



Étude des milieux de chasse de la Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) en forêt domaniale de l'Aigoual et prise en considération de sa conservation dans la gestion forestière du site



Mémoire de fin d'études

Adrien CHAIGNE
Cursus ingénieur agronome
2008-2012

Octobre 2012

Photographies de la page de couverture

De gauche à droite et de haut en bas :

Hêtre mort, Réserve biologique intégrale du Marquairès © A. Chaigne Hêtraie sur éboulis, Réserve biologique intégrale du Marquairès © A. Chaigne Barbastelle d'Europe, *Barbastella barbastellus* © O. Vinet Très gros Hêtre, Réserve biologique intégrale du Marquairès © A. Chaigne.

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE DE LA FIF

Formation des ingénieurs foresti	TRAVAUX D'ÉLÈVES					
TITRE : Étude des milieux de (<i>Barbastella barbastellus</i>) en for considération de sa conservation						
AUTEUR(S) : Adrien Chaigne		Promotion : 20 ^e				
Caractéristiques : 1 volume ; 60 p	pages ; 32 figures ; 14 annexes ; 8 ca	rtes ; bibliographie.				
	CADRE DU TRAVAIL					
ORGANISME PILOTE OU CONTR	ACTANT : Office national des forêts					
Nom du responsable : Olivier Vin Fonction : Correspondant Lozère	et du Bureau d'étude territorial Hérau	t-Gard-Lozère				
Nom du correspondant ENGREF	(pour un stage long) : François Lebo	ourgeois				
Tronc commun Option D. d'approfondissement □ Stage en entreprise □ Stage à l'étranger □ Stage fin d'études □ Date de remise : 09/11/2012						
SUITE À DONNER (réservé au service des études)						
☐ Consultable et diffusable ☐ Confidentiel de façon permanente ☐ Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable						

RÉSUMÉ

De 2009 à 2012, l'Office national des forêts et le Parc national des Cévennes ont mené une étude par radio télémétrie des milieux de chasse et des gîtes d'une espèce de chauve-souris forestière, la Barbastelle d'Europe, *Barbastella barbastellus*, en Lozère et dans le Gard. Des protocoles de description des terrains de chasse ont été utilisés. L'habitat effectivement utilisé a été comparé aux habitats disponibles. Les premiers résultats montrent l'utilisation d'une grande diversité de milieux de chasse dépendant d'une source alimentaire variable dans le temps et l'espace. Des préconisations de gestion conciliant équilibre écologique et production forestière ont aussi été abordées.

ABSTRACT

From 2009 to 2012, the French National Forestry Office and the Cévennes National Park have conducted a radiotracking study of foraging habitats and roosts upon one forest bat species, the Barbastelle bat, *Barbastella barbastellus*, in Lozère and Gard, France. Description protocols of foraging habitats were set up. Habitat use and availability were compared. First results show the use of a large set of foraging habitats according to a variable prey resource in time and space. It leads to some forest management advice for forest harvesting respectful of ecosystems.

Remerciements

Mes remerciements vont en premier lieu à Olivier Vinet pour m'avoir permis de prendre part à ce projet qui lui tient tant à cœur et de m'avoir transmis une partie de ses connaissances et de sa passion pour les chiroptères.

Je tiens à remercier François Lebourgeois pour avoir accepté de me suivre tout au long de ce stage et Laurent Tillon pour avoir accepté de faire partie du jury.

Je remercie l'ensemble des chiroptérologues rencontrés lors du projet, Jean-Christophe Gattus, Fabien Sané, Jean Séon, Thomas Darnis, Boris Guérin et bien sûr Olivier Vinet pour avoir pu apprendre auprès d'eux les techniques de capture et d'identification des chauves-souris.

La connaissance du terrain par les agents du Parc national des Cévennes, en particulier Nicolas Bertrand, Nicolas Bruce et Jean Séon, m'aura été d'une grande utilité pour l'organisation de l'étude. Merci à eux de me l'avoir fait partager.

Cette étude n'aurait pas pu avoir lieu sans l'investissement de toutes les personnes, bénévoles ou non, qui ont passé des nuits, parfois longues et froides, à écouter des « bips ». Un grand merci à eux pour leur contribution et pour leur bonne humeur dans toutes les situations même quand il s'agit de pousser une voiture en pleine nuit.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble de mes collègues de l'Office national des forêts à Mende, et tout particulièrement à Claudine, pour leur accueil et leur gentillesse. Merci aussi à Aude de m'avoir tenu compagnie dans le bureau du 2^e étage!

Je n'oublie pas les membres de la « colloc' de Lentondre », Fanny, Mathilde et François ainsi que Florian, pour les bons moments passés à « bartasser » en Lozère, jumelles et filet à libellules à la main. J'ai bien sûr une pensée pour Flora, pour toutes ces agréables soirées à Mende en sa compagnie.

Enfin je tiens à remercier mes parents pour leur soutien depuis des années dans mes projets et qui sont présents quand il s'agit de relire en entier un rapport.

Table des matières

Remerciements	1
Table des matières	3
Index alphabétique des sigles	6
Introduction	7
1. Contexte de l'étude	9
1.1. Un contexte particulier : la forêt de des Cévennes	omaniale de l'Aigoual et le Parc national
	es10
1.3. Des sites d'étude contrastés	12
1.4. Une espèce cible, la Barbastelle d'E	Gurope17
1.4.1. Répartition et statuts	17
1.4.2. Reproduction	18
1.4.3. Ecologie alimentaire	18
1.4.4. Les terrains de chasse et leur util	isation18
1.4.5. Les gîtes et leur utilisation	19
1.4.6. Menaces	20
1.5. Les techniques d'étude des chiroptè	res20
1.6. Problématique posée par la con exigences écologiques fortes	servation d'une espèce forestière aux
2. Méthodes d'identification, de caractérisation	et d'analyse des milieux de chasse à
différentes échelles	23
2.1. Acquisition des données de radiolog	ealisation23
2.1.1. Présentation de la technique de s	uivi par radio télémétrie et ses limites. 23
2.1.2. Traitement des données brutes de	e localisation25
2.1.3. Evaluation du domaine vital	25
2.2. Un niveau d'étude à large échelle	26
2.2.1. Choix des types d'habitats décrit	s et degré de propicité26
2.2.2. Réalisation d'une cartographie d	es grands types d'habitats de chasse 27
2.2.3. Analyses statistiques	27
2.3. Un niveau d'étude à fine échelle	28

	2.3.1. en lisière	Description des peuplements à l'échelle de la placette en peuplemen	
	2.3.2.	Analyses statistiques	
3.		liscussion	
	3.1. B	Silan et discussion concernant la phase de terrain	32
		Des comportements diurnes et nocturnes forestiers	
	3.2.1.		
	3.2.2.		
	3.3. D	Des terrains de chasse aux caractéristiques multiples	
	3.3.1.	Description physique des terrains de chasse	
	3.3.2.	Regroupement et sélection des variables de peuplement à étudier	
	3.3.3.	Analyse des effets du site, de la saison et du sexe	
	3.4. U	Ine préférence pour les habitats forestiers	47
	3.4.1.	Analyse compositionnelle	47
	3.4.2.	Analyse de la sélection individuelle	50
	3.4.3.	Discussion concernant les résultats de sélection d'habitat	52
pr		imites de la radio télémétrie pour l'étude des Barbastelles d'Europossibles	
4.	Prise en con	sidération des exigences écologiques de la Barbastelle d'Europe dans	ıs la
gesti	on forestière d	le la forêt domaniale de l'Aigoual	55
de		rise en considération de la diversité biologique du cœur du Parc nati	
	4.1.1.	Des engagements forts en faveur de la diversité biologique	55
	4.1.2.	Des recommandations générales pour le Parc national des Cévennes	55
	4.1.3.	Des mesures pour le renforcement de la trame de vieux bois	56
	4.2. L	es recommandations de sylviculture favorable aux barbastelles	57
	4.2.1.	Une offre en gîtes abondante	58
	4.2.2. chasse dans l'	Une mosaïque de milieux offrant une grande diversité de terrains espace et le temps	
	4.2.3.	Une gestion fine des milieux d'interface	59
Ва		es enjeux de l'ONF et des propriétaires privés pour la préservation de l'Aigoual	
	4.3.1.	La préservation des arbres gîtes	59
	4.3.2.	Une mosaïque de peuplements mélangés	60
	4.3.3.	Propositions d'évolution de la trame de vieux bois	61
	4.3.4.	Vers une demande accrue en bois de construction et bois-énergie	64
	4.3.5.	Vers une meilleure valorisation de la gestion durable de la forêt	65

Conclusion		63
Références bibliog	raphiques	67
Liste des contacts		70
Glossaire		71
Code des essences		72
Annexes		73

Table des annexes

Annexe 1 — Carte des forêts anciennes du cœur du Parc national des Cévennes.	74
Annexe 2 — Localisations par radio télémétrie — Site d'Aire-de-Côte/Marquairès (2012))
— Carte nord et carte sud.	75
Annexe 3 — Cartographie des habitats — Site de Saint-Sauveur	
— Carte ouest et carte est.	77
Annexe 4 — Calcul des déclinaisons magnétiques.	79
Annexe 5 — Protocole de description en peuplement.	80
Annexe 6 — Protocole de description en lisière.	81
Annexe 7 — Structure de la base de données.	85
Annexe 8 — Occupation des gîtes 2010-2012.	87
Annexe 9 — Composition en essences par typologie d'habitat.	90
Annexe 10 — Nombre de terrains de chasse par structure du peuplement et typologie	
d'habitat.	91
Annexe 11 — Tables des corrélations.	92
Annexe 12 — Pertinence d'un indicateur de ressource alimentaire potentielle	93
Annexe 13 — Résultats des analyses de la variance.	95
Anneve 14 — Résultats de l'analyse de la sélection d'habitat	98

Index alphabétique des sigles

ACM analyse des correspondances multiples

ACP analyse des correspondances principales

ALEPE Association Lozérienne d'étude et de protection de l'environnement

BM bois moyen (diamètres à 1,30 mètre compris entre 27,5 et 42,5 cm)

CORA Coordination Rhone-Alpes de la Ligue pour la protection des oiseaux

FD forêt domaniale FR Futaie régulière

FSC Forest Stewardship Council

G surface terrière

GB gros bois (diamètres à 1,30 mètre compris entre 42,5 et 62,5 cm)

GCLR Groupe Chiroptères Languedoc-Roussillon

GPS Global Positioning System

H0 hauteur du peuplement

IFN Inventaire forestier national
IGN Institut géographique national
PCM polygone convexe minimum

ONF Office national des forêts

PB petit bois (diamètres à 1,30 mètre compris entre 17,5 et 27,5 cm)

PNC Parc national des Cévennes

PEFC Programme de reconnaissance des certifications forestières

RBI réserve biologique intégrale

RTM restauration des terrains de montagne

TGB très gros bois (diamètres à 1,30 mètre compris supérieur à 62,5 cm)

UTM Universal Transverse Mercator

VHF très haute fréquence (« very high frequency »)

Introduction

La gestion durable des forêts garantit leur diversité biologique, leur productivité et leur capacité de régénération de manière à satisfaire, actuellement et pour les générations futures, les services économiques, sociaux et environnementaux de la forêt. La conférence paneuropéenne d'Helsinki, tenue en juin 1993, a précisé ce concept de gestion durable pour les forêts européennes. Il est ainsi admis que la gestion forestière doit assurer la stabilité, la vitalité, la capacité de résistance et d'adaptation des écosystèmes forestiers mais aussi que la diversité biologique est un élément fondamental des forêts pérennes.

Face au déclin de la biodiversité, la convention sur la diversité biologique, adoptée par un ensemble de pays dont la France, lors du sommet de la terre à Rio en 1992, reconnaît que la conservation de la diversité biologique est une préoccupation commune pour l'ensemble de l'humanité et est indissociable de son développement économique et social. Ce principe fondamental est repris à l'échelle européenne (Directive « habitat » en 1992) et française (Stratégie nationale pour la biodiversité en 2004, Lois Grenelle en 2009 et 2010) dans la protection des espèces et de leurs habitats.

La surface forestière française n'a cessé de croître depuis le début du XIX^e siècle, marqué par l'exode rural, le remplacement du bois de feu par les énergies fossiles et la nécessité de se prémunir contre les dégâts causés par l'érosion des sols. Avec 16,1 millions d'hectares de superficie forestière, la France est le second pays en Europe pour la récolte de bois (Agreste, 2012). Face à cet enjeu de production, la gestion durable des forêts est intégrée à la politique forestière nationale.

La France métropolitaine accueille 34 espèces de chiroptères. Toutes sont plus ou moins étroitement liées au milieu forestier (Meschede et Heller, 2003) à un moment ou à un autre de leur cycle biologique, soit pour les gîtes (d'hiver et surtout d'été), soit pour leur alimentation (terrains de chasse). L'intérêt croissant porté sur les chiroptères depuis une vingtaine d'années permet de mieux connaître l'écologie de ces espèces. Leurs exigences portent sur la présence d'une diversité d'insectes pour se nourrir, de la présence et de la tranquillité des gîtes et du maintien de corridors écologiques à l'échelle du paysage. Fortement sensibles aux modifications du paysage et aux impacts de nos activités, les chauves-souris constituent de bons indicateurs de l'état de conservation de nos écosystèmes.

Espèce forestière souvent considérée comme inféodée aux forêts ancienne, la Barbastelle d'Europe, *Barbastella barbastellus*, fait partie des espèces menacées à l'échelle européenne. Il semble que l'alimentation soit la principale menace qui pèse sur cette espèce au régime alimentaire hautement spécialisé (Meschede et Heller, 2003). Sa sauvegarde suppose de conserver ou de reconquérir des peuplements d'une grande richesse biologique. Cependant, la définition de « richesse » ou de « qualité » des forêts vis-à-vis de la Barbastelle d'Europe suppose de disposer de plus amples connaissances sur son écologie. Ceci aboutit à des préconisations conciliant exploitation forestière et préservation de la biodiversité. En effet, les enjeux de préservation des chiroptères passent par une gestion durable et multifonctionnelle des forêts.

C'est précisément dans cette optique qu'un programme d'étude pluriannuel associant plusieurs partenaires (Office national des forêts, Parc national des Cévennes, Groupe Chiroptères Languedoc-Roussillon, Association Lozérienne pour l'étude et la protection de

l'environnement) a été initié en 2009. Ce programme ciblant plus particulièrement la Barbastelle d'Europe s'est déroulé pendant la période 2009-2012. Grâce à la technique de la radio télémétrie, des individus ont été suivis chaque année sur trois secteurs différents de la forêt domaniale de l'Aigoual et dans le cœur du Parc national des Cévennes.

Mon travail au cours de ce stage à l'Office national des forêts s'inscrit dans la dernière année de cette étude. Fort de quatre années de suivi dans des secteurs différents de l'Aigoual, mon sujet vise à identifier les caractéristiques des milieux forestiers propices aux barbastelles pour leur alimentation mais aussi pour l'occupation des gîtes. Il est alors proposé des pistes pour une gestion forestière favorable à l'espèce et des applications au cas de la forêt domaniale de l'Aigoual.

1. Contexte de l'étude

1.1. Un contexte particulier : la forêt domaniale de l'Aigoual et le Parc national des Cévennes

La vision actuelle d'un massif forestier de près de 40 000 ha couvrant les versants du Mont Aigoual tranche avec les témoignages du milieu du XIX^e siècle décrivant des « terrains sans végétation, offrant de tous côtés l'image de la ruine et de la désolation », comme l'écrit le conservateur des forêts de Nîmes en 1870 (Fesquet, 2007).

En effet, les défrichements pour les besoins de l'agriculture et de l'industrie atteignent leur apogée, à cette époque en France. Ceci engendre une érosion très importante des sols et des problèmes de crues qui ravagent les vallées cévenoles. Face à cette situation, l'administration forestière décide d'intervenir pour régénérer les forêts. Une première loi en 1860 impose le reboisement, voire l'engazonnement des terres sur certains périmètres. Des échecs importants font suite à ces mesures, d'où la création de la loi de 1882 dite loi de restauration des terrains en montagne (RTM). L'État, par cette loi, peut acquérir des terres pour les reboiser. Les essences les plus utilisées et donnant les meilleurs résultats furent les pins (pin sylvestre, pin maritime, pin à crochets, pin laricio de corse, pin noir d'Autriche). Ils ont constitué de bonnes essences transitoires dans un objectif final, prévu par Georges Fabre alors conservateur en 1900 et acteur majeur du reboisement, d'une futaie mélangée de sapins et de hêtres. Par la suite, entre 1950 et 1975, d'importants reboisements résineux (pins noirs et épicéas) ont été réalisés sur les causses dans le cadre du Fonds forestier national. Cet immense effort de reconquête par la forêt des espaces auparavant dénudés de l'Aigoual est à l'origine de la physionomie du massif tel que nous le connaissons aujourd'hui.

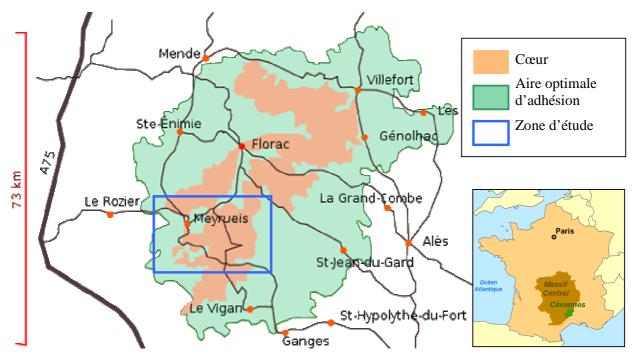


Figure 1 — Carte de localisation de la zone d'étude dans le Parc national des Cévennes. Source : Wikimedia Commons, Sanguinez 2008.

