigoual (30 - 48) - Analyse écologique globale à l'issue des 4 ans du programme - Rapport final.* 165 (2013).
12. Gattus, J.-C., Biache, C. & Colombo, R. *Recherche et caractérisation de gîtes arboricoles de la Barbastelle dans le massif de Venterol-Piégut (04) : partie résultats.* 40 p., ann. (2018).
13. Russo, D. & Jones, G. Bats as bioindicators: an introduction. *Mamm. Biol. - Z. Für Säugetierkd.* **80**, 157–158 (2015).
14. Barataud, M. & Giosa, S. *Biodiversité des chiroptères et gestions forestières en Limousin.* 33 (2012).

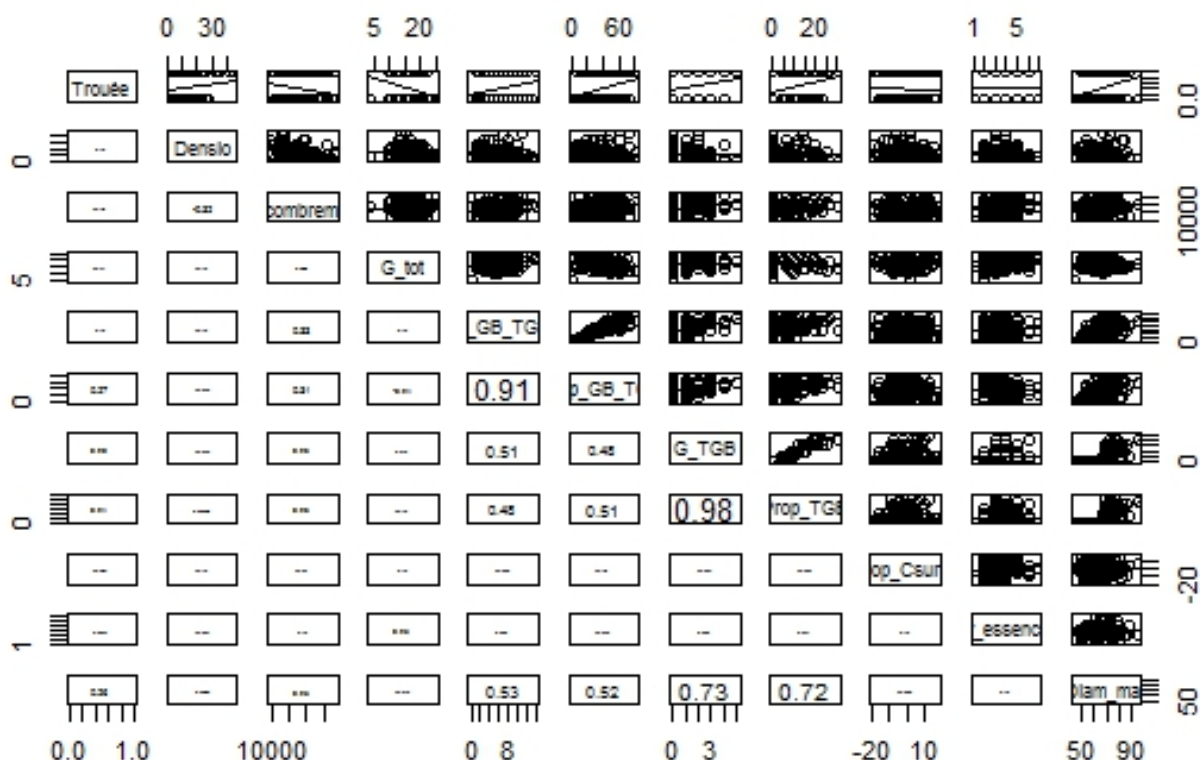
15. Dietz, C., von Helversen, O. & Nill, D. *L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord - Biologie, caractéristiques, protection.* (2009).
16. Dietz, M. & Pir, J. B. Distribution and habitat selection of *Myotis bechsteinii* in Luxembourg: implications for forest management and conservation. *Folia Zool.* **58**, 327–340 (2009).
17. Archaux, F., Tillon, L., Fauvel, B. & Martin, H. Foraging habitat use by bats in a large temperate oak forest: importance of mature and regeneration stands. *Le Rhinolophe* **19**, 47–58 (2013).
18. Russo, D. *et al.* Identifying Key Research Objectives to Make European Forests Greener for Bats. *Conservation* **4**, 1–8 (2016).
19. Tillon, L. *et al.* *Étude du fonctionnement du Vallon de l'Hermitière en forêt domaniale de Bercé (72) : bilan de l'expertise complémentaire 2017-2018.* 72 p., ann. (2019).
20. Boutteaux, J.-J. Conversion en futaie irrégulière en Haute-Marne : l'expérience de l'unité territoriale d'Auberive. *Rendez-Vous Tech. ONF* 45–51 (2007).
21. UICN Comité français & MNHN. *Liste Rouge des espèces menacées en France - Mammifères de France métropolitaine.* 16p (2017).
22. Barataud, M. *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse.* (Biotope, Mèze & Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 2012).
23. Rieger, I. & Nagel, P. Vertical stratification of bat activity in a deciduous forest. in *The canopy of a temperate floodplain forest - Results from five years of research at the Leipzig Canopy Crane* (eds. Unterseher, M., Morawetz, W., Klotz, S. & Arndt, E.) 141–149 (Universität Leipzig, 2007).
24. Baudry, O. & *et al.* Mesurer l'ouverture du couvert et estimer la disponibilité en lumière en forêt feuillue au moyen du densiomètre convexe. *For. Wallonne* **126**, 17–28 (2013).
25. Zuur, A., Ieno, E., Walker, N. & *et al.* Mixed effects models and extensions in ecology with R. *Statistics for biology and health* 261–294 (2009).
26. Langridge, J. & Tillon, L. *Relations entre les chiroptères et la forêt : analyse nationale issue de détection ultrasonore.* 124p annexes (2017).
27. Roué, S. Y. & Barataud, M. C. Habitats et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice. *Le Rhinolophe Vol. Spéc. n°2*, 1–136 (1999).

