



HAL
open science

Sélection d'habitats par le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) en forêt domaniale de la Grésigne et gestion conservatoire

Gaëlle Bouny

► **To cite this version:**

Gaëlle Bouny. Sélection d'habitats par le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) en forêt domaniale de la Grésigne et gestion conservatoire. Sciences agricoles. 2013. dumas-00874195

HAL Id: dumas-00874195

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00874195>

Submitted on 17 Oct 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

GLOSSAIRE

AICc : valeur statistique quantifiant les différences par rapport à une variation théorique. Un modèle sera d'autant plus juste que son AICc sera de faible valeur.

Aménagement forestier : Définition d'objectifs assignés à une forêt en tenant compte des contraintes techniques, économiques, réglementaires, sociales et environnementales, ainsi que l'organisation dans le temps et dans l'espace des moyens (coupes, travaux, financements) à mettre en œuvre pour atteindre lesdits objectifs. Le terme est habituellement réservé aux forêts gérées par l'Office National des Forêts.

Cavité : trou de pic, fissure ou écorce décollée constituant un gîte potentiel.

Cokrigeage : estimation linéaire d'une variable principale à partir d'observations de cette variable principale et d'une variable secondaire, en interprétant et en modélisant un variogramme expérimental, via le SIG.

Corridor écologique : zone de passage fonctionnelle pour un groupe d'espèces inféodées à un même milieu, entre plusieurs espaces naturels.

Domaine vital : l'aire traversée par cet animal pour ses activités d'alimentation, de repos, de reproduction et de mise-bas et d'élevage des jeunes, en excluant les sites visités occasionnellement.

Facteur de lissage h : valeur ou rayon partant de chaque point de localisation, avec l'objectif de relier ces points entre eux de la façon la plus directe possible (la plus faible distance) pour créer un contour de référence permettant de dessiner un domaine vital.

Fourré : Jeune peuplement forestier composé de brins de taillis de faible hauteur (0,5 à 2,5m). Stade d'évolution d'une futaie régulière, succédant au stade semis et précédant le stade *gaulis*.

Futaie : Peuplement forestier composé d'arbres issus de semis ou de plants.

Futaie irrégulière : La futaie irrégulière est un système d'aménagement inéquienne: dans ce cas, la forêt est divisée en peuplements forestiers où il y a plusieurs classes d'âge.

Futaie régulière : Une futaie est dite régulière si, à l'échelle de la parcelle, tous les arbres des essences principales sont d'âge proche.

Gaulis : stade d'évolution d'une futaie régulière dont la hauteur moyenne des tiges est comprise entre 3 et 8 m.

Gîte : Cavité utilisée par l'animal.

Îlots de sénescence : surfaces forestières "laissées en évolution libre sans intervention culturale et conservées jusqu'à leur terme physique", ce sont des réserves biologiques intégrales de très faible dimension.

Îlots de vieillissement : augmentation de l'âge d'exploitabilité des arbres afin d'augmenter le nombre de très gros bois ou encore de bois mort sur pied et au sol.

Martelage : Opération consistant à marquer avec le marteau forestier les arbres à abattre ou à réserver dans une coupe.

Matrice : élément dominant d'un paysage, à la fois en tant que support et produit de la biodiversité. Elle inclut notamment le milieu interstitiel qui est peu ou pas optimal pour les espèces.

Perchis : stade d'évolution d'une futaie régulière dont les tiges sont des perches.

Saprophytique : espèces qui dépendent du bois mort pour leur cycle de développement.

Surface terrière : cette mesure correspond à la somme des sections des arbres mesurés à 1,3 mètre de hauteur.

Sylviculture : Art d'appliquer des techniques fondées sur des bases scientifiques dans le dessein de contrôler le développement naturel des forêts et de guider leur évolution dans la direction voulue.

Tâche : unité fonctionnelle où les conditions environnementales sont homogènes.

Taillis simple : technique de sylviculture consistant en un recépage (coupe) périodique des tiges. Apparaissent alors sur les souches des rejets qui seront à leur tour récoltés.

Taillis sous futaie : régime sylvicole qui mélange le régime de futaie et le régime de taillis.

Réserve Biologique Dirigée : Dans une réserve biologique dirigée, la gestion de type conservatoire ou restauratoire est subordonnée à l'objectif de conservation d'habitats ou de communautés vivantes ayant justifié la mise en réserve. Une exploitation forestière douce peut être envisagée.

Réserve Biologique Intégrale : Dans une Réserve biologique intégrale, toutes les opérations sylvicoles sont interdites.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales

DOCOB : DOcument d'OBjectif

DV : Domaine Vital

FD : Forêt domaniale

RBD : Réserve Biologique Dirigée

RBI : Réserve Biologique Intégrale

LISTE DES FIGURES

Figure 1: localisation de la FD de la Grésigne	3
Figure 2: carte de l'aménagement actuel.....	4
Figure 3: représentation du potentiel écologique de la FD de la Grésigne.....	6
Figure 4 : photo d'un Murin de Bechstein	8
Figure 5: schéma du concept tâches-matrice-corridors.....	9
Figure 6: Le concept de gestion conservatoire : division de la surface forestière en compartiments soumis à une absence d'exploitation, une gestion adaptée, ou une gestion intégrée.....	10
Figure 7: schéma explicatif du mode de description des différentes structures du polygone.....	12
Figure 8: proportion des différents types de traitements	13
Figure 9: carte des peuplements	13
Figure 10: carte présentant les différentes typologies d'organisations verticale au sein des différents polygones.....	14
Figure 11: carte présentant la proportion de gros bois et de très gros bois entrant dans le calcul de la surface terrière.....	15
Figure 12: cartes de cokrigeage modélisant la répartition des gîtes à Bechstein potentiels, et l'erreur avec laquelle cette prédiction est faite.....	17
Figure 13: photo d'un individu équipé	19
Figure 14: schéma présentant le principe de la triangulation	20
Figure 15: représentation du DV de l'individu 737 par la méthode du Kernel pour les 3 h différents....	23
Figure 16: représentation et localisation des contours des domaines vitaux des animaux.....	25
Figure 17: ensemble de zoom su la zone de gîte, montrant différentes variables de son environnement immédiat.....	27
Figure 18: localisation des centres d'activité du Murin de Bechstein par rapport au type de peuplement.	31
Figure 19: localisation des centres d'activité du Murin de Bechstein par rapport au type de stratification	31
Figure 20: résultats de la K-select pour les variables "surface terrière" (gtot), "indice de Shannon sur la stratification du polygone" (shann)	32
Figure 21: localisation des îlots de vieillissement et des réserves par rapport à la disponibilité en cavité.	34
Figure 22: schéma illustrant la façon d'éviter la fragmentation des DV.....	36
Figure 23: Schéma bilan des préconisations de gestion.....	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: résultats brut des nuits d'écoute	19
Tableau 2 : tableau de présentation des animaux équipés	21
Tableau 3 : tableau de présentant les résultats de la télémétrie	22
Tableau 4 : exemple de modèles et d'AICc obtenus pour un individu.....	24
Tableau 5 : tableau présentant la forme des différents DV des individus suivis.....	24
Tableau 6 : tableau de synthèse présentant la forme des différents DV, le h sélectionné et la surface en ha des kernel 50% et 95% calculés à partir du h moyen.....	25

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : carte de la circulation en forêt de la Grésigne	41
Annexe 2 : Carte des habitats CORINE Biotope	41
Annexe 3: carte de cokrigeage illustrant la quantité de bois mort sur la Grésigne	42
Annexe 4: carte représentant les circuits de point d'écoute prévus.....	42
Annexe 5: carte montrant les contours des polygones de description d'habitat	43
Annexe 6 : fiche terrain pour l'inventaire des cavités et du bois mort	43
Annexe 7: fiche terrain pour la description des habitats.....	44
Annexe 8 : Contours des différents DV calculé avec le Kernel à 95% et le h moyen	45
Annexe 9: tableau complet présentant les résultats obtenus lors des calculs des DV	46

REMERCIEMENTS

Un grand merci à Florence Loustalot-Forest et Eric Bourdilleau, qui ont été mes soutiens locaux pendant toutes la phase de terrain de cette étude.

Un grand merci aussi à tous les membres du réseau Mammifères de l'ONF et aux bénévoles qui ont participé aux radiopistage. Sans vous ce stage n'aurait pas eu lieu.

Mais surtout, merci à Laurent Tillon pour m'avoir permis de faire cette étude, de m'avoir formé et aidé pendant tout ce stage. J'ai énormément appris et ne retirerai que du bon. Je n'aurais pas pu avoir un meilleur maître de stage.

AVANT PROPOS

L'ONF est une structure publique à caractère commercial et industriel qui fut créé en 1964. Sa mission principale est d'assurer la gestion durable de l'ensemble des forêts publiques françaises, c'est-à-dire environ 10 Mha d'espaces boisés répartis sur le territoire français métropolitain et sur les DOM. Cela représente également 1.8 Mha de forêt domaniale, soit 10% de la forêt française de métropole.

Ses principales missions s'articulent autour de ces 5 thèmes :

- Préserver la biodiversité en l'intégrant dans la gestion forestière. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude.
- Offrir des forêts accessibles et accueillantes pour le plus grand nombre, et préserver le cadre de vie.
- Effectuer des prestations de service pour des collectivités et des clients privés, et assurer des missions de service public pour la prévention et la gestion des risques naturels, et la préservation de la biodiversité.
- Dynamiser le rôle de la forêt et des «produits bois».
- Et bien sûr, il mobilise le bois nécessaire pour la filière tout en assurant le maintien, l'entretien et le renouvellement de la forêt.

L'ONF est aussi une structure très décentralisée, avec une organisation complexe. En effet, L'ONF c'est un siège (à Paris) qui pilote 9 directions territoriales (Alsace, Bourgogne-Champagne-Ardennes, Centre Ouest Auvergne Limousin, Franche-Comté, Ile-de-France Nord-Ouest, Lorraine, Méditerranée, Rhône-Alpes, Sud-Ouest) et 5 directions régionales (Corse, La Réunion, Guyane, Guadeloupe et Martinique), 50 agences territoriales, 9 agences travaux, 9 bureaux d'étude territoriaux et près de 300 unités.

L'étude décrite dans ce document est basée sur les travaux de Laurent Tillon, chargé de mission faune biodiversité et animateur du réseau national mammifères de l'ONF, et réalisée dans la cadre de sa thèse encore en cours de rédaction : "Chiroptères et matrice forestière : Choix et utilisation des gîtes sylvestres, des terrains de chasse, et propositions de gestion conservatoire". Il y développe notamment une nouvelle méthodologie de traitement et d'analyse statistique des données de télémétrie, visant à décrire de façon précise et rigoureuse le comportement des chiroptères en forêt et de comprendre quelles sélections opèrent les animaux vis à vis de la matrice forestière pour leur gîtes et leur zones de chasse. C'est cette méthode qui a été utilisée tout au long cette étude afin de parvenir à dégager des critères de sélection d'habitat par le Murin de Bechstein.

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
I/ Contexte de L'étude.....	3
A/ Présentation du site de la forêt domaniale de la Grésigne	3
1- Localisation du site d'étude.....	3
2- Un site façonné par son histoire et une géomorphologie particulière	3
3- Une biodiversité d'exception	5
B/ Les chiroptères et la forêt.....	6
1- Un lien étroit entre la forêt et la biologie de l'animal	6
2- Les chauves-souris en forêt : indicatrices de bonne gestion forestière?	7
3- Le Murin de Bechstein, "la chauve-souris de forêt vierge"	7
C/ Notions d'écologie du paysage et gestion conservatoire: fils conducteurs de notre étude.....	9
1- Notion d'écologie du paysage	9
2- Gestion conservatoire en forêt, ou savoir faire des compromis.....	10
II/ Caractérisation fine de la forêt domaniale de la Grésigne : un premier pas vers une stratégie de gestion en faveur du Murin de Bechstein	11
A/ La Grésigne : une mosaïque d'habitats forestiers.....	11
1- Méthodologie de description des habitats.....	11
2- Résultat : représentation et caractérisation des différents habitats	13
B/ Un potentiel de gîtes à Murin de Bechstein hétérogène sur la forêt.....	15
1- Méthodologie d'inventaire des cavités et fissures	15
2- Résultat : représentation statistique du potentiel en gîte.....	16
III/ Caractérisation de l'occupation de la forêt de la Grésigne par le Murin de Bechstein et définition de son domaine vital	18
A/ L'écoute ultrasonore : un appui préalable à la récolte de données sur le Murin de Bechstein en Grésigne	18
B/ La télémétrie: un outil précieux à la détermination du domaine vital	19
1- Principe général de la télémétrie	19
2- Application de la méthode	20
3- Résultats.....	22
C/ L'analyse des données de télémétrie et la définition du domaine vital	22
1- Méthode de représentation du domaine vital	22
2- Résultats.....	24
3- Implications de gestion	26

IV/ La sélection d'habitat.....	26
A/ Le comportement du Murin de Bechstein : paramètre expliquant la sélection de gîte?	26
1- Définition d'un modèle d'arbre gîte "type"	26
2- La fission-fusion, une caractéristique comportementale à prendre en compte.....	28
3- Implications de gestion autour de la fission-fusion.....	29
B/ La sélection d'habitat pour les territoires de chasse	30
1- Méthode.....	30
2- Résultats.....	30
3- Implications en terme de gestion	32
V/ Le Murin de Bechstein en forêt domaniale de la Grésigne et gestion conservatoire	33
A/ Bilan de l'étude et propositions de gestion	33
1- Synthèse des résultats et objectifs de gestion	33
2- Etat des lieux des actions menées sur la Grésigne pouvant être favorables au Murin de Bechstein au vu de nos résultats	34
3- Préconisations de gestion	35
B/ Analyse critique du scénario de gestion proposé	37
1- Critiques de l'étude	37
2- Contraintes pour le gestionnaire.....	38
Conclusion.....	38
Références bibliographiques	39

INTRODUCTION

De nos jours, l'un des principaux enjeux lié à la gestion forestière est la préservation de la biodiversité. En effet, les forêts représentent un milieu refuge essentiel pour de nombreux éléments de la biodiversité au sein d'espaces de plus en plus artificialisés (Rameau, 1999), et la diversité qu'on y rencontre constitue souvent un indicateur de gestion durable, gage de maintien de leur productivité sur le moyen et le long terme (Vinet, 2010). Or, au fur et à mesure que l'Homme a pris conscience de l'importance des écosystèmes forestiers dans les grands équilibres naturels, la gestion forestière s'est enrichie et affinée pour tendre vers un mode de gestion qui peut être qualifié de «gestion durable et intégrée» (Dubourdiou, 1997).

De plus, la fragilité et la complexité des écosystèmes forestiers donnent à la plupart des actions de gestion forestière des effets multiples, souvent irréversibles ou alors sur du très long terme, pouvant avoir des conséquences aussi bien bénéfiques que néfastes très différées dans le temps (Dubourdiou, 1997). On comprend alors l'impact que peut avoir le gestionnaire sur la biodiversité de la forêt dont il a la responsabilité. La stratégie de gestion qu'il met en place conditionne directement le maintien ou la perte d'habitats favorables (Tillon, 2012) et donc par conséquent, le maintien ou la perte d'espèces ainsi que la diversité génétique au sein de ces espèces (Vinet, 2010). Toute intervention en forêt doit donc être mûrement réfléchi et répondre à des objectifs bien précis. Elles ne peuvent pas être prises à la légère.

Cependant, gestion durable ne rime pas forcément avec gestion rentable, et là se situe un des principaux problèmes auquel doit répondre le gestionnaire forestier.

Ainsi, pour guider le gestionnaire et encourager les actions qui vont dans le sens de la préservation de la biodiversité, divers outils ont été mis en place aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle européenne voire mondiale. Il s'agit par exemple des engagements que la France a pris pour la gestion durable des forêts au niveau européen lors des Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe à Helsinki en 1993, à Lisbonne en 1998, et à Vienne en 2003; ou du principe général de conservation et d'amélioration de la biodiversité forestière qui a été traduit au niveau national dans la loi d'orientation forestière de juillet 2001 (Vinet, 2010); ou encore au niveau national il existe des Plans Nationaux d'Action dont un concernant les chiroptères, ordre de la systématique qui nous intéresse ici. Il s'agit également de la mise en place du réseau Natura 2000 qui permet notamment la reconnaissance par l'Europe de la richesse écologique et biologique de certains sites classés en Zone de Protection Spéciale selon l'annexe I de la directive «Oiseaux», ou classés Zone Spéciale de Conservation selon l'annexe I de la directive «Habitats-Faune-Flore». Le gestionnaire s'appuie alors sur un outil de planification, le «DOCument d'OBjectif» (DOCOB), et sur des outils de contractualisation que sont les chartes et les contrats Natura 2000. Dans le cas des contrats, leur ratification amène une rémunération censée compenser le manque à gagner qu'engendre les termes du contrat.

Avec 34 espèces connues, l'ordre des chiroptères représente un tiers des espèces de mammifères indigènes régulièrement présentes sur le territoire français. Toutes sont protégées par la loi, ainsi qu'une partie de leurs habitats. De plus, si elles sont toutes plus ou moins étroitement liées au milieu forestier à un moment de leur cycle biologique, il existe parmi elles des espèces plus forestières que les autres et plus exigeantes tant sur le type de

gîte que sur la qualité des habitats de chasse, comme le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) qui est une espèce à caractère forestier exclusif. De fait, cet animal présente un caractère indicateur utilisable par le gestionnaire d'espace naturel pour avoir une idée de l'état de l'environnement dont il a la gestion (Tillon et al., 2012).

La forêt domaniale de la Grésigne représente un cas d'étude intéressant car il s'y télescope divers enjeux complexifiant la gestion tels que l'enjeu économique du fait qu'il s'agit de la première forêt de production de chêne de Midi-Pyrénées, l'enjeu de préservation de la biodiversité exceptionnelle qu'elle abrite, ou encore l'enjeu d'accueil du public. Diverses actions en faveur de la préservation de la biodiversité y ont déjà été mises en place dans le cadre de l'aménagement forestier, notamment la conservation d'un réseau de vieux bois en faveur des insectes saproxyliques, mais un contrat Natura 2000 nouvellement établi impose au gestionnaire de s'assurer que les mesures mises en place répondent bien aux exigences des chiroptères en forêt, en prenant le Murin de Bechstein comme porte-drapeau. Cependant, l'étude des chiroptères en forêt étant difficile de par leur biologie et leur écologie, l'élaboration de mesures de gestion en leur faveur nécessite de connaître les critères de sélection pour leurs gîtes et les terrains de chasse, pouvant être les facteurs limitant le maintien de l'espèce. En complément, il est indispensable de définir leur domaine vital. Afin de parvenir à ces conclusions et d'être en mesure de proposer des mesures de gestion appropriées, un lourd travail préalable de récolte de données sur les différents habitats composant la forêt, sur les potentialités d'accueil de la forêt mais aussi sur la localisation des animaux par écoute ultrasonore et télémétrie est nécessaire. Ce sont toutes ces étapes que nous allons détailler dans ce rapport.

L'objectif de cette étude centrée sur le Murin de Bechstein, et réalisée dans le cadre du contrat Natura 2000 et du volet forestier du PNA sur les Chiroptères, est donc la prise en compte de l'espèce dans la gestion forestière en Grésigne, en passant par la caractérisation de son utilisation de la matrice paysagère forestière pour ses gîtes et ses zones de chasse.

I/ CONTEXTE DE L'ETUDE

A/ PRESENTATION DU SITE DE LA FORET DOMANIALE DE LA GRESIGNE

1- LOCALISATION DU SITE D'ETUDE

La forêt domaniale de la Grésigne est la plus grande forêt de chênes de la région Midi-Pyrénées. Située à la frontière nord-ouest du département du Tarn, à mi-chemin entre la ville de Montauban et celle d'Albi (figure 1), elle se trouve principalement sur la commune de Castelnaud-de-Montmiral mais empiète également sur les territoires communaux de Puycelsi et de Larroque. Elle s'étend sur une surface de 3604 hectares mais seulement 3530 hectares correspondent réellement à la forêt domaniale. Cette différence s'explique notamment par le fait que les maisons forestières, les terrains de service affectés, ainsi que les routes départementales ne sont pas comptabilisés comme faisant partie de la FD. Sur ces 3530 ha, 3502.29 sont boisés.

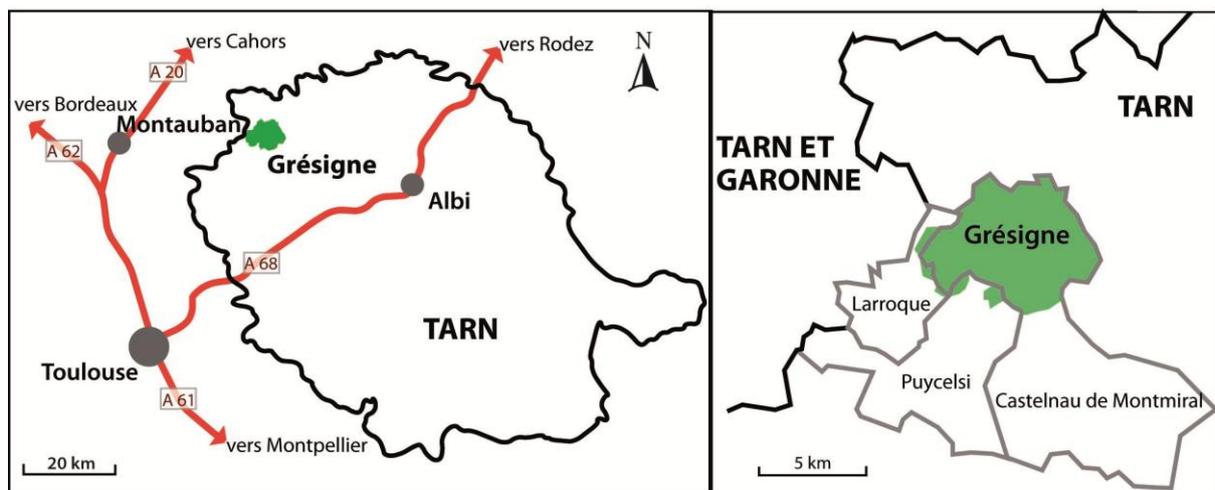


Figure 1: localisation de la FD de la Grésigne
source : Bouny G.

La Grésigne se situe également au cœur d'une zone touristique : le circuit des Bastides albigeoises et des villages fortifiés du Tarn. Ce circuit, bien que passant par le village de Castelnaud-de-Montmiral et Puycelsi, ne passe pas en Grésigne. Il se contente de la contourner. 2 GR sont pourtant balisés en Grésigne, se limitant à certaines routes forestières et reliant le circuit des Bastides, mais sont très peu fréquentés. Le public est en effet bien plus orienté vers la forêt de Sivens, au sud de la Grésigne, dont l'aménagement a été pensé à cet effet. L'accueil du public est donc un enjeu marginal en forêt de la Grésigne.