Le massif forestier, dans son ensemble, s'étend actuellement sur près de 40 000 ha (Fesquet, 2007), dont environ 16 000 ha de boisements appartenant au domaine privé de l'Etat (forêt domaniale) et géré par l'Office national des forêts.

La protection du massif forestier de l'Aigoual et de ses milieux associés a été complétée par la création du Parc national des Cévennes (PNC) en 1970. Le PNC a été, dès sa création, soucieux de préserver ce qui restait de l'agriculture locale suite à un exode rural très important tout en conservant les richesses biologiques du territoire. Le massif de l'Aigoual s'intègre en totalité dans le cœur de ce vaste parc (couvrant 935 km² en cœur et 2 875 km² en aire optimale d'adhésion, cf. fig. 1).

1.2. Un projet associant divers partenaires

Dans la continuité des orientations de la « Stratégie nationale pour la biodiversité » et dans le cadre du Grenelle de l'environnement, le Ministère en charge de l'écologie a décidé en 2007 de créer de nouveaux Plans nationaux d'actions (PNA). Ceux-ci s'organisent autour de trois axes de travail :

- protéger par des mesures favorables à la conservation des populations
- améliorer les connaissances par un suivi cohérent des populations
- informer les acteurs concernés et sensibiliser le public

Le PNA en faveur des chiroptères fait suite au plan national de restauration (1999-2004) et s'étale de 2009 à 2013. L'étude des barbastelles en forêt domaniale de l'Aigoual s'inscrit dans les objectifs de la fiche d'action n° 9 « Prendre en compte la conservation des chauves-souris dans la gestion forestière », action pilotée par l'ONF. Cette fiche d'actions comprend notamment l'amélioration des connaissances, tant du point de vue de la recherche appliquée que de la protection directe de gîtes.

Ce projet a pour originalité d'associer des partenaires publics et des associations.

• L'Office national des forêts (ONF)

L'ONF assure, pour le compte de l'État, la gestion des forêts domaniales et la mise en œuvre du régime forestier dans les forêts des collectivités. Conformément aux directives ministérielles, l'ONF doit maintenir et, chaque fois que cela est possible, améliorer l'aptitude de la forêt à remplir au mieux l'ensemble des fonctions écologiques, économiques et sociales, en préservant toutes ses potentialités pour les générations à venir. Dans ce cadre, l'un des objectifs de l'ONF est la conservation ou le développement de la diversité biologique, à travers une gestion durable des écosystèmes forestiers. Avec l'instruction « biodiversité » (instruction n° INS-09-Y-71 du 29 octobre 2009), l'ONF se fixe des objectifs de préservation de la biodiversité dans la gestion sylvicole courante. Six réseaux de compétences naturalistes sur la faune, la flore et les habitats ont été créés permettant de développer et de valoriser les capacités d'expertise en matière de connaissance et de conservation de la biodiversité. Parmi eux le réseau national mammifères s'occupe en particulier des questions relatives aux chiroptères. L'étude des exigences écologiques forestières de la barbastelle s'intègre donc parfaitement dans ce cadre.

• Le Parc national des Cévennes (PNC)

Le territoire du Parc national des Cévennes est géré par un établissement public national à caractère administratif, placé sous la tutelle du ministère en charge de l'environnement. L'établissement public Parc national des Cévennes compte parmi ses

missions le suivi scientifique du patrimoine naturel et culturel et est à ce titre un acteur de la gestion du massif forestier de l'Aigoual. A partir de 2007, le PNC a prévu d'affecter une partie de son activité à la conservation des chiroptères et de leurs habitats en mettant en place un Plan d'action Chiroptères. Cette étude menée sur la barbastelle s'inscrit dans ces actions et constitue un préalable à une meilleure prise en compte de la biologie de cette espèce dans la gestion forestière au sein du Parc national.

• L'Association Lozèrienne pour l'étude et la protection de l'environnement (ALEPE)

L'ALEPE coordonne et participe à de nombreux inventaires, études ou comptages à l'échelle départementale, régionale ou nationale. Pour ce qui concerne les chiroptères, l'association réalise un inventaire départemental de ce groupe taxonomique depuis une vingtaine d'années, assure la recherche et le suivi de gîtes de reproduction et d'hibernation, participe à l'élaboration des contrats forestiers dans les sites Natura 2000 et mène des études spécifiques sur certaines espèces. Elle est donc un partenaire incontournable pour l'étude de la barbastelle en Lozère.

• Le Groupe Chiroptères Languedoc-Roussillon (GCLR)

Le GCLR a pour objet principal l'étude et la protection des chiroptères et de leurs milieux de vie mais également l'éducation et la sensibilisation à la biologie, l'éthologie et l'écologie des chiroptères, en Languedoc-Roussillon et au-delà. Le groupe chiroptères a aussi pour vocation de rassembler, mettre en cohérence et assurer le suivi de l'ensemble des dossiers relatifs aux chiroptères en Languedoc-Roussillon. C'est donc tout à fait légitimement que cette structure régionale a été intégrée au projet sur la barbastelle, dès son origine.

Les différents inventaires réalisés sur le massif de l'Aigoual par le Parc des Cévennes, l'ALEPE, le GCLR et plus récemment l'ONF ont confirmé la présence d'une faune chiroptérologique riche et variée, dont plusieurs espèces forestières patrimoniales. La barbastelle est ainsi considérée comme un hôte bien établi du massif, avec une population probablement importante et vraisemblablement répartie en plusieurs noyaux comptant plusieurs colonies de reproduction (Vinet et Sané 2009).

Malgré cela, l'écologie de cette espèce et plus particulièrement ses préférences en matière de déplacement, de gîtes et de terrains de chasse, reste peu connue en France. Nos connaissances résultent essentiellement d'extrapolations réalisées à partir d'une bibliographie spécifique étrangère, par ailleurs peu abondante.

En conséquence, sous l'impulsion et la dynamique des différentes structures présentées plus haut, une étude approfondie sur la barbastelle se révélait particulièrement intéressante à réaliser dans un but de conservation, d'autant plus qu'elle s'inscrit dans un vaste massif forestier domanial, lui-même inclus dans le territoire du Parc national des Cévennes.

Les objectifs du programme sont résumés dans le tableau n° 1.

<u>Gîtes</u>	Rechercher et caractériser un maximum de gîtes (de reproduction de préférence) dans la forêt domaniale (avec grimpe aux arbres identifiés dans le cas de gîtes sylvestres)
Terrains de chasse, domaine vital	Evaluer le domaine vital des individus, identifier la nature et le mode de fréquentation des habitats utilisés pour la chasse et le transit. L'extrapolation des résultats à toute la colonie, à partir des résultats obtenus pour les individus équipés d'émetteurs permettra de mieux cerner les exigences de l'espèce à l'échelle du massif forestier
Diffusion, gestion	Synthétiser les résultats et rédiger, à l'attention des forestiers, des fiches ou des recommandations de gestion adaptées à la forêt étudiée et à toutes les forêts situées dans des conditions stationnelles comparables (forêts mixtes de moyenne montagne)

Tableau 1 — Objectifs du programme d'étude des barbastelles en forêt domaniale de l'Aigoual. Source : Vinet et Sané 2009.

1.3. Des sites d'étude contrastés

Le choix des sites d'étude dépendait à l'origine du projet des connaissances initiales sur l'espèce et sur la présomption de présence de colonies. De plus, la présence d'un cœur de forêt domaniale devait être pris en compte afin d'aboutir à des recommandations pour l'ONF. C'est ainsi que trois sites ont été étudiés durant les quatre années du projet (fig. 2) :

- 2009 : le canton de Roquedols (Lozère),
- 2010 et 2011 : le canton de Saint-Sauveur (Gard),
- 2012 : les cantons du Marquairès et d'Aire-de-Côte (Lozère).

Tous ces sites sont inclus dans le cœur du Parc national des Cévennes et comprennent une forêt domaniale (dont un projet de RBI¹). Ils s'étendent sur deux départements (Gard et Lozère) et les aménagements associés à chaque forêt domaniale dépendent de leur agence respective (Agence ONF Gard et Agence ONF Lozère). Plusieurs documents d'aménagement régissent la gestion de la forêt domaniale de l'Aigoual dont : l'aménagement de la 5° série des Pins (1997-2016) qui concerne le canton de Saint-Sauveur et l'aménagement de l'Aigoual Lozère (2010-2024) qui inclut les cantons de Roquedols, du Marquairès et d'Aire-de-Côte.

.

¹ Réserve biologique intégrale du Marquairès, forêt domaniale de l'Aigoual. Plan de gestion actuellement rédigé et validé par le CNPN

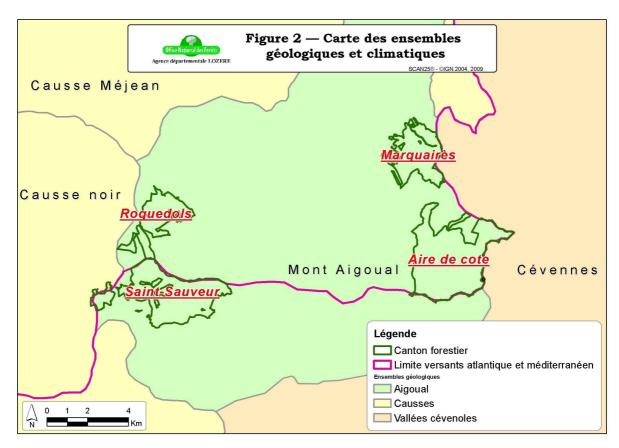


Figure 2 — Carte des ensembles géologiques et climatiques de la zone d'étude.

Les cantons de Saint-Sauveur et Roquedols sont situés à la confluence des vallées cévenoles, du massif de l'Aigoual et de plusieurs plateaux calcaires, les causses (fig. 2). Seul le canton de Saint-Sauveur est situé sur le versant méditerranéen.

α α α α	1 4	1' 1	1' ', '	1 '	/ ₄ 11 UAN	
L Afte reportition	dec contone e	evniiaiie iec	e dicharitee i	nnveigilee i	Itanigali n' /l	
Cette répartition	ues camons e	JADIIUUC IC	s uispairies i	on volutes i	tabicau ii 21	

				Aire-de-	
Site		Roquedols Saint-Sauveur		Côte/Marquairès	
Superficie en FD		330 ha	1300 ha	1800 ha	
Altitude moyenne	[min ;				
max]		800 m [720 – 1 100]	900 m [750 ; 1 300]	1 050 m [780 ; 1 536]	
	0 - 20 %	15	16	18	
pourcentages par classes de	21 - 40 %	57	54	41	
pentes	41 - 60 %	24	56	36	
pomoo	61% et +	4	4	5	
T annuelle [min -	max]	9,4℃ [3,3 ; 12,1]	9,4℃ [3, 3 ; 11,9]	8,5℃ [3,2 ; 10,3]	
précipitation annu	ielle	1 072 mm	1 180 mm	1 745 mm	
Nb jours de pluie / an		104 107		117	
Mois le plus pluvieux		octobre (126 mm)	octobre (153 mm)	octobre (242 mm)	
précipitation estiv	ale	137 mm/3 mois	181 mm/3 mois	218 mm/3 mois	

Tableau 2 — Caractéristiques physiques des cantons forestiers de la zone d'étude. Source : IGN, Météo France.

On constate de fortes différences entre, d'une part, les cantons de Marquairès et Airede-Côte et, d'autre part, les cantons de Roquedols et Saint-Sauveur. Les premiers se situent plus en altitude et présentent un climat montagnard plus affirmé avec des températures plus froides et des précipitations plus importantes notamment en été. Les données révèlent une influence climatique méditerranéenne, se traduisant par des précipitations irrégulièrement réparties au cours de l'année, concentrées aux intersaisons (surtout à l'automne), et par l'existence d'épisodes pluvieux de très forte intensité appelés « épisodes cévenols ». Il n'y a aucune période sèche au cours de l'année. Cependant les données des différentes stations météorologiques autour de la zone d'étude montrent de très forts contrastes.

Tout d'abord la pluviométrie et le nombre de jours de brouillard sont nettement plus importants sur les crêtes que dans les vallons (2 082 mm de précipitation annuelle au Mont Aigoual et 252 jours de brouillard par an). Les températures présentent elles aussi de fortes variations (par exemple une température moyenne annuelle de 4,7 °C au Mont Aigoual). Ceci a des conséquences importantes sur la répartition des essences mais aussi sur les cycles de vie des insectes, proies des barbastelles.

A cela s'ajoute un gradient de précipitation nord-sud : le versant méditerranéen au sud (*i.e.* les vallées Cévennoles) présente un climat de plus en plus méditerranéen lorsque l'on s'éloigne vers le sud. Les variations pouvant être importantes de part et d'autres de la ligne de crêtes expliquent la présence d'une végétation de type méditerranéenne (dominée par le chêne vert) mais aussi la présence de proies plus tôt en saison.

Il faut enfin noter la présence à proximité de la zone d'étude de plateaux calcaires (Causse noir, Causse Méjean, Can de l'Hospitalet) plus secs et plus ouverts. Ces différents milieux peuvent ponctuellement proposer une ressource en proies et de manière décalée dans le temps.

Au niveau forestier, les aménagements de l'Aigoual et du Gard nous offrent des informations précises pour chaque site. L'étude des peuplements reflète en partie les contraintes climatiques différentes rencontrées sur les sites d'étude. Ces peuplements sont en effets issus des reboisements effectués à la fin du XIX^e siècle et première moitié du XX^e siècle. Les choix des essences dépendaient des conditions édaphiques et climatiques grâce à des expériences menées en stations expérimentales.

Les données concernant les forêts anciennes du cœur du Parc national (Febvre, 2010) montrent que tous les sites d'étude incluent des forêts anciennes (annexe n° 1).

Les figures n^{os} 3 et 4 témoignent de la diversité des faciès forestiers que l'on peut rencontrer entre les sites et au sein de chacun d'entre eux². Quelques commentaires peuvent être faits considérant les différents sites :

- les cantons de Roquedols et Saint-Sauveur sont majoritairement résineux avec comme essences principales le pin noir d'Autriche, le pin laricio, le pin sylvestre et le hêtre à Saint-Sauveur et le pin sylvestre, le sapin pectiné, le chêne et le hêtre à Roquedols,
- les cantons d'Aire de Cote et du Marquairès présentent un meilleur équilibre entre résineux et feuillus avec majoritairement de la hêtraie pour les feuillus et diverses essences de résineux. On remarque la faible proportion de pins sylvestres comparée à Roquedols et la présence de pins à crochets principalement aux étages les plus élevés.
- La répartition des classes d'âges montre la présence importante de stades avancés, les premiers reboisements arrivant à maturité. Les peuplements sont légèrement plus âgés

² N'est prise en compte dans les figures n^{os} 3 et 4 que l'essence dominante rencontrée sur des placettes échantillons de surfaces significatives et homogènes. Les figures ne traduisent donc pas de manière exhaustive la diversité des essences présentes sur le canton.

sur Aire-de-Côte et Marquairès, ce que l'on peut expliquer par la présence de forêts anciennes, très peu exploitées du fait des fortes pentes que l'on y trouve.

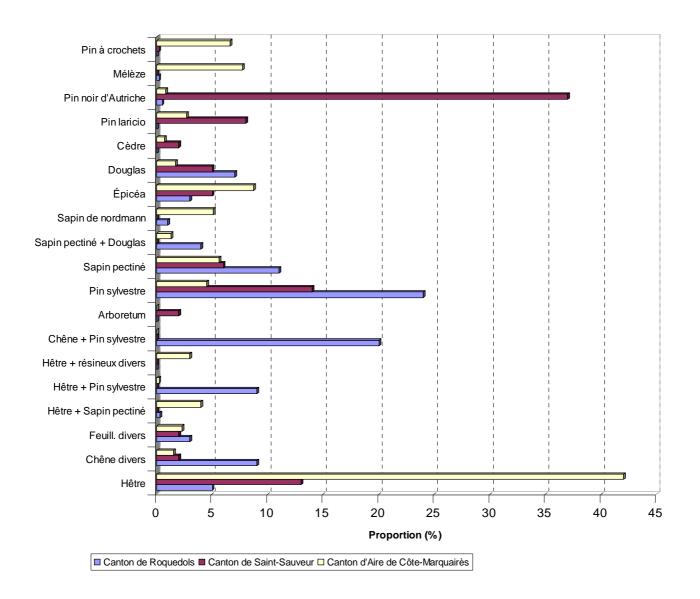


Figure 3 — Répartition des essences simplifiée en forêt domaniale de l'Aigoual, cantons de Roquedols, Saint-Sauveur, Aire-de-Côte et Marquairès. Source : ONF, Aménagement de la FD de l'Aigoual Lozère 2010-2024 et Aménagement de la 5° série des Pins 1997-2016.