28. SFPEM. *Guide méthodologique de hiérarchisation des sites protégés et à protéger à Chiroptères*. 15 (2013).
29. Malgouyres, F. *Etude du fonctionnement de la population de petit rhinolophe de la forêt de Duesme (21) dans un objectif de gestion conservatoire*. 84 p. (2017).
30. Tillon, L., Langridge, J. & Aulagnier, S. Bat conservation management in exploited european temperate forests. in *Bats* 63–79 (IntechOpen, 2018). doi:10.5772/intechopen.73280.

VII. ANNEXES

Annexe 1 : Graphique indiquant les **valeurs des corrélations entre les variables explicatives prises 2 à 2**. Par exemple, « G_GB_TGB » est corrélé avec « Prop_GB_TGB » avec une relation dont le coefficient est de $r=-0.91$. Ce résultat montre que ces deux variables sont corrélées et qu'elles expliquent la même chose sur le terrain, ou presque. S'il est possible de tester la relation entre chacune des 2 variables et l'activité ou la richesse en chiroptères, il n'est pas possible de modéliser ces relations en associant ces 2 variables dans le même modèle, les effets étant trop confondants. Il faudra donc choisir une des deux variables à inclure dans les modèles, d'après sa pertinence écologique en lien avec la question posée. D'une manière générale, on considère qu'il y a une corrélation trop forte, et qu'une variable à expliquer en explique une autre lorsque le coefficient de corrélation est supérieur à $r=0.27$ pour des tailles d'échantillons "grands" ($n>30$).

Toutes variables explicatives



Annexe 2 : Liste des mesures réalisées pour créer les variables descriptives des trouées.