2- UN SITE FAÇONNE PAR SON HISTOIRE ET UNE GEOMORPHOLOGIE PARTICULIERE

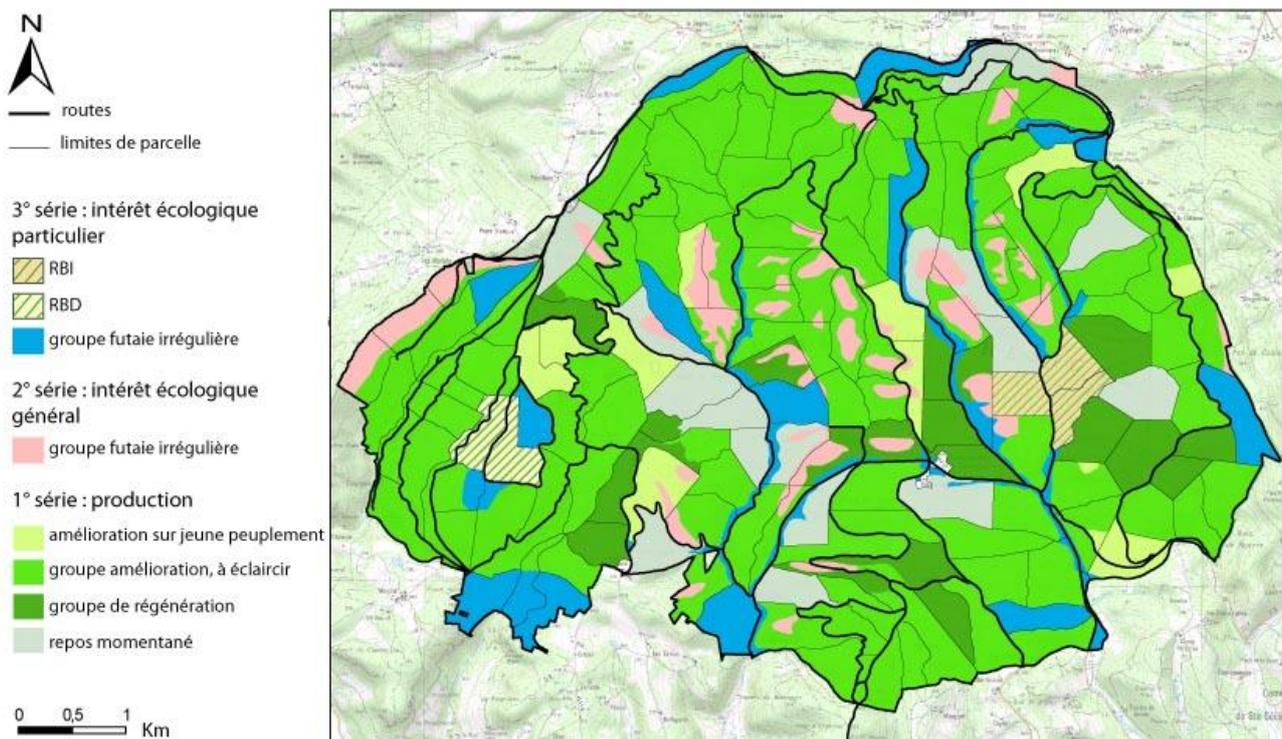
La forêt de la Grésigne se trouve dans la partie orientale du Bassin aquitain et appartient d'ailleurs à la zone biogéographique atlantique. Elle se situe dans la région naturelle du Ségala où elle occupe le bombement principal d'un pli anticlinal d'âge alpin, rattaché géologiquement à l'ensemble structural du Massif Central; entre les régions naturelles des Causses de Quercy, du plateau du Cordais, des coteaux viticoles du Gaillacois et des basses collines agricoles du Montalbanais (Savoie, 2001). L'érosion a

creusé dans ce bombement une cuvette, plus ouverte au sud où l'on retrouve une roche primaire plus tendre qu'au niveau des crêtes qui encadrent la forêt (500m d'altitude). Au fond de cette dépression dont l'altitude minimale est de 200m, on observe des roches sédimentaires silicatées datant du Permien. Il s'agit notamment du grès, particularité géologique de la forêt, ce qui lui a d'ailleurs valu son nom. Ainsi, la Grésigne constitue un îlot de grès au milieu de coteaux calcaires. Bien que d'une altitude moyenne de 300m, la Grésigne présente un relief vallonné oscillant entre 194m et 500m, drainée par deux ruisseaux affluents de l'Aveyron par la Vère : le Rô oriental et le Rô occidental.

Outre ces diverses particularités géomorphologiques, la forêt de Grésigne arbore une particularité paysagère notamment due à son histoire.

Autrefois principalement exploitée en taillis-sous-futaie, elle a vu son mode de gestion être remanié à plusieurs reprises avant d'être convertie en futaie. En 1949, l'aménagement précise alors que ce traitement en futaie sera un traitement en futaie régulière sur l'ensemble du massif. Cependant à partir de 1986, et d'avantage encore depuis 1989, un phénomène de dépérissement du chêne sessile (espèce dominante en Grésigne) est observé. Ce dernier obligea à procéder en 1992-1993, à une modification de l'aménagement forestier en vigueur pour la période de 1994 à 2005. Suite à ces modifications, la forêt a été divisée en 3 séries traitées différemment: la première série est traitée en futaie régulière dans un objectif de production, la deuxième en futaie irrégulière dans un objectif de production et de protection, et enfin, la troisième traitée en futaie irrégulière par bouquets et présentant un intérêt écologique particulier.

Ce traitement en trois séries différentes, que l'on retrouve dans l'aménagement actuel quelque peu modifié (figure 2), a contribué à créer des paysages et des habitats variés au sein de la forêt ce qui, associé au dépérissement du chêne sessile toujours très présent



source : Bouny G.

aujourd'hui, a contribué à faire de la forêt domaniale de la Grésigne un refuge pour une biodiversité remarquablement riche.

3- UNE BIODIVERSITE D'EXCEPTION

Le site de la forêt domaniale de la Grésigne est intégralement compris dans la Zone Spéciale de Conservation FR7300951, mais il est également à 100% classée en ZNIEFF I et II, ce qui prouve son intérêt d'un point de vue écologique (figure 3).

Si la forêt de Grésigne a tout d'abord été connue pour sa population de cervidés, mais aussi ses oiseaux, c'est la présence de nombreuses espèces de coléoptères qui en a fait sa renommée et sa valeur naturaliste (Néri, 2001) et qui a contribué au classement du site en site Natura 2000. En effet, la ZSC FR7300951 de la forêt de la Grésigne se situe au troisième rang européen en nombre de coléoptères avec 2380 espèces recensées dont 5 visées par l'annexe II de la directive «habitats» (Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation). Ces invertébrés sont majoritairement des coléoptères saproxyliques et dépendent donc des phases de sénescence et de dépérissement des arbres, phases très représentées en Grésigne.

Lors de la mise en place du réseau Natura 2000 sur le site de la FD de la Grésigne, des inventaires de chiroptères ont également été menés en 1999 et 2000. En 2007, un nouvel inventaire a été mené au niveau de la RBD de Montoulieu (44 ha) et de la RBI en cours de création de St Clément (57.7 ha). Ces différents inventaires ont contribué à mettre en évidence la présence de 20 espèces de chauves-souris sur le massif, dont 8 sont inscrites en annexe II de la directive Habitats : Grand et Petit rhinolophe, Barbastelle, Minioptère de Schreibers, Grand et Petit murin, Murin à oreilles échanquées, et bien-sûr le Murin de Bechstein qui nous intéresse. Il est important de savoir que les massifs forestiers possédant plus de 20 taxons de chiroptère sont rares.

On trouve également en Grésigne, de façon marginale, 2 habitats annexe II : forêts de frêne et d'aulne des ruisselets et des sources (0,60 ha), et forêts supra-méditerranéennes françaises de chêne vert (0,40 ha).

C'est à la lueur de ces informations que l'on peut affirmer que la Grésigne jouit d'une biodiversité assez exceptionnelle.

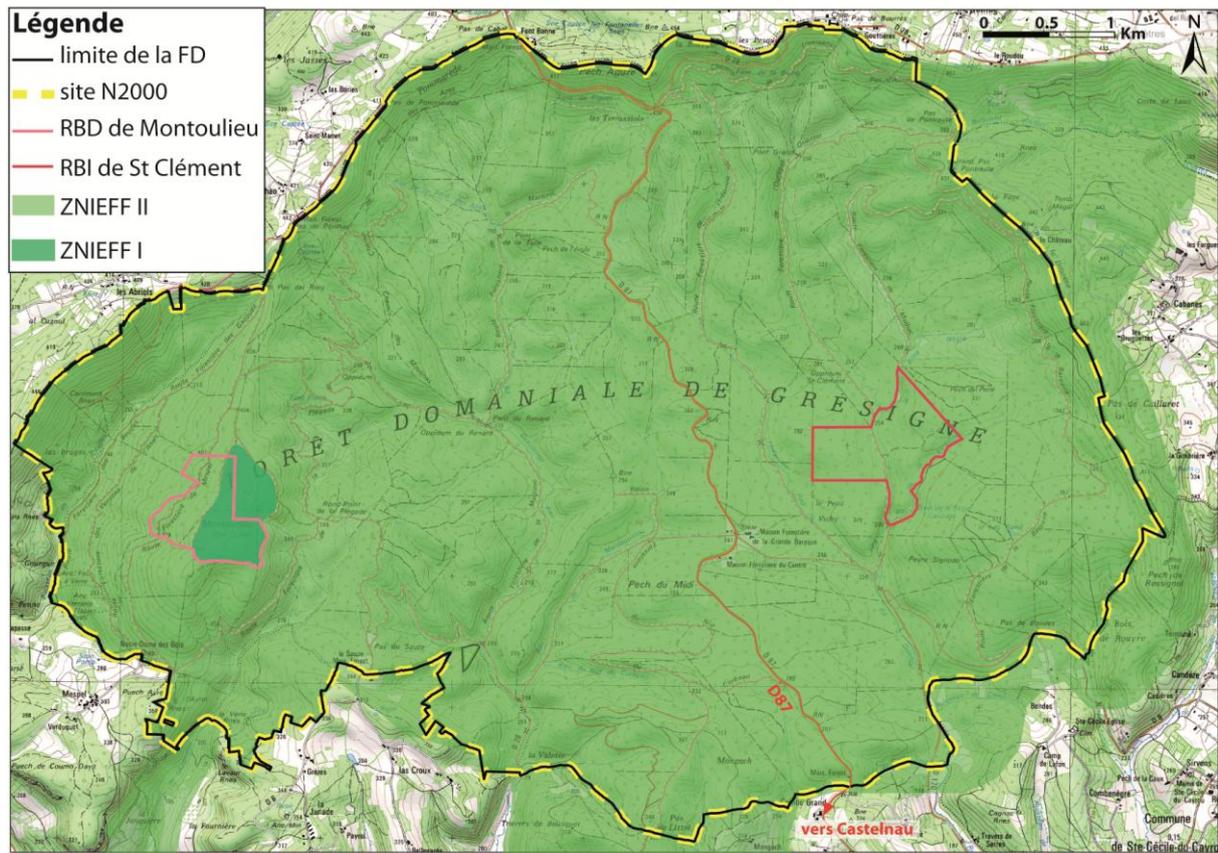


figure 3 : représentation du potentiel écologique de la FD de la Grésigne
source : Bouny G.

B/ LES CHIROPTERES ET LA FORET

1- UN LIEN ETROIT ENTRE LA FORET ET LA BIOLOGIE DE L'ANIMAL

Encore méconnus et parfois affublés d'une mauvaise réputation, les chiroptères représentent pourtant un tiers des espèces de mammifères indigènes régulièrement présentes sur le territoire français. Ce sont les seuls mammifères capable de vol actif, ce qui leur confère une utilisation de leur milieu vital particulier, de nuit, et en 3 dimensions.

Les différentes espèces évoluent dans des milieux différents, mais pourtant on observe que la forêt semble étroitement liée à leur mode de vie. En effet, près de 70% des espèces effectuent une bonne part de leur cycle biologique en forêt, et près de 40% en dépendent intégralement (Barataud et al., 2009). Parmi ces dernières, on retrouve notamment le Murin de Bechstein. La forêt peut en effet fournir des habitats constituant les territoires de chasse de certaines espèces. Elle peut aussi fournir des gîtes naturels (fissure, trous de pic, écorces décollées). Cependant, les connaissances sur l'écologie des espèces et la manière dont chaque espèce utilise la forêt, de façon concrète, sont encore trop faibles pour ajuster au mieux la gestion (Tillon, 2012). Ce manque d'informations s'explique notamment par le caractère récent des techniques d'observation des chiroptères, telle que la détection ultrasonore (Tillon, 2008).

De plus, ce manque de connaissances sur leur écologie en forêt associé à la grande diversité des habitats forestiers qu'elles peuvent exploiter, rendent leur étude et leur suivi

particulièrement compliqués. Leur caractère nocturne apporte également son lot de complications : accès aux sites plus difficile, fatigue des observateurs plus importante..., mais la recherche de leurs gîtes diurnes n'est pas plus simple car ils peuvent être très difficiles d'accès.

L'étude des chiroptères, tout particulièrement en forêt, nécessite donc des protocoles très spécifiques, adaptés à leur écologie.

2- LES CHAUVES-SOURIS EN FORET : INDICATRICES DE BONNE GESTION FORESTIERE?

On a vu précédemment que les différentes espèces de chauves-souris évoluent dans des milieux différents. Elles occupent ainsi une grande diversité d'habitats forestiers, dans toutes ses dimensions, et avec des critères de sélection différents suivant les espèces. Leur présence peut donc renseigner sur la diversité des habitats présents lorsque l'on connaît leurs critères de sélection. Elle peut également renseigner sur la capacité d'accueil du milieu, c'est-à-dire la disponibilité en gîtes. La quantité d'individus, ou la densité de contacts avec les animaux en vol d'une même espèce, voire de l'ensemble du peuplement, apportent aussi des informations importantes sur la richesse du secteur de forêt observé en proies ou en corridors écologiques indispensables aux animaux pour aller des gîtes aux terrains de chasse (Tillon, 2008).

Peut-on pour autant considérer les chiroptères comme des espèces indicatrices?

Par définition, une espèce indicatrice qualifie un organisme dont la présence fournit de l'information sur la condition totale de l'écosystème et sur les autres espèces de cet écosystème. Les taxons qui sont sensibles aux conditions du milieu et qui peuvent ainsi être utilisés pour évaluer la qualité du milieu sont des espèces indicatrices. Or on peut affirmer que les chiroptères, situés en bout de chaîne alimentaire, accumulent les contraintes imposées au milieu, les rendant ainsi sensibles aux variations pouvant être induites par l'activité humaine (Tillon, 2008). Les chauves-souris sont également considérées comme étant des espèces parapluie : espèces qui ont besoin de grands territoires, et révélatrices de l'état de santé de l'écosystème et des espèces qui le compose, mais aussi comme des espèces clé de voûte : espèces au cœur de nombreuses relations interspécifiques.

A la lumière de ces éléments, on voit bien que les chiroptères sont sensibles aux perturbations et interactions au sein de leur écosystème. La gestion forestière peut ainsi impacter directement ou indirectement les populations de chauves-souris et empêcher le maintien de certaines colonies, ou même d'espèces si la stratégie de gestion mise en place n'a pas un objectif conservatoire. On peut donc considérer les chauves-souris comme des indicateurs de la qualité de la gestion en forêt.

3- LE MURIN DE BECHSTEIN, "LA CHAUVES-SOURIS DE FORET VIERGE"

Le Murin de Bechstein est une espèce inscrite aux l'annexe II et IV de la Directive Habitats-Faune-Flore. Si son aire de répartition s'étale sur l'ensemble du territoire français à l'exception du pourtour méditerranéen, elle est considérée comme rare à très rare avec seulement 12 à 15 colonies de reproduction connues en France (Tillon, 2008). La Grésigne se situe au niveau de la limite sud de son aire de répartition.

Ce murin de taille moyenne se reconnaît aisément à ses grandes oreilles dépassant longuement son museau rose. Contrairement à ceux de l'Oreillard (*Plecotus sp.*), les pavillons auditifs du Murin de Bechstein présentent peu de plis transversaux et ne sont pas jointifs. La face ventrale de l'animal présente une coloration blanchâtre qui contraste nettement avec le dos brun. Il mesure en moyenne entre 45 et 55mm pour une envergure de 25 à 30 cm (Bodin, 2011). Il possède de larges ailes qui lui confèrent un vol lent et particulièrement manœuvrable. Ainsi, l'espèce peut se déplacer dans des milieux relativement encombrés, où elle se nourrit par glanage dans le feuillage des arbres.



Figure 4 : photo d'un Murin de Bechstein
source : Lucaz M.

Principalement inféodée aux forêts de feuillus, *Myotis bechsteinii* est l'espèce la plus forestière d'Europe, c'est pourquoi cette espèce est considérée comme la "chauve-souris de forêt vierge" (Tillon et al. 2009). La forêt lui fournit ses gîtes diurnes, principalement des trous de pics, dont il semble changer régulièrement (Tillon, 2008). Elle lui fournit également ses territoires de chasse.

Considérée comme une espèce parapluie, il s'agit d'une espèce peu flexible, très exigeante et donc très sensible à toute modification de son habitat. On parle alors d'espèce dite «spécialiste», c'est à dire qui n'utilise que certains types de tâches au sein de la matrice forestière (Gosselin & Laroussinie, 2004). Son caractère forestier exclusif associé à ses fortes exigences par rapport à son milieu, en fait donc une espèce tout à fait indiquée pour l'étude et la prise en compte des chiroptères dans les stratégies de gestion forestière, et donc la mise en place d'une gestion dite "conservatoire".

De plus, cette espèce est très territoriale. Cela lui confère des avantages face aux compétiteurs, mais impose un inconvénient majeur pour les colonies : si l'habitat devient défavorable, la colonie est dans l'incapacité de se reporter sur un autre territoire, soit parce qu'il est lui aussi défavorable, soit parce qu'il est déjà occupé par une autre colonie (Kerth and König, 1999). Il supporte donc très mal la fragmentation intra forestière (remplacement de vieux peuplements forestiers par de jeunes peuplements). Son caractère glaneur lui confère également une grande sensibilité à la fragmentation des paysages forestiers pouvant être induite par les activités humaines telles que l'exploitation forestière. Il est donc important lors de l'élaboration ou la modification d'un aménagement forestier de tenter de minimiser la fragmentation ou la destruction des habitats favorables à cette espèce.

La prise en compte du Murin de Bechstein dans la gestion forestière de la Grésigne repose donc entièrement sur les notions de gestion conservatoire et d'écologie du paysage. Il semble donc important d'en rappeler les fondamentaux.

C/ NOTIONS D'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE ET GESTION CONSERVATOIRE: FILS CONDUCTEURS DE NOTRE ÉTUDE

1- NOTION D'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE

L'écologie du paysage est basée sur une approche multidisciplinaire qui vise à mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes et s'applique tout particulièrement à des espaces naturels tels que les forêts, où les concepts de zones-noyaux, zones tampons et corridors pourraient contribuer à une meilleure gestion. Elle est définie comme étant l'étude des effets réciproques des motifs du paysage sur les processus écologiques (Grange, 2012). C'est également le passage de compréhension du fonctionnement d'éléments supposés homogènes à l'analyse de mosaïques spatialement explicites donc hétérogènes (Burel & Baudry, 1999).

En écologie du paysage, la mosaïque paysagère est caractérisée par trois éléments primaires d'analyse (figure 4):

- **la tache**, qui correspond à une unité fonctionnelle où les conditions environnementales sont homogènes.

- **le corridor écologique**, unité souvent linéaire qui joue le rôle d'habitat (permanent ou temporaire), conduit ou couloir pour la dissémination des espèces. Il peut faire office de filtre, de barrière, de source (des individus émanent du corridor) ou de puits (les organismes pénètrent dans le corridor, mais n'y survivent pas).

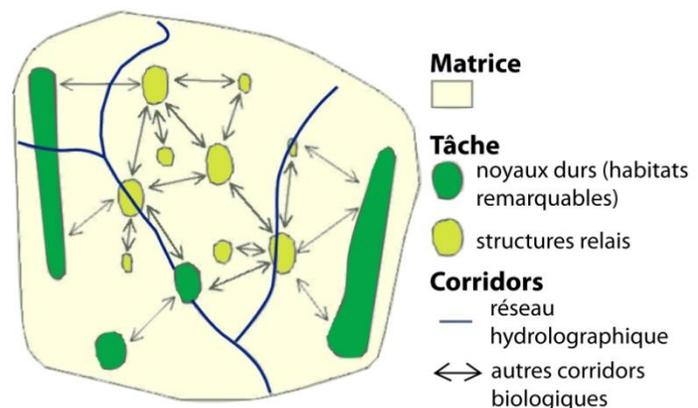


Figure 5 : schéma du concept tâches-matrice-corridors
source : DREAL Nord-Pas-de-Calais

- et **la matrice** qui est l'élément dominant d'un paysage, à la fois en tant que support et produit de la biodiversité. Elle inclut notamment le milieu interstitiel qui est peu ou pas optimal pour les espèces (Burel & Baudry, 1999).

La mosaïque paysagère est donc un ensemble d'éléments plus ou moins fragmentés ou connectés entre eux. C'est un ensemble spatialement hétérogène par la diversité des éléments qui le composent et par la complexité des relations spatiales qu'il existe entre ces éléments, qui organisent le territoire. Deux principes sous-jacents ont ainsi été établis: la fragmentation et la connectivité (Grange, 2012). La fragmentation constitue la principale cause d'extinction des espèces dans le monde.

La fragmentation se manifeste lorsqu'un écosystème de large étendue est transformé par l'action humaine en de nombreux fragments, de taille réduite, isolés spatialement. Ce phénomène modifie donc la taille, la forme mais aussi l'isolement des habitats, générant ainsi des habitats souvent moins favorables à la biodiversité qui y est inféodée. La connectivité en revanche, correspond au degré avec lequel le paysage facilite ou freine les

échanges et les mouvements entre les différentes tâches. Ainsi, la connectivité diminue quand la fragmentation augmente.

Ainsi, en comprenant et en intégrant ces diverses notions et concepts, la gestion des paysages peut se faire dans l'objectif de préservation des écosystèmes. On parle alors de gestion conservatoire.

En ce qui concerne le Murin de Bechstein, les tâches qui nous intéressent sont les milieux que nous démontrons comme étant favorables aux zones de gîtes et aux terrains de chasse. Les autres milieux forestiers sont donc considérés comme la matrice. Tout l'enjeu va donc consister à maintenir ces tâches d'habitats favorables. Il va aussi s'agir d'éviter le phénomène de fragmentation pouvant conduire à la diminution du terrain de chasse, ou l'isolement et la perte de zones de gîtes, par la mise en place et le maintien de corridors entre ces tâches.

2- GESTION CONSERVATOIRE EN FORET, OU SAVOIR FAIRE DES COMPROMIS

Ce que l'on appelle «gestion conservatoire», c'est un mode de gestion des milieux naturels ou subnaturels visant à maintenir ou à restaurer la biodiversité, qu'elle soit ordinaire ou remarquable. Appliquée à la sylviculture, la gestion conservatoire envisage des ajustements des pratiques en fonction des éléments abrités par les forêts : gestion intégrée (biodiversité ordinaire), gestion adaptée (biodiversité remarquable), absence d'exploitation dans le but de laisser s'exprimer librement les processus évolutifs naturels (Marsaud, 2008). La figure suivante propose une vue schématique du concept de gestion conservatoire et de ses trois composantes :

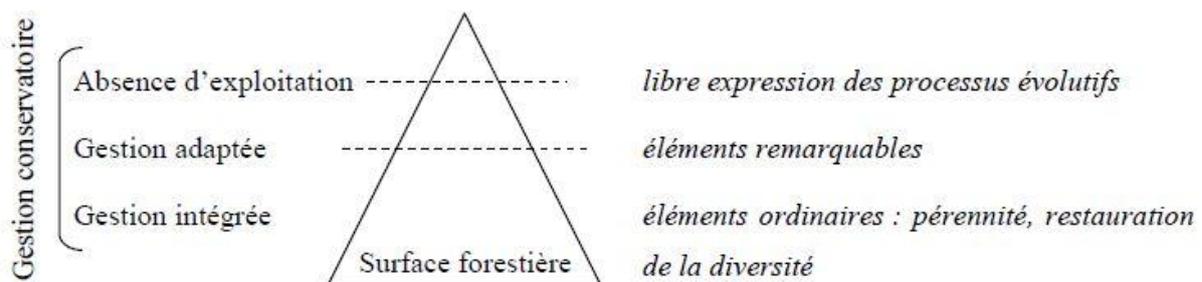


Figure 6 : Le concept de gestion conservatoire : division de la surface forestière en compartiments soumis à une absence d'exploitation, une gestion adaptée, ou une gestion intégrée

source : Rameau J-C, 1999

La mise en place de mesures de gestion conservatoire dépend des éléments à protéger en priorité (espèce ou habitat qu'on ne trouve qu'en forêt, sensibles à la gestion, ou menacé), selon les priorités et statuts des sites concernés. On définit ensuite les éléments déterminants pour les espèces les plus sensibles aux interventions sylvicoles (Gosselin & Paillet, 2010). Par exemple pour les chiroptères, plusieurs auteurs pensent que le premier facteur en forêt serait la disponibilité en gîtes (Tillon et al., 2012). Pour répondre notamment ces contraintes, il existe des outils de gestion tels que l'instruction interne à l'Office National des Forêts (2009) pour la conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques, qui impose le maintien d'arbres à conserver pour la biodiversité, à hauteur de 2 arbres creux et d'un arbre mort (de diamètre supérieur à 35 cm) par hectare. Cette instruction propose aussi la mise en place d'îlots de vieillissement et d'îlots de sénescence. Ces mesures sont applicables, en règle générale, sur une durée de 3 aménagements, pour des surfaces minimales de 1% en sénescence et 2% en vieillissement.