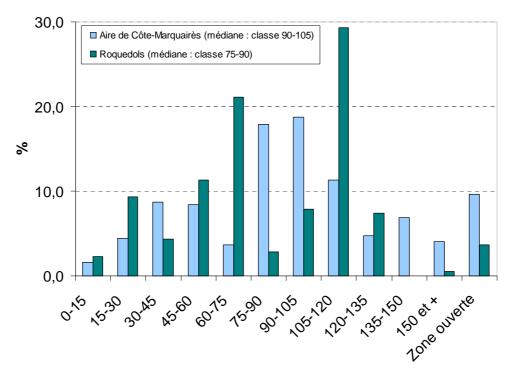


Figure 4 — Répartition par classe d'âges des peuplements des cantons de Roquedols et Aire-de-Côte/Marquairès. Source : ONF, Aménagement de la FD de l'Aigoual Lozère 2010-2024.

Les données ci-avant fournissent un aperçu général de l'environnement forestier accueillant la zone d'étude. Cependant ces données ne concernent toutefois que les forêts domaniales et ne peuvent être généralisées à l'ensemble du territoire sur lequel ont été suivies les barbastelles. Par la suite, on parlera de site d'étude pour distinguer les trois zones où ont eu lieu l'étude (sites d'étude de Roquedols, de Saint-Sauveur et d'Aire-de-Côte/Marquairès) et les cantons forestiers qui y sont associés (canton de Roquedols, de Saint-Sauveur, d'Aire-de-Côte et du Marquairès).

Les données hors forêts domaniales (Inventaire forestier national, non présenté ici) viennent compléter cet aperçu. Elles montrent :

- un taux de boisement important, supérieur à 80 % hormis sur les causses. Les milieux ouverts les plus représentés sont les landes et prairies, seuls quelques fonds de vallées sont cultivés,
- une forte présence de taillis, futaies ou boisements lâches à châtaigniers dans les vallées (aval du Tarnon dans le massif de l'Aigoual et vallées cévenoles), cette essence étant très peu présente en forêt domaniale,
- la présence de plantations de pin noir d'Autriche sur les causses.

Ainsi le choix des sites d'études permet d'envisager une comparaison entre des contextes forestiers différents et de comprendre et interpréter le comportement de chasse des barbastelles dans cet habitat.

1.4. Une espèce cible, la Barbastelle d'Europe

La Barbastelle d'Europe, *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774) est un chiroptère de la famille des vespertilionidés, unique représentante du genre en Europe. C'est une espèce de taille moyenne facilement reconnaissable à sa face de « gargouille » tout à fait singulière. Le pelage est noirâtre avec l'extrémité des poils argentée sur le dos et le ventre gris foncé (Arthur et Lemaire, 2009). L'espèce ne peut être confondue avec aucune autre en Europe.



Figure 5 — Barbastelle d'Europe — © O. Vinet

1.4.1. Répartition et statuts

Plus de 75% de l'aire de distribution mondiale se situe en Europe. Cette aire s'étend depuis le Portugal et le Royaume-Uni jusqu'au Caucase et depuis la Grèce jusqu'au sud de la Suède (UICN, 2011). La barbastelle évite les trop hautes altitudes et a été observée jusqu'à 2200 m dans les Pyrénées. En France, la barbastelle est signalée dans la plupart des départements, bien qu'en régression dans la moitié nord du pays (fig. 6 ; Tillon, 2008). Elle est plus courante sans jamais être abondante dans certaines régions (Doubs, Dordogne, Vendée, Allier, Haute-Marne...). Concernant le Languedoc-Roussillon, la barbastelle est présente dans les cinq départements mais principalement limitée aux étages collinéens et montagnards (fig. 6). La présence de l'espèce dans le massif forestier de l'Aigoual était connue avant le début de cette étude bien que la seule colonie de reproduction connue en Lozère avant 2010 ait été découverte dans les gorges du Bramont, à plus de 30 kilomètres de la zone d'étude.

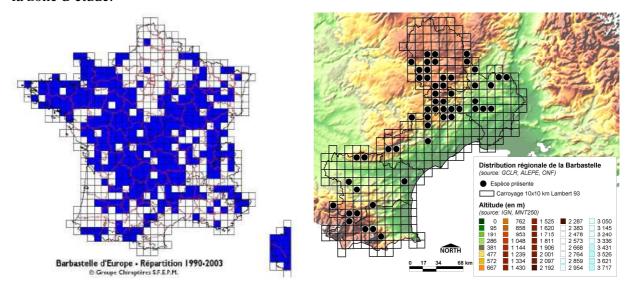


Figure 6 — Répartition de la Barbastelle d'Europe en France (Source : Plan national d'action en faveur des chiroptères 2009-2013) et en Languedoc-Roussillon (Source : GCLR, ALEPE, ONF).

L'espèce est protégée au niveau national et européen (Annexe II et IV de la directive habitat). La distribution fragmentée de cette espèce combinée à des exigences étroites en matière d'habitat et d'alimentation justifie un classement « presque menacé » au niveau mondial (UICN, 2011) et « faiblement menacé » en France (UICN France, MNHN, SFEPM et ONCFS, 2009). Elle est considérée comme rare en Languedoc-Roussillon (GCLR, non publié).

1.4.2. Reproduction

Les accouplements ont lieu en automne et en hiver, plus rarement au printemps. Par un mécanisme de fécondation retardée, la gestation ne débute réellement qu'au printemps. Lors des mises bas, les femelles se regroupent en colonies alors que les mâles ont un comportement plus solitaire. Les colonies de parturition de barbastelles ne comptent que peu d'animaux, souvent entre 10 et 15 femelles (Russo *et al.*, 2004). Les jeunes (un par femelle et par an) naissent généralement dans la seconde décade de juin et s'émancipent à la fin de l'été.

1.4.3. Ecologie alimentaire

La barbastelle est reconnue comme étant une espèce indicatrice de forêt à caractère naturel, c'est-à-dire des forêts anciennes, structurées en de nombreuses strates et non exploitées depuis longtemps (Tillon, 2008). Elle est surtout présente dans les grands massifs forestiers de plaine et les régions de montagne bien qu'elle se maintienne aussi dans des milieux bocagers (Barataud, 1999; Arthur et Lemaire, 2009). La préférence pour ce type de milieu bien spécifique s'expliquerait par la forte spécialisation trophique de la barbastelle.

Son régime alimentaire se compose majoritairement de microlépidoptères (73-94 % du volume, Rydell *et al.*, 1996). Au sein de ce vaste groupe, les espèces dont la consommation a été observé ou est potentielle appartiennent aux familles suivantes (Sierro et Arlettaz, 1997) :

- arctiidés du genre *Eilema*, dont les chenilles se nourrissent de lichens ou de feuilles sèches (Chêne et Hêtre),
- pyralidés, genres *Catoptria* et *Scoparia*, liés aux mousses des arbres ; genre *Dyorictria*, lié aux cônes d'Épicéa, et de Pins,
- noctuidés, genre *Orthosia*, liés aux arbres à feuilles caduques.

Les proies secondaires les plus notées sont les trichoptères, les diptères nématocères et les névroptères.

La faible charge alaire (rapport entre le poids de l'animal et la surface portante de l'aile) indique une bonne manoeuvrabilité du vol permettant la chasse et la capture des insectes près du feuillage (Rydell *et al.*, 1996) sans jamais attraper les insectes posés sur la végétation même ou au sol (cas des espèces de chiroptères dites « glaneuses »). Les microlépidoptères sont très souvent dotés d'organes tympaniques leur permettant l'audition des ultrasons des chauves-souris. Les barbastelles ont une technique de chasse singulière : elles adapteraient la fréquence et l'intensité des pulses d'émission ultrasonore au cours de la phase de détection de la proie en émettant successivement des signaux à des fréquences différentes (Sierro et Arlettaz, 1997), l'un faible mais l'autre d'intensité bien plus forte. Ceci aurait pour effet de retarder le comportement de fuite du papillon (Barataud, 2004). De plus, la morphologie de l'oreille suggère la possibilité d'utilisation de la technique d'écoute passive. Toutes ces observations sont cohérentes avec une forte spécialisation de l'espèce lui permettant de chasser un spectre de proie réduit et original (les microlépidotères tympanés) de manière profitable car à l'abri d'une forte compétition.

1.4.4. Les terrains de chasse et leur utilisation

En Europe et en France, les quelques études décrivant les terrains de chasse des barbastelles montrent une prédominance des milieux de futaies d'âge moyen à mûr avec la présence de sous-strates buissonnantes ou arbustives dans la majorité des cas (Meschede et Heller, 2003). Il s'agit principalement de peuplements caducifoliés ou mixtes (Sierro et Arlettaz, 1997).

Les essences dominantes des peuplements caducifoliés sont le chêne pédonculé, le chêne sessile, ou le chêne pubescent et dans une moindre mesure le châtaignier, comme cela a été décrit dans le Massif Central et les Alpes (Girard-Claudon et Vincent, 2008; Cornut, 2010; Vuinée, 2010; Barataud, 2002). Les essences dominantes des peuplements mixtes sont le pin sylvestre (comme en Suisse: Sierro et Arlettaz, 1997) ou l'épicéa commun, avec le plus fréquemment de grands chênes en essence secondaire ou encore des hêtraies-sapinières (par exemple en Suisse: Sierro, 1994). D'une façon générale, les peuplements forestiers jeunes ainsi que les monocultures de résineux exploitées intensivement semblent être évités (Barataud, 2002).

Concernant les habitats non forestiers, l'espèce semble fréquenter les milieux bocagers lorsqu'ils présentent un réseau de haies suffisamment dense (Arthur et Lemaire, 2009; Barataud, 1999). Les milieux ouverts (hormis en lisière forestière) et les zones urbaines sont évités.

A une échelle plus fine, il apparaît que la barbastelle parcourt les interfaces forestières (canopées, bordures des peuplements, trouées, ripisylves, layons ou allées) pour chasser (Sierro, 1997; Barataud, 1999; Cornut, 2010; Vuinée, 2010).

Il convient de préciser que ces exigences écologiques en terme de terrains de chasse peuvent être vérifiées sur le terrain seulement si la densité de gîtes forestiers est suffisamment importante (Tillon, 2008). L'identification et le recensement des gîtes potentiels pour l'espèce sont les étapes préalables à l'étude des préférences d'habitats de l'espèce.

1.4.5. Les gîtes et leur utilisation

En Europe, les chauves-souris utilisent au minimum deux types de gîtes dans l'année (Dietz *et al.*, 2009) :

- en hiver, les chauves-souris recherchent des cavités sombres sans courant d'air avec une température et une hygrométrie stable pour hiberner,
- en été, les femelles sont groupées en colonies de mise bas et d'élevage des jeunes d'une même espèce dans un lieu aux conditions optimales variables selon l'espèce. Les mâles, en général solitaires à cette époque de l'année, sont moins exigeants dans le choix du gîte occupé : fissures de mur, toit, pont, cave, écorce d'arbre etc.

La barbastelle craint assez peu le froid et ne rejoint les cavités souterraines que par froid vif (Dietz et al., 2009).

Les colonies estivales de femelles changent fréquemment d'emplacement (Meschede et Heller, 2003) et l'espèce a pour cette raison besoin d'un nombre élevé de gîtes disponibles.

Sur support arboricole, les gîtes sont localisés dans des cavités naturelles, dans des fissures du tronc ou sous des plaques d'écorces décollées (Meschede et Heller, 2003).

Dans les bâtiments, les femelles reproductrices semblent particulièrement affectionner l'arrière des volets ouverts, mais aussi les bardages, les planches de toit, les briques creuses ou encore les espaces étroits existants entre deux poutres, au niveau de la charpente ou des linteaux de porte (Dietz *et al.*, 2009) .

1.4.6. Menaces

La barbastelle manifesterait une adaptabilité limitée aux modifications de son environnement (Tillon, 2008). Ainsi les principales menaces reconnues pour l'espèce sont :

- la conversion à grande échelle des peuplements forestiers autochtones en monocultures intensives d'essences importées,
- la baisse d'âge d'exploitabilité (*i.e.* le raccourcissement des rotations) et la disparition concomitante des très gros bois,
- l'éclaircissement et le nettoyage des sous-bois simplifiant la structuration du peuplement,
- l'abattage des arbres vieux ou abîmés (avec des fragments d'écorces décollées, des cavités, des fissures...) privant l'espèce des gîtes qu'elle recherche,
- la destruction des peuplements arborés linéaires bordant les chemins, routes, fossés, rivières et ruisseaux, parcelles agricoles,
- les traitements phytosanitaires touchant les microlépidoptères (forêts, vergers, céréales, cultures maraîchères...) et le retournement des prairies en herbe,
- la circulation routière qui localement affecte l'espèce directement par collision,
- le développement des éclairages publics (destruction et perturbation du cycle de reproduction des lépidoptères nocturnes),
- la mise en sécurité des anciennes mines par effondrement ou obturation des entrées,
- la fréquentation de certains sites souterrains importants pour l'espèce.

Les espèces dites spécialistes sont généralement plus sensibles aux changements négatifs liés à l'urbanisation et à l'intensification des pratiques agricoles intervenus au XX^e siècle. Ce serait le cas pour la barbastelle dont on observe un déclin des populations dans de nombreuses régions (Bensettiti et Gaudillat, 2004; Tillon, 2008). L'espèce subsisterait mieux dans les régions montagneuses préservées des impacts anthropiques tels que la disparition des proies par l'utilisation de pesticides, la présence de lumières dans les villes, la disparition des arbres gîtes en forêt etc. (Sierro et Arlettaz, 1997).

Du fait de ces exigences écologiques fortes, la barbastelle apparaît comme étant une espèce indicatrice (*i.e.* sensible indirectement aux interactions au sein de l'écosystème) d'un milieu forestier de grande qualité écologique (en proies et en gîtes). La prise en compte grandissante de l'équilibre écologique des forêts dans la sylviculture ainsi que les menaces de dégradation de l'habitat forestier justifient l'étude de cette espèce pour la prise en considération de sa conservation dans la gestion forestière durable.

1.5. Les techniques d'étude des chiroptères

Les différentes techniques d'étude couramment utilisées par les chiroptérologues sont les suivantes (Tillon, 2008) :

- la capture aux filets. Cette méthode d'inventaire lourde à mettre en place est aussi très dérangeante pour les animaux car nécessitant leur manipulation. Elle fournit toutefois des informations fines sur le statut de l'animal (sexe, maturité sexuelle, santé...),
- l'écoute ultrasonore. Cette technique s'est développée dans les années 1990 et est aujourd'hui la méthode la plus communément admise pour l'inventaire des chiroptères

en forêt. Cette technique est rapide d'exécution et fournit une très grande quantité de contacts. Elle permet l'identification des espèces mais ne donne pas d'information sur leur statut,

— la radio télémétrie (ou radiopistage). C'est la technique la plus fiable pour déterminer précisément les habitats utilisés (gîtes et terrain de chasse). C'est cependant une méthode plus lourde à mettre en œuvre et nécessitant de nombreux opérateurs et qui doit être couplée à une capture aux filets. Cette dernière méthode ne doit être utilisée que si des questions scientifiques précises ont été définies et justifient sa mise en œuvre.

Les connaissances actuelles sur les barbastelles nous permettent d'appréhender le milieu exploité par l'espèce à une échelle globale, il était donc nécessaire dans notre étude d'envisager une échelle plus fine. Des études par capture aux filets et écoute ultrasonore réalisées dans le massif de l'Aigoual nous renseignent sur la présence de nombreux individus, y compris des femelles se reproduisant. Il était donc intéressant d'engager un programme de suivi par radio télémétrie sur la barbastelle. Cette technique offre des informations suffisamment fines à l'échelle de l'individu à condition de respecter certaines précautions (cf. § 2.1.1.). De plus, les études par radio télémétrie permettent de cibler un groupe d'individu, à savoir les femelles, qui ont des exigences alimentaires et des contraintes fortes liées à la reproduction.

1.6. Problématique posée par la conservation d'une espèce forestière aux exigences écologiques fortes

La forte spécialisation trophique de la barbastelle liée au milieu forestier rend cette espèce sensible aux modifications de son habitat et constitue une source de menaces. Il est donc nécessaire de mieux comprendre les exigences écologiques de la barbastelle pour anticiper les impacts, positifs ou négatifs, des activités humaines. Le régime alimentaire spécialisé de la barbastelle semble être le facteur limitant pour l'espèce (Meschede et Heller, 2003).

Une question essentielle dans la connaissance de l'écologie d'une espèce est de savoir quelles sont les contraintes déterminant l'utilisation de l'habitat. Selon la théorie de la stratégie de recherche optimale de la nourriture (« optimal foraging », MacArthur et Pianka, 1966), le choix d'une ressource par un prédateur relève d'un compromis entre le gain énergétique de la ressource et le coût pour l'exploiter. Ainsi les individus exploitant leur nourriture de la manière la plus efficace auront un taux de survie plus élevé et une meilleure valeur sélective. Chez la Barbastelle d'Europe, le choix d'exploiter une ressource en un lieu donné dépendra donc de l'abondance et de la qualité des proies ainsi que de la distance à parcourir pour l'atteindre. Ainsi une disponibilité en gîtes en nombre suffisant et proches d'une source de nourriture est un élément majeur qui déterminera la répartition de l'espèce et la dynamique de la population. Chaque espèce de lépidoptère nocturne pourra émerger en grand nombre dans des milieux et à des périodes différents. Cette forte variabilité spatiale et temporelle présente une contrainte forte dans l'utilisation de l'habitat, d'autant plus que le régime alimentaire de la barbastelle est très spécialisé.