- Nombre de trouée dans la canopée impactant les 25 mètres de perception de la placette de description
- Forme de la trouée : rond / ellipse / rectangle
- Longueur de la trouée (mètres)
- Largeur de la trouée (mètres)
- Surface de la trouée fonction de sa forme (rond, ellipse, rectangle) : **calcul à posteriori**
- Hauteur maximale de la végétation dans la trouée (mètre)
- Hauteur moyenne de la végétation dans la trouée (mètre)
- Volume de végétation dans la trouée (= surface de la trouée x hauteur moyenne de la végétation) : **calcul à posteriori**
- hétérogénéité de la forme de végétation dans trouée (plat / concave / convexe / cône / "vague ou nuage")
- Encombrement total de végétation dans la trouée (%)
- Encombrement de végétation - strate 0 à 1 mètre dans la trouée (%)
- Nombre total d'espèces ligneuses et semi ligneuses d'essences arbustives dans la placette – quelle que soit leur hauteur (nombre)
- Nombre total d'espèces ligneuses et semi ligneuses d'essences arborescentes dans la placette – quelle que soit leur hauteur (nombre)
- Mesure d'ouverture du couvert depuis le centre de la placette avec densiomètre convexe - en direction du NORD (%)
- Mesure d'ouverture du couvert depuis le centre de la placette avec densiomètre convexe - en direction du SUD (%)
- Mesure d'ouverture du couvert depuis le centre de la placette avec densiomètre convexe - en direction de l'EST (%)
- Mesure d'ouverture du couvert depuis le centre de la placette avec densiomètre convexe - en direction de l'OUEST (%)
- Mesure d'ouverture du couvert depuis le centre de la placette avec densiomètre convexe - total des relevés des 4 directions divisé par 4 (%) : **calcul à posteriori**
- Mesure d'ouverture du couvert avec densiomètre convexe - à 10 mètres du bord de la trouée, en regardant le centre - côté NORD de la trouée (%)
- Mesure d'ouverture du couvert avec densiomètre convexe - à 10 mètres du bord de la trouée, en regardant le centre - côté SUD de la trouée (%)
- Mesure d'ouverture du couvert avec densiomètre convexe - à 10 mètres du bord de la trouée, en regardant le centre - côté EST de la trouée (%)
- Mesure d'ouverture du couvert avec densiomètre convexe - à 10 mètres du bord, en regardant le centre de la trouée - côté OUEST de la trouée (%)
- Mesure d'ouverture du couvert autour de la placette - à 10 mètres du bord, en regardant le centre de la trouée avec densiomètre convexe - total des relevés des 4 directions divisé par 4 (%) : **calcul à posteriori**
- Somme de la surface des trouées d'une même placette : **calcul à posteriori**
- Somme du volume des trouées d'une même placette : **calcul à posteriori**

NB : les mesures ayant été effectuées hors feuille, grandes précautions ont été prises afin de ne pas surestimer les mesures d'ouverture du couvert ni sous-estimer le volume d'encombrement de la végétation. Les mesures ont été réalisées en tenant compte de l'encombrement que prendraient les feuilles en pleine saison de végétation.

Durant cette opération de caractérisation des trouées à l'aide d'un densiomètre convexe, nous avons découvert **plusieurs limites à la méthode durant les mesures sur le terrain** :

- Dès que **2 trouées sont contiguës**, la mesure de densiomètre à 10 m dans la végétation adjacente de la première trouée est vite influencée par l'ouverture de la seconde trouée.
- Une **forte densité de végétation de 2 à 6 mètres** (noisetier, gaulis de hêtre par exemple), au centre de la trouée, fausse rapidement la mesure d'ouverture de couvert par la densité de végétation qu'elle représente. Elle peut être perçue comme « faible » alors que la canopée de la trouée peut être très ouverte et qu'aucune végétation n'est plus haute que 6 mètre dans cet exemple.
- Les **mesures à 10 mètres dans la végétation** semblent plus refléter la mesure du peuplement adjacent que l'influence de la trouée sur celui-ci. Il semble qu'une limite de perception au densiomètre se situe vers 5 ou 6 mètres du bord de la trouée. Par bord de la trouée, on considère l'aplomb des houppiers des derniers arbres ou arbustes délimitant la trouée.
- Dans des peuplements clairs, les **limites des trouées sont parfois difficiles à définir**, ces dernières pouvant constituer plutôt un ensemble de corridors plus ou moins larges et plus ou moins reliés.