Cependant, la mise en place de mesures de gestion conservatoire passe souvent par l'immobilisation d'hectares de forêt représentant un manque à gagner certain. La difficulté est donc de trouver un juste milieu entre préservation de la biodiversité à travers ces mesures de gestion, et maintien de la rentabilité de la forêt au niveau de la production de bois.

III/ CARACTERISATION FINE DE LA FORET DOMANIALE DE LA GRESIGNE : UN PREMIER PAS VERS UNE STRATEGIE DE GESTION EN FAVEUR DU MURIN DE BECHSTEIN

A/ LA GRESIGNE : UNE MOSAÏQUE D'HABITATS FORESTIERS

1- METHODOLOGIE DE DESCRIPTION DES HABITATS

En terme d'occupation du sol, il apparaît que le paysage de la forêt de la Grésigne est relativement homogène, avec 3500 ha de surface boisée sur les 3530 ha de la FD, 26 ha de prairies et 4 ha de surface de bâtie et d'infrastructures routières. Cependant ce descripteur de premier ordre ne donne qu'un niveau de description insuffisant pour une étude écologique telle que celle décrite dans ce rapport, ayant pour but d'aboutir à des mesures de gestion.

Afin de comprendre quel rôle joue chaque élément paysager et quels sont les critères de sélection du Murin de Bechstein pour ces gîtes et ses territoires de chasse, il est donc nécessaire de commencer par une description plus fine de la Grésigne (Boireau, 2007).

Pour ce faire, la Grésigne a été découpée en 113 polygones, une description par polygones étant plus adaptée à la cartographie d'habitats d'espèce qu'une description ponctuelle sur placette. Ces polygones ont été dessinés sur SIG à partir de la carte des peuplements car elle représente à la fois la diversité au niveau des essences forestières et celle au niveau du stade de développement des arbres présents. La possibilité d'utiliser la carte des habitats CORINE Biotope (voir annexe) a été écartée. La diversité d'habitat est donc mieux représentée, permettant ainsi de délimiter des polygones avec un maximum d'homogénéité structurale. Leur définition a également été appuyée de vérifications sur le terrain de leur homogénéité, et de conseils d'Eric Bourdilleau, chef d'Unité Territoriale travaillant notamment sur l'aménagement de la Grésigne.

Au sein de chaque polygone nous avons décrit un certain nombre de facteurs afin d'appréhender la diversité de la forêt. Les données récoltées sont des descripteurs généraux du polygone, des descripteurs du peuplement, des descripteurs de la structuration verticale du peuplement, et des données sur la surface terrière. A l'aide du SIG, ces données ont été cartographiées puis rasterisées afin d'être prises en compte lors d'une analyse de sélection d'habitats (à l'aide de la méthode de la K-select développée par Calenge et al. (2005)), afin d'identifier parmi ces variables les critères de sélection d'habitat pour le Murin de Bechstein. Il s'agit de :

- **la pente et l'exposition** du polygone.

- les différents **types de structure** observés dans le peuplement. Ce paramètre est exprimé en pourcentage d'occupation de la surface du polygone pour chaque type de structure observé (figure 7). Cet indicateur nous permet de mieux appréhender la complexité du peuplement que la carte des peuplements ci-dessus. Si plus de 3 type de structures étaient observés (futaie régulière claire ou fermée, futaie irrégulière claire ou fermée, taillis simple, taillis-sous-futaie, gaulis, perchis, régénération, fourré ou ripisylve), alors le polygone était considéré comme trop hétérogène et divisé en 2 ou 3 polygones différents suivant ce qui était le plus représentatif.

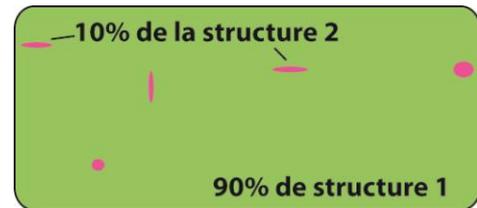


Figure 7: schéma explicatif du mode de description des différentes structures du polygone
source: Bouny G.

- **les essences** majoritairement présentes dans chaque strate du peuplement. Nous avons ainsi relevé quelles espèces étaient présentes dans la strate dominante, dans le sous-étage du peuplement quand il y en avait un, dans le taillis quand il y en avait un, dans la strate buissonnante, et dans la strate herbacée. Le degré de précision de la détermination au niveau de la strate herbacée est resté très sommaire (ex: "graminée"), une détermination allant jusqu'à l'espèce n'apportant pas plus d'informations sur la typologie d'habitat sélectionnée par *Myotis bechsteinii*.

- **la hauteur** de la strate dominante, **l'âge** du peuplement et **le diamètre** moyen à 1m30 de la strate dominante.

- **l'ouverture de la strate dominante**. Elle est caractérisée par le pourcentage de lumière au sol que laisse passer la strate arborée, le pourcentage de recouvrement de la strate dominante du peuplement, et un type d'ouverture du milieu (type 1: milieu fermé avec un faible pourcentage de lumière; type 2: milieu ouvert de façon uniforme, type 3: milieu ouvert de façon hétérogène).

- **le taux de recouvrement par strate**. De même que pour la qualification de la structure des polygones, il a tout d'abord été estimé le nombre de typologies de stratification (de 1 à 3), et leur pourcentage d'occupation de la surface du polygone. Au sein de chacune des sous-unités de chaque polygone a ensuite été relevé le pourcentage de recouvrement pour la strate muscinale (de 0 à 0.5m), pour la strate herbacée haute (0.5 à 1m), pour la strate arbustive (1 à 2m), pour le sous-étage bas (2 à 4m), pour le sous-étage haut (4 à 8m), la strate arborée basse (8 à 16m), la strate arborée haute (16 à 32m), et pour la canopée (>32m) quand il y en avait une.

- et enfin, **la surface terrière** (G) pour la/les essence(s) majoritaire(s). La surface terrière d'un arbre correspond à la surface de la section d'un arbre mesurée à 1,30 mètre du sol, mesurée à l'aide d'un relascope. Sa mesure par essence et par classe de diamètre permet de représenter relativement fidèlement la structure du peuplement forestier. Cet indicateur nous donne des informations sur la densité de bois dans le peuplement. Nous avons estimé la surface terrière moyenne au sein de chaque polygone en faisant la somme des surfaces terrières de tous les arbres se situant au niveau d'une placette que l'on a jugé représentative du polygone (par sa structure et sa stratification).

2- RESULTAT : REPRESENTATION ET CARACTERISATION DES DIFFERENTS

HABITATS

Ce lourd travail de description nous a permis de mieux appréhender la mosaïque d'habitats forestiers qui constitue la Grésigne. Tout d'abord, étant la première chênaie sessilifère de Midi-Pyrénées, il semble évident que la proportion de feuillus sur la zone d'étude est très nettement majoritaire par rapport aux résineux. Elle représente 93.8% de la surface boisée contre seulement 2.7% de résineux et 3.5% de surface

boisée composée d'essences mixtes. Ces 93.8% de feuillus sont constitués à 76% de chênes sessiles et pédonculés qui sont les deux essences principalement exploitées pour la production de bois.

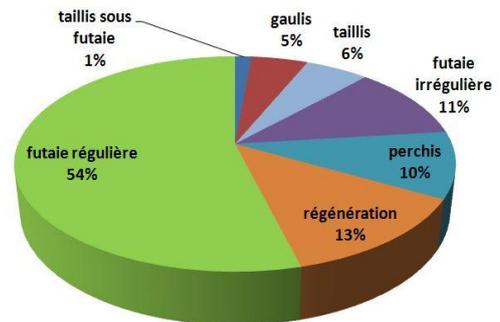
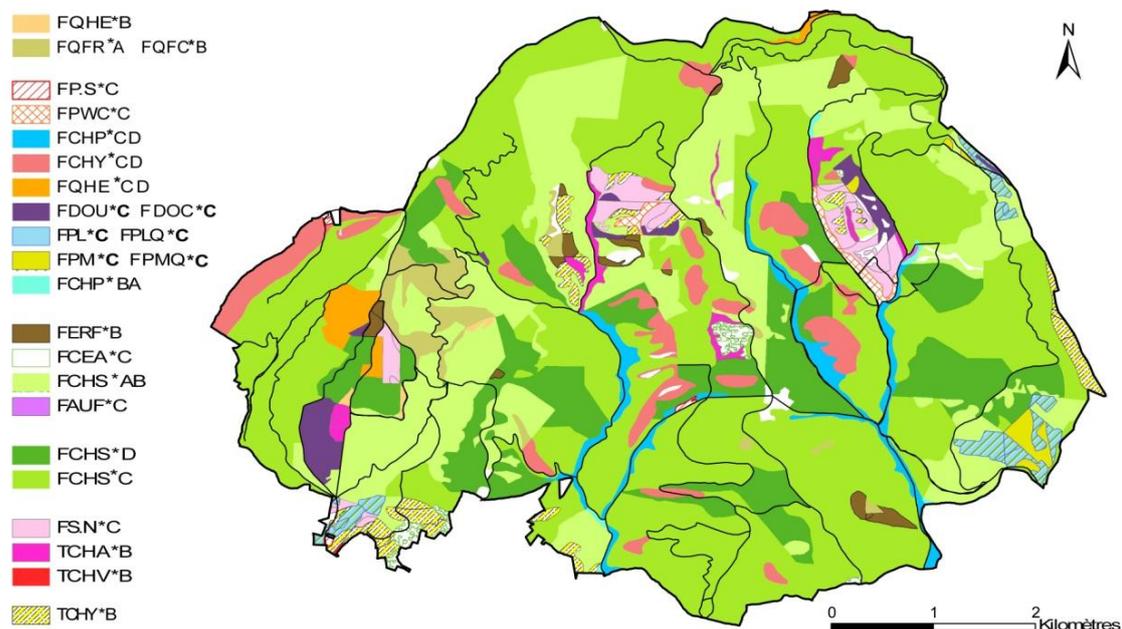


Figure 8 : proportion des différents types de traitements
source : Bouny G.

Les différents types de traitement opérés (figure 8) ainsi que les essences implantées de sorte à répondre aux objectifs dictés par l'aménagement forestier, permettent d'aboutir à une carte de peuplements (figure 9) donnant une première idée des paysages forestiers présents en Grésigne.



Légende :

FQHE*B
FQFR*A FQFC*B
FPS*C
FPWC*C
FCHP*CD
FCHY*CD
FQHE*CD
FDOU*C FDOC*C
FPL*C FPLQ*C
FPM*C FPMQ*C
FCHP*BA
FERF*B
FCEA*C
FCHS*AB
FAUF*C
FCHS*D
FCHS*C

FPM : futaie de pin maritime
FPMQ : futaie de pin maritime-chêne sessile
FERF : futaie d'érable-frêne
FCEA : futaie de cèdre de l'Atlas
FCHS : futaie de chêne sessile
FAUF : aulnaie-frênaie des ruisselets
FSN : futaie de sapin de Nordmann
TCHA : taillis de charme
THV : formation de chêne vert
THY : taillis de chêne pubescent

A : stade de semis ou jeune plantation au gaulis
B : stade du bas au haut perchis
C : stade de la jeune à la vieille futaie
D : stade de la futaie en cours de régénération

Figure 9 : carte des peuplements

source : Bouny G. à partir de l'aménagement forestier de la Grésigne

La diversité des structures observées dépassant le type de traitement imposé, nous avons cherché à représenter cette diversité structurale au sein de chaque polygone. Cette

diversité ne pouvant être spatialisé sur SIG du fait qu'elle repose sur des proportions d'occupation de l'espace et non sur un zonage, nous avons calculer un indice de Shannon exprimant non pas la diversité spécifique du milieu comme le voudrait son utilisation normale, mais la diversité de structuration de chaque polygone. C'est cette diversité estimée que nous avons représenté et rasterisé afin d'en faire une variable pour la K-select. En ce qui concerne la diversité des essences relevée sur le terrain, le nombre d'essences relevées par polygone qui a ensuite été utilisé comme variable.

Les données concernant le taux de recouvrement par strates ont fourni des résultats intéressants mais complexes à représenter. Tout d'abord, une première typologie de stratification s'est rapidement dégagée comme on peut le voir sur la figure 10. On voit qu'une réelle diversité se dégage chez des peuplements pourtant traités de la même façon. On a cependant cherché à aller plus loin dans la caractérisation de la diversité de structuration verticale en calculant à nouveau un indice de Shannon. Ces 2 variables caractérisant le recouvrement par strates, et donc la complexité verticale de la forêt ont été pris en compte pour l'analyse de la sélection d'habitat par le Murin de Bechstein.

différentes typologies de stratification

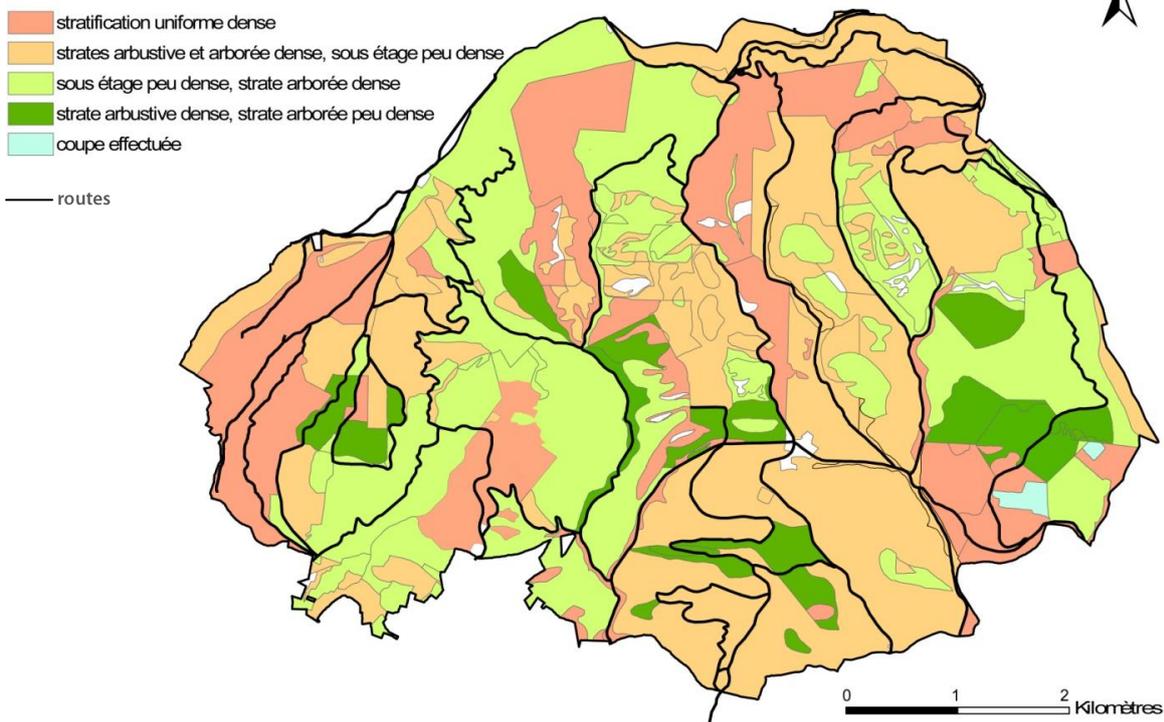


Figure 10 : carte présentant les différentes typologies d'organisations verticale au sein des différents polygones.
source : Bouny G.

Enfin, en ce qui concerne le traitement des données de surface terrière (G), les variations de sa valeur étant importantes pour des catégories de diamètres différentes (entre 1 et 34.5 m²/ha), nous avons représenté G associé à la proportion de gros bois et de très gros bois intervenant dans son calcul (diamètre > 47.5 cm). La superposition de ces 2 indicateurs permet de visualiser facilement la densité et le type de diamètre composant le peuplement du polygone (figure 11). Nous avons également de nouveau calculé un indice de Shannon afin d'exprimer la diversité de diamètres intervenant dans le calcul de G.

Ces trois indicateurs décrivent ainsi de façon assez précise nos polygones en terme de quantité de bois présent.

Toutes ces données nous permettent donc d'appréhender de façon relativement précise la diversité d'habitats présents sur la Grésigne, mais aussi au sein de chaque polygone.

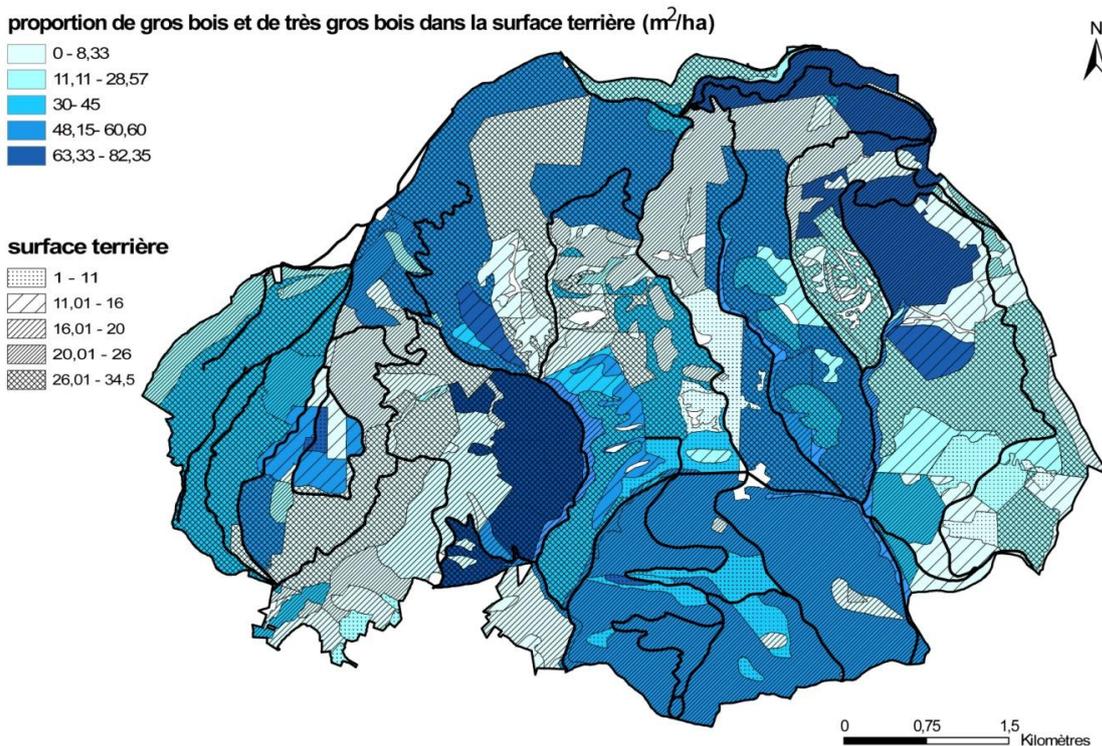


Figure 11 : carte présentant la proportion de gros bois et de très gros bois entrant dans le calcul de la surface terrière.
source : Bouny G.

B/ UN POTENTIEL DE GITES A MURIN DE BECHSTEIN HETEROGENE SUR LA FORET

1- METHODOLOGIE D'INVENTAIRE DES CAVITES ET FISSURES

Comme dit précédemment, la qualité et la disponibilité des gîtes influencent d'une façon importante la présence et la capacité de survie des chauves-souris. Pour le Murin de Bechstein il s'agit donc de la disponibilité de cavités type trou de pic et de fentes sur parties saines. C'est pourquoi il semble intéressant de modéliser cette disponibilité en gîtes potentiels, nous permettant ainsi de cerner dès le début de l'étude des zones propices à la présence de gîtes.

Ne pouvant être exhaustif, cet inventaire a cherché à être le plus représentatif de la forêt de la Grésigne. La répartition et le nombre de points d'inventaire a été basé sur la carte des peuplements de la forêt donnant les essences présentes mais aussi le stade de développement du peuplement (gaulis, perchis, futaie ou en régénération), ce que ne donne pas la carte des habitats CORINE Biotope. Tout comme pour la description des habitats forestiers, elle illustre donc mieux la diversité qui nous intéresse au sein de la forêt. Grâce au SIG, les points d'inventaire ont été répartis de façon équitable au sein des différents peuplements et placés au niveau des nœuds d'un quadrillage composé de mailles de

100*100 m préalablement superposé à la carte des peuplements afin d'éviter un phénomène d'autocorrélation spatiale. Pour être statistiquement représentatif, 10 points ont été positionnés par peuplement dont 30% ont été placés à moins de 30 mètres d'un axe de circulation afin de prendre en compte l'influence que peuvent avoir les infrastructures sur le nombre de gîtes potentiels présents, à moins que la surface de ce dernier ne le permette pas, mais aussi le comportement des pics qui ont souvent besoin d'effet lisière comme élément de repère et de fuite en sortie de cavité. Ainsi, 205 points ont été placés et inventoriés en Grésigne. Il aurait été intéressant de quadriller entièrement la forêt, mais le temps disponible ne l'a pas permis.

Au niveau de ces points ont été inventoriées toutes les cavités de type trous de pic et toutes les fentes, en faisant la différence entre ceux sur parties saines et sur parties mortes de l'arbre, dans un rayon de 30 mètres.

Cependant, les 205 placettes d'environ un quart d'hectare ne représentent que 1.5% de la surface de la forêt. Il a donc fallu trouver une méthode d'analyse permettant, à partir de données non exhaustives, d'estimer le nombre de trous de pic et de fentes potentiellement présentes en chaque point de la FD. Pour cela nous avons utilisé la méthode du cokrigeage. Le principe du cokrigeage est de former une estimation linéaire d'une variable principale (nombre de cavité et de fente) à partir d'observations de cette variable principale et d'une variable secondaire (type de peuplement), en interprétant et en modélisant un variogramme expérimental (Despaigne, 2006). Cette estimation tient donc compte du type de peuplement et du nombre de cavités/fentes observées au niveau du point le plus proche se situant dans le même type de peuplement. Elle est également modulée par la valeur de 3 «voisins», c'est-à-dire par le nombre de cavités/fentes observées au niveau des 3 points d'inventaire les plus proches dans le même type de peuplement.

2- RESULTAT : REPRESENTATION STATISTIQUE DU POTENTIEL EN GITE

La carte des prédictions du nombre de fente/cavité favorables au Murin de Bechstein (cavité et fente sur parties saines) a été créée sous ArcGis 10 par cokrigeage grâce à l'outil Geostatistical Analyst, ainsi que la carte modélisant l'erreur associée à chaque point d'estimation (figure 12). On y voit que le nombre de gîte potentiel fluctue entre 0 et 6.4 par placette sur la FD avec une marge d'erreur qui se situe globalement entre 0.65 et 1.5 gîte potentiels/placette. Une zone se dégage dans la partie sud/sud-est de la Grésigne (zone entourée en rouge) par la présence potentielle d'un plus grand nombre de gîtes favorables. Il se trouve que cette zone correspond aux parcelles où les peuplements sont les plus âgés. Cette zone, où l'on prédit entre 1.6 et 6.4 gîtes potentiels/placette, semble donc être la zone la plus favorable à l'installation de gîtes à Murin de Bechstein. Cette information sera intéressante pour la formulation et la spatialisation des mesures de gestion.