Concernant alors les modes de gestion favorable à la barbastelle, on se demandera s'il est préférable de maintenir un ou plusieurs noyaux à fort caractère naturel ou bien une mosaïque de milieux aux potentialités variables dans le temps et l'espace.

Chaque étape du cycle de vie de l'espèce doit être prise en compte dans la gestion conservatoire de l'espèce. Cependant, du fait de leurs contraintes fortes liées à la reproduction, les femelles reproductrices constituent le groupe le plus sensible vis-à-vis de la démographie de l'espèce. Les efforts de conservation portent donc principalement sur elles.

Mon travail s'intégrant dans une étude plus vaste, je me suis intéressé plus particulièrement à la caractérisation fine des terrains de chasse, étape préalable à la compréhension des exigences écologiques des barbastelles. Cependant des informations concernant leur comportement et l'utilisation des gîtes, indispensables pour comprendre les stratégies de recherche alimentaire de l'espèce, viennent compléter mon étude.

2. Méthodes d'identification, de caractérisation et d'analyse des milieux de chasse à différentes échelles

Le concept de « niche écologique » est largement utilisé en écologie pour explorer où et comment une espèce vit et se reproduit dans son environnement (Janzekovic et Novak, 2012). Il peut être défini de plusieurs manières, mais la vision la plus courante est la réponse d'un organisme aux dimensions de son environnement biotique et abiotique (Grinnell, 1917). Les études en écologie s'attachent à définir la niche réalisée, c'est-à-dire réduite à un espace que l'espèce est contrainte d'occuper et qui, en pratique, est effectivement observée. La première étape pour comprendre les exigences d'une espèce vis-à-vis de son environnement est de décrire la niche réalisée. On cherche ainsi, dans cette partie, à décrire la niche trophique de la Barbastelle d'Europe en caractérisant les milieux de chasse.

La radio télémétrie fournit deux types de données (voir § 2.1.1.) : des localisations moins précises obtenues par triangulation pour lesquelles le comportement de chasse est supposé et des localisations précises de « Homing In » pour lesquelles le comportement de chasse est certain. On mènera donc notre étude sur ces deux niveaux :

- à large échelle : on réalise une analyse des grands types d'habitats de chasse des animaux, suivant une typologie adaptée au cas étudié, et incluant un grand nombre de localisations (Homing In et triangulation),
- à fine échelle : on réalise une description fine des terrains de chasse des animaux, suivant différentes variables relevées sur le terrain, et incluant un nombre plus restreint de localisations de chasse précises (Homing In).

Le premier niveau d'étude permet de prédire le type d'habitat sélectionné par les individus (tous confondus ou par groupes) selon les connaissances déjà acquises et les données disponibles. Le second niveau permet de décrire plus finement les types de terrains de chasse exploités et selon le cas par sexe, par saison et par site d'étude. Cette caractérisation des terrains de chasse n'a pas de valeur prédictive. En effet on ne dispose pas de zones témoins (placettes « aléatoires ») où l'on suppose que l'espèce n'a pas chassé et permettant d'appliquer un modèle prédictif. Les raisons seront exposées en discussion.

2.1. Acquisition des données de radiolocalisation

2.1.1. Présentation de la technique de suivi par radio télémétrie et ses limites

<u>Principe de la radiolocalisation</u>: L'animal est équipé d'un émetteur très haute fréquence (VHF) émettant des ondes captées par les observateurs positionnés sur des points hauts (de 2 à 5 observateurs). Au même moment, chaque observateur note la direction du signal à l'aide d'une boussole ainsi que la qualité de réception du signal (que l'on peut associer à un angle de précision autour de la direction notée). Les positions des observateurs sont notées sur une carte, ainsi que les directions de leurs signaux. Un triangle est formé, au centre duquel on trouve le barycentre correspondant à la position moyenne de l'animal au moment des prises de mesure (fig. 7). On parle alors de triangulation à deux, trois ou quatre

observateurs. Si les conditions le permettent, les individus sont suivis de la sortie de gîte jusqu'à leur retour, soit environ de 21 h 30 à 6 h 00 chaque nuit. Cette procédure peut être réalisée très régulièrement pour un même animal, toutes les 5 minutes environ. En imaginant que plusieurs individus d'une même colonie occupent un espace proche les uns des autres, plusieurs individus peuvent être suivis en même temps.

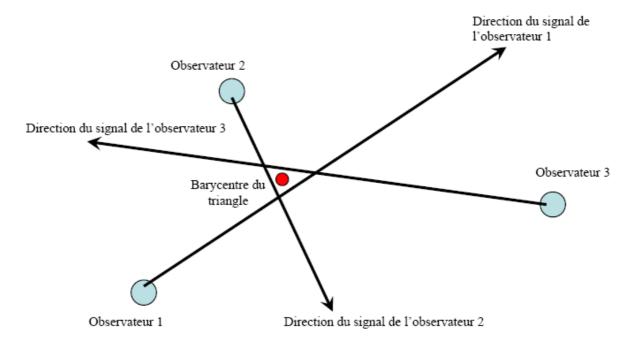


Figure 7 — Estimation de la position d'un individu suivi par triangulation d'azimuts synchrones. © L. Tillon.

Il s'agit de garder une certaine prudence vis-à-vis des mesures prises sur le terrain. Tout d'abord, il y a une hétérogénéité dans le niveau des opérateurs. De plus, en situation de moyenne montagne avec de nombreuses pentes et vallons, les signaux reçus par les observateurs correspondent parfois à un signal indirect de type écho. C'est pour cette raison que l'on recherche à tout prix à positionner les observateurs sur des points hauts où ils pourront capter directement le signal. Malgré ces précautions, le pré-traitement des données révèle souvent des valeurs d'angles aberrantes qui doivent être supprimées.

Quand cela est possible, il est conseillé de rechercher à atteindre l'animal, en se positionnant directement sous lui (le signal de localisation devient très fort dans toutes les directions, et l'animal équipé est parfois visible au-dessus de l'observateur : on parle de « Homing in » aussi noté HI par la suite). La radio localisation est alors certaine.

Le fait de capturer et d'équiper d'un émetteur VHF un animal sauvage n'est pas un acte anodin et doit impérativement respecter certaines précautions. Toutes les espèces de chauves-souris étant protégées, leur capture peut être réalisée uniquement par des personnes disposant d'une autorisation de capture. Ce procédé ne doit pas affecter les capacités de vol des chauves-souris étudiées. Pour cela, il est nécessaire que l'émetteur n'excède pas 5 % à 10 % du poids total de l'animal pour ne pas occasionner une gêne trop importante pour le vol (Jouan *et al.*, 2010) et seuls des individus en bonne forme physique sont équipés d'émetteur. Les chauves-souris capturées subissent un stress et l'on considère que leur comportement lors de la première nuit après la capture n'est pas représentatif d'une nuit de chasse ordinaire. Les localisations recueillies lors de cette première nuit sont donc systématiquement mises de coté.

2.1.2. Traitement des données brutes de localisation

Les données recueillies ont été traitées par un logiciel spécifique, LOAS 4.0.3.7 (Ecological software solutions LLC, 2010), afin d'obtenir les coordonnées des barycentres (en UTM) des triangulations réalisées lors des périodes de radiopistage. Ce logiciel permet également d'obtenir pour chaque position générée, en plus du barycentre de la triangulation, un intervalle de confiance à 95 % représenté par un ellipsoïde. Le calcul précis des barycentres nécessite de renseigner la déclinaison magnétique pour la zone d'étude à la date de mesure. Une valeur a été calculée pour chaque année (au 1^{er} juillet) en utilisant le modèle IGRF11 (annexe n° 4). Les coordonnées ainsi obtenues sont ensuite transformées dans le système de coordonnées géographiques Lambert II étendu, grâce au logiciel Circé version 1.2.3 (© 2000 IGN) avant d'être importées sous ArcMapTM ArcView 9.2 (© 1999-2006 ESRI, Inc).

Pour terminer, il s'agit de vérifier manuellement la qualité et la cohérence des données. Pour cela, on prend en compte la qualité des directions relevées, les angles entre ces directions (si plusieurs directions relevées sont proches d'être parallèles, la localisation générée sera d'autant moins précise que les droites sont parallèles), la cohérence vis à vis des localisations antérieures et postérieures de la chauve-souris et enfin la cohérence entre la position des observateurs et celle de l'animal (le signal a-t-il été reçu directement ou indirectement par un phénomène d'écho?). Les données aberrantes ont ainsi pu être mises de côté.

La méthode de suivi par radio télémétrie présente l'inconvénient majeur de l'autocorrélation spatiale et temporelle des données. En effet, deux localisations relevées successivement auront une forte probabilité d'être proches et ne sont donc pas distribuées aléatoirement : un animal peut être localisé à un endroit t parce qu'il était à un endroit proche à l'instant t-l. Il en résulte un poids trop important accordé à ces données faussant les résultats de l'analyse. Faute de pouvoir estimer l'autocorrélation dans le jeu de données, j'ai choisi de ne conserver que les localisations espacées d'au moins 5 minutes de manière à réduire une surreprésentation de localisations très proches dans le temps.

De plus, le poids statistique affecté à une localisation où une chauve-souris a passé beaucoup de temps à chasser est le même que celui d'une localisation où elle n'a chassé que furtivement. Pour remédier à cela, j'ai choisi de dupliquer les données par tranche de 5 minutes passées sur une même localisation relevée par Homing In sachant que l'information du temps passé par localisation n'est pas toujours disponible (notée systématiquement en 2012 mais pas les autres années). Au final, moins de 1 % des localisations ont ainsi été dupliquées. De même, les localisations relevées par triangulation sont espacées d'au moins 5 minutes.

2.1.3. Evaluation du domaine vital

Le domaine vital est l'aire occupée ou traversée par un animal dans ses activités de recherche de nourriture, ses besoins pour la reproduction et la recherche d'un gîte. On définira ainsi le domaine vital des barbastelles comme la surface incluant les localisations de gîte, de transit et de recherche alimentaire. On génère pour cela un polygone incluant toutes les localisations en reliant celles les plus extrêmes (méthode du polygone convexe minimal, noté PCM). Les individus pouvant faire des incursions hors de leur domaine vital (pour l'exploration par exemple), un certain nombre de localisations pourront être retirées du domaine vital.

2.2. Un niveau d'étude à large échelle

2.2.1. Choix des types d'habitats décrits et degré de propicité

Il a été choisi lors des premières analyses (Chauvin, 2009) de décrire le domaine vital des chauves-souris suivies selon une typologie des grands types d'habitats³ de chasse d'après la méthode proposée par Barataud (2002) et adaptée à cette étude (tableau n° 3).

Structures paysagères	Types d'habitats	Sous-types d'habitats	Classe	Propicité attendue
		a. Feuillus	A1a	
	Bois feuillus ou mixtes d'âge moyen à mûr	b. Mixte avec Pin sylvestre (PS)	A1b	
	1. Dois redilius ou mixtes d'age moyen à mui	c. Mixte avec autres essences	A1c	
		d. Mixte avec Sapin pectiné (SP)	A1d	
Α.	2. Jeunes peuplements (feuillus, mixtes, résineux)		A2	
Milieux boisés		a. Pin sylvestre dominant	A3a	
50.505	3. Bois de résineux	b. Autres essences dominantes	A3b	
		c. Sapin pectiné dominant	A3c	
	4. Vergers, parcs ou friches arbustives,	a. Boisement lâche avec Pin sylvestre	A4a	
	boisement lâche (couvert arboré supérieur à 60%)	b. Boisement lâche sans Pin sylvestre	A4b	
	00 %)	c. Autres (vergers, parcs, friches)	A4c	
	Friches herbacées, mégaphorbiaies, prairies hautes ou pâturées extensivement,		B1	
B. Milieux	Prairies pâturées intensivement ou cultures		B2	
semi- ouverts à	3. Landes		B3	
ouverts	4. Vignes		B4	
	5. Autre (éboulis, terre nue)		B5	
	6. Paysage bocager		В6	
		a. Bordé de haies	C1a	
	1. Cours d'eau	b. Bordé de boisement, ripisylve	C1b	
		c. Milieu ouvert, absence de bordure	C1c	
		a. Pin sylvestre majoritaire des deux côtés	C2a	
		b. Autres résineux majoritaires des deux côtés	C2b	
	2. Lisière interne (boisement / boisement)	c. Jeunes peuplements des deux côtés	C2c	
	2. Edicio interno (edicement, edicement)	d. Autres (feuillus, mixtes, rés., jeunes pplts) avec PS ou SP	C2d	
		e. Autres (feuillus, mixtes, rés., jeunes pplts) sans PS ou SP	C2e	
C. Interfaces –		f. Sapin pectiné majoritaire des deux côtés	C2f	
lisières		a. Feuillus	C3a	
		b. Mixte avec PS ou SP	C3b	
		c. Mixte autre que PS ou SP	C3c	
	3. Lisière externe (boisement / milieu ouvert)	d. Jeunes peuplements feuillus ou mixtes	C3d	
	o. Elsiere externe (Belsement / Hillied edvert)	e. Résineux avec Pin sylvestre majoritaire	C3e	
		f. Autres résineux dominants	C3f	
		g. Clairière forestière (coupe/vieux peuplement)	C3g	
		h. Résineux avec Sapin pectiné majoritaire	C3h	
	4. Haie (milieu ouvert/milieu ouvert)		C4	
D.	1. Eau stagnante		D1	
Autres	2. Bâti isolé		D2	
milieux	3. Zones urbanisées, goudronnées		D3	

Très favorable Peu favorable

Tableau 3 — Typologie des grands types d'habitats (adapté de Barataud, 2002).

³ Le terme habitat est ici définit vis-à-vis des exigences écologiques des chauves-souris mais ne

26

Le terme habitat est ici définit vis-à-vis des exigences écologiques des chauves-souris mais ne correspond pas nécessairement à un habitat au sens phytosociologique du terme.

Cette typologie prend en compte les milieux forestiers, semi-ouverts à ouverts et urbains. Une catégorie lisière a été ajoutée du fait de l'attractivité connue de ces milieux d'interface pour les barbastelles (Sierro, 1997; Barataud, 1999; Cornut, 2010; Vuinée, 2010). Ces différents habitats ont été classés selon un gradient de propicité supposé pour les barbastelles d'après des études menées dans d'autres régions (Sierro, 1994; Barataud, 1999; Meschede et Heller, 2003; Cornut, 2010; Vuinée, 2010). Cette classification des habitats présumés favorables sera confrontée à la sélection d'habitat observée chez les individus suivis.

2.2.2. Réalisation d'une cartographie des grands types d'habitats de chasse

Ces grands types d'habitats ont ensuite été cartographiés sous ArcMapTM ArcView 9.2 © 1999-2006 ESRI, Inc à l'aide des sources d'informations disponibles : orthophotographies couleur et infrarouge (Conseil Général de la Lozère, de l'Aveyron et du Gard), aménagements forestiers existants (ONF), cartographie des habitats naturels (PNC), cartographie des milieux forestiers (IFN). Les données ont été complétées par des vérifications sur le terrain. Pour le moment la cartographie a été réalisée en 2010 pour le site de Roquedols et en 2012 pour le site de Saint-Sauveur (annexe n° 3).

2.2.3. Analyses statistiques

La sélection d'habitats par une espèce est une question courante en écologie. Il s'agit d'identifier les caractéristiques de l'environnement favorables à l'espèce pour sa survie et sa reproduction. Ceci implique en théorie de comparer la composition de l'environnement des sites où l'espèce est présente à ceux où l'espèce est absente. En pratique, il est souvent difficile d'identifier les sites d'absence. Ceci est particulièrement vrai lorsque l'espèce se déplace beaucoup au cours de son suivi comme la barbastelle et dont les localisations au cours de la nuit sont incomplètes. Il s'agit donc d'être prudent sur les conclusions à apporter.

J'ai choisi de tester deux méthodes d'analyse de la sélection d'habitat sur le jeu de données disponible le plus complet, à savoir les localisations des femelles reproductrices de la colonie de Saint-Sauveur. C'est en effet cette colonie qui totalise le plus de nuits de suivi et de localisations. La cartographie des grands types d'habitats est disponible sur le domaine vital de la colonie estimé par la méthode des polygones convexes minimaux (*cf.* § 2.1.3.). De plus, les domaines vitaux de chaque individu ont été calculés par la même méthode.

Le plan d'étude proposé est le suivant (cf. design II, Calenge, 2011) :

- à chaque individu correspond un ensemble de terrains de chasse (somme des placettes de 20 mètres de rayon autour d'un point de Homing In ou triangulation) pour lequel on dispose de la proportion de chaque habitat (typologie des habitats extraite de la cartographie des grands types d'habitats). On parlera alors de ressources utilisées,
- on considérera que tous les individus ont accès à l'ensemble du domaine vital de la colonie. Cette hypothèse paraît acceptable dans la mesure où il s'agit d'individus de la même colonie. Ceci évitera les problèmes liés au faible nombre de données disponibles pour certaines femelles réduisant leur domaine vital. On dispose de la surface de chaque type d'habitat sur le domaine vital. On parlera de ressources disponibles.