Annexe 3 : Données par point.

Numéro de placette	Somme de nombre de contacts pondérés/heure au point	Maximum de nombre d'espèces au point	Numéro de point
10_2189	36,29	6	Point 1
100_2151	46,69	4	Point 2
101_3325	10,84	2	Point 3
102_3325	4,67	1	Point 4
108_3234	38,21	4	Point 5
11_3459	42,67	1	Point 6
113_3326	16,19	2	Point 7
113_840	16,67	1	Point 8
114_2151	27,11	2	Point 9
114_625	19,69	3	Point 10
115_1853	3,89	2	Point 11
115_832	0,67	1	Point 12
117_2441	78,01	2	Point 13
117_3323	4,59	2	Point 14
119_2154	17,00	4	Point 15
120_3232	5,99	4	Point 16
120_834	0,00	0	Point 17
124_2154	4,42	3	Point 18
124_831	4,89	2	Point 19
125_2164	15,33	1	Point 20
126_2453	51,98	4	Point 21
127_3230	44,84	4	Point 22
128_2441	16,82	3	Point 23
128_3323	8,93	3	Point 24
129_2156	37,78	2	Point 25
131_834	0,00	0	Point 26
133_1860	57,38	3	Point 27
134_3323	2,67	1	Point 28
135_3218	14,95	3	Point 29
135_835	7,47	2	Point 30
138_2157	7,12	3	Point 31
14_2407	4,89	3	Point 32
140_1874	62,67	1	Point 33
144_1848	96,54	4	Point 34
145_3341	14,09	4	Point 35
146_1856	9,53	4	Point 36
148_404	13,42	3	Point 37
149_1849	10,61	2	Point 38
15_1941	98,72	4	Point 39
15_2196	106,13	4	Point 40
150_607	84,04	6	Point 41
151_1857	14,68	4	Point 42
152_710	3,42	2	Point 43
153_3345	19,09	3	Point 44
155_2443	34,89	5	Point 45
155_3201	10,98	3	Point 46
155_3342	28,46	5	Point 47
156_3201	15,84	2	Point 48
157_2160	7,33	1	Point 49
157_3345	7,05	3	Point 50
158_2011	152,02	4	Point 51
158_3342	25,75	6	Point 52
158_405	1,78	2	Point 53
159_3342	38,66	6	Point 54

Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF

Numéro de placette	Somme de nombre de contacts pondérés/heure au point	Maximum de nombre d'espèces au point	Numéro de point
16_922	28,93	4	Point 55
160_1858	3,33	1	Point 56
161_407	9,33	2	Point 57
163_718	10,92	4	Point 58
164_719	1,33	1	Point 59
167_2461	120,95	3	Point 60
17_2197	35,25	4	Point 61
17_908	16,77	3	Point 62
170_3204	13,98	4	Point 63
170_717	15,87	4	Point 64
173_3339	3,78	2	Point 65
174_3205	3,42	2	Point 66
174_3339	9,12	4	Point 67
175_722	45,89	3	Point 68
176_730	4,00	2	Point 69
177_3208	22,41	5	Point 70
177_3339	81,54	3	Point 71
178_729	28,93	3	Point 73
179_3339	80,67	2	Point 72
179_3339	350,33	4	Point 74
18_2197	71,00	2	Point 75
18_2407	32,87	5	Point 76
180_3338	0,67	1	Point 77
21_2404	8,96	2	Point 78
21_922	13,33	1	Point 79
22_2404	26,84	3	Point 80
25_920	33,76	2	Point 81
26_921	73,29	4	Point 82
28_919	22,89	3	Point 83
3_2183	107,29	3	Point 84
32_2428	4,67	1	Point 85
34_3316	6,00	1	Point 86
35_3315	8,00	2	Point 87
38_3312	56,67	1	Point 88
39_1908	5,33	2	Point 89
40_1944	10,96	4	Point 90
41_2108	18,94	6	Point 91
42_2430	2,25	1	Point 92
43_1937	30,33	2	Point 93
44_1944	31,19	3	Point 94
45_1908	4,67	2	Point 95
48_806	8,63	4	Point 96
49_2423	15,21	3	Point 97
49_3211	6,00	1	Point 98
51_1944	10,25	1	Point 99
52_2426	0,67	1	Point 100
53_3314	11,42	2	Point 101
54_3313	2,09	1	Point 102
57_2140	9,22	4	Point 103
57_2421	4,55	3	Point 104
57_916	1,33	1	Point 105
60_3320	11,67	2	Point 106
61_2123	28,21	4	Point 107
63_3316	19,21	5	Point 108
63_3448	1,33	1	Point 109

Chiroptères et forêts du SIGFRA – Réseau Mammifères de l'ONF

Numéro de placette	Somme de nombre de contacts pondérés/heure au point	Maximum de nombre d'espèces au point	Numéro de point
64_3315	14,99	3	Point 110
64_946	2,67	1	Point 111
66_3314	6,67	3	Point 112
68_3312	4,03	2	Point 113
70_2419	10,23	5	Point 114
71_1805	29,34	3	Point 115
71_1929	158,33	4	Point 116
73_812	57,79	3	Point 117
74_2137	0,00	0	Point 118
74_3245	2,67	1	Point 119
76_3332	21,51	2	Point 120
78_2438	25,98	5	Point 121
78_3320	15,13	3	Point 122
79_850	0,67	1	Point 123
8_2191	32,26	3	Point 124
80_2438	81,08	6	Point 125
80_945	4,84	2	Point 126
81_2128	7,37	2	Point 127
81_2473	12,75	2	Point 128
82_3313	8,35	1	Point 129
82_849	2,43	1	Point 130
83_1927	22,93	3	Point 131
83_2129	13,39	2	Point 132
84_1927	8,89	2	Point 133
86_2130	50,23	2	Point 134
86_2439	7,09	2	Point 135
86_3244	3,81	1	Point 136
87_1818	20,00	2	Point 137
89_2128	14,93	3	Point 138
89_848	13,36	1	Point 139
9_2189	65,09	5	Point 140
90_3237	39,59	1	Point 141
91_2449	19,77	3	Point 142
91_814	2,99	2	Point 143
92_2439	22,34	4	Point 144
95_2148	42,55	3	Point 145
97_2446	49,64	4	Point 146
98_3236	32,67	1	Point 147
98_841	16,67	1	Point 148
99_1822	16,00	2	Point 149
99_841	4,67	1	Point 150

Cette étude a été réalisée par une équipe composée de :

- Franck BASSET
- Benoît BOCQUET
- Jean-Gabriel BRAVO
- Christophe COUTIERAS
- Marguerite DELAVAL
- Franck FINOT
- Pierre GATHELIER
- Thierry GAUTROT
- Frédéric MALGOUYRES
- Sandrine MILANO
- Damien NICOLAS
- Laurent TILLON
- Julien VALENTIN
- Dominique ZABINSKI
- Alice ZIMMERMANN

Toutes et tous membres du réseau national mammifères de l'ONF

Et avec l'aide bénévole de Samuel COURTAUT.

Les forestiers ont de l'humour - Forêt du SIGFRA (Haute Marne). ©Frédéric Malgouyres, ONF