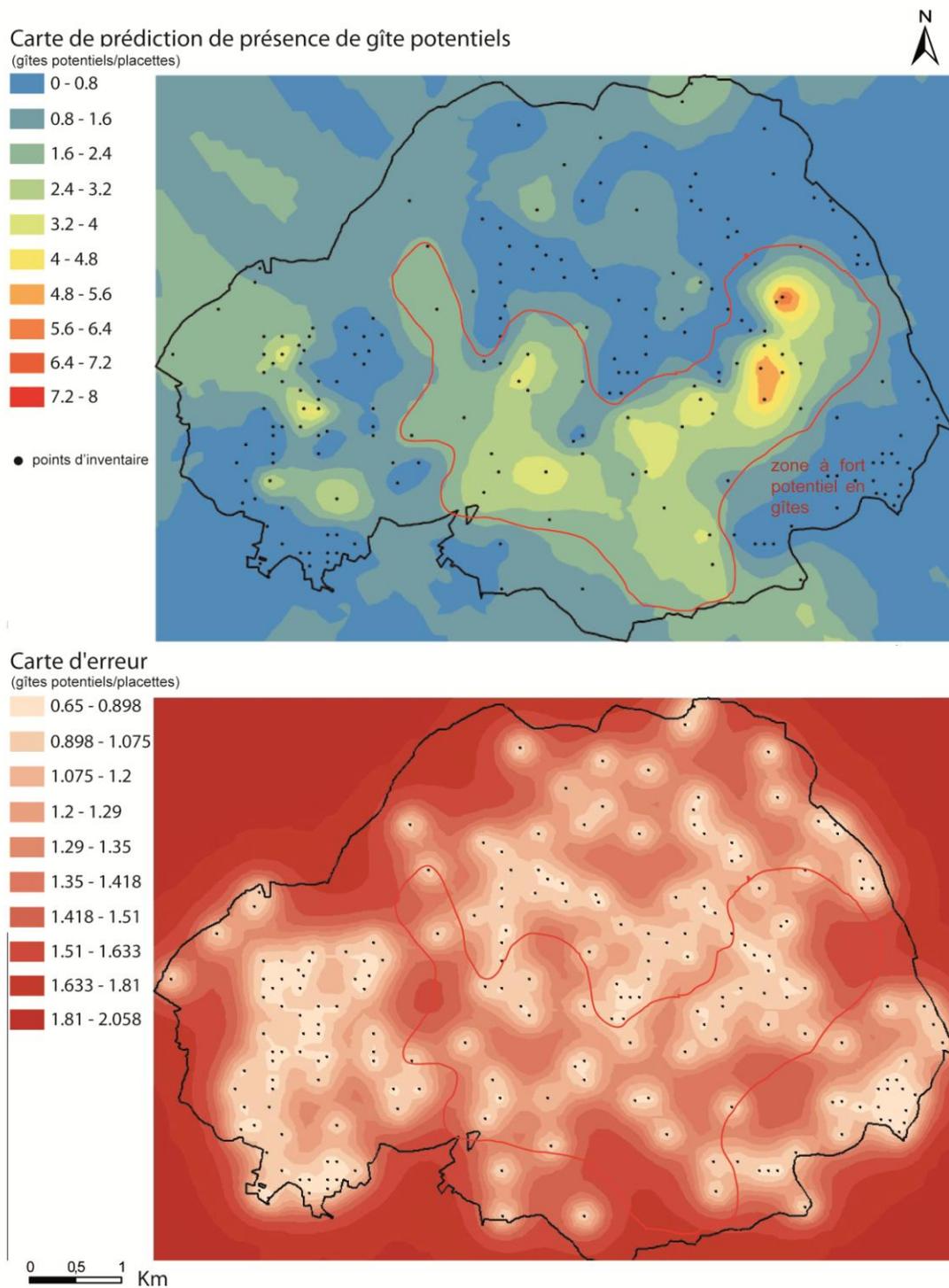


Figure 12 : cartes de cokrigage modélisant la répartition des gîtes à Bechstein potentiels, et l'erreur avec laquelle cette prédiction est faite

source : Bouny G.

Les données récoltées et présentées dans ce chapitre n'ont que peu de valeur seules. Elles prennent en revanche tout leur sens si on les superpose aux données récoltées sur l'utilisation de la forêt par le Murin de Bechstein décrites ci-après.

III/ CARACTERISATION DE L'OCCUPATION DE LA FORET DE LA GRESIGNE PAR LE MURIN DE BECHSTEIN ET DEFINITION DE SON DOMAINE VITAL

L'étude du Murin de Bechstein en forêt domaniale de la Grésigne a pour objectif de nous permettre de comprendre et d'interpréter la relation entre l'espèce et les éléments structurant la matrice paysagère forestière. En comprenant l'utilisation que l'espèce a de son espace nous pourrions caractériser son domaine vital, au sein duquel il sera alors possible de dégager des critères de sélection d'habitat, et identifier ses critères de sélection pour ses zones de gîte.

A/ L'ECOUTE ULTRASONORE : UN APPUI PREALABLE A LA RECOLTE DE DONNEES SUR LE MURIN DE BECHSTEIN EN GRESIGNE

Dans le but d'avoir une première idée quand à la localisation du Murin de Bechstein en forêt de la Grésigne, simplifiant par la suite le travail de télémétrie décrit par la suite, 3 nuits d'écoute ultrasonore ont été planifiées.

Ces écoutes ont été réalisées grâce à deux modèles de détecteurs à ultrasons : le Pettersson D240x et le Pettersson D980. Ces deux appareils convertissent les ultrasons en sons audibles pour l'homme rendant ainsi possible, avec de l'expérience, la détermination d'un certain nombre d'espèces ou de groupes d'espèces de chiroptères. L'identification des espèces contactées a été faite par Philippe Favre, membre du réseau national mammifères de l'ONF, en écoutant tout d'abord des sons en hétérodyne (en temps réel) puis en expansion de temps (séquence mémorisée de 3 secondes ralentie 10 fois). Lorsque ces deux modes d'écoute ne permettaient pas l'identification sur le terrain, des séquences d'ultrasons ont été enregistrées, puis analysées sur ordinateur à l'aide du logiciel Batsound 3.31. Un des avantages que présente la détection ultrasonore est que c'est une méthode d'inventaire passive, non dérangeante pour les animaux contactés.

Les tests réalisés par le réseau Mammifères de l'ONF ont mis en évidence que les points d'écoute étaient à préférer aux circuits d'écoute en continu. Des temps d'écoute de 10 minutes suffisent à avoir une idée de la fréquentation par groupes d'espèces en un point donné (Tillon, 2008). 3 circuits de 10 points d'écoute ont été préparés, centrés sur les zones où du Murin de Bechstein avait déjà été capturé ou contacté, sur les zones où le potentiel en gîte est élevé, et sur les indications de Frédéric Néri, membre du CREN de Midi-Pyrénées ayant déjà réalisé plusieurs études chiroptères sur la Grésigne (voir annexe). Ils ont ainsi été situés au niveau de couloirs de vol potentiels, près de la RBD et de la future RBI, où 70% des espèces présentes en Grésigne ont déjà été contactées au détecteur d'ultrasons (Néri, 2007). Les points d'écoute ont également été placés à des endroits où la pose de filets de capture pourrait faciliter la capture d'individus lors de l'opération de télémétrie.

Cependant, les conditions météorologiques ont fortement perturbé les nuits d'écoute : pluie faible à forte, orage, températures oscillant entre 21,4°C et 15,7°C. Seules 4h27 d'écoute ont pu être réalisées sur les 16h prévues, fournissant ainsi que peu de données pour la préparation du radiopistage, et aucune localisation du Murin de Bechstein. Cependant, 9 espèces ont tout de même pu être contactées et déterminées au niveau

spécifique comme on peut le voir sur le tableau 1 ci-dessous. À ces espèces s'ajoute *Myotis nattereri*, qui a été observé sous un pont en journée.

Tableau 1: résultats brut des nuits d'écoute

source : Bouny G.

	circuit A		circuit B		Total
	17 juillet 2013		18 juillet 2013		
	Début: 22H11 21,4°C pluie faible	Fin: 23H36 19,4°C pluie forte	Début: 22H06 16,6°C pluie faible	Fin: 01H08 15,7°C pluie forte	
<i>Myotis myotis</i>					3
<i>Barbastella barbastellus</i>	2				2
<i>Nyctalus leisleri</i>	1				1
<i>Eptesicus serotinus</i>					1
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	14				23
<i>Pipistrellus Khuli</i>					13
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	2				1
<i>Miniopterus schreibersi</i>					3
<i>Plecotus austriacus</i>					1
Nombre de contacts	19				48
					67

B/ LA TELEMETRIE: UN OUTIL PRECIEUX A LA DETERMINATION DU DOMAINE VITAL

1- PRINCIPE GENERAL DE LA TELEMETRIE

La radio télémétrie est la méthode la plus fiable pour déterminer précisément les secteurs et habitats utilisés (gîtes et terrains de chasse) par une chauve-souris (Tillon, 2008), et donc pour déterminer son domaine vital (DV) et connaître les gîtes qu'il utilise. Cette méthode consiste à équiper des individus avec des émetteurs adaptés afin de pouvoir connaître et suivre leurs localisations. L'émetteur (figure 13) envoie des ondes captées par des observateurs équipés d'antennes et de récepteurs, et chaque observateur note la direction du signal à l'aide d'une boussole. Les positions des observateurs sont notées sur une carte, ainsi que la direction de leur signal en simultanée sur chaque animal. Une triangulation peut alors être réalisée grâce au logiciel Locate, indiquant la position moyenne de l'animal au moment des prises de mesure. Elle correspond au barycentre du triangle formé (figure 14). Il est cependant conseillé de rechercher à atteindre l'animal pour fiabiliser la localisation, en se positionnant directement sous lui (on parle d'«Homing in» ou «HI»), ce qui n'est pas toujours facile, même lorsque les animaux sont au gîte.

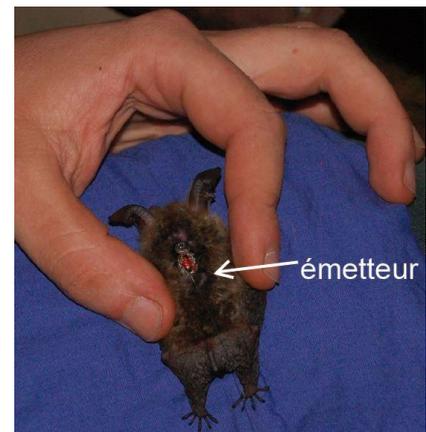


Figure 13 : photo d'un individu équipé
source : Lucaz M.

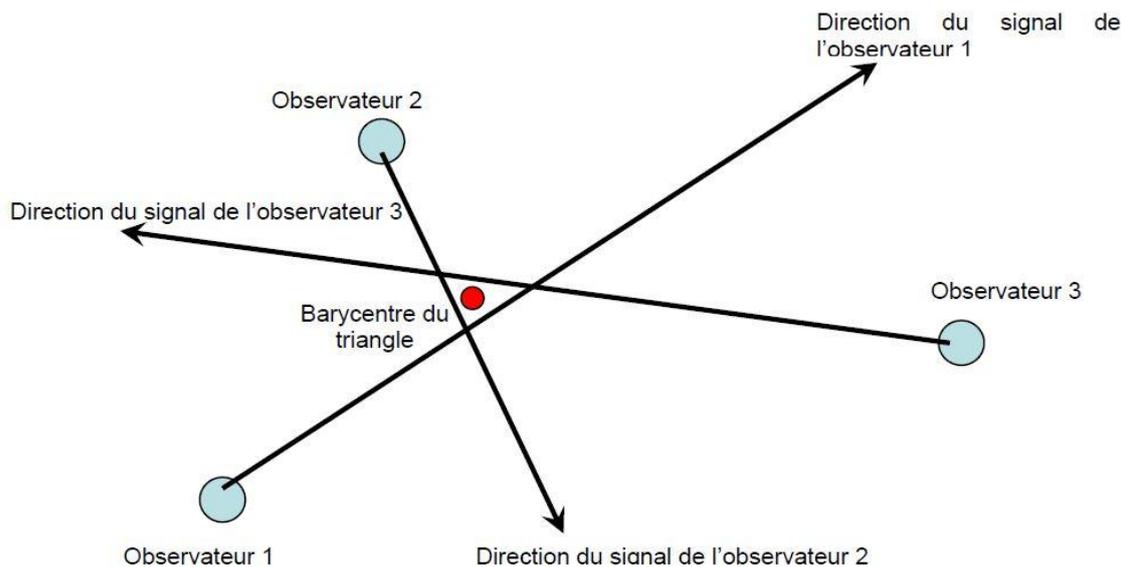


Figure 14 : schéma présentant le principe de la triangulation
source : Tillon L.

La télémétrie est la méthode qui se trouve être la plus appropriée aux chiroptères mais c'est aussi une méthode complexe et coûteuse à mettre en œuvre. Elle impose notamment, pour un suivi ayant pour but la définition du DV d'une colonie et l'identification de critères de sélection d'habitat, d'avoir un pas d'échantillonnage long afin de prendre en compte les variations quotidiennes des conditions locales d'accès aux ressources entraînent des variations notamment dans la délimitation du DV. Cependant, pour les chiroptères de faible poids (entre 7 et 10g), les émetteurs utilisés pour la télémétrie ont des durées de vie limitées (7 à 15j.). Il en découle que la détermination du DV d'un animal a toujours posé des problèmes aux scientifiques (Tillon, 2012).

2- APPLICATION DE LA METHODE

Le but de cette étude étant de définir la zone d'influence des différents types d'habitats forestiers sur le Murin de Bechstein en Grésigne mais aussi de comprendre comment s'opère la sélection des gîtes par l'espèce, on s'est donc intéressé à une colonie, en équipant plusieurs individus sur 11 nuits.

Au cours de ces 11 nuits de radiopistage, on est parvenu à équiper 16 individus de Murin de Bechstein semblant provenir de la même colonie. Ces animaux sont présentés en détail dans le tableau 2. Ils ont été suivis grâce à un jeu d'antennes 3 brins, et de récepteurs REGAL et Australis.

Les captures et donc l'équipement des animaux se sont déroulés entre la nuit du 29 juillet et celle du 2 août. Les 4 premiers individus ont été capturés au filet en suivant le protocole de capture mis en place par le réseau mammifères de l'ONF pour les chiroptères.

Tous les autres animaux ont été capturés et équipés en sortie de gîte. Le principe de la capture en sortie de gîte est de poser un filet directement sur la cavité d'un arbre gîte dans lequel gîte un animal précédemment équipé, en l'occurrence l'individu 737. Cette dernière capture a cependant eu lieu relativement tard, 2 autres tentatives de capture en sortie de gîte infructueuses ayant été tentées le 31 juillet et le 1 août en suivant l'individu 437, gîtant seul ces 2 nuits là. Ce contretemps nous a malheureusement fait perdre du temps et de la donnée car seul un faible nombre d'individu a donc été suivi au cours de la première semaine de radiopistage.

Tableau 2 : tableau de présentation des animaux équipés

source : Bouny G.

n° d'émetteur	date de capture	sexe	âge et statut reproducteur	date de fin de suivi
237	29-juil	femelle	vierge non active	08-août
378	02-août	femelle	vierge non active	06-août
397	02-août	femelle	adulte post-allaitante	08-août
437	30-juil	mâle	juvénile non actif	06-août
457	02-août	femelle	vierge active	08-août
497	30-juil	femelle	vierge non active	05-août
517	02-août	femelle	vierge non active	06-août
638	02-août	femelle	adulte non active	08-août
677	02-août	femelle	adulte post-allaitante	06-août
718	02-août	femelle	adulte non active	06-août
737	01-août	femelle	vierge non active	07-juil
757	02-août	femelle	vierge non active	06-août
797	02-août	femelle	adulte post-allaitante	08-août
858	02-août	femelle	adulte post-allaitante	06-août
898	02-août	femelle	vierge non active	05-août
937	02-août	mâle	juvénile non actif	07-août

D'autres difficultés ont été rencontrées au cours de ce track. Tout d'abord la topographie vallonnée de la forêt de la Grésigne a rendu le suivi en continu des animaux difficile. En effet, il n'était pas rare de perdre le signal d'un animal lorsqu'il changeait de vallée, même si elle était proche, ou d'être confronté à des problèmes d'échos, inversant la direction du signal capté. Le relief a également ralenti nos mouvements, rendant la réalisation de HI compliqué car nous n'étions pas toujours en mesure de suivre les animaux à une vitesse suffisante. D'autre part, comme on peut le voir sur le tableau ci-dessus, le suivi de certains individus a été écourté. Cela est dû au fait que ces animaux ont réussi à se débarrasser de leur émetteur. Certains émetteurs étant tombés particulièrement tôt, on soupçonne également la possibilité d'un défaut de fabrication. Enfin, la météo a également perturbé le déroulement de cette session de radiopistage, les orages nous ayant fait perdre une nuit complète de suivi.

Face à ses contraintes, à ajouter aux difficultés classiques du travail de nuit (fatigue, déplacements difficiles...), la méthode de suivi a dû être quelque peu adaptée. Au cours des 2 semaines de télémétrie, deux équipes se sont succédées adoptant deux stratégies un peu différentes. La première semaine, nous avons adopté une méthode favorisant les multiples triangulations, passant rapidement sur chaque individus, et ne cherchant pas à suivre les animaux pour faire du HI sauf si l'animal était vraiment près. Toutes les équipes étaient donc principalement fixes. La deuxième semaine une équipe mobile cherchait les individus que nous avions perdus, dès que l'occasion se présentait le HI était tenté, et les triangulations étaient moins rapides, se concentrant sur les animaux que l'on était sûr de capter. Avec le recul, il semble que la deuxième méthode ait un taux de localisations inutilisables plus faible, mais que la première en ait fournie plus avec un plus grand indice de confiance du fait qu'il y avait plus d'équipes mobilisées sur les triangulations.

3- RESULTATS

Bien que n'ayant pas eu autant de données que nous l'aurions souhaité afin d'atteindre le nombre idéal de localisations par individu d'un point de vue statistique (65 localisations), nous avons tout de même récolté un jeu de données intéressant. Les résultats de la télémétrie sont présentés dans le tableau 3. En ce qui concerne la définition du domaine vital de la colonie, seuls 2 individus n'ont pas fournis suffisamment de localisations différentes pour pouvoir être intégrées dans les calculs : la 397 et la 457. La méthode d'analyse de ces localisations conduisant à la définition des domaines vitaux des animaux et de la colonie est détaillée dans la partie suivante.

Le suivi par télémétrie nous a également permis de prendre connaissance d'une partie du réseau d'arbres gîtes utilisés par la colonie. On a

en tout identifié 10 arbres utilisés par les animaux. Ces 10 gîtes ne représentent cependant qu'une partie des gîtes utilisés par la colonie car, notamment à cause des difficultés de suivi mises en évidence précédemment (écologie, topographie, écho...), tous les individus n'ont pas été retrouvés en gîte tous les jours (tableau 3). En effet, sur les 9 nuits de travail, certains animaux n'ont jamais été retrouvés, c'est le cas de la 237. Ces données ont tout de même permis de mettre en évidence une sélectivité et une particularité comportementale intéressante détaillées dans la suite de ce rapport.

Tableau 3 : tableau de présentant les résultats de la télémétrie

source : Bouny G.

n° d'émetteur	nombre de localisations	contacts en gîte
237	53	0
378	30	2
397	6	3
437	83	3
457	9	2
497	65	2
517	45	6
638	10	2
677	20	3
718	24	4
737	64	5
757	28	3
797	18	1
858	11	2
898	8	2
937	14	2

C/ L'ANALYSE DES DONNEES DE TELEMETRIE ET LA DEFINITION DU DOMAINE VITAL

Ce que l'on appelle le domaine vital d'un animal (DV), c'est l'aire traversée par cet animal pour ses activités d'alimentation, de repos, de reproduction et de mise-bas et d'élevage des jeunes, en excluant les sites visités occasionnellement (Burt, 1943). Son étude est très intéressante car elle permet la compréhension des mécanismes amenant cet individu à utiliser un espace plutôt qu'un autre, et donc de comprendre quels sont les mécanismes de sélections d'habitats sont effectués. Cependant sa représentation n'est pas aisée du fait de limites technologiques (matériel de radiopistage) et méthodologiques (multitude de protocoles, pas tous adaptés) (Tillon, 2012). Afin de déterminer ce DV, nous nous sommes basé sur un protocole d'analyse statistique encore en cours d'expérimentation, et développé dans la Thèse de Tillon L.

1- METHODE DE REPRESENTATION DU DOMAINE VITAL

La méthode que nous allons appliquer pour la délimitation des DV des individus suivi est basée sur la méthode non paramétrique du Kernel. Cette méthode permet, à partir des

localisations des individus calculées sur Locate, de mettre en avant les foyers de maximum d'activité en calculant des probabilités de présence. Sont représentées, en général, le contour de Kernel 50 (probabilité de présence de 50%) et le Kernel 95. Elle présente l'avantage d'exclure les aires peu utilisées, contrairement au protocole basé sur le calcul du MCP.

Avant toutes choses, dans le but d'éviter de biaiser les résultats en augmentant la surface du DV, les localisations de chaque animal ont été représentés sur SIG, et les points aberrants ont été retirés pour la suite de l'analyse.

Les coordonnées des localisations sont ensuite importées dans Animal Space Use (ASU) afin de calculer les 3 versions du facteur de lissage h utilisés dans la bibliographie et permettant le calcul des Kernels (h_{ref} (h de référence), h_{LSCV} (h du Least Squares Cross-Validation) et h_{CV} (h du Likelihood Cross-Validation)); mais aussi la variable AICc permettant de classer les différents modèles de représentation possible du DV. Ces modèles sont : le modèle unimodal (CU), bimodal (BVN, à 2 foyers d'activité) ou multimodal (2BVN ou 2CN, à plusieurs foyers d'activité). Ils traduisent des stratégies d'utilisation de l'espace différentes. On retient le modèle avec l'AICc le plus faible (tableau 4) car cette variable quantifie les différences par rapport à une variation théorique.

tableau 4 : exemple de modèles et d'AICc obtenus pour un individu

source : Bouny G.

n° émetteur	AICc	Home Range Method	type de modèle
737	1725,03	CU	unimodal
737	1724,00	BVN	bimodal
737	1718,51	2BVN	multimodal
737	1726,90	2BC	multimodal

→ modèle retenu

Sous R, nous avons ensuite recalculé les h_{ref} et h_{LSCV} (R ne peut pas calculer le h_{CV} , ce dernier est donc rentré manuellement dans le script) afin de vérifier qu'il n'y a pas de différence trop importante avec les h calculés avec ASU, et représenté les DV de chaque individu et pour chaque valeur de h en utilisant la méthode du kernel à 50% et kernel à 95%. Cette première représentation du DV nous permet, pour chaque individu, de choisir le h induisant le DV correspondant le mieux au modèle retenu grâce à ASU. Par exemple pour l'individu 737, c'est le h_{LSCV} qui a été retenu car on voit bien sur la figure 15 que c'est le facteur de lissage induisant le DV le plus multimodal.