Une des méthodes adaptée lorsque l'habitat est décrit par plusieurs catégories est l'analyse compositionnelle (Aebischer *et al.*, 1993 ; Calenge, 2011). Cette méthode est basée sur le principe que la somme des proportions de chaque habitat utilisé par un individu (appelée composition) est égale à 1. Chaque proportion de la composition peut alors être

transformée (log-ratio, cf. Aebischer et al., 1993) et comparée aux habitats disponibles. Cette approche se fonde sur l'hypothèse que les animaux sélectionnent de la même manière leur habitat ce qui n'est pas nécessairement vrai. J'ai donc choisi de tester ensuite une autre méthode proposée par Manly et al. (2002). Après avoir testé si la sélection d'habitat est la même pour chaque individu, cette méthode permet de calculer un ratio moyen (ressources utilisées sur les ressources disponibles) sur tous les individus.

Enfin, on réalise une analyse factorielle afin de déterminer les différences de sélection d'habitat entre individus.

Toutes ces analyses ainsi que la plupart des graphiques ont été réalisés avec le logiciel R (R Development Core Team, 2012) complété par des fonctions incluses dans le paquet adehabitat (pour les analyses de sélection d'habitat, Calenge, 2006).

2.3. Un niveau d'étude à fine échelle

2.3.1. Description des peuplements à l'échelle de la placette en peuplement ou en lisière

Afin de caractériser plus finement l'habitat de chasse des barbastelles, un protocole de description des terrains de chasse a été mis en place en 2010 (Chauvin, 2010). Ceci s'est fait de manière conjointe avec d'autres organismes travaillant sur le même sujet dans d'autres régions (CORA Faune Sauvage, *cf.* Vuinée, 2010) de manière à avoir des résultats comparables. Ce protocole ne s'applique que sur les localisations de type Homing In ainsi que quelques triangulations dont la précision est très bonne. Deux types de relevés sont possibles :

- la localisation se trouve dans un milieu forestier ou semi ouvert : on décrit la placette suivant le protocole « peuplement » (annexe n° 5),
- la localisation se trouve à l'interface entre deux milieux et l'on a observé un comportement de chasse en lisière (par exemple des aller/retour dans une allée forestière, au-dessus d'un cours d'eau etc.): on décrit la placette suivant le protocole « lisière » (annexe n° 6). On parlera de lisière externe s'il s'agit d'une interface entre un milieu ouvert et un milieu fermé et d'une lisière interne s'il s'agit d'une interface entre deux milieux fermés.

On définit alors une placette d'environ 1200 m^2 (soit une placette circulaire de 20 m de rayon en peuplement, soit une placette rectangulaire de $30 \text{ m} \times 40 \text{ m}$ en lisière) sur laquelle on est alors sûr que les barbastelles ont chassé. Le choix du diamètre de la placette, bien qu'arbitraire, tient compte de la précision de la technique et assure la prise en compte d'éléments du milieu influençant le choix du terrain de chasse de la barbastelle.

Le protocole de description en milieu forestier ou semi-ouvert s'attache à décrire de manière complète le peuplement tandis que le protocole de description des lisières décrit plus précisément les structures à l'interface et de manière plus succincte les peuplements adjacents. Le choix des paramètres à relever sur les deux types de placettes se base sur plusieurs éléments pouvant influencer le choix des terrains de chasse des barbastelles (annexe n° 5 et annexe n° 6). Voici un aperçu de ces paramètres (tableau n° 4):

- Le type de peuplement concerné : typologie des grands types d'habitats, traitement sylvicole, composition en essences,
- la structure horizontale et verticale du peuplement : surface terrière (notée G) ventilée par classes de diamètre, hauteur du peuplement (notée H0), composition et recouvrement des strates...,

- l'offre alimentaire potentielle : présence de bois mort, litière, présence de mousse, de lichen, de microhabitats (cavités, fissures, écorces décollées...),
- l'intensité de gestion : diamètre maximal, quantité de bois mort, présence de souches, présence de rémanents.

Une partie de mon travail a consisté à décrire les placettes de la deuxième session de 2011 et des deux sessions de 2012. J'ai ensuite créé une base de données (Microsoft ® Access 2002) permettant une extraction aisée des données des quatre années d'étude (*cf.* annexe n° 7 pour le détail de la base de données).

2.3.2. Analyses statistiques

Plusieurs types d'analyses sont envisagés en fonction du type de données (qualitative, quantitative, spatiale) et de la question posée :

- des tableaux de synthèse et des représentations descriptives des données. Il s'agit de tableaux et d'histogrammes pouvant être représentés par groupes. Ces représentations préliminaires permettent de vérifier et de supprimer les points aberrants et d'émettre des hypothèses,
- des analyses de corrélation des variables : nombre de variables étudiées varient simultanément. Il peut être pertinent de n'en étudier que certaines d'entres elles,
- des analyses descriptives multidimensionnelles de type factorielles (analyse en composantes principales pour les variables quantitatives, analyse des correspondances multiples pour les variables qualitatives, test de Hill et Smith pour les deux types de variables simultanément): elles donnent une représentation géométrique des individus et des variables dans un ou plusieurs plans factoriels. Ce sont des méthodes uniquement descriptives permettant de comprendre comment est structuré notre jeu de données. Elles permettent aussi de distinguer des groupes d'individus et, pour les variables, celles qui sont corrélées entre elles. Ceci permet de sélectionner des variables à étudier. On peut pour cela introduire des groupes d'individus et comparer leurs répartitions géométriques. Du fait de l'hétérogénéité des variables (unités, valeurs), les données sont préalablement normalisées (centrées et réduites). La contribution de chaque variable est ainsi plus équitable,
- des analyses de variances (Anova): elles permettent de tester des effets sur des variables quantitatives. Je les ai utilisées pour tester les effets du sexe, de la saison, du site ou de l'individu sur des variables précédemment sélectionnées. En préalable à ces tests, j'ai vérifié les hypothèses de validation du modèle (à savoir : indépendance des individus, linéarité du modèle, homoscédasticité et normalité des résidus) et modifié le modèle en conséquence (transformation de la variable à expliquer).

Toutes ces analyses ainsi que certains graphiques ont été réalisés avec le logiciel R (R Development Core Team, 2012) complété par des fonctions incluses dans le paquet ade4 (pour les analyses de type factorielles, Chessel *et al.*, 2004).

	Type de	
Nom du champ	données	Description
ID_placette	facteur	identifiant de la placette
X_UTM	numérique	Coordonnée longitudinale en mètres dans le système UTM-WGS84
Y_UTM	numérique	Coordonnée latitudinale en mètres dans le système UTM-WGS84
topographie	facteur	cf. annexe 5
distance/lisiere	numérique	distance à la lisière la plus proche (m) ; 0 si placette en lisière
psce_cours_eau	facteur	présence d'un cours d'eau à moins de 50m (0 = absence, 1 = présence)
pplmt	facteur	traitement sylvicole
typologie	facteur	cf. typologie des grands types d'habitats
nb_sp_total	numérique	nombre d'espèces arborées total
sp_strate_dom	texte	liste des essences de la strate dominante
sp_str_ss_et	texte	liste des essences du sous étage
sp_str_taill	texte	liste des essences du taillis
sp_str_buiss	texte	liste des essences de la strate buissonnante
sp_str_herb	texte	liste des essences de la strate herbacée
Dmax	numérique	diamètre à 1,30 m maximum (cm)
Essence1	facteur	essence dominante 1 (cf. codes des essences) ; idem pour autres ess. dominantes
G_PB1	numérique	surface terrière des petits bois de l'essence 1 (m²/ha) ; idem pour autres ess. dom.
G_BM1	numérique	surface terrière des bois moyens de l'ess. 1 (m²/ha) ; idem pour autres ess. dom.
G_GB1	numérique	surface terrière des gros bois de l'essence 1 (m²/ha) ; idem pour autres ess. dom.
G_TGB1	numérique	surface terrière des très gros bois de l'ess. 1 (m²/ha) ; idem pour autres ess. dom.
G_Tot1	numérique	surface terrière totale de l'essence 1 (m²/ha) ; idem pour autres ess. dom.
Gtotal	numérique	surface terrière totale du peuplement (m²/ha)
H0	numérique	hauteur du peuplement (m)
recouvr_tot	numérique	recouvrement de la végétation toutes strates confondues (%)
R_str1	numérique	recouvrement de la strate supérieure à 0,75 H0 (%)
R_str2	numérique	recouvrement de la strate entre 0,5 H0 et à 0,75 H0 (%)
R_str3	numérique	recouvrement de la strate entre 0,25 H0 et à 0,5 H0 (%)
R_str4	numérique	recouvrement de la strate entre 3 m et 0,25 H0 (%)
R_str_arbu	numérique	recouvrement de la strate entre 0,5 m et 3 m (%)
R_str_herb	numérique	recouvrement de la strate inférieure à 0,5 m (%)
litiere	facteur	recouvrement de la litière (1 = 75-100%, 2 = 25-75%), 3 = 0-25%)
liane	facteur	présence de lianes (0 = absence, 1 = présence, 2 = abondance)
sp_liane	texte	espèce de liane présente
lichens_rocheux	facteur	présence de lichen rocheux (0 = absence, 1 = présence, 2 = abondance)
lichens_arbre	facteur	présence de lichen sur arbre (0 = absence, 1 = présence, 2 = abondance)
mousse	facteur	présence de mousse (0 = absence, 1 = présence, 2 = abondance)
graminees	facteur	présence de graminées (0 = absence, 1 = présence, 2 = abondance)
bois_mort_art	numérique	proportion de bois mort d'origine artificielle
Bois_mort_nat	numérique	proportion de bois mort d'origine naturelle
bois_mort_pied	facteur	présence de bois mort sur pied (0 = absence, 1 = présence)
perche_m	numérique	nombre de perches mortes sur pied
PB_m	numérique	nombre de petits bois morts sur pied
BM_m	numérique	nombre de bois moyen morts sur pied
GB_m	numérique	nombre de gros bois morts sur pied
TGB_m	numérique	nombre de très gros bois morts sur pied
pcse_bois_mort_sol		présence de bois mort au sol (0 = absence, 1 = présence)
perche_m_sol	numérique	nombre de perches mortes au sol
PB_m_sol	numérique	nombre de petits bois morts au sol
BM_m_sol	numérique	nombre de bois moyen morts au sol
GB_m_sol	numérique	nombre de gros bois morts au sol
brche_m_sol	facteur	présence de branches mortes au sol (0 = absence, 1 = présence)
microhabitat	facteur	présence de cavités, fissures ou écorces décollées (0 = abs., 1 = prés., 2 = abond.)
souches	facteur	présence de souches (0 = absence, 1 = présence)
perche_s	numérique	nombre de souches de perches

	Type de	
Nom du champ	données	Description
PB_s	numérique	nombre de souches de petits bois
BM_s	numérique	nombre de souches de bois moyen
GB_s	numérique	nombre de souches de gros bois
TGB_s	numérique	nombre de souches de très gros bois
souches_fraiches	numérique	nombre de souches de moins de 10 ans
souches_anciennes	numérique	nombre de souches de 10 ans et plus
remanents	facteur	présence de rémanents (0 = absence, 1 = présence, 2 = abondance)
nb_sp_arbo	numérique	nombre total d'espèces arborées
nb_sp_arbust	numérique	nombre total d'espèces arbustives et buissonnantes
nb_sp_tot	numérique	nombre total d'espèces totales
resineux	numérique	nombre total d'espèces arborées résineuses
allochtone	numérique	nombre total d'espèces arborées allochtones

Tableau 4 — Extrait des variables de peuplement relevées sur le terrain.

3. Résultats et discussion

Après avoir fait un bilan du déroulement des quatre années de récolte des données sur le terrain, je présente dans un premier temps les résultats comportementaux sur les barbastelles suivies. Dans un second temps je présente une description des terrains de chasse ainsi que les résultats concernant la sélection d'habitat. Enfin les limites de la méthodologie employée sont exposées dans le dernier paragraphe.

3.1. Bilan et discussion concernant la phase de terrain

Pour l'année 2009, sur le site de Roquedols, une seule session de suivi a eu lieu au mois de juin (14 nuits). 11 barbastelles ont été équipées, uniquement des mâles, aucune femelle n'ayant été capturée.

Pour l'année 2010, sur le site de Saint-Sauveur, une seule session de suivi a eu lieu au mois de juin (13 nuits). 8 barbastelles ont été équipées, 6 mâles et deux femelles reproductrices. Les conditions météorologiques défavorables à ce moment là (10 nuits pluvieuses et des températures assez fraîches) n'ont cependant pas permis de récolter suffisamment d'informations sur ce site, ce qui a conduit à revenir sur le site en 2011.

Pour l'année 2011, sur le site de Saint-Sauveur, deux sessions de suivi ont eu lieu (13 nuits en juin et 13 nuits en juillet-août). 18 barbastelles ont été équipées, 15 femelles et 3 mâles. Les conditions météorologiques estivales en première session ont permis de suivre l'ensemble des chauves-souris équipées. La seconde session légèrement moins clémente a tout de même été fructueuse

		Se	xe	
Annee	Session	F	М	Total
Roquedols	1	0	78	78
Total Roquedols		0	78	78
Saint-Sauveur	1	94	11	105
	2	55	37	92
Total Saint-Sauve	eur	149	48	197
Aire-de-Côte	1	0	59	59
/Marquairès	2	5	27	32
Total Aire-de-Côte/Marquairès		5	86	91
Total		154	212	366

Tableau 5 — Synthèse des terrains de chasse identifiés par radio télémétrie (HI et triangulation), par sexe (F = femelle, M = male), par site et par session ($1 = printemps^3$, $2 = été^3$).

Pour l'année 2012, sur le site d'Aire-de-Côte/Marquairès, deux sessions de suivi ont eu lieu (13 nuits en juin et 13 nuits en juillet-août). 21 barbastelles ont été équipées, 8 femelles et 12 mâles. Les captures se sont principalement focalisées sur des sites dans et autour du canton du Marquairès où la présence de femelles reproductrices était avérée (capture au filet d'une femelle post-lactante à proximité de la maison forestière du Marquairès en août 2007 et de trois femelle post-lactantes proche du hameau des Ablatats en août 2011). Malgré cela et bien que les conditions météorologiques aient été favorables (2 nuits pluvieuses) seuls des mâles ont été capturés en première session. Les conditions favorables en

deuxième session (quelques nuits fraîches et absence de pluie) n'ont tout d'abord pas permis de capturer de femelles reproductrices sur les mêmes sites de capture que la première session, seulement des mâles et des femelles immatures. C'est en réalisant des captures sur le canton d'Aire-de-Côte, voisin du Marquairès, que trois femelles reproductrices ont été capturées en toute fin de session seulement. Finalement assez peu d'informations concernant les femelles ont pu être récoltées en 2012 (annexe n° 2).

Les quatre années de suivi ont permis de récolter plus de 1100 localisations (HI et triangulations confondues) dont 366 concernent des observations de barbastelles en activité de chasse et ont fait l'objet d'une description des terrains de chasse.

La répartition des terrains de chasse (tableau n° 5) montre de fortes disparités entre sites et années avec notamment l'absence de femelles suivies à Roquedols et le nombre restreint de femelles sur Aire-de-Côte/Marquairès. Ceci m'a amené à envisager trois niveaux d'analyse : une analyse globale des gîtes et des terrains de chasse sur l'ensemble des sites ; une analyse de l'effet du site d'étude, de la saison⁴ et du sexe sur les descriptions des terrains de chasse de Saint-Sauveur et d'Aire-de-Côte/Marquairès ; une analyse plus fine de l'effet sexe et saison sur les descriptions des terrains de chasse de Saint-Sauveur seuls.

3.2. Des comportements diurnes et nocturnes forestiers

La technique de radio télémétrie permet de récolter de nombreuses informations sur le comportement des chauves-souris, en particulier l'occupation des gîtes diurnes et nocturnes et l'utilisation des terrains de chasse.

3.2.1. Des gîtes diurnes majoritairement arboricoles

Au printemps et en été, les mâles et les femelles immatures occupent les gîtes de manière solitaire (un seul cas constaté d'occupation d'un même gîte par plusieurs mâles en 2009) alors que les femelles reproductrices s'installent en colonie de 20 à 30 chauves-souris. On remarque une grande disparité dans l'utilisation des gîtes (annexe n° 8). Alors que les mâles occupent majoritairement des arbres (86 % des gîtes) ou des fissures en falaises, les femelles en colonie s'installent derrière les volets (cas en 2010 et 2011, site de Saint-Sauveur), dans des arbres de gros diamètre (cas en 2012, site d'Aire-de-Côte/Marquairès), et de manière exceptionnelle dans des fissures de roche (un seul cas en 2010, site de Saint-Sauveur).

Les arbres sont majoritairement dépérissants ou morts (80 % des gîtes), offrant potentiellement des gîtes nombreux et variés (fissures, écorces décollées...). Pour les mâles, les diamètres des arbres sont très variés allant d'une écorce décollée sur un brin de chêne sessile de 7 centimètres de diamètre seulement à un châtaignier vivant de 125 centimètres de diamètre. Il ne semble pas que ce facteur soit essentiel dans le choix du gîte pour les mâles même s'il est clair que les arbres de gros diamètre offrent plus de cavités ou d'écorces décollées et des gîtes plus vastes. Alors que les mâles s'adaptent facilement en utilisant une grande diversité de gîte de type et de taille différents, les femelles montrent une exigence plus forte dans le choix du gîte par la colonie. Deux types de gîtes sont utilisés par les femelles reproductrices en forêt domaniale de l'Aigoual (fig. 8, annexe n° 8): les interstices derrière les volets ouverts et les cavités ou fentes dans des arbres dépérissants ou morts de gros diamètres (gros bois et très gros bois d'essence feuillue ou résineuse). On constate que le diamètre de l'arbre a une importance pour les femelles : les colonies s'installent dans des

-

⁴ On désignera par « printemps » les sessions ayant eu lieu au mois de juin et par « été » les sessions ayant eu lieu au mois de juillet et août.

arbres de diamètre moyen à gros (ici entre 38 et 83 centimètres) offrant des espaces de grande taille (généralement des écorces décollées ou des fissures).

Les gîtes en falaise se retrouvent dans des situations très variées : petites falaises en vallon, grandes barres rocheuses voire talus routiers. L'utilisation de tels gîtes semble être un comportement opportuniste mais régulier.

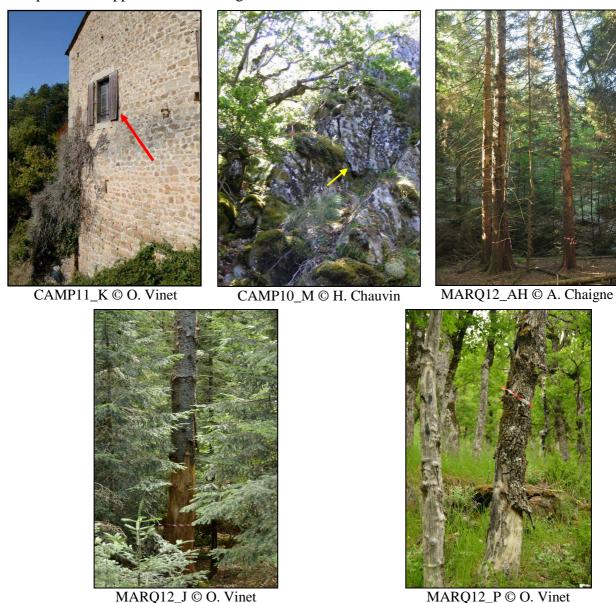


Figure 8 — Photographies de quelques gîtes de barbastelles : colonie de femelles (en haut) et mâles solitaires (en bas).

D'après de nombreuses études, les barbastelles utilisent fréquemment les volets ouverts comme gîte de reproduction (Dietz *et al.*, 2009). Cette adaptation vient probablement pallier un manque de gîtes arboricoles dans de nombreuses régions. Notre étude a permis de mettre en évidence une colonie arboricole en forêt domaniale d'Aire-de-Côte alors que les précédentes colonies connues dans le secteur se trouvaient exclusivement derrière des volets. Les arbres choisis étaient des épicéas et un mélèze morts de gros diamètre, proches les uns des autres, en bordure d'un cours d'eau et accueillant au moins 25 individus. Ce réseau de gîtes est d'autant plus original du fait de son altitude entre 950 et 1100 mètres. Par exemple, en Allemagne les gîtes de reproduction à plus de 800 mètres d'altitude sont exceptionnels

(Meschede et Heller, 2003). On peut donc se demander si les forêts d'altitude ne constitueraient pas une zone refuge pour l'espèce par la présence de massifs forestiers de grande taille.

On observe une fidélité au gîte (par exemple à Saint-Sauveur, la colonie revient derrière les mêmes volets) mais aussi une dynamique de changement de gîtes. C'est le cas sur la colonie d'Aire-de-Côte qui, après l'envol des jeunes, change quotidiennement de gîte, voire en utilise plusieurs à la fois. Il se pourrait aussi que les chauves-souris changent régulièrement de gîtes en fonction des milieux de chasse favorables à une saison donnée. Ceci est d'autant plus probable que l'offre en gîtes ne semble pas être l'élément limitant pour la population (Meschede et Heller, 2003). Enfin, on peut supposer que les femelles de barbastelle fonctionnent en réalité en méta-colonie avec des noyaux proches les uns des autres et ayant de nombreuses interactions (Tillon, comm. pers.). Un suivi plus détaillé d'une colonie arboricole comme celle d'Aire-de-Côte, sujette à de nombreux changements de gîtes, permettrait de vérifier ces hypothèses.

De plus, l'environnement du gîte joue un rôle important : l'ambiance forestière doit être assurée aux alentours du gîte et la proximité d'un cours d'eau pourrait être un élément déterminant. On remarque en effet que plus de 60 % des gîtes se trouvent à moins de 100 mètres d'un cours d'eau. Plusieurs raisons peuvent être avancées : le diamètre des arbres et les essences en fond de vallon sont plus propices (gros diamètre...) ; les conditions physiques plus favorables (température, hygrométrie) ; la présence d'eau à proximité du gîte d'élevage des jeunes est primordiale lors de l'envol de ces derniers pour boire (Dietz *et al*, 2009).

3.2.2. Des stratégies de recherche alimentaire variées

Cette partie a pour objectif d'apporter des éléments sur l'utilisation du domaine vital par les barbastelles à partir d'observations faites sur le terrain et des premières analyses des sessions précédentes. Lors des suivis nocturnes par radio télémétrie, on a constaté que les mâles pouvaient avoir des stratégies différentes :

- certains individus chassent toute la nuit à proximité du gîte diurne en se posant une ou deux fois par nuit dans un reposoir,
- certains individus changent de territoire de chasse plusieurs fois par nuit et semblent alors exploiter des territoires assez réduits pendant un laps de temps variable. Les différents territoires de chasse peuvent être éloignés du gîte diurne (Vinet *et al.*, 2011) et éloignés entre eux, ce qui rend délicat le suivi de ces individus.

Les premières observations montrent qu'il n'y a pas de stratégie type pour les mâles mais une grande variété de stratégies entre individus.

Plusieurs explications peuvent être avancées. Les mâles n'étant pas contraints par la reproduction à ces périodes seraient moins exigeants que les femelles dans le choix de leurs gîtes (§ 3.2.1.) et de leurs territoires de chasse, pouvant parcourir de grandes distances à la recherche de sites profitables entre forte abondance de proies et faible concurrence avec ces congénères. De plus, il est probable qu'il y ait une ségrégation spatiale entre les mâles, certains individus défendant un territoire de chasse riche en proies et contraignant les autres individus à rechercher d'autres territoires (Senior *et al.*, 2005).

Ensuite, s'agissant des femelles reproductrices, on a pu constater, lors du suivi de la colonie de Saint-Sauveur en 2011, que celles-ci vont chasser sur des milieux bien définis (contrairement aux mâles) et à des distances variables du gîte. En juin 2011 (période de gestation des femelles), plusieurs femelles sont allées chasser jusqu'à 10 kilomètres du gîte (Vinet *et al.*, 2011). Ces valeurs sont nettement supérieures à celles observées en Suisse par

exemple (de 3 à 4,5 kilomètres, Sierro et Arlettaz, 1997). En juillet-août (période de lactation), au contraire, elles restent à une distance beaucoup plus réduite de la colonie. Ceci se traduit par des superficies des domaines vitaux plus réduites lors de la deuxième session (2010 et 2011), généralement 100 à 300 hectares au printemps et quelques dizaines d'hectares en été (Vinet *et al.*, 2011). L'hypothèse avancée pour expliquer ce comportement est que les femelles reproductrices, plus contraintes physiologiquement, vont chasser aux endroits où une quantité abondante de proies est disponible à une distance restreinte du gîte. Selon la théorie de la stratégie de recherche optimale de la nourriture (MacArthur et Pianka, 1966), les barbastelles devraient chasser là où le gain est maximum pour un coût d'exploitation de la ressource restreint. Ainsi, le choix de la zone de chasse devrait tenir compte de l'abondance et la qualité des proies disponibles et de la distance parcourue depuis la colonie.

Le suivi montre que les femelles font un ou deux retours au gîte chaque nuit en période de lactation pour nourrir leur jeune. On comprend donc que les distances parcourues en été soient plus réduites alors qu'au printemps, les femelles gestantes peuvent se permettre d'exploiter une ressource abondante mais plus éloignée.

De plus, les émergences de papillons de certaines espèces sont massives et limitées dans le temps. Au printemps, on observe des lépidoptères nocturnes en quantité importante dans les secteurs les plus chauds, à savoir les causses et les vallées cévenoles. En été, les lépidoptères nocturnes sont au contraire abondants dans les secteurs d'altitude de l'Aigoual prospectés à cette période. Une étude par capture de lépidoptères nocturnes au piège lumineux permettrait de vérifier ce schéma. Les tarrains de chasse des barbastelles semblent correspondre aux zones d'apparition de leurs proies, les microlépidoptères nocturnes.

Dans le cadre d'une recherche optimale de nourriture, la météorologie joue un rôle essentiel. Ainsi par mauvais temps, lorsque les ressources en lépidoptères nocturnes sont réduites, on observe que les femelles sortent chasser plus fréquemment et plus longtemps que les mâles. En 2010, alors que les conditions météorologiques étaient très mauvaises, un mâle a ainsi passé 3 nuits consécutives sans se nourrir et 4 mâles sur les 6 suivis ont passé au moins une nuit sans sortir de leur gîte (Vinet *et al.*, 2011). Au contraire, les femelles sont sorties chasser quasiment toutes les nuits. Ceci peut s'expliquer par des besoins énergétiques importants liés à la reproduction : les femelles sont très contraintes, en période de gestation et de lactation, et donc très dépendantes des ressources en nourriture.

Enfin, la disponibilité en gîtes joue un rôle primordial dans l'utilisation de l'habitat et le succès de la reproduction. En effet, alors que les mâles peuvent changer fréquemment de gîte d'une nuit à l'autre, les colonies de femelles changent moins fréquemment entre la naissance des jeunes et leur sevrage. Il est donc indispensable qu'un gîte ou un réseau de gîtes soit disponible à proximité des terrains de chasse pour diminuer le coût de la recherche alimentaire et donc le succès de la reproduction. Les premières observations réalisées en fin de session de radio télémétrie en 2012 montrent qu'en été, les femelles de cette colonie chassent dans des boisements en altitude (jusqu'à 1300 m) à proximité du gîte. La présence de barbastelles femelles à cette altitudes n'est pas courant (Meschede et Heller, 2003) d'autant plus que les températures fraiches en début de saison sont un frein à l'utilisation de gîtes en altitude par les femelles (Senior *et al.*, 2005).

Il apparait que la disponibilité en gîte est essentielle sur la zone étudiée, les barbastelles recherchant en priorité des gîtes suffisamment vastes (volets ou arbres morts de gros diamètre) à proximité des terrains de chasse. Le fait que les femelles de la colonie de Saint-Sauveur parcourent de grandes distances pour se nourrir au printemps montre que la disponibilité en gîtes favorables sur le Causse noir est limitée, principalement par l'absence d'eau à proximité. Au contraire, l'offre est plus forte en forêt du Marquairès et d'Aire-de-Côte

(arbres de gros diamètres morts, hameaux en forêt, nombreux vallons humides...). Ainsi un suivi plus détaillé des gîtes occupés et des terrains de chasse de la colonie (nous n'avons malheureusement découvert la colonie qu'en fin de deuxième session) permettrait de vérifier si le choix des gîtes dépend bien de la présence ou non d'une ressource alimentaire proche.

3.3. Des terrains de chasse aux caractéristiques multiples

3.3.1. Description physique des terrains de chasse

Cette partie présente les résultats de l'analyse descriptive des terrains de chasse à fine échelle. Cette description présente les types de milieux utilisés, la topographie, la composition et la structure des peuplements, et le type de lisière. J'ai choisi de comparer l'utilisation des peuplements par groupes d'individus⁵ : mâles, femelles gestantes (printemps) et femelles allaitantes (été). Selon les cas, les descriptions sont réalisées à partir du jeu de données peuplement (n = 192), lisière (n = 182) et mixte (n = 319) (cf. § 2.2.3.).

Typologie

			Groupe		
	Typologie	Femelle allaitante	Femelle gestante	Mâle	Total
Milieu boisé	A1 — Feuillu ou mixte	22	20	39	81
	A2 — Jeune peuplement	1			1
	A3 — Résineux	2	2	13	17
	A4 — Boisement lâche	3	27	1	31
Total Milieu I	ooisé	28	49	53	130
Milieu	B1 — Friche		3		3
ouvert	B3 — Lande			4	4
	B5 — Autres		1		1
Total Milieu	ouvert		4	4	8
Interface	C1 Cours d'eau	6	9	36	51
	C2 — Lisière interne	14	9	38	61
	C3 Lisière externe	7	16	23	46
	C4 — Haie	1	2	16	19
Total Interface		28	36	113	177
Urbanisé D2 — Bâti isolé			4		4
Total Urbani	sé		4		4
Total		56	93	170	319

Tableau 6 — Nombre de terrains de chasse par typologies simplifiées par groupes. Le jeu de données mixte est utilisé.

On remarque que les peuplements sont utilisés plus abondamment que les milieux ouverts pour chasser (tableau n° 6). Ceci est cohérent avec l'écologie fortement forestière de l'espèce. Cependant certains individus ont aussi chassé dans des milieux ouverts comme des prairies extensives, des landes et souvent le long de haies ou bosquets. On a observé un comportement original de chasse intense le long des haies et bosquets avec de gros chênes chez au moins un mâle sur le site d'Aire-de-Côte/Marquairès en juin 2012. On remarque aussi que les femelles ont plus fortement utilisé les boisements lâches que les mâles (tableau n° 6).

⁵ Les femelles immatures (non reproductrices) ont été retirées du jeu de donné du fait du faible effectif de localisations pour ce groupe.

Il s'agit principalement de peuplements lâches de pins noirs et pins sylvestres sur le Causse noir.

On constate que globalement les terrains de chasse en lisière sont majoritaires (58 % des observations) mais que cette répartition est variable selon les groupes. Le pourcentage de terrains de chasse décrits en lisière est plus élevé pour les mâles (69 % des terrains de chasse) que pour les femelles gestantes (30 % des terrains de chasse). On ne peut pas en conclure que les mâles utilisent plus les lisières que les femelles pour chasser. D'une part il est probable qu'il y ait un biais dans le choix de l'opérateur de décrire une placette en lisière ou en peuplement selon les informations dont il dispose sur le comportement de la chauve-souris à cet endroit. D'autre part les lisières sont des voies de pénétration facilité dans les peuplements aussi pour les observateurs ; il est donc probable qu'il y ai un biais en faveur des lisières dans certaines situations (peuplement dense par exemple). De ce fait, il est judicieux de regrouper les deux types de description par des variables communes, lorsque cela est possible.

Attrait pour une topographie de vallon

Le tableau n° 7 montre que les terrains de chasse en versants et vallons sont majoritaires (les topographies 6, 7 et 8 représentent 65 % des observations). La zone d'étude est fortement vallonnée. Cependant on devrait s'attendre à observer une proportion de placettes en haut de versant et plateau à peu près équivalente. Il semble ainsi que les barbastelles chassent de manière privilégiée dans les versants et fonds de vallon.

Topographie	F. allaitante	F. gestante	Mâle	Total
1 - Dôme	1	3	1	5
2 - Pente sur dôme		14	1	15
3 - Plateau		1	7	8
4 - Rebord de plateau	1		2	3
5 - Haut de versant	2	7	10	19
6 - Mi-versant	18	7	73	98
7 - Bas de versant	12	6	14	32
8 - Fond de vallon	16	11	48	75
9 - Cuvette			8	8
10 - Replat	6	39	2	47
11 - Rupture de pente		5		5
12 - Plaine			4	4
Total	56	93	170	319

Tableau 7 — Nombre de terrains de chasse par topographie et typologie simplifiée d'habitat. Le jeu de données mixte est utilisé.

On remarque qu'un grand nombre d'observations en lisière sont situées en fond de vallon. De plus, un tiers des observations (tous groupes confondus) se trouvent à proximité des cours d'eau (tableau n° 8), pourcentage qui parait élevé. Ceci peut s'expliquer par une forte utilisation des cours d'eau en fond de vallon (lisière) en activité de chasse ainsi que les peuplements adjacents.

Cours d'eau	F. allaitante	F. gestante	Mâle	Total
absence	38	62	116	216
présence	18	31	54	103
pourcentage	32 %	33 %	32 %	32 %

Tableau 8 — Nombre de terrain de chasse avec ou sans d'un cours d'eau à proximité (< 50 m) par typologie simplifiée d'habitat. Le jeu de données mixte est utilisé.

Des peuplements variés

On observe que les femelles gestantes chassent dans des peuplements où la surface terrière, la hauteur, l'occurrence de très gros bois et le diamètre maximal sont tous moins importants que pour les mâles et les femelles allaitantes (tableau n° 9). En effet on sait que les barbastelles suivies lors de la première session de 2011, toutes des femelles gestantes, sont allées se nourrir dans des peuplements lâches à pins noirs et pins sylvestres relativement jeunes. Au contraire, les valeurs des femelles allaitantes et des mâles sont représentatives des peuplements visités dans l'Aigoual. On remarque un diamètre moyen élevé et une forte occurrence de très gros bois chez les femelles allaitantes et les mâles. Il semblerait que les barbastelles, pour ces deux groupes, chassent préférentiellement dans des peuplements présentant de gros bois. Il est en effet connu que la barbastelle sélectionne des futaies âgées (Sierro, 1994). Il aurait été intéressant de tester cette hypothèse dans notre cas.