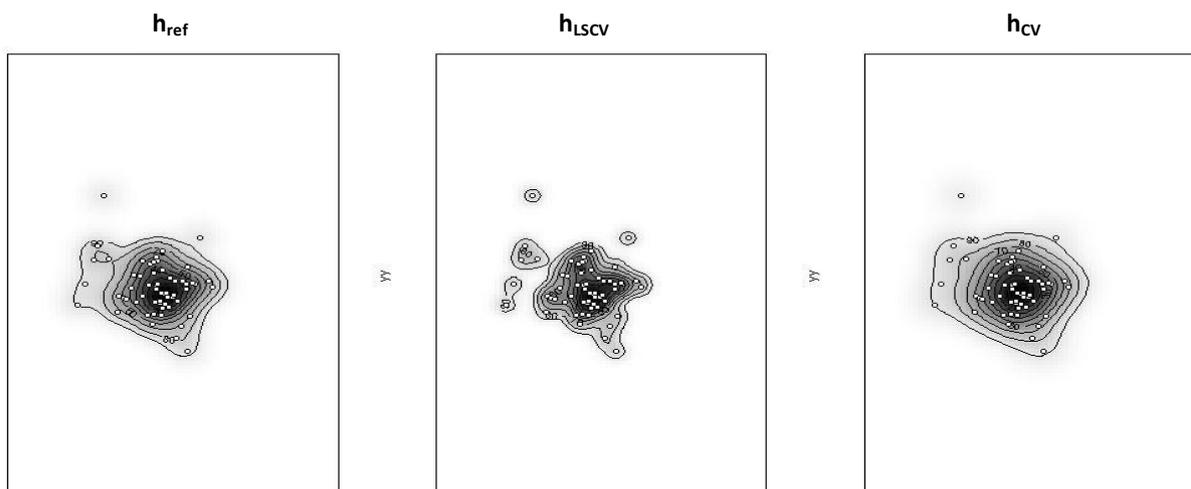


figure 15 : représentation du DV de l'individu 737 par la méthode du Kernel pour les 3 h différents

source : Bouny G.

La valeur de h correspondant à la valeur du trajet de plus faible distance entre chaque point de localisation, elle définie directement la surface du DV qui va être calculé. On comprend alors que le manque de localisations pour certains animaux peut fausser cette valeur. C'est pourquoi nous avons calculé le h_{moy} , moyenne des h sélectionnés pour chaque individu, en partant du principe que les individus d'une même colonie ont des comportements assez proches.

$h_{moy} = 152,553$
 écart type = 69,1
 min = 51,6
 max = 279,8

Les DV ont ensuite été recalculés et représentés pour chaque individu, avec ce nouveau facteur de lissage.

2- RESULTATS

Tout d'abord, le travail effectué avec ASU nous a donné le modèle de DV pour chacun des individus suivis. Les résultats sont présentés dans le tableau 5. On se rend compte que 12 animaux sur 14 ont un domaine vital multimodal. Cela signifie que leur DV a plusieurs foyers principaux d'activité. Les animaux circulent au sein de leur DV en revenant régulièrement à l'un de ces foyers.

Lors du premier passage sous R, on a pu définir le facteur de lissage le plus approprié au modèle trouvé. Ainsi, le h_{LSCV} a été retenu pour le calcul du DV de 9 individus, le h_{CV} pour 2 individus, et le h_{ref} pour 3 individus. Or le facteur de lissage sélectionné nous donne de précieuses données sur le comportement de l'animal. En effet, le h_{ref} traduit un comportement non territorial de l'animal, contrairement au h_{LSCV} et au h_{CV} (Tillon, 2012). Les résultats vont donc dans le sens d'un comportement territorial de la part du Murin de Bechstein, ce qui est en adéquation avec ce que l'on trouve dans la bibliographie (Tillon, 2008; Kerth & König, 1999).

Tableau 5 : tableau présentant la forme des différents DV des individus suivis

source : Bouny G.

ID	nb loc	AICc	Home Range Method	type de DV
237	53	1601,469	2BC	multimodal
378	30	890,721	2 BVN	multimodal
437	83	2415,68	2BC	multimodal
497	65	1818,75	2 BVN	multimodal
517	45	1222,628	2 BVN	multimodal
638	10	158,946	2BC	multimodal
677	20	538,855	CU	unimodal
718	24	677,004	2 BVN	multimodal
737	64	1718,512	2 BVN	multimodal
757	28	776,222	2 BVN	multimodal
797	18	417,226	2 BVN	multimodal
858	11	131,171	2BC	multimodal
898	8	91,763	2 BVN	multimodal
937	14	384,224	CU	unimodal

Après avoir recalculé et redessiné les contours des DV de chaque individu, on a enfin pu les visualiser et les positionner au sein de la forêt. Le tableau 6 et la figure 16 présentent le bilan des données récoltées sur les DV des individus (le tableau complet se situe en annexe). Ainsi on peut noter que la surface moyenne du domaine vitale des animaux est de 176,73 ha pour le kernel 95%, et de 34,64 ha pour le kernel 50%.

Tableau 6 : tableau de synthèse présentant la forme des différents DV, le h sélectionné et la surface en ha des kernel 50% et 95% calculés à partir du h moyen
source : Bouny G.

ID	Home Range Method	modèle retenu	modèle observé avec le h retenu	surface du kernel50- h _{moy}	surface du kernel95- h _{moy}
237	Multimodal	h _{LSCV}	Multimodal		
378	Multimodal	h _{LSCV}	Multimodal	64,649	263,213
437	Multimodal	h _{ref}	Bimodal	56,534	275,412
497	Multimodal	h _{LSCV}	Multimodal	46,373	254,543
517	Multimodal	h _{LSCV}	Multimodal	27,941	204,641
638	Multimodal	h _{ref}	Bimodal	22,863	86,243
677	Unimodal	h _{CV}	Unimodal	27,435	129,102
718	Multimodal	h _{ref}	Multimodal	25,592	193,321
737	Multimodal	h _{LSCV}	Multimodal	26,164	137,717
757	Multimodal	h _{LSCV}	Multimodal	34,308	224,928
797	Multimodal	h _{LSCV}	Bimodal	23,253	113,919
858	Multimodal	h _{LSCV}	Bimodal	21,931	112,616
898	Multimodal	h _{LSCV}	Multimodal	38,292	150,915
937	Unimodal	h _{CV}	Unimodal	35,051	150,934

Les domaines vitaux ainsi calculés et représentés vont nous permettre de déterminer les différents habitats utilisés sur l'ensemble des milieux disponibles, puis de définir les couloirs d'accès entre les habitats favorables (des gîtes aux terrains de chasse) (Tillon, 2008), et ainsi de proposer des mesures de gestion conservatoire.

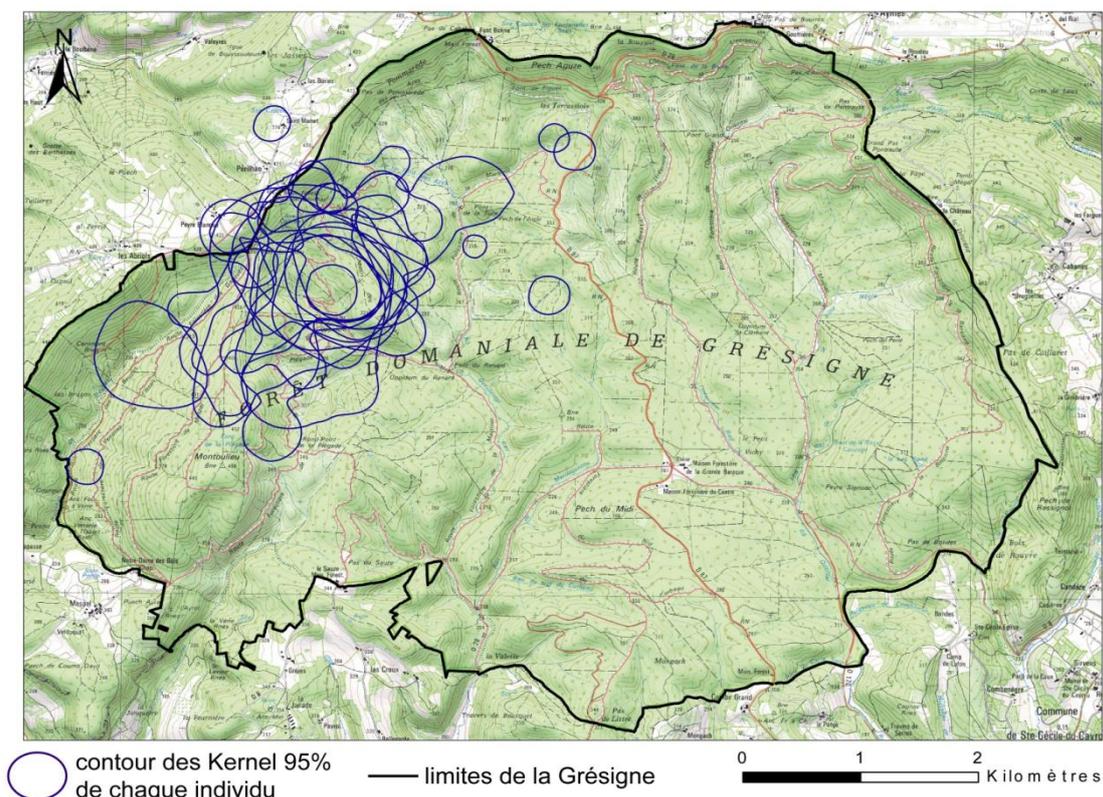


Figure 16 : représentation et localisation des contours des domaines vitaux des animaux
source : Bouny G.

3- IMPLICATIONS DE GESTION

Le calcul et la représentation de ces domaines vitaux, ainsi que la détermination des facteurs de lissage associés nous a permis de mettre en évidence le caractère territorial de l'animal. Cela se traduit par le fait que la colonie n'a aucun report possible si une partie, ou l'intégralité de la surface de son DV vient à disparaître, les autres habitats favorables étant probablement occupés par d'autres colonies défendant farouchement leur territoire (au regard de la surface du DV mis en évidence, 1 à 2 autres colonies peuvent être présentes). On comprend donc qu'au sein du DV mis en évidence, mais aussi au sein des peuplements favorables à l'implantation d'autres colonies, toute action perturbant directement ou indirectement l'habitat du Murin de Bechstein peut conduire à une perte d'individus, voire à l'extinction de colonies.

Grace à toutes les données récoltées, aussi bien sur le comportement de l'animal en forêt de la Grésigne, que sur la forêt en elle-même, nous allons maintenant pouvoir dégager des critères de sélection d'habitat pour *Myotis bechsteinii*, tant pour ses zones de gîte que pour ses territoires de chasse.

IV/ LA SÉLECTION D'HABITAT

A/ LE COMPORTEMENT DU MURIN DE BECHSTEIN : PARAMÈTRE EXPLIQUANT LA SÉLECTION DE GÎTE ?

1- DÉFINITION D'UN MODÈLE D'ARBRE GÎTE "TYPE"

a - MÉTHODE

Au cours de la session de radiopistage, 15 des 16 animaux équipés nous ont conduit à 10 arbres gîtes au sein de 2 parcelles forestières différentes (l'individu 237 étant introuvable tous les matins). Chaque arbre, son environnement, ainsi que la cavité lorsque c'était possible, ont été décrits.

Au niveau de la cavité ont été notés le type de cavité quand elle était visible (trou de pic, fissure étroite ou large, écorce décollée), leur hauteur dans l'arbre, leur emplacement au niveau de l'architecture de l'arbre (tronc, charpentièrre), leur orientation, l'encombrement végétal en sortie de gîte, mais aussi l'état sanitaire de l'arbre au niveau de celle-ci.

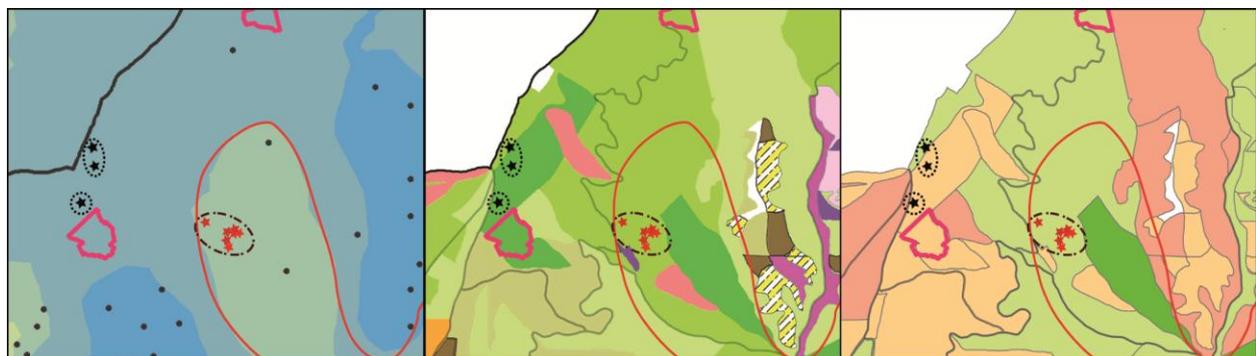
Pour ce qui est de **l'arbre en lui-même**, nous avons noté son essence, son diamètre à 1.30 mètres, sa dominance (dominant, co-dominant, dominé), son état sanitaire général, et enfin le nombre de cavités par type observé/observable sur l'arbre.

Enfin, **au niveau de l'environnement de l'arbre gîte**, nous avons décrit sa situation dans le milieu (bois, lisière, bord de chemin, bord de rivière...), le type de peuplement dans lequel il se trouvait, son stade de développement, la ou les essences dominantes du peuplement, le nombre de bois mort debout par classe de diamètre, et aussi le nombre de cavités par type dans les 30 mètres de l'arbre.

b - RESULTATS

Sur les 10 arbres gîtes découverts, nous avons pu décrire 8 cavités, les 2 autres arbres possédant un houppier trop dense ne permettant de voir que jusqu'à 2 mètres de hauteur. 6 des cavités décrites sont des trous de pic à une hauteur allant de 10 à 15 mètres, aussi bien au niveau du tronc que des charpentières. Il a également été observé une fente étroite (> 3cm) positionnée à 9 mètres sur tronc, et une écorce décollée également à 9 mètres sur tronc. Toutes les cavités observées se situaient sur des parties saines de l'arbre, et peu encombrées. 9 de ses arbres gîtes sont des chênes sessiles de 60 cm de diamètre en moyenne (oscillant entre 45 et 80 cm), le dixième est un frêne de 80 cm de diamètre.

Enfin, en ce qui concerne la zone de gîte, tous les arbres décrits se trouvent au sein de peuplements de type futaie régulière fermée âgé d'environ 140 ans, dont le sous-étage est peu dense entre 1m et 4m, avec en moyenne 3.5 cavités (entre 2 et 4), la strate arborée bien fournie, et au moins un arbre mort debout dans les alentours. Il semblerait qu'elle soit constituée d'un foyer principal se trouvant dans la zone favorable en nombre de cavité mise en évidence grâce au cokrigeage, et d'un petit réseau d'arbres satellites, servant peut être à faire le lien avec d'autre foyers (figure 17 ci-dessous).



les fonds de carte utilisés sont ceux de la carte de cokrigeage, la carte des peuplements, et celle des typologies de stratification. La légende est donc la même.

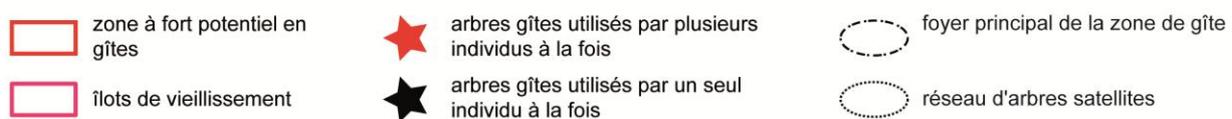


Figure 17 : ensemble de zoom sur la zone de gîte, montrant différentes variables de son environnement immédiat
source : Bouny G.

Un modèle de gîte type se dégage alors de nos observations : trou de pic à environ 11 mètres sur chêne sain, au sein d'un peuplement de type futaie âgée où la disponibilité en cavité est importante, le sous-étage est ouvert et la strate arborée dense; et où l'on trouve au moins un arbre mort debout, et 2 cavités dans un rayon de 30 mètres.

Bien qu'ayant observé probablement qu'une petite partie des gîtes utilisés par la colonie faute d'en avoir trouvé d'autres, le modèle que nous avons pu mettre en avant semble pertinent car il est cohérent avec le «modèle type» décrit par la bibliographie en ce qui concerne les gîtes à *Myotis bechsteinii* (Arthur & Lemaire, 2007; Barataud et al. 2009; Tillon, 2008; Tillon, 2012; Kerth 2001). Ce modèle type est : fente ou trou de pic de taille moyenne sur arbre feuillu sain, principalement sur du chêne si c'est l'essence dominante. La cavité se trouvant majoritairement au niveau d'une charpentière, le plus haut possible dans l'arbre, dans un peuplement où l'on trouve au moins un arbre mort debout, et où d'autres cavités favorables sont disponibles.

2- LA FISSION-FUSION, UNE CARACTERISTIQUE COMPORTEMENTALE A PRENDRE EN COMPTE

a - PRINCIPE ET MISE EN EVIDENCE

Le Murin de Bechstein est une espèce qui constitue des méta-colonies, c'est-à-dire des colonies éclatées en plusieurs petits groupes, entre lesquels s'effectuent de nombreux échanges d'individus quotidiennement (Kerth & König, 1999). Ces individus sont donc amenés à changer de gîte régulièrement, tout en constituant des groupes d'individus différents chaque : il s'agit de la fission. Le jour suivant, il y a à nouveau réorganisation des groupes d'animaux, conduisant certains individus qui s'étaient séparés à se retrouver dans le même gîte : c'est la fusion. De ce fait, le nombre de cavités disponibles nécessaires au maintien de la colonie doit être important (au moins 50 gîtes sont occupés par année par une colonie (Tillon, 2008)), et on comprend donc pourquoi il a été admis que la disponibilité en gîtes pouvait être un facteur limitant pour une espèce forestière comme le Murin de Bechstein.

On s'est donc posé la question du comportement de notre petit groupe d'individus, soupçonné de pratiquer également la fission-fusion car ce comportement particulier joue un rôle dans la sélection des cavités disponibles. Pour montrer ce phénomène, nous avons calculé le « pairwise sharing index » (PSI) par la méthode de calcul mise en place par Willis et Brigham (2004), mettant en avant le taux de partage de gîtes entre des individus d'un même groupe suivis sur une même période. Cet indice se calcule de la façon suivante :

$$\text{PSI} = \text{OSP} - \text{ESP}$$

Dans la formule ci-dessus, OSP (Observed roost-sharing proportion) représente le nombre de jours pendant lesquels 2 individus ont partagé un même gîte/ nombre total de jours de suivi commun aux 2 animaux; et ESP (Expected roost-sharing proportion) représente le comportement auquel on pourrait s'attendre de changement de gîte de chaque chauve-souris dans la paire. Il se calcule de la manière suivante : $\text{ESP} = (1/(\text{ST})(\text{Bat1 roosts/day})) * (1/(\text{ST})(\text{Bat2 roosts/day}))$, avec Bat roosts/day = nombre total de gîtes utilisés par l'individu / nombre total de jours de suivi, et ST = nombre de jours simultanés de télémétrie total.

b - RESULTATS

Les PSI ont été calculés entre 13 individus sur les 16 équipés car un individu n'as jamais été contactée en gîte (l'animal 237), et les deux autres ont toujours été contactées uniquement seules (la 437 et la 497). Ces 13 individus sont 12 femelles et un mâle juvénile. Les valeurs de PSI sont relativement variables, et oscillent entre -0.5 et 0.889. Or si PSI=0, cela veut dire que ce qui est attendu est égal à ce qui est observé, si PSI>0 cela veut dire qu'il y a fission-fusion car l'observé est supérieur à l'attendu, mais si PSI<0 cela veut dire qu'il n'y a pas fission-fusion. Cette variabilité vient sans doute du fait que dans l'idéal pour calculer les PSI, il faudrait avoir au moins 5 jours de suivis consécutifs pour chaque paire, c'est à dire au moins 5 localisations en gîte par paire d'individus, ce que nous n'avons pas. Il faut également noter la difficulté que nous avons eu à suivre tous les individus en même temps ainsi que les soucis matériels (perte d'émetteurs) qui ne nous ont pas permis de connaître le gîte de tous les individus, biaisant les résultats que nous pouvons obtenir. Cependant le PSI moyen sur la colonie est positif, ce qui nous permet tout de même de

conclure qu'il y a bien fission-fusion au sein de la méta-colonie étudiée, ce qui est conforme au comportement «type» démontré chez le Murin de Bechstein (Kerth & König, 1999).

PSI moy = 0,2376733 écart-type = 0,3534551 min = -0,50 max = 0,88889
--

Le comportement de fission-fusion chez les individus suivis s'accompagne d'un changement de gîte en moyenne tous les 1.12 jours, constituant de nouveaux groupes philopatrics (Kerth, 2008) et alimentant les transferts d'informations sur les différents paysages forestiers compris au sein du DV de la méta-colonie (Kerth & Reckard, 2003; Kerth & König, 1999), réduisant par la même occasion les risques de prédation, mais imposant en contrepartie un réseau d'arbres gîte important. Cette fréquence est également cohérente avec ce qui est décrit dans la bibliographie, à savoir un changement de gîte tous les 1 à 1.8 jours (Kerth & König, 1996; Kerth et al. 2006).

Cependant, même si le comportement du Murin de Bechstein lui impose de changer régulièrement de gîte, les animaux d'un même groupe semblent être fidèles à leurs gîtes, ou au moins à leur zone de gîtes (O'Donnell et al., 2006). La zone de gîte principale a d'ailleurs été occupée chaque jour. Les arbres gîtes correspondants au modèle favorable décrit précédemment seraient tout particulièrement récurrents et donc importants au sein du réseau de gîtes. Cette fidélité aux gîtes connus permettrait aux individus de réduire les coûts énergétiques liés à la recherche de nouveaux gîtes. La perte d'arbres gîtes peut donc réellement perturber la colonie, d'autant plus que le temps entre la découverte d'un nouvel arbre gîte et son utilisation par la colonie est d'environ 3 mois (Kerth & Reckard, 2003), le processus pour son appropriation par la colonie est très complexe et nécessite des échanges d'informations très importants au sein de la méta-colonie (Kerth & König, 1999; Kerth & Reckard, 2003).

3- IMPLICATIONS DE GESTION AUTOUR DE LA FISSION-FUSION

Notre étude a donc montré que le Murin de Bechstein en forêt domaniale de la Grésigne avait bien un comportement de fission-fusion impliquant des liens sociaux complexes, et qu'il opérait une sélection au niveau du choix de ses arbres gîtes et en changeait régulièrement tout en restant fidèle aux zones de gîte. En terme de gestion, cela implique principalement le maintien des zones de gîtes connus mais également, au niveau des peuplements de type futaie âgée, le maintien d'un réseau d'arbres à cavités suffisant sur des surfaces au moins équivalentes à celles observées (2 ha), structuré de la même façon que la zone de gîte observée. Ces tâches, dans le sens admis en écologie du paysage, se doivent d'être connectées les unes aux autres. Ainsi, afin d'éviter un phénomène de fragmentation, des corridors entre les différents îlots doivent être également maintenus. Ces corridors seront constitués d'arbres à cavité satellites répondants au modèle décrit plus haut. Enfin, compte tenue de la distance communément parcourue par *Myotis bechsteinii* autour de sa zone de gîte (environ 2 km (Roué & Barataud, 1999; Barataud et al., 2009; Tillon et al., 2009)), il semble judicieux de favoriser une distance inférieure à 2 km entre les différentes zones de gîtes.

B/ LA SELECTION D'HABITAT POUR LES TERRITOIRES DE CHASSE

1- METHODE

La définition des critères de sélection d'habitat pour les terrains de chasse de *Myotis bechsteinii* repose sur 2 types de méthode : l'analyse cartographique et l'analyse statistique.

La première analyse a pu être réalisée en superposant les différents fonds de carte créés à partir des données de description d'habitat aux contours des domaines vitaux des différents individus. Les contours des kernel à 50% représentent les foyers d'activité principaux de la colonie. Bien que relativement sommaire, cette méthode met pourtant en évidence quelques critères de sélection flagrants.

La deuxième analyse est basée sur la méthode de la K-select. Cette méthode repose sur une approche multi-variée destinée à dégager les facteurs limitant dans l'utilisation d'habitat pour chaque individu grâce au nombre de localisations de chaque animal par rapport à chaque variables de l'habitat. Elle s'appuie sur le concept de niche écologique et est centrée sur la marginalité, un critère mesurant le carré de la distance euclidienne entre la moyenne des conditions d'habitat utilisées par un animal et la moyenne des conditions d'habitat disponibles pour lui. Une ACP non-centrée est ensuite effectuée sur la table contenant les coordonnées des vecteurs de marginalité de chaque individu sur les variables d'habitat, afin de récapituler la sélection d'habitat commune à tous les animaux. La représentation des vecteurs de marginalité permet ensuite de visualiser la sélection qui s'opère, la taille des vecteurs de marginalité étant proportionnelle à l'importance de la sélection d'habitat et sa direction indiquant quelles variables sont sélectionnées (Calenge et al., 2005; Pellerin, 2002).

2- RESULTATS

L'analyse des cartes nous fournit des premiers résultats intéressants.

Tout d'abord, il semble s'opérer une forte sélection vis à vis du chêne. Tous les peuplements où se situent les cœurs d'activités représentés par les kernels à 50% sont en effet des peuplements à dominante de chêne sessile. Le Murin de Bechstein a cependant utilisé plusieurs types de peuplements de chêne (voir figure 18), où l'on retrouve un facteur commun : la strate arborée est toujours dense. En effet, comme on le voit sur la figure 19, les peuplements où la strate arborée est peu fournie ont été évités. Ce comportement peut être rapproché du caractère glaneur de l'espèce, qui a besoin de feuillage pour trouver ses proies.

Les cartes de prédiction de la quantité de bois mort au sol et debout ont été réalisées par cokrigage. Ces cartes (annexe) infirment le fait qu'il y ait un lien entre le Murin de Bechstein et le bois mort. En effet, les kernels à 50% ne se situent pas dans les zones où il y a le plus de bois mort, ni debout, ni au sol. Il semble donc que la présence de bois mort debout soit uniquement un critère de sélection pour les pics qui forent leurs cavités à proximité de ces arbres leur servant de garde-manger. Ces cavités sont ensuite utilisées par *Myotis bechsteinii*.

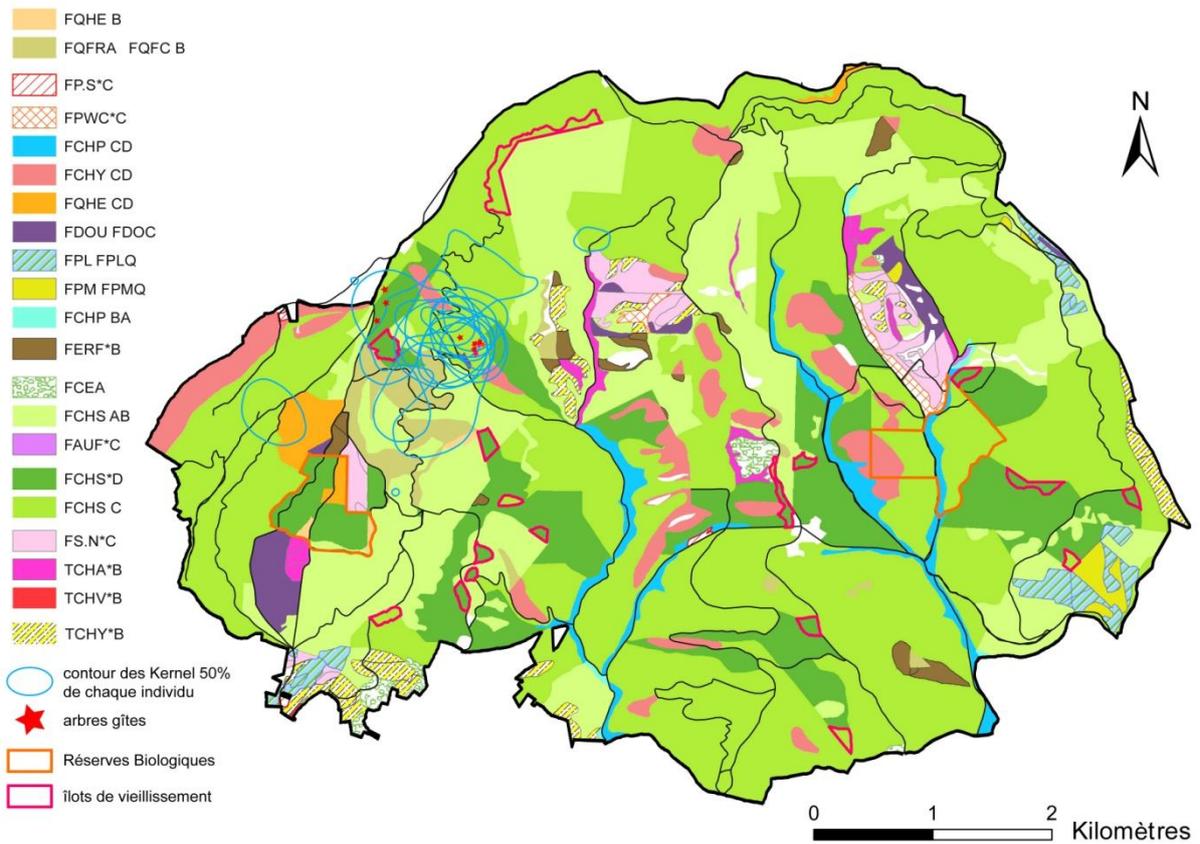


Figure 18 : localisation des centres d'activité du Murin de Bechstein par rapport au type de peuplement
source : Bouny G.

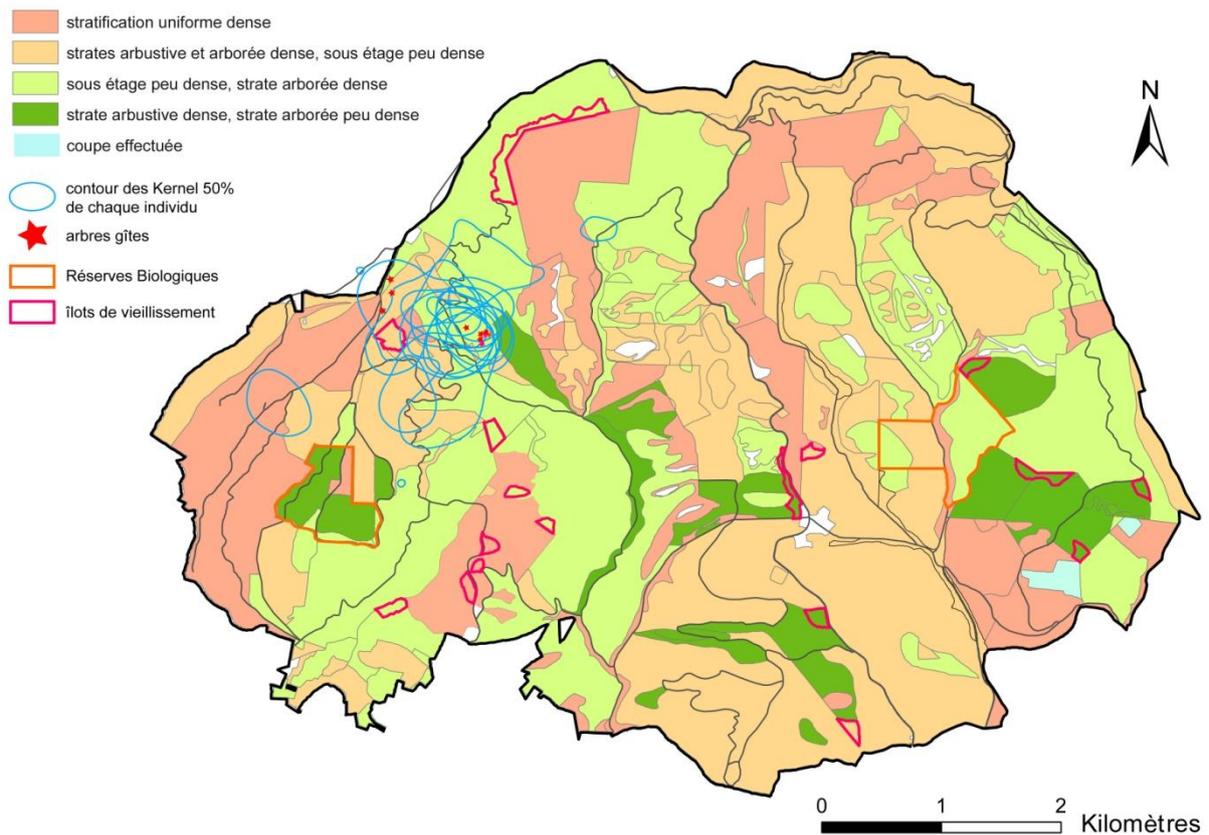
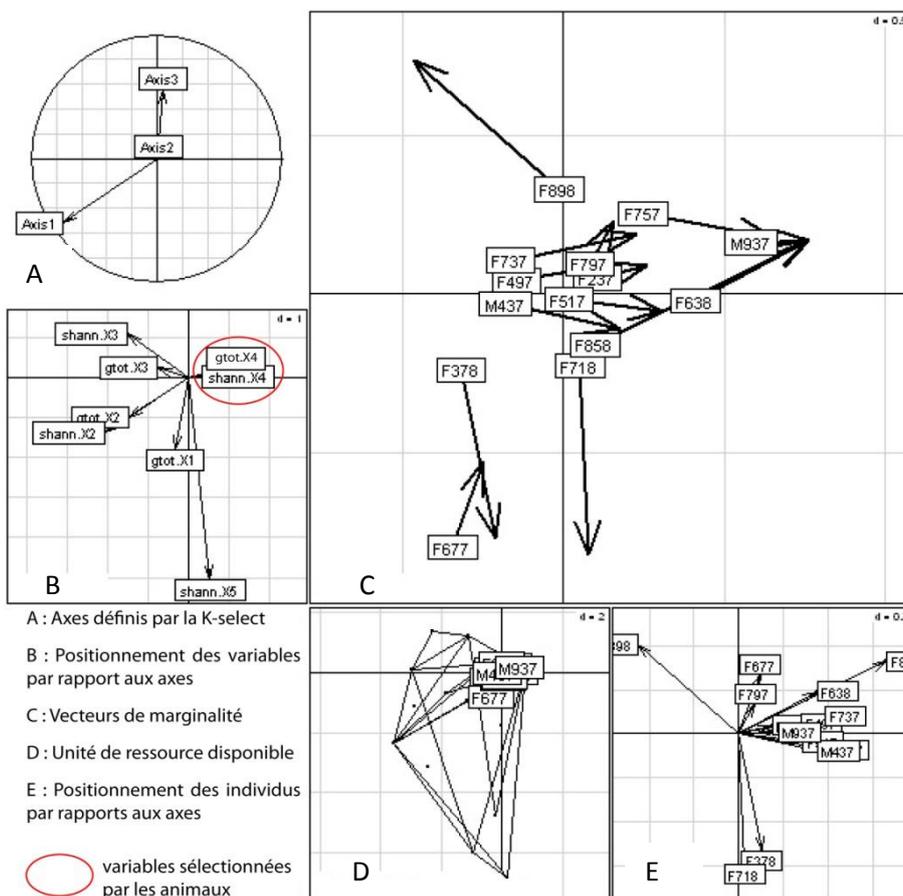


Figure 19 : localisation des centres d'activité du Murin de Bechstein par rapport au type de stratification
source : Bouny G.

Ces observations ont ensuite été confirmées et complétées par les résultats de la K-select.

Les résultats ont en effet confirmé la sélection des peuplements de feuillus au détriment des peuplements mixtes et résineux par le Murin de Bechstein. Cependant, les résultats concernant l'essence dominante, le pourcentage de lumière au sol, et le volume de feuillage ne permettent pas de conclure avec certitude sur le type de sélection effectuée pour ces variables. Il semble cependant que l'essence dominante ait plus de poids que le pourcentage de lumière et le type d'ouverture du milieu, et que le volume de feuillage joue légèrement plus que l'essence.

En revanche, les résultats concernant la stratification et la surface terrière sont très parlants. La figure 20 ci-dessous présente les résultats de l'analyse faite sur l'indice de Shannon exprimant la complexité de la stratification verticale, et la surface terrière G.



Le graphique D, les individus n'utilisent pas la totalité des ressources qui leur sont disponibles. Il y a donc bien sélection. En observant le graphique C, on voit que les vecteurs de marginalités sont tous (à quelques exceptions) orientés dans la même direction. Cela signifie que tous ces individus sont attirés par les mêmes variables: shann.X4 et gtot.X4. Shann.X4 correspond aux valeurs élevées de l'indice de Shannon (entre 0.74 et 0.79). Le Murin de Bechstein sélectionne donc les

- A : Axes définis par la K-select
- B : Positionnement des variables par rapport aux axes
- C : Vecteurs de marginalité
- D : Unité de ressource disponible
- E : Positionnement des individus par rapports aux axes

○ variables sélectionnées par les animaux

Figure 20 : résultats de la K-select pour les variables "surface terrière" (gtot), "indice de Shannon sur la stratification du polygone" (shann)

source : Bouny G. et Tillon L.

peuplements où la stratification est diversifiée. Ce résultat peut être rapproché du caractère glaneur de l'espèce. Gtot.X4 correspond également aux valeurs élevées de G (entre 25.5 et 34.5 m³/ha), où la densité d'arbre est donc élevée. De la même façon, il a été montré que le Murin de Bechstein sélectionne les peuplements avec une proportion de gros bois (diamètre > 47.5cm) comptant pour 31.11% à 47.06% de la surface terrière totale.

3- IMPLICATIONS EN TERME DE GESTION

On a vu précédemment que le maintien de la colonie de Murins de Bechstein est liée à la préservation de son domaine vital. Or, à la lumière des derniers résultats, au sein de son

DV *Myotis bechsteinii* va sélectionner les peuplements de feuillus stratifiés possédant une state arborée bien fournie, où "l'ambiance peuplement" est assurée ($G > 20 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Jarret, 2004)), et où la proportion de gros bois est élevée. Cela correspond notamment aux vieilles futaies de feuillus stratifiées.

Il apparait donc comme nécessaire de maintenir la continuité spatiale et temporelle de ces différents facteurs au sein du domaine vital de la colonie suivie, mais aussi au niveau du reste de la forêt afin de maintenir également les DV des autres colonies de Murin de Bechstein pouvant se trouver en Grésigne. En effet, l'isolement d'un patch d'habitat favorable par fragmentation aurait pour effet de le rendre inaccessible pour les animaux, amputant la surface de leur domaine vital, risquant ainsi de perturber le maintien des individus de la colonie.

VI/ LE MURIN DE BECHSTEIN EN FORET DOMANIALE DE LA GRESIGNE ET GESTION CONSERVATOIRE

A/ BILAN DE L'ETUDE ET PROPOSITIONS DE GESTION

1- SYNTHÈSE DES RESULTATS ET OBJECTIFS DE GESTION

➤ Résultats concernant les domaines vitaux

A cause de la territorialité de l'espèce que l'on a démontrée, la colonie n'a aucun report possible si une partie, ou l'intégralité de la surface de son domaine vital vient à disparaître. Il s'avère donc indispensable de maintenir les domaines vitaux des individus, ainsi que les autres patches d'habitat favorable sur la forêt pouvant constituer le domaine vital d'une autre colonie de Murin de Bechstein. La connectivité au sein d'un massif forestier, entre différents éléments de biodiversité particulière est à assurer : connexion entre les îlots ou réserves, entre les secteurs de gîtes et les zones de chasse.

➤ Résultats de gestion autour des gîtes et des zones de gîtes

Le Murin de Bechstein pratique la fission-fusion, changeant de gîte en moyenne tout les 1.12 jours tout en restant fidèle à sa zone de gîte. Les zones de gîtes qu'il utilise semblent avoir une configuration particulière, centrée autour d'un cœur de gîte autour duquel gravitent un petit réseau d'arbres gîte satellites, au sein desquelles il s'opère une sélection par rapport aux arbres à cavité disponible. L'enjeu est donc de maintenir un réseau suffisamment important d'arbres à cavité intéressants (répondant au modèle), dans une configuration favorable, et une connectivité entre les différentes zones de gîtes ainsi créées.

➤ Résultats vis à vis des territoires de chasse

Le Murin de Bechstein opère bien une sélection d'habitat pour ses territoires de chasse. Cette sélection porte sur les peuplements stratifiés de feuillus suffisamment âgés pour que la proportion de gros bois soit suffisante et la surface terrière élevée. Le principal objectif est donc de maintenir la pérennité de ces territoires de chasse, en maintenant la continuité spatiale et temporelle des peuplements sur lesquels s'opère la sélection par le Murin de Bechstein.

A l'échelle de la Grésigne, le gestionnaire forestier peut donc avoir une action favorable sur le Murin de Bechstein en orientant sa gestion sur deux axes principaux: assurer une offre en gîtes suffisante, et maintenir l'hétérogénéité des peuplements forestiers et de leurs connexions.

2- ETAT DES LIEUX DES ACTIONS MENEES SUR LA GRESIGNE POUVANT ETRE FAVORABLES AU MURIN DE BECHSTEIN AU VU DE NOS RESULTATS

Certaines actions répondant aux objectifs rappelés ci-dessus ont déjà été mis en place en forêt de la Grésigne. En effet, dans le cadre de l'instruction ONF de 2009 pour la conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques, il est préconisé la mise en place d'îlots de vieillissement et d'îlots de sénescence, à hauteur de 1% de la surface de la FD en sénescence et 2% en vieillissement. Or en forêt de la Grésigne, la surface des îlots de vieillissement représente 90ha soit déjà 2.5% de la surface de la FD, surface à laquelle s'ajoute évidemment la RBD de Montoulieu (44 ha) ce qui représente 3.8% de la Grésigne. La surface de la RBI de St Clément (57.5 ha) peut être considérée comme une surface en sénescence, et représente 1.6% de la FD.

Toutes ces surfaces représentent des zones favorables au maintien et au développement d'un réseau important d'arbres à cavité. De plus, on voit sur la figure 21 ci-dessous, que ces îlots sont déjà bien positionnés par rapport à la zone de forte densité de cavités. Ce réseau d'îlot est par ailleurs bien réparti sur la surface de la Grésigne, chaque îlots existant n'étant jamais à plus de 2 km d'un autre îlot, distance moyenne à laquelle le Murin de Bechstein s'éloigne de sa zone de gîte (Roué & Barataud, 1999; Barataud et al., 2009; Tillon et al., 2009). Il n'apparaît donc pas nécessaire d'en créer d'autres. Seul l'îlot situé au nord est de la RBI de St Clément pourrait être agrandi afin de protéger la zone particulièrement riche en cavité qui le jouxte.

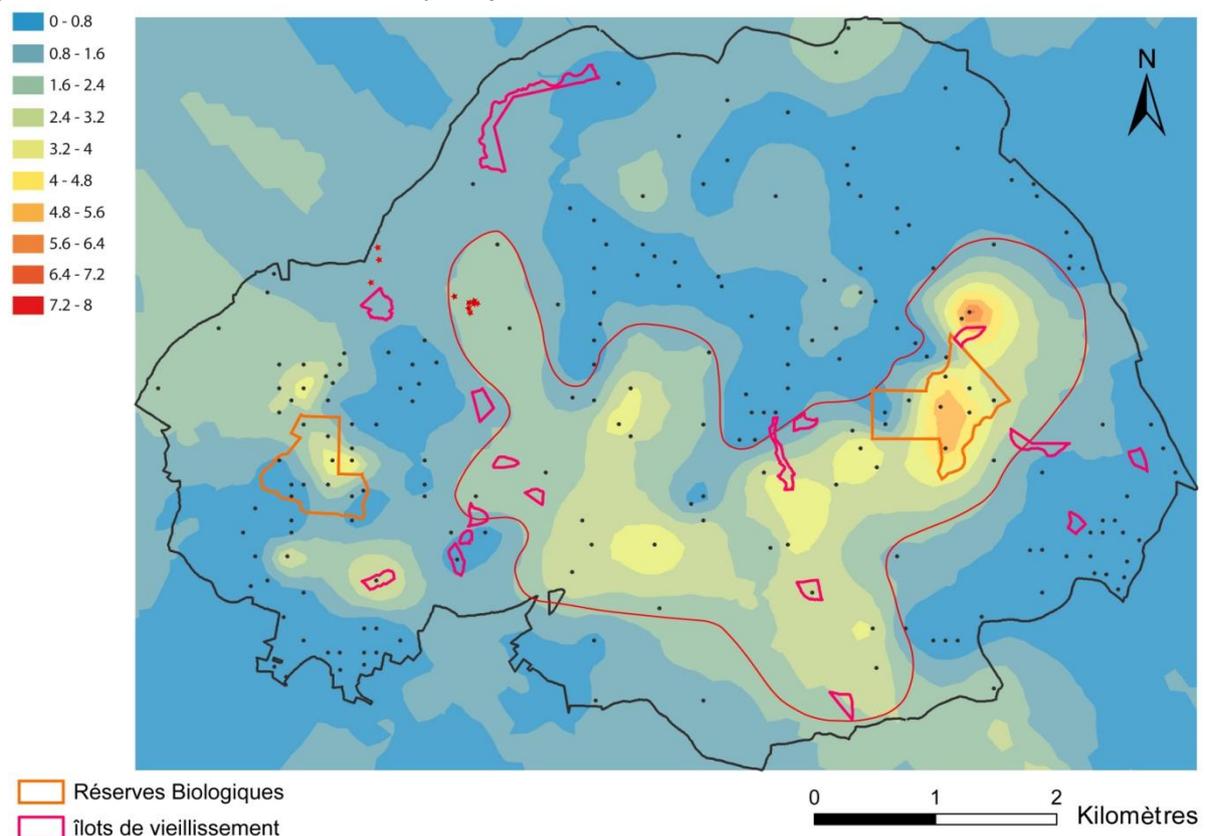


Figure 21 : localisation des îlots de vieillissement et des réserves par rapport à la disponibilité en cavité
source : Bouny G.

L'aménagement prévoit également le marquage et le maintien d'arbres destinés à pousser sur pieds au sein des peuplements de plus de 100ans. Les arbres sélectionnés sont en priorité ceux possédant des cavités hautes du type trous de pic. Pour le gestionnaire, le but premier de cette action est d'augmenter le compartiment bois mort au cours des 18 prochaines années. Elle participe cependant également à l'élaboration d'un réseau d'arbres à cavité sur la FD, ce qui est favorable au Murin de Bechstein en Grésigne.

En parallèle à l'existence de ces actions sur lesquelles vont pouvoir être basées les préconisations visant au maintien du nombre de cavité, l'aménagement forestier prévoit de favoriser la préservation du sous-étage et de la mosaïque d'habitats.