Groupe	F. allaitante	F. gestante	Mâle	Total
N =	29	65	98	192
Hauteur moyenne (m)	21,2	15,0	21,8	19,4
Surface terrière moyenne (m²/ha)	16,0	10,2	18,3	15,0
Nb. d'occurrences de TGB	11	7	49	67
Diamètre max. moyen (cm)	55,9	40,5	62,3	53,9

Tableau 9 — Caractéristiques des peuplements par groupes. Le jeu de données peuplement est utilisé.

La composition en essences diffère suivant les groupes (fig. 9). Les terrains de chasse des femelles gestantes comprennent une proportion importante de pin sylvestre, pin noir et frêne. Ceci correspond aux boisements du Causse noir. Les essences dominantes sur les terrains de chasse des mâles et femelles allaitantes sont le chêne sessile, le hêtre, le sapin pectiné et le pin sylvestre. Quelques mâles ont aussi chassé dans des châtaigneraies, dans les vallées cévenoles ou en aval du Tarnon expliquant la proportion relativement forte de cette essence pourtant absente des forêts domaniales. Les peuplements de pins laricios et, dans une moindre mesure, de douglas et de mélèzes sont aussi visités. Les autres essences apparaissent en faible proportion. Il s'agit, pour la plupart, d'essences secondaires présentes fréquemment mais avec une surface terrière moindre.

La composition en essences par typologie apporte des informations supplémentaires (annexe $n^{\rm o}$ 9) :

- les peuplements de feuillus (A1a) exploités par les barbastelles sont principalement ceux constitués de chêne (plus de 50 %) ou de hêtre avec une diversité d'essences en accompagnement,
- les peuplements mixtes de pin sylvestre (A1b) comportent majoritairement du hêtre. L'association de ces deux essences se retrouve sur un grand nombre de terrains de chasse (au moins 30 sur 142),
- concernant les terrains de chasse en milieu ouvert, ils comportent tous peu d'espèces (châtaignier et marronnier principalement) et souvent des TGB (résultats non présentés ici).

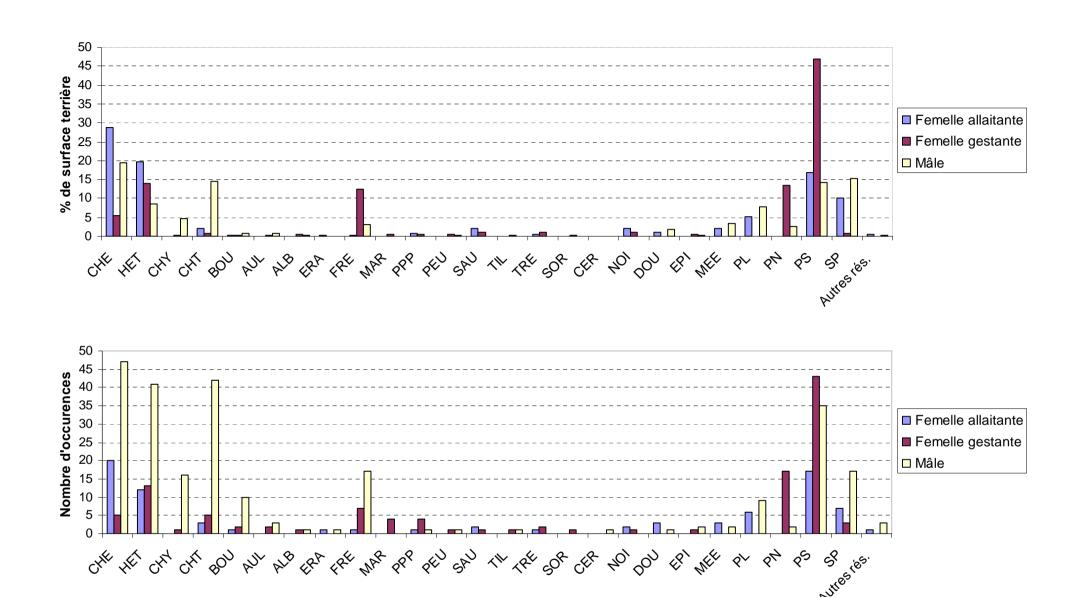


Figure 9 — Composition des terrains de chasse par sexe en pourcentage de la surface terrière (en haut) et en nombre d'occurrence (en bas). Le jeu de données peuplement est utilisé (n = 192). Se reporter au code des essences pour l'axe des abscisses.

Les peuplements en futaie irrégulière ou à sous-étage sont dominants parmi les terrains de chasse des barbastelles (annexe n° 10). En effet il y a une tendance vers l'irrégularisation de la futaie, mesure préconisée par le Parc national des Cévennes. Ces traitements concernent principalement les peuplements mixtes, lâches ou encore avec sapin pectiné. Le taillis sous futaie concerne principalement les feuillus et les peuplements mélangés. Ce type de traitement est couramment observé dans les taillis de châtaignier ou de hêtre.

La répartition des traitements paraît conforme à ce que l'on observe sur la zone d'étude. Le type de traitement sylvicole ne semble pas avoir d'influence directe sur le choix des terrains de chasse des barbastelles.

Des peuplements fortement stratifiés

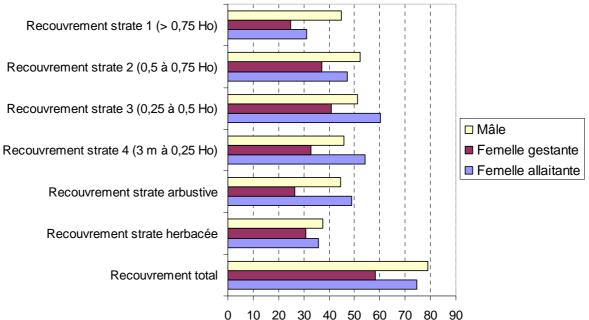


Figure 10 — Stratification des peuplements par sexe. Le jeu de données peuplement est utilisé.

On constate que les strates sont globalement équilibrées : les strates supérieures n'ayant pas un taux de recouvrement trop élevé, les strates inférieures ont accès à la lumière et peuvent se développer. On remarque que les recouvrements par strates des terrains de chasse des femelles gestantes sont globalement plus faibles que pour les mâles et les femelles allaitantes (fig. 10). Les peuplements visités sur le Causse noir étant globalement lâches, ceci pourrait expliquer cette différence. Attention toutefois, ceci peut être dû à un biais de l'observateur, l'estimation du recouvrement d'une strate étant parfois subjectif. On note que les observations n'ont pas été faites par le même opérateur entre les deux saisons à Saint-Sauveur.

Des peuplements riches en bois mort

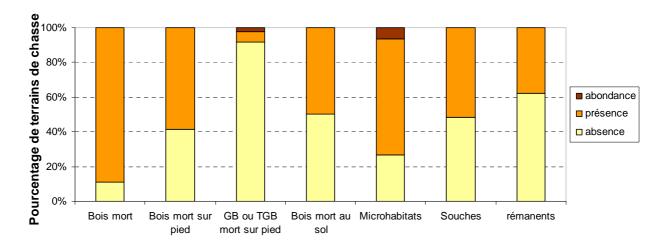


Figure 11 — Synthèse bois mort et intensité de gestion. Le jeu de données peuplement est utilisé.

J'ai analysé la présence et le type de bois mort ainsi que les éléments caractérisant l'intensité de gestion du milieu à partir du jeu de données peuplement (fig. 11). La grande majorité des placettes comporte du bois mort (90 %). Il s'agit de bois mort sur pied pour 60 % des terrains de chasse et au sol pour 50 % d'entre eux. Des cavités, fissures ou écorces décollées sont présentes sur une majorité de terrains de chasse. Cette description montre une utilisation de milieux où la présence de bois mort est importante. Cependant il est délicat de conclure sur une préférence de ce type de terrain de chasse par la barbastelle.

Des données quantitatives concernant le bois mort ne sont pas disponibles sur l'ensemble de la forêt mais il est probable que la disponibilité en bois mort en FD de l'Aigoual soit forte (nombreuses stations difficiles à exploiter du fait de pentes fortes). L'origine du bois mort est majoritairement naturelle. Cependant on constate aussi qu'au moins la moitié des terrains de chasse ont fait l'objet d'une exploitation, récente ou non (présence de souches et de rémanents).

Des lisières structurées

Les premières analyses (tableau n° 10) concernant les lisières montrent que 72 % (n = 182) des lisières sont des lisières internes (interface entre deux milieux boisés, généralement des allées forestières, layons...) et 28 % sont des lisières externes (interface entre milieu ouvert et boisé). De nombreuses études montrent en effet que les barbastelles recherchent les lisières internes aux peuplements pour se déplacer et chasser (Barataud, 1999 ; Girard-Claudon et Vincent, 2008). La hauteur moyenne des lisières est de 20,1 mètres (n = 182). La largeur moyenne des lisières internes est de 5,4 mètres (n = 131).

Type		Externe		
	Voûte végétale	Couvert continu aux	Lisière très	
	continue ou peu	alentours, aplomb	fragmentée, mauvaise	
Éclairement	morcelée	globalement ouvert	continuité globale	-
Total	40	51	40	51

Tableau 10 — Type de lisière et éclairement. Le jeu de données lisière est utilisé.

Aucune tendance ne semble ressortir de l'éclairement des lisières (tableau n° 10). Une analyse plus complète de la représentation de chaque strate à l'interface avec le peuplement pourra être menée. Elle permettrait de caractériser les types de lisières utilisés.

3.3.2. Regroupement et sélection des variables de peuplement à étudier

Les variables relevées sur le terrain étant nombreuses, il s'agit de retenir les plus pertinentes pour l'étude des terrains de chasse des barbastelles. Certaines variables étant très corrélées entre elles, une seule pourra expliquer la répartition des données. On pourra aussi créer des indicateurs regroupant plusieurs variables. Il est souvent plus aisé de travailler avec des variables quantitatives, on cherchera donc si des variables quantitatives peuvent expliquer la distribution de variables qualitatives.

Sur les éléments favorables aux proies

La présence de certaines plantes hôtes connues ou potentielles pour les proies des barbastelles (Robineau *et al.*, 2007) a été relevée sur les terrains de chasse. Il s'agit de lichens des arbres et arbustes, des lichens des pierres ainsi que les mousses, favorables au développement des chenilles des espèces de la famille des arctiidés du genre *Eilema* et de pyralidés des genres *Catoptria* et *Scoparia* (proies avérées ou potentielles de la Barbastelle d'Europe; Rydell *et al.*, 1996; Sierro et Arlettaz, 1997). Le bois mort ou les cavités dans les arbres sont aussi connus pour être favorables à de nombreux insectes. Certaines chenilles consomment les feuilles des arbres à feuille caduque comme les espèces de la famille des noctuidés, genre *Orthosia* (Robineau *et al.*, 2007) proies potentielles des barbastelles. Enfin des éléments supplémentaires pouvant aussi être favorables à certains insectes ont été relevés sur le terrain comme le recouvrement de la litière et la présence de cours d'eau.

J'ai étudié les liens éventuels entre ces variables par une analyse factorielle (analyse des correspondances multiples) en utilisant le jeu de données mixte (fig. 12).

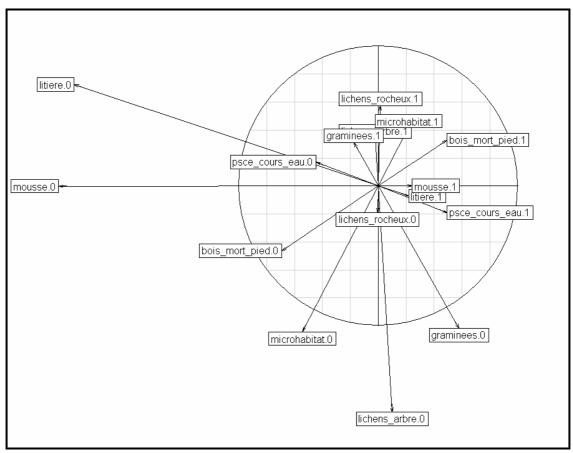


Figure 12 — Résultats de l'ACM projeté sur les axes factoriels 1 et 2 (cf. tableau n° 4 pour la signification des champs). Les variables sont toutes des facteurs codés en absence (0) ou présence (1).

Le nuage de point est expliqué par les axes suivants :

- 1^{er} axe est expliqué par la présence de cours d'eau, de mousse et de litière,
- 2^e axe est expliqué par la présence d'éléments tels que : lichens sur rochers et sur arbres, graminées, bois mort sur pied, cavité *i.e.* tous les éléments favorisant la présence de proies.

Je propose donc de faire la somme des éléments contribuant à l'axe 1 (tous contribuent dans le même sens) afin de créer indicateur de ressource alimentaire potentielle combinant des éléments favorables à la présence de proies. Une méthode pour vérifier la pertinence d'un tel indicateur est proposée en annexe (annexe n° 12). Cette méthode ne pouvant pas être appliquée pour le moment, je ne présente pas les résultats ici.

<u>Remarque</u>: Les fortes contributions des variables mousse et litière s'expliquent par le faible nombre de placettes où sont absents ces éléments. Ceci entraîne une distorsion du nuage de point. Toutefois les résultats concernant les autres variables ne sont pas modifiés si l'on retire les variables mousse et litière.

Sur le recouvrement par strate

J'ai étudié les liens éventuels entre les variables de recouvrement des strates : strate haute (arborée), intermédiaire (arbustive, inférieure à 3 mètres) et basse (buissonnante, inférieure à 1,50 mètres) par un calcul des corrélations de Pearson (annexe n° 11) sur le jeu de données mixte.

Les recouvrements par strate sont assez peu corrélés entre eux. Notamment la présence d'une strate intermédiaire n'est pas liée à la présence d'une strate haute. La présence d'une strate basse est par contre plus liée à la présence des deux autres strates. J'ai donc choisi de créer un indicateur pour ces trois variables (noté nb_strates_50), à savoir la somme des strates dont le recouvrement atteint 50 % ou plus. Après plusieurs tests, le seuil de 50 % s'est révélé être un bon compromis pour que la variables soit distribuée de manière équilibrée.

Sur les éléments du peuplement

J'ai étudié les liens éventuels entre les variables descriptives des peuplements : surface terrière totale (G_total), hauteur (H0), nombre de strates (nb_strates_50) nombre d'espèces arborées (nb_sp_arbo), nombre d'espèces arbustives et buissonnantes (nb_sp_arbus), nombre d'espèces totale (nb_sp_tot), nombre d'éléments favorables à la présence de proies (nb_ele_proies), proportion d'essences allochtones (allochtone) et résineuses (resineux) et le recouvrement de la litière (litiere). Les liens entre les variables sont estimés par un calcul des corrélations de Pearson d'une part (annexe n° 11), et par une analyse factorielle (analyse des correspondances principales), d'autre part (fig. 13). Le jeu de données mixte est utilisé.

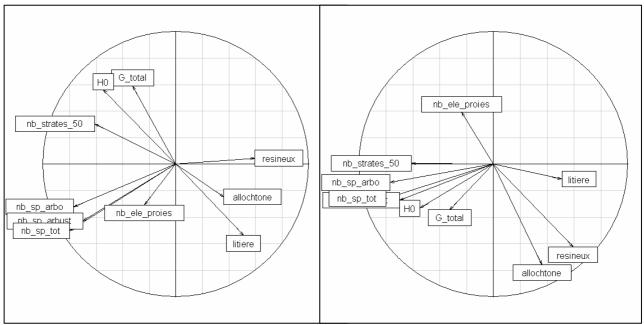


Figure 13 — Résultats de l'ACP sur 3 axes : projection des variables sur les axes factoriels 1 et 2 (à gauche) et les axes factoriels 1 et 3 (à droite) (cf. tableau n° 4 pour la signification des champs).

Le nuage de point est expliqué par les axes suivants :

- 1^{er} axe : forte contribution du nombre d'espèces (arborées, arbustives ou totales) et moindre du nombre de strates et du pourcentage d'essences résineuses,
- 2^e axe : forte contribution des variables de structure (H0 et G) ainsi que la litière,
- 3^e axe : contribution du nombre d'éléments favorisant les proies et le pourcentage d'essences allochtones et résineuses. Ces deux groupes de variables ont des effets opposés.

On constate que la répartition des données est expliquée d'une part par le nombre d'espèces. Or les nombres d'espèces totales, arborées et arbustives sont fortement corrélés. On ne retiendra par conséquent qu'une de ces variables.

On constate d'autre part que les variables de structure (H0 et G) contribuent de la même manière à la répartition des données et sont très corrélées (annexe n° 11). On n'en retiendra par conséquent qu'une des deux.

Les variables pourcentages d'essences résineuses et allochtones sont elles aussi fortement corrélées. En effet, une grande partie des essences résineuses ont été introduites lors des reboisements. On n'en retiendra par conséquent qu'une des deux. On observe aussi que leurs contributions à la répartition des données sont opposées. On peut donc s'attendre à des effets opposés de ces variables : plus il y a d'essences allochtones et résineuses, moins il y aurait d'éléments favorables à la présence de proies. Une étude menée en Angleterre par Kennedy et Southewood (1984) établit une liste des essences favorables à une diversité d'espèces d'insectes, y compris de microlépidoptères. Il apparaît que les essences introduites sur la zone d'étude considérée, comme le mélèze ou le châtaignier, sont moins favorables à la présence d'insectes. Des essences feuillues comme les chênes, les saules, les aulnes ou les bouleaux sont favorables à une grande diversité d'espèces. Toutefois ces résultats ne sont pas nécessairement transposables à notre zone d'étude.