3- PRECONISATIONS DE GESTION

a - FORMATION ET SENSIBILISATION A LA PRESERVATION DES CHIROPTERES EN FORET

Il semble évident que pour que les actions préconisées soit mises en œuvre, il faut qu'elles soient comprises et acceptées par ceux qui devront les appliquer. L'intérêt de la prise en compte des chiroptères et de la biodiversité en général dans la gestion forestière pouvant paraître abstraite, un travail préalable de sensibilisation et de formation des agents doit donc être envisagé. Cette formation pourrait notamment se faire avec l'aide des associations locales travaillant déjà sur la Grésigne. Il existe aussi des stages dispensés par le Mammifères de l'ONF destinés aux techniciens, agents et ingénieurs forestiers, ayant pour but de permettre aux gestionnaires d'acquérir les connaissances de base sur la biologie, l'écologie et les besoins vitaux des chiroptères, d'identifier les cavités arboricoles utilisées par les différentes espèces et d'échanger à propos des diverses manières de prendre en intégrant les chauves-souris dans la gestion forestière, tout en prenant en compte l'enjeu de production de bois. La formation des marteleurs et bûcherons aura également pour objectif d'éviter l'exploitation d'arbres gîtes potentiels par méconnaissance des caractéristiques de ces arbres.

b - PRIS EN COMPTE DE *MYOTIS BECHSTEINII* LORS DE LA PLANIFICATION DES AMENAGEMENTS

Tout d'abord, tout les arbres gîte connus doivent d'être préservés. Un marquage distinct et durable est nécessaire, de même que leur mention et cartographie dans les documents de gestion.

Le maintien d'un nombre suffisant de cavité et donc de gîte doit passer par le maintien des îlots de vieillissement existant sans nécessité de les transformer en îlots de sénescences. En effet on a démontré que *Myotis bechsteinii* est dépendant de cavités sur arbres sains et n'est pas spécialement lié au bois mort. Retarder simplement l'âge d'exploitation doit donc suffire à maintenir un nombre important de gîtes potentiels à ce niveau. Le recul de l'âge d'exploitabilité permet également d'augmenter le nombre de gros et vieux bois disponibles sur plusieurs décennies. La création d'un réseau de gîtes potentiels dont la continuité spatiale et temporelle est assurée doit être pensée à l'échelle du paysage forestier. Cela passe par la création et l'entretien de corridors entre les îlots de vieillissement, formés d'arbres-gîtes satellites disposés de façon diffuse entre les îlots (figure 21). La création d'une base de donnée recensant les arbres à cavité au moins dans la zone la plus intéressante peut être un outil d'aide à la planification précieux; sa mise en place prend en revanche beaucoup de temps (entre 25 et 30 jours).

A l'échelle du paysage forestier doit également être pensé le maintien de la connectivité entre les éléments d'habitat favorables au maintien du DV des animaux, ainsi que leur pérennité (figure 22). L'organisation spatio-temporelle des coupes de régénération sont donc à planifier avec prudence, de sorte à maintenir la continuité au niveau des peuplements stratifiés de feuillus suffisamment âgés pour que la proportion de gros bois soit suffisante et la surface terrière élevée. Les parcelles de résineux peuvent être maintenues mais il est cependant conseillé de ne pas étendre leur surface. En revanche, contrairement à ce que l'on peut fréquemment trouver dans la bibliographie, le Murin de Bechstein ne semble pas avoir sélectionné la futaie irrégulière au détriment de la futaie régulière. Le traitement en futaie régulière n'est donc pas à éviter en Grésigne.

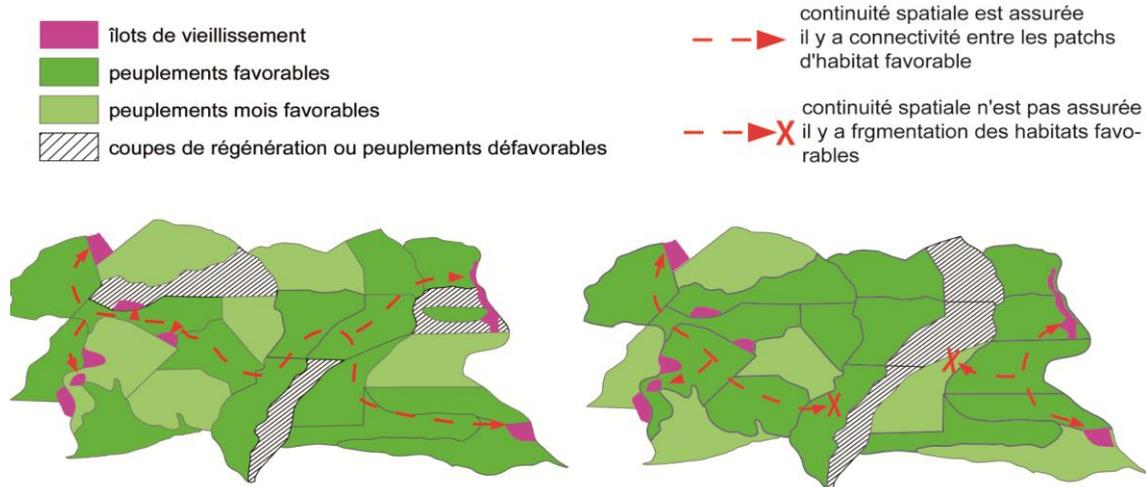


Figure 22: schéma illustrant la façon d'éviter la fragmentation des DV
source: Bouny G.

C - ADAPTER LA GESTION COURANTE

Sur le terrain, afin d'éviter leur exploitation, le marquage distinctif des arbres à cavité qui ne le sont pas déjà est fortement recommandé, et cela dès leur découverte. Si l'exploitation d'un arbre-gîte s'avère incontournable, pour des raisons de sécurité par exemple, il est recommandé de vérifier tant que possible que la cavité n'est pas habitée. Enfin, de sorte à maintenir la connectivité spatio-temporelle du réseau de gîtes potentiels, le remplacement de l'arbre à cavité abattu doit être pensé grâce au vieillissement d'arbres alentour.

Lors des martelages, il va également être important de veiller au maintien d'une surface terrière minimum : au moins $20\text{m}^3/\text{ha}$ afin de préserver l'ambiance peuplement, même si l'idéal serait d'avoir un minimum de $25.5\text{ m}^3/\text{ha}$.

La figure 23 ci-après schématise les actions à mener sur le Grésigne afin de prendre en compte le Murin de Bechstein, et met en avant des zones où le travail se limitera au maintien de la gestion en place. En effet, un réseau important de peuplements très favorables au Murin de Bechstein est déjà existant (43% de la forêt). Le travail sera donc centré sur la continuité temporelle de ces habitats.

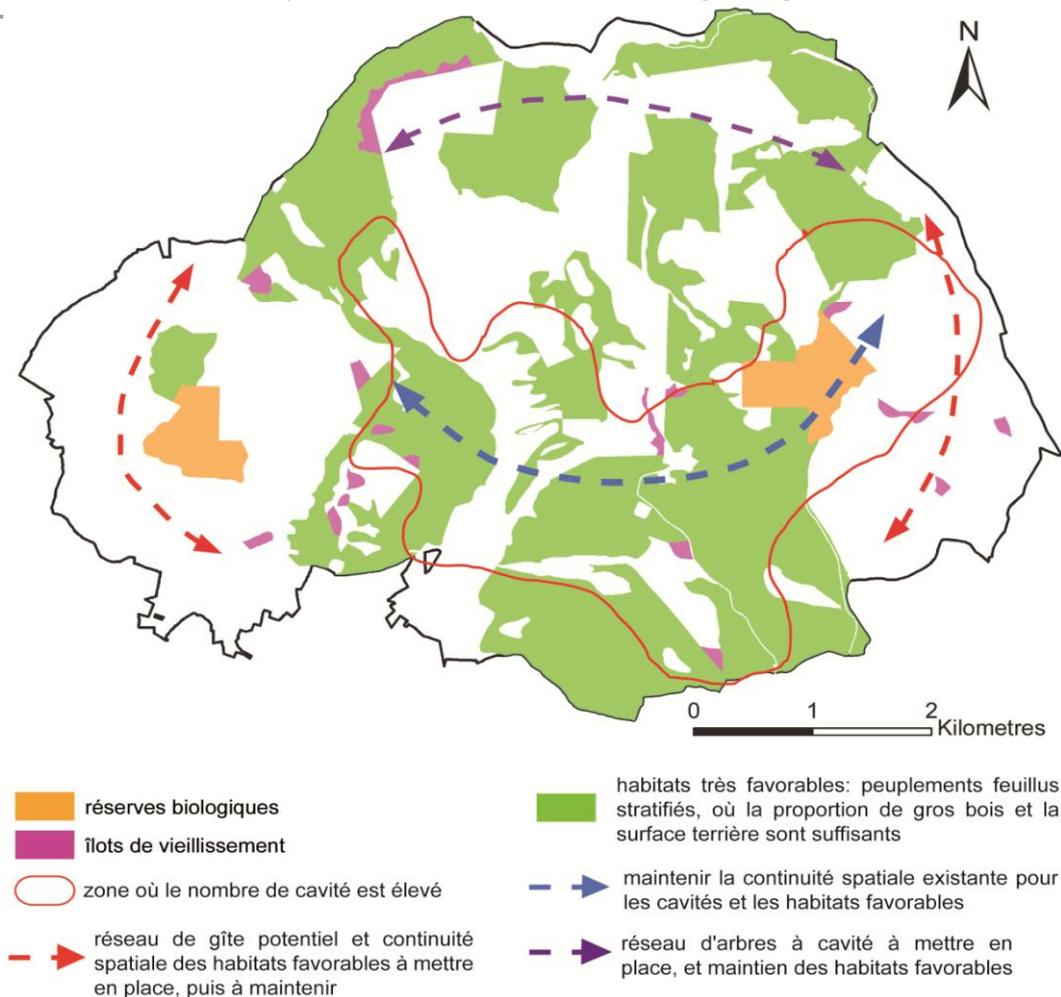


Figure 23: Schéma bilan spatialisant les préconisations de gestion
source: Bouny G.

B/ ANALYSE CRITIQUE DU SCENARIO DE GESTION PROPOSE

1- CRITIQUES DE L'ETUDE

Divers problèmes ont été rencontrés tout au long de cette étude, provoquant des lacunes dans le jeu de données que récolté, et impliquant de formuler quelques nuances au niveau des résultats obtenus. Tout d'abord, l'inventaire des cavités s'est effectué fin avril, date à laquelle les arbres étaient en train de débourrer. Les résultats ont donc probablement été minimisés par manque de visibilité. La météo capricieuse du début d'été a également posé plusieurs problèmes. La session d'écoute ultrasonore a été plus qu'écourtée et la session de télémétrie a été tronquée d'une nuit de travail.

Lors de la phase de télémétrie, divers problèmes matériels et d'organisation (du au changement d'équipe en cours de route) ont également été rencontrés. Le principal problème étant que les animaux se sont débarrassés de leurs émetteurs très rapidement, ne permettant pas d'obtenir le jeu de données désiré. Ainsi, tous les animaux n'ont pas pu être pris en compte pour les différentes analyses faute de nombre de localisations suffisant ou de contact en gîte. De ce fait, les surfaces des territoires de chasse ont sans doute été minimisées, de même que la taille et la densité du réseau de gîtes utilisé par la colonie.

Cependant, les résultats obtenus sont cohérents avec ce qui a déjà été observé au cours de d'autres études sur le Murin de Bechstein, ce qui permet tout de même de conclure

quand à la valeur et la pertinence des critères de sélection qui ont été mis en évidence, ainsi que des préconisations de gestion conservatoire qui en ont découlé.

2- CONTRAINTES POUR LE GESTIONNAIRE

Les préconisations de gestion conservatoire formulées plus haut impliquent des diverses contraintes pour le gestionnaire forestier. Ces contraintes sont des contraintes de temps, mais surtout des contraintes d'ordre économiques.

En effet, tous les arbres immobilisés pour le maintien d'un réseau d'arbres à cavité sont autant d'arbres qui ne seront pas exploités. Cela représente un certain manque à gagné. Cependant, les arbres à forte valeur biologique ont en général une faible valeur économique. Leur préservation ne constitue donc pas un manque à gagner important. De plus, la Grésigne étant situé au sein d'un site Natura 2000, la contractualisation (suivant un cahier des charges précis) donne accès à des subventions et exonérations fiscales permettant de compenser ce manque à gagner induit par la conservation des arbres gîtes potentiels.

CONCLUSION

Au cours de cette étude, nous avons pu mettre en évidence une démarche permettant la prise en compte d'une espèce d'intérêt communautaire dans la gestion forestière, on parle alors de gestion conservatoire. Cette démarche nécessite de faire le point sur les exigences écologiques de l'espèce afin de cerner les facteurs limitant de leurs habitats, ici : la disponibilité continue, tant au niveau spatial que temporel, d'un réseau dense de gîtes et de peuplements stratifiés de feuillus relativement denses et âgés. Ces exigences sont ensuite intégrées à toutes les échelles de la gestion forestière, tout en essayant au maximum de ne pas entraver les enjeux économiques présents sur la forêt.

Cette étude constitue un outil de travail qui reste à compléter et préciser du fait que des résultats permettant d'approfondir et de justifier davantage les propositions de gestion formulées sont encore à venir. De plus, il est évident qu'un manque de recul et de retours d'expériences limite l'appréciation des modes de gestion proposés. Aussi, les préconisations de gestion conservatoires décrites dans cette étude constituent surtout une base, un support de gestion qui se doit d'évoluer et de s'affiner avec le temps, la pratique, et l'amélioration des connaissances. Après un certain temps, il sera possible de cibler plus précisément leurs points forts et leurs points faibles et de les modifier en vue d'une amélioration.

Il est également important de noter que cette étude présente des limites:

- Le suivi et les analyses n'ont été fait que pour une seule colonie de Murin de Bechstein. Or, au vu de la taille du domaine vitale de celle-ci, il doit y en avoir au moins une autre. Il serait donc intéressant de poursuivre cette étude en se focalisant sur d'autres secteurs de la Grésigne, afin de contacter une autre colonie.

- Si l'étude de *Myotis bechsteinii* est intéressante pour la prise en compte des chiroptères en forêt, elle n'en reste pas moins centrée que sur une seule espèce. Chaque espèce a son écologie propre, et donc des exigences différentes vis à vis de son milieu qui mériteraient d'être étudiées, tout particulièrement sur un site aussi riche que la forêt de la Grésigne.

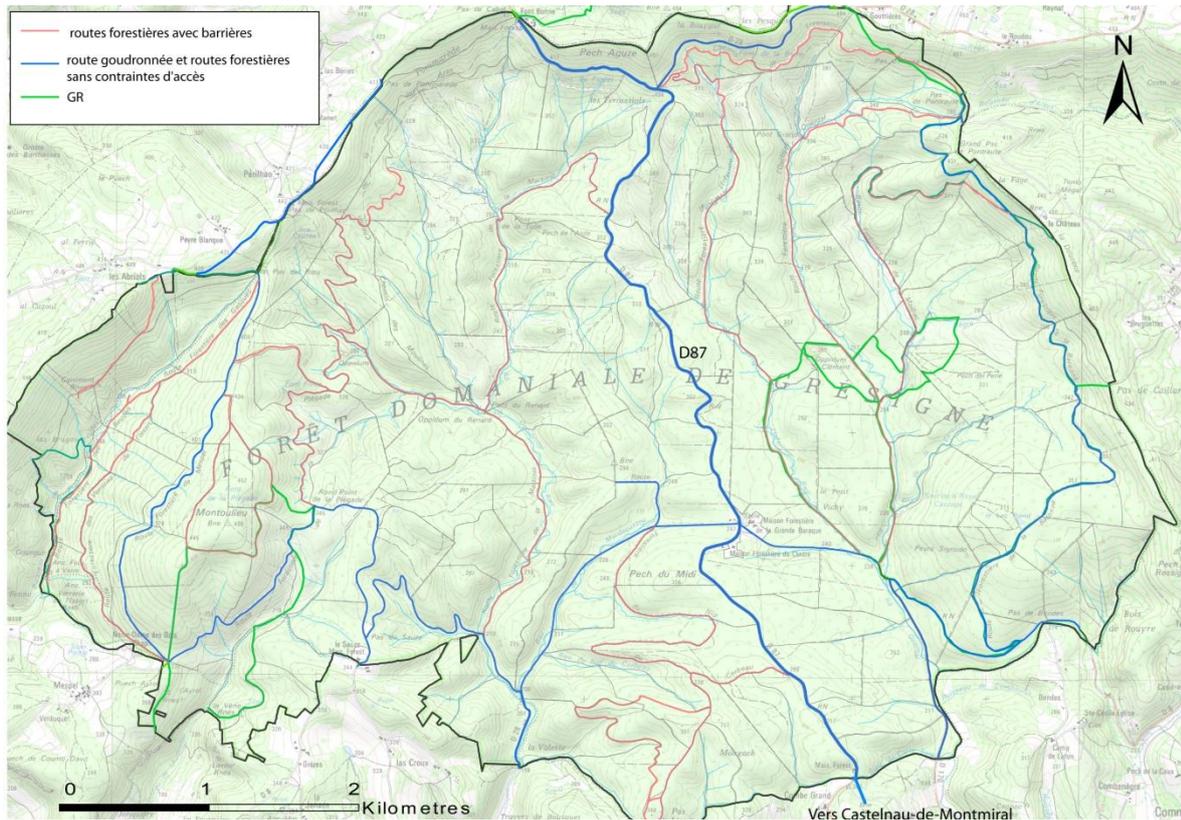
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arthur L. Lemaire M. (2007). 20 ans de suivi d'un site d'hibernation à chauves-souris, le complexe des cavités de Veaugues, département du Cher (1988 – 2007). *Symbiose*, 20, pp. 43-52.
- Barataud M. Grandemange F. Duranel A. Lugon A. (2009). Etude d'une colonie de mise-bas de *Myotis bechsteinii* Kuhl, 1817: Sélection des gîtes et des habitats de chasse, régime alimentaire et implications dans la gestion de l'habitat forestier. *Le Rhinolophe*, 18, pp. 83-112.
- Bodin J. (2011). Les chauves-souris de Midi-Pyrénées: Répartition, écologie et conservation. CREN MP, Toulouse, 255 p.
- Boireau J. (2007). Étude des terrains de chasse d'une colonie de reproduction de Grand Rhinolophe *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774) en basse Bretagne (France). Mémoire pour l'obtention du DPHE en Sciences de la vie et de la Terre, EPHE, 71 p.
- Burel F. Baudry J. (1999). Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. Lavoisier TEC&DOC, 359 p.
- Burt, W.H. (1943) Territoriality and homrange concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 24, 346-352.
- Calenge C. Dufour A.B. Maillard D. (2005). K-select analysis: a new method to analyse habitat selection in radio-tracking studies. *Ecological Modelling*, 186, pp. 143-153.
- Despaigne W. (2006). Méthodes géostatistique pour l'interpolation et la modélisation en 2d/3d des données spatiales. Mémoire de Master Statistique et informatique, Université de Bretagne Sud, 56 p.
- Dubourdieu J. (1997). Manuel d'aménagement forestier, gestion durable et intégrée des écosystèmes forestiers. Editions Lavoisier TEC&DOC, 244 p.
- Grange B. (2012). L'approche paysagère pour définir des stratégies d'actions en vue d'optimiser la conservation et la restauration d'un écosystème menacé : exemple de la forêt sèche de Nouvelle-Calédonie. Mémoire d'ingénieur en Paysage mention Ingénierie des territoires, Agrocampus Ouest - Angers, 50 p.
- Gosselin M. Laroussinie O. (2004). Biodiversité et gestion forestière. Connaître pour préserver: Synthèse bibliographique. Cemagref éditions, 320 p.
- Gosselin M. Paillet Y. (2010). Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière. Editions Quae, 115 p.
- Jarret P. (2004). Guide des sylvicultures: la chênaie atlantique. ONF, 335 p.
- Kerth, G. (2008). Animal sociality: Bat colonies are founded by relatives. *Current Biology*, 18, pp. 3
- Kerth G. & König B. (1999) Fission, Fusion and nonrandom associations in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*). *Behaviour*, 136, pp. 1187-1202.
- Kerth G. Ebert C. Schmidtke C (2006). Group decision making in fission-fusion societies: evidence from two-field experiments in Bechstein's bats. *Proceedings of the royal society*, 273, pp. 2785-2790.

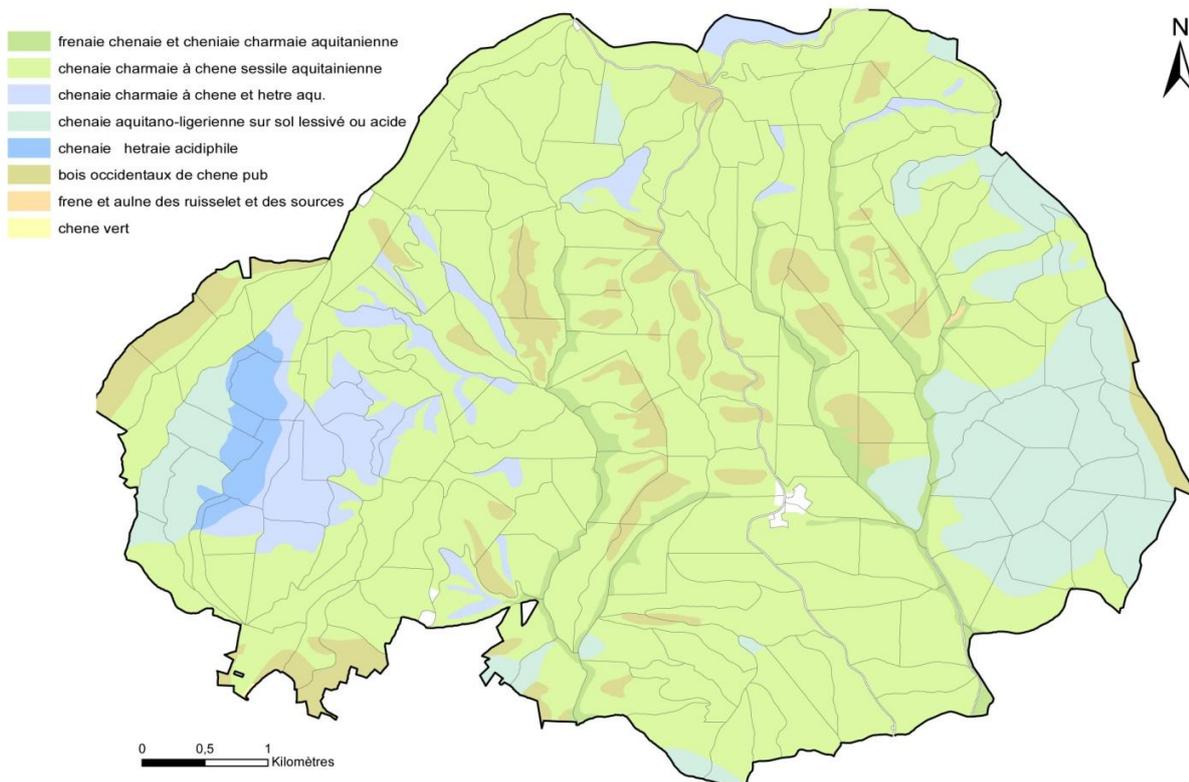
- Kerth G. Reckardt K. (2003). Information transfer about roosts in female Bechstein's bats: an experimental field study. *Proceedings of the royal society*, 270, pp. 511-515.
- Kerth G. König B. (1996). Transponder and an infrared-videocamera as method used in a fieldstudy on the social behaviour of Bechstein's bats. *Myotis*, 34, pp.27-34.
- Marsaud J. (2008). Stratégie de gestion conservatoire des forêts Franc-comtoises. Mémoire de Master EBE, Université de Paris sud, 64 p.
- Néri F. (2001). Etude préliminaire sur les chiroptères en forêt domaniale de Grésigne (Tarn). CREN MP, 16 p.
- Néri F. (2007). Inventaire des chiroptères sur les réserves biologiques intégrales de Montoulieu et St Clément en forêt domaniale de Grésigne (Tarn). CREN MP, 7 p.
- O'Donnell, C.F.J. & Sedgely, J.A. (2006). Causes and consequences of tree-cavity roosting in a temperate bat, *Chalinolobus tuberculatus*, from New Zealand. In: *Functional and evolutionary ecology of bats*, ed A. Zubaid, McCracken, G. F. and Kunz, T. H., pp. 308-328.
- Pellerin M. (2002). Utilisation et sélection d'habitat chez le chevreuil à différentes échelles spatio-temporelles. Doctorat Physiologie-Biologie des organismes-Populations-Interactions, Université de Poitiers, 290 p.
- Rameau J-C. (1999). Aménagement forestier, importance de l'écologie, prise en compte de la biodiversité. *Revue Forestière Française*, n° spécial, pp. 87-101.
- Roué S.Y. Barataud M.C. (1999). Habitats et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice. *Le Rhinolophe*, 2, pp. 1-136.
- Savoie J-M. (2001). Etude préliminaire en forêt domaniale de Grésigne - Habitats naturels et stations forestières. ONF, Toulouse, 130 p.
- Tillon L. (2013). Chiroptères et matrice paysagère forestière : Choix et utilisation des gîtes sylvestres, des terrains de chasse, et propositions de gestion conservatoire. Thèse, 126 p.
- Tillon L. Fauvel B. Malgouyres F. Gathelier P. Inventaire des chiroptères en forêt domaniale de Cîteaux: Etat des lieux, analyse et propositions de gestion. Cîteaux, ONF, 2009, 77 p.
- Tillon L. (2008). Inventorier, étudier ou suivre les chauves-souris en forêt, conseils de gestion forestière pour leur prise en compte: Synthèse des connaissances. ONF, Paris, 88 p.
- Tillon L. Darnis T. Lebihan C. Giosa P. Grignon R. Rapport d'expertise portant sur les Chiroptères dans un objectif de gestion conservatoire. Tronçais: ONF, 2012, 111 p.
- Tillon L. (2012). Prise en compte des chiroptères dans la gestion forestière, de l'étude aux mesures concrètes: un exemple en forêt de plaine. *Symbiose*, 28, pp. 1-6.
- Vinet O. Rapport d'inventaire des chiroptères de la réserve biologique intégrale (RBI) de l'Altier. Forêt domaniale de Mont Lozère: ONF, 2010, 38 p.

ANNEXES

LES CARTES DE DESCRIPTION

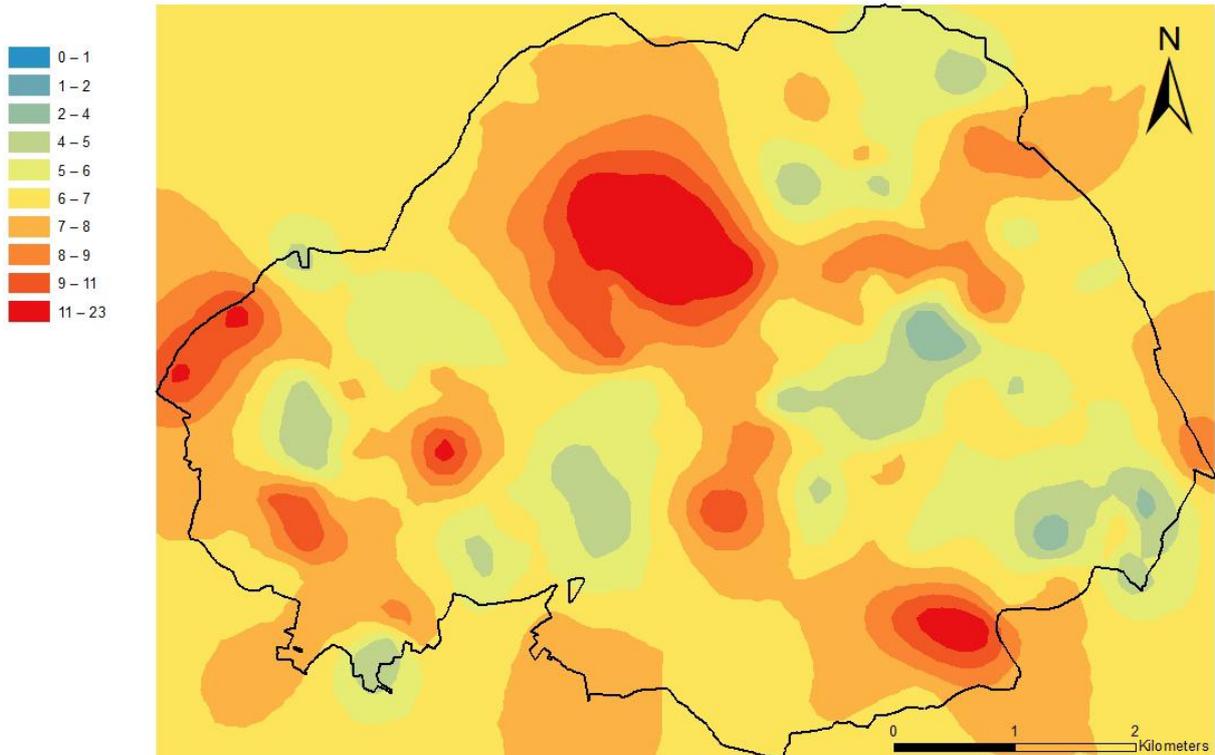


Annexe 1 : carte de la circulation en forêt de la Grésigne



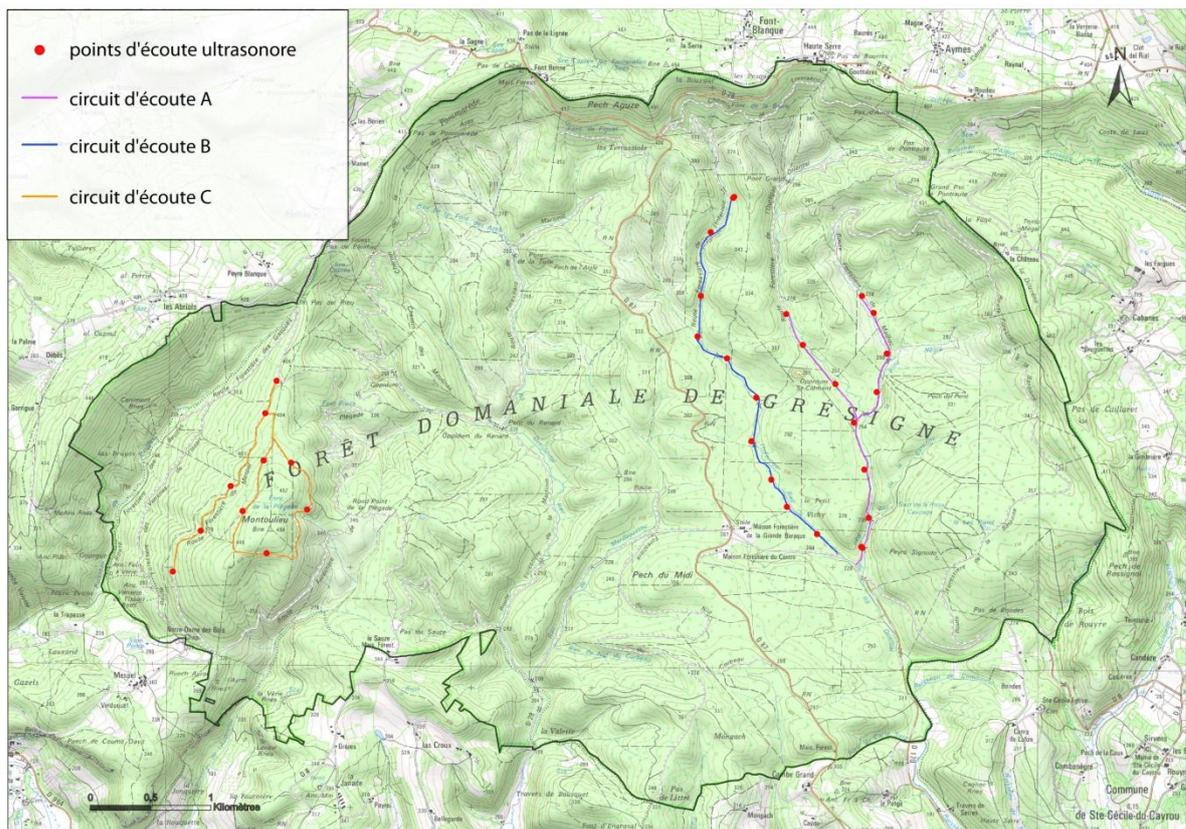
Annexe 2 : Carte des habitats CORINE Biotope

prédiction de la quantité doute bois mort au sol et debout
nombre d'arbre/placette

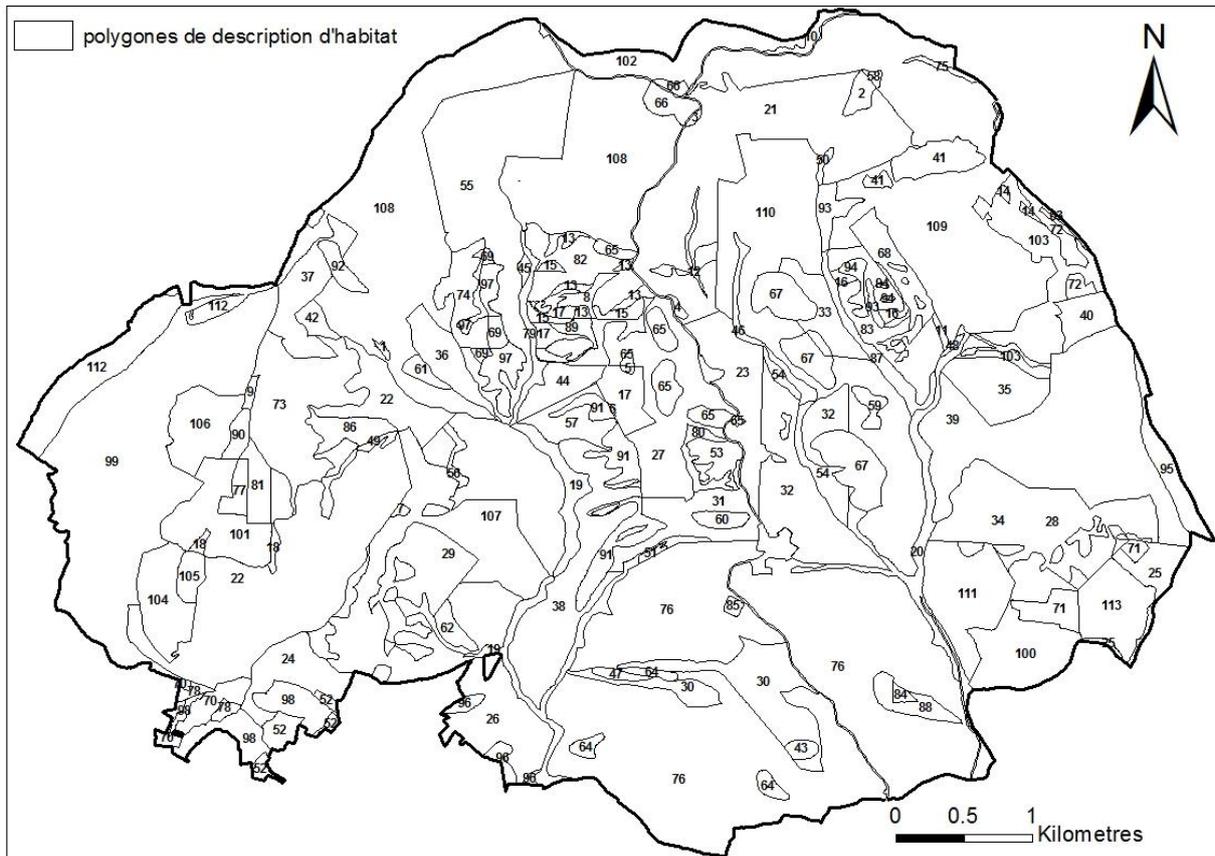


Annexe 3: carte de cokrigage illustrant la quantité de bois mort sur la Grésigne

LES CARTES ET DOCUMENTS DE TERRAIN



Annexe 4: carte représentant les circuits de point d'écoute prévus



Annexe 5: carte montrant les contours des polygones de description d'habitat

FICHE CAVITES

coordonnées GPS : x=	y=	n° de la parcelle :	
type d'habitat :	peuplement :		
LES CAVITÉS :			
	Arbres vivants	Arbres morts	
Trous de pic			
Trous de pic noir			
Fentes			
LE BOIS MORT :			
	27.5	47.5	67.5
	PB	BM	GB
Arbres debouts			
Arbres au sol			

Annexe 6 : fiche terrain pour l'inventaire des cavités et du bois mort

FICHE DESCRIPTION HABITAT CHIRO

Code protocole : MCH Gresigne

Observateur	<input type="text"/>	Date	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nom Forêt	<input type="text"/>	Surf Forêt	<input type="text"/>	ha	
N° Parcelle (s)	<input type="text"/>	N° Polygone	<input type="text"/>		
Surface polygone	<input type="text"/>	m ²	Coordonnées GPS	<input type="text"/>	

Données stationnelles		Pente		Exposition	
Altitude max	<input type="text"/>				
Altitude mini	<input type="text"/>				
Géomorphologie <input type="text"/>					

Situation (macro)topographique		Rebord de plateau <input type="text"/>		
Cuvette	<input type="text"/>	Haut de versant	<input type="text"/>	
Replat	<input type="text"/>	Mi-versant	<input type="text"/>	
Dôme	<input type="text"/>	Bas de versant	<input type="text"/>	
Pente sur dôme	<input type="text"/>	Fond de vallon	<input type="text"/>	
Plateau	<input type="text"/>	Rupture de pente	<input type="text"/>	

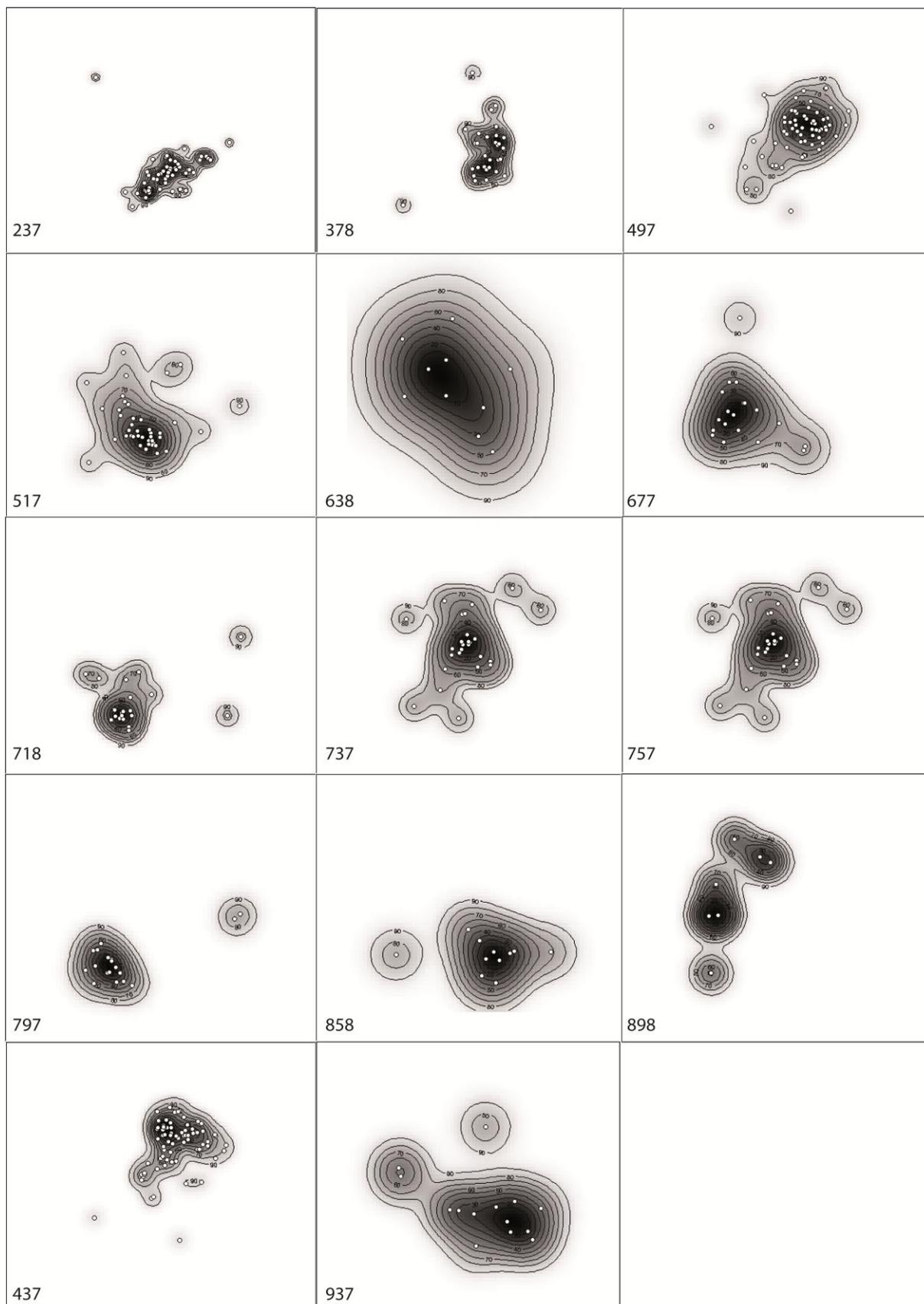
Données peuplement											
Structure(%)			Essence (nom)								
Taillis simple	<input type="text"/>	Fourré (ou régé)	<input type="text"/>	Dominante 1	<input type="text"/>						
Taillis sous futaie	<input type="text"/>	Gaulis	<input type="text"/>	Dominante 2	<input type="text"/>						
Taillis fureté	<input type="text"/>	Perchis	<input type="text"/>	Du ss-étage	<input type="text"/>						
Futaie régulière fermée	<input type="text"/>	Futaie régulière claire	<input type="text"/>	Du taillis	<input type="text"/>						
Futaie irrégulière fermée	<input type="text"/>	Futaie irrégulière claire	<input type="text"/>	Strate buissonnante	<input type="text"/>						
Futaie jardinée	<input type="text"/>	Trouée bois mort	<input type="text"/>	Strate herbacée 1	<input type="text"/>						
Boisement linéaire (haie, ripisylve...)	<input type="text"/>	Autre trouée (clairière, mare, éboulis...)	<input type="text"/>	Strate herbacée 2	<input type="text"/>						
Code peuplement	<input type="text"/>		Hauteur du ppt								
Code station	<input type="text"/>		Strate dominante <input type="text"/> m								
Ouverture du milieu			Maturité								
<table border="1"> <tr> <td>% ppt</td> <td>% lum</td> <td>Type</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>			% ppt	% lum	Type	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Age estimé des + vieux arbres <input type="text"/> ans		
% ppt	% lum	Type									
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>									
			Diamètre dominant <input type="text"/> cm								

Données floristiques			Surface terrière (en m²/ha sur un rayon de 25 m)					
Code Corine habitat	<input type="text"/>		S totale: G <input type="text"/> m ² /ha					
Nombre de sous unités dans le polygone	<input type="text"/>		Essence dominante					
	ssu 1	ssu 2	ssu 3	PB	BM	GB	TGB	TTGB
% d'occupation de la sous unité	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
% de recouvrement par strate (structuration verticale)			⌀ seuls > (cm) 27,5 27,5 47,5 67,5 100 >100 Essence dominée/ secondaire PB BM GB TGB TTGB <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>					
Roche, pierre, sol nu	0 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strate muscinale / herbacée	0 à 0.5 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strate herbacée haute	0.5 à 1 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strate arbustive /buisson/régé	1 à 2 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sous étage bas perches taillis	2 à 4 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sous étage haut gaulis taillis	4 à 8 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strate arborée basse	8 à 16 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strate arborée haute	16 à 32 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Canopée	> à 32 m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
			Lianes Présence <input type="text"/>					
			Absence <input type="text"/>					
			Espèce <input type="text"/>					

Environnement (dans et juste autour du polygone)					
Maison(s)	<input type="text"/>	Lisière de massif <input type="text"/>			
Mare, étang	<input type="text"/>	Culture à gibier <input type="text"/>			
Milieus humides (tourbière, marais...)	<input type="text"/>	R.F <input type="text"/>			
Cours d'eau (lotique)	<input type="text"/>	Route faible trafic <input type="text"/>			
Cours d'eau (lentique)	<input type="text"/>	Route trafic important <input type="text"/>			

Annexe 7: fiche terrain pour la description des habitats

RESULTATS SUPPLEMENTAIRES



Annexe 8 : Contours des différents DV calculé avec le Kernel à 95% et le h moyen

ID	ASU h _{ref}	R h _{ref}	modèle observé	Ker95- h _{ref}	Ker50- h _{ref}	ASU h _{lscv}	R h _{lscv}	modèle observé	Ker95- h _{lscv}	Ker50- h _{lscv}	ASU h _{cv}	modèle observé	Ker95- h _{cv}	Ker50- h _{cv}	Home Range Method	modèle retenu	surface du kernel50-h _{moy}	surface du kernel95-h _{moy}
237	341,97	-	Unimodal	-	-	149,39	-	Multimodal	-	-	517,57	Unimodal	-	-	Multimodal	h _{Lscv}	-	-
378	303,36	298,17	Bimodal	530,47	102,75	251,98	240,65	Multimodal	420,22	86,01	426,68	Unimodal	805,80	150,08	Multimodal	h _{Lscv}	64,649	263,213
437	201,77	202,76	Bimodal	339,20	67,99	20,13	nc	-	-	-	240,12	Unimodal	388,48	77,93	Multimodal	h _{ref}	56,534	275,412
497	179,29	185,13	Unimodal	291,49	53,00	162,38	162,51	Multimodal	266,01	48,41	223,40	Unimodal	333,53	61,66	Multimodal	h _{Lscv}	46,373	254,543
517	157,94	155,73	Multimodal	207,92	28,52	51,59	53,01	Multimodal	68,41	11,56	162,53	Multimodal	214,85	29,87	Multimodal	h _{Lscv}	27,941	204,641
638	125,37	119,39	Bimodal	66,14	18,78	217,83	179,08	Unimodal	107,15	26,66	154,09	Unimodal	87,28	23,07	Multimodal	h _{ref}	22,863	86,243
677	158,29	153,04	Bimodal	129,54	27,52	152,06	145,15	Bimodal	122,33	26,22	178,91	Unimodal	153,50	32,21	Unimodal	h _{cv}	27,435	129,102
718	279,80	272,87	Multimodal	408,30	58,67	1,13	nc	-	-	-	366,46	Multimodal	613,04	90,95	Multimodal	h _{ref}	25,592	193,321
737	110,99	110,00	Bimodal	109,60	20,44	76,81	70,11	Multimodal	82,14	16,01	140,56	Unimodal	129,65	24,47	Multimodal	h _{Lscv}	26,164	137,717
757	195,42	191,42	Bimodal	270,46	43,13	68,52	70,57	Multimodal	93,47	16,99	235,80	Unimodal	317,11	54,67	Multimodal	h _{Lscv}	34,308	224,928
797	235,97	250,83	Bimodal	245,76	43,95	134,10	131,50	Bimodal	93,23	20,05	316,81	Bimodal	390,82	63,36	Multimodal	h _{Lscv}	23,253	113,919
858	162,95	156,45	Bimodal	116,17	22,52	137,41	143,97	Bimodal	104,71	20,45	222,14	Unimodal	197,77	35,56	Multimodal	h _{Lscv}	21,931	112,616
898	278,46	275,16	Bimodal	355,47	79,82	91,85	101,45	Multimodal	87,28	20,69	326,79	Unimodal	675,74	96,43	Multimodal	h _{Lscv}	38,292	150,915
937	206,96	200,21	Multimodal	199,42	46,03	199,30	187,07	Multimodal	186,07	42,83	222,85	Unimodal	222,92	51,84	Unimodal	h _{cv}	35,051	150,934

Annexe 9: tableau complet présentant les résultats obtenus lors des calculs des DV