Pour les raisons citées ci-dessus, j'ai choisi par la suite de n'étudier que les variables suivantes : proportion d'essences allochtones, surface terrière totale (variable de structure très

corrélée à H0), somme des éléments favorisant la présence de proies, nombre de strates supérieures à 50 % de recouvrement et nombre d'espèces arborées.

3.3.3. Analyse des effets du site, de la saison et du sexe

L'analyse descriptive des terrains de chasse révèle des différences entre sites, entre saisons et entre sexes. La question qui se pose maintenant est de savoir la contribution de chacun de ces effets sur les variables : les différences observées entre mâles et femelles sont-elles simplement dues aux différences entre sites d'études et saisons ou bien mâles et femelles recherchent-ils des terrains de chasse différents ? On peut *a priori* penser que les femelles ont des exigences plus grandes. Il est possible de comparer les niches trophiques réalisées entre les sexes.

Les premières constatations montrent que le domaine vital est exploité différemment selon les saisons. Les femelles vont par exemple se nourrir sur les causses au printemps alors qu'on les retrouve dans des peuplements de l'Aigoual, plus en altitude, en été (cf. § 3.2.2.). Ceci est cohérent avec d'autres études sur les terrains de chasse (Sierro, 2003) et sur l'évolution du régime alimentaire au fil des saisons (Andreas et al., 2012). On s'attend donc à retrouver ces différences comportementales dans les caractérisations des terrains de chasse.

Enfin, il faut prendre la précaution de vérifier s'il y a un effet du site d'étude. La comparaison des trois sites étudiés montre en effet des contrastes (climat, végétation...) qui devraient se refléter dans les descriptions des terrains de chasse. Il est important de garder en tête qu'un biais de l'opérateur est possible (par exemple sur le nombre de strates, les notes peuvent être subjectives), or des opérateurs différents ont décrit les placettes chaque année.

Les résultats détaillés de l'analyse sont présentés en annexe (annexe n° 13). Le jeu de données mixte est utilisé dans cette analyse. Les principaux résultats concernant les variables quantitatives sélectionnées dans le § 3.3.2. sont exposés ci-dessous :

- le site étudié a un effet sur le nombre d'espèces arborées, le nombre de strates et la surface terrière : les barbastelles à Saint-Sauveur chassent dans des peuplements avec un nombre d'espèces arborées plus faible (significatif), un nombre de strates plus faible (faiblement significatif) et une surface terrière plus faible (peu significatif) par rapport au site d'Aire-de-Côte/Marquairès,
- pour le site de saint-Sauveur, on observe que la surface terrière et le nombre de strates sont plus élevés en été qu'au printemps tandis que le nombre d'éléments favorables aux proies est inférieur (significatifs),
- pour le site de Saint-Sauveur, on observe que le nombre d'espèces arborées et le nombre d'éléments favorables aux proies sont supérieurs pour les terrains de chasse des mâles que pour ceux des femelles (effets significatifs).

Il en ressort donc que les terrains de chasse des deux sites d'études ont des caractéristiques bien distinctes, ceux-ci étant globalement plus structurés sur Aire-de-Côte/Marquairès. Ces résultats s'expliquent par leurs situations, un certain nombre de placettes du site de Saint-Sauveur étant situées sur le Causse noir. Cette répartition géographique des placettes du site de Saint-Sauveur se reflète dans l'effet saisonnier : les sites visités au printemps sont plus lâches mais attractifs pour les proies. Attention toutefois, ceci peut être dû à un biais de l'observateur, l'estimation du recouvrement d'une strate étant parfois subjectif. On note que les observations n'ont pas été faites par le même opérateur entre les deux saisons à Saint-Sauveur. Enfin les femelles visitent plus souvent des peuplements faiblement mélangés, à savoir les peuplements de résineux du Causse noir.

3.4. Une préférence pour les habitats forestiers

Cette partie présente les résultats de l'analyse à large échelle de sélection des grands types d'habitats pour les femelles reproductrices de la colonie de Saint-Sauveur. L'étude se décompose en deux parties : une analyse compositionnelle sur tous les individus de la colonie confondus (Aebischer *et al.*, 1993) suivie d'une analyse par la méthode de Manly (Calenge, 2011) tenant compte de la sélection individuelle.

3.4.1. Analyse compositionnelle

J'ai analysé dans un premier temps les grands types d'habitats présents sur le domaine vital de la colonie (34 sous-types d'habitats, *cf.* tableau n° 3) pour toutes les femelles suivies (17 femelles totalisant 265 localisations), puis dans un second temps des ensembles d'habitats (13 types d'habitats, *cf.* tableau n° 3). La figure n° 14 révèle que certains types sont sur-représentés dans les habitats utilisés (boisements feuillus ou mixtes, cours d'eau, zone urbanisée par exemple) ou sous-représentés (landes, cultures par exemple). L'analyse compositionnelle vise à identifier ces différences.

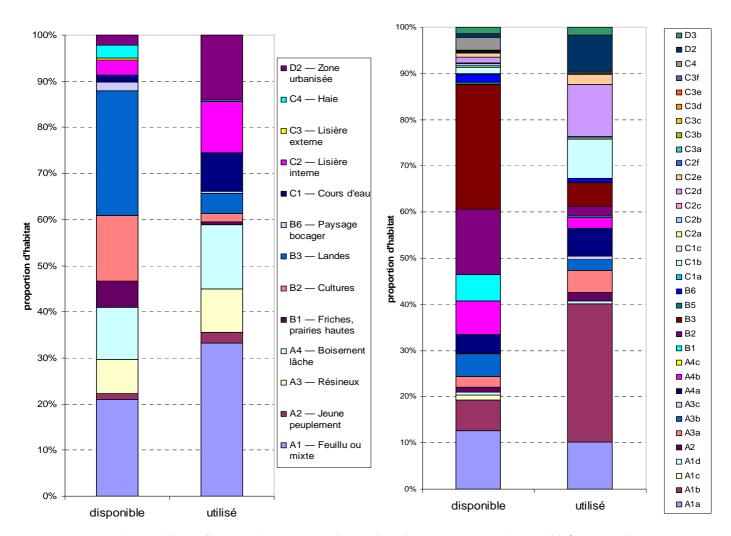


Figure 14 — Comparaison des habitats disponibles et des habitats utilisés pour 13 types d'habitats (à gauche) et 34 sous-types d'habitats (à droite). Se reporter au tableau n° 3 pour les légendes des types et sous-types d'habitats.

La première analyse compositionnelle (34 sous-types d'habitats) ne met pas en évidence de sélection (résultats non significatifs). Cependant il est intéressant de regarder le classement obtenu des habitats (tableau n° 12):

- les habitats suivants sont sélectionnés en proportion supérieure aux autres : C2d, C1b, A1b, D2, A1a, A3a. Ce sont ceux supposés attractifs pour les barbastelles (sauf D2),
- il n'apparaît pas d'autres habitats ou groupes d'habitats moins sélectionnés,
- on retrouve globalement le gradient de propicité des habitats dans le classement des habitats sélectionnés.

Bien que les résultats ne soient pas significatifs, on constate que les proportions d'utilisation des habitats suivent globalement le patron que l'on a pu établir au préalable. Quelques différences pourront être expliquées par l'analyse des sélections individuelles.

La même analyse pour les types d'habitats (catégories simplifiées, cf. tableau n° 3) ne montre pas de sélection (non significative, p-value = 1). Cependant le classement des habitats révèle que les lisières internes, les cours d'eau, les peuplements feuillus ou mixtes et les zones de bâti isolé sont globalement plus privilégiées par les barbastelles que les autres habitats (tableau n° 11).

habitat C2	C2 C1 A1 D2 A3 A4 A2 B2 B6 B3 C3 C4 B1
c1	
A1	
D2	
A3	
A4	
A2	
B2	
B6	
B3	
C3	
C4	
B1	

Tableau 11 — Résultats de l'analyse compositionnelle sur 17 animaux et 13 types d'habitats. Les habitats sur une même ligne pointillés ne sont pas significativement différents. À gauche les habitats les plus sélectionnés, à droite les habitats les moins sélectionnés. Se reporter au tableau n° 3 pour les légendes des types d'habitats.

Classement des typologies d'habitat	Propicité présumée	Différences entre habitats
A1b — Mixte avec Pin sylvestre		
C1b — Cours d'eau bordé de boisements		
C2d — Lisière interne — feuillu ou mixte dominant, avec PS ou SP		
D2 — Bâti isolé		
A1a — Feuillus		
A3a — Résineux — Pin sylvestre dominant		
A4a — Boisement lâche avec Pin sylvestre		
C3d — Lisière externe — Jeune peuplement		
B3 — Landes		
C1c — Cours d'eau sans bordures		
C2e — Lisière interne — feuillu ou mixte dominant, sans PS ou SP		
A3c — Résineux - Sapin pectiné dominant		
C2f — Lisière interne — Sapin pectiné majoritaire		
B6 — Paysage bocager		
C3b — Lisière externe — Mixte avec PS ou SP		
C3a — Lisière externe — Feuillus		
A2 — Jeune peuplement		
C3f — Lisière externe — Autres résineux que PS et SP dominants		
A4c — Autres (vergers, parcs, friches)		
C2b — Lisière interne — rés. Autres majoritaires		
A3b — Résineux — Autres essences dominantes		
B2 — Prairies pêturées intensivement, cultures		
C2a — Lisière interne — Pin sylvestre majoritaire		
C3e — Lisière externe — Résineux avec Pin sylvestre majoritaire		
C1a — Cours d'eau bordé de haies		
C3c — Lisière externe — Mixte autre que PS ou SP		
C2c — Lisière interne — jeunes peuplements		
C4 — Haie		
A1d — Mixte avec Sapin pectiné		
A4b — Boisement lâche sans Pin sylvestre		
D3 — Zones urbanisées, goudronnées		
B5 — Autres milieux semi-ouverts à ouverts		
A1c — Mixte avec autres essences		
B1 — Friche herbacée, prairies		

Tableau 12 — Résultats de l'analyse compositionnelle sur 17 animaux et 34 sous-types d'habitats. Les habitats sur une même ligne pointillée verticale ne sont pas différents. En haut les habitats les plus sélectionnés, en bas les habitats les moins sélectionnés. Le gradient de propicité présumée des sous-types d'habitats est donné pour rappel (cf. tableau n° 3).

3.4.2. Analyse de la sélection individuelle

J'ai retenu 8 femelles de la colonie pour lesquelles le nombre de localisations était supérieur à 20 (tableau n° 13). J'ai analysé dans un premier temps les 34 sous-types d'habitats, puis dans un second temps les 13 types d'habitats.

ld	Animal	Nb de localisations
1	BbaF_150186	26
2	BbaF_150227	22
3	BbaF_150327	23
4	BbaF_151248	25
5	BbaF_151270	30
6	BbaF_151309	29
7	BbaF_151410	21
8	BbaF_151450	20
Total		195

Tableau 13 — Synthèse des localisations de 8 femelles de la colonie de Saint-Sauveur.

La méthode de Manly (Calenge, 2011) testant si les individus opèrent la même sélection montre :

- que tous les individus n'utilisent pas le même habitat (significatif, p-value < 0,01),
- que les individus sélectionnent leur habitat dans des proportions différentes des proportions d'habitats disponibles (significatif).

Cependant la lecture des ratios de sélection d'habitat (fig. 15) montre que seuls deux sous-types d'habitats sont sélectionnés en moyenne positivement de manière significative (leur intervalle de confiance à 95 % n'inclut pas la valeur 1) : C1b (cours d'eau bordé de ripisylves) et C2d (lisière interne avec feuillus, mixtes ou jeunes peuplements et présence de Pin sylvestre). Six sous-types d'habitats sont sélectionnés en moyenne négativement de manière significative : B6 (paysage bocager), A1d (peuplement mixte avec sapin pectiné), B3 (landes), B2 (prairies pâturées intensivement ou cultures), C4 (haie) et B1 (friches herbacées, prairies hautes). Certains habitats ne sont jamais utilisés et ont un ratio égal à zéro.

La même analyse pour les types d'habitats (catégories simplifiées, *cf.* tableau n° 3) montre que trois habitats sont sélectionnés en moyenne positivement de manière significative (n'incluent pas la valeur 1 dans leur intervalle de confiance à 95 %; fig. 16): les boisements feuillus ou mixtes (A1), les ripisylves (C1) et les lisières internes (C2). Cinq sous-types d'habitats sont sélectionnés en moyenne négativement de manière significative: B6 (paysage bocager), B3 (landes), B2 (prairies pâturées intensivement ou cultures), C4 (haie) et B1 (friches herbacées, prairies hautes). L'habitat C3 (lisière externe) n'est jamais utilisé et a un ratio égal à zéro.

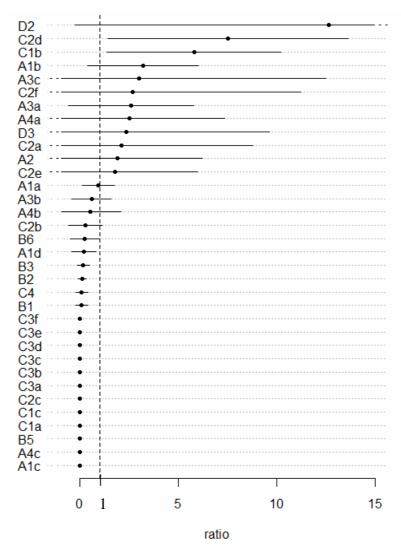


Figure 15 — Ratios de sélection (ressource disponible / ressource utilisée) pour chaque habitat calculé par la méthode de Manly (Calenge, 2011) sur 17 animaux et 34 sous-types d'habitats (cf. tableau n° 3 pour la typologie des habitats).

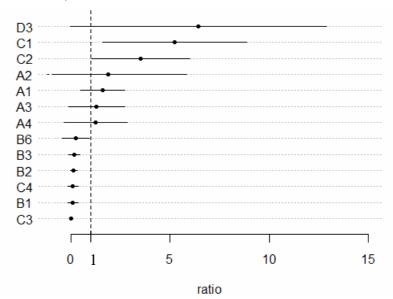


Figure 16 — Ratios de sélection (ressource disponible / ressource utilisée) pour chaque habitat calculé par la méthode de Manly (Calenge, 2011) sur 17 animaux et 13 types d'habitats (*cf.* tableau n° 3 pour la typologie des habitats).

L'analyse factorielle (fig. 17) montre que le nuage des individus est fortement structuré par les habitats de lisière et de bâti isolé sur l'axe 1 et par les peuplements sur l'axe 2. Les femelles 1, 2 et 3 ont une stratégie de chasse dans les peuplements alors que les femelles 5, 6 et 7 exploitent principalement les lisières.

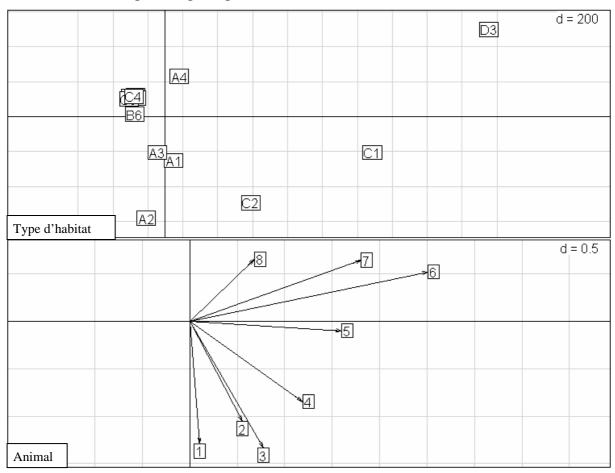


Figure 17 — Résultats de l'analyse factorielle sur 8 animaux et 13 types d'habitats (*cf.* tableau n° 3 pour les légendes des types d'habitats et tableau n° 13 pour les correspondances des individus). Les axes des abscisses et des ordonnées correspondent respectivement aux axes factoriels 1 et 2.

3.4.3. Discussion concernant les résultats de sélection d'habitat

Le manque de précision de la cartographie des grands types d'habitats peut être mise en avant pour expliquer le manque de précision des résultats de sélection d'habitats. Pour tester cela, j'ai comparé la typologie d'habitats des placettes relevée sur le terrain lors des descriptions avec la typologie des mêmes placettes extraite de la cartographie (tableau n° 14). On remarque que 64 % des placettes n'ont pas la même typologie entre les deux méthodes de relevés. Alors que certains habitats ont un taux de différences relativement faible (32 % pour A4a ou 45 % pour C1b) d'autres ont des taux de différences très élevés (71 % pour A1b ou 72 % pour C2d). Ces différences s'expliquent par la précision de la cartographie qui a été établie à une échelle large (en moyenne 5 ha par polygone d'habitat) alors que les placettes tiennent seulement compte de l'habitat présent sur 1200 m². On doit aussi tenir compte de l'imprécision de la localisation GPS, en général 5 m.

Malgré ces différences, on peut considérer que l'utilisation des grands types d'habitats à une échelle intermédiaire, ni trop grossière, ni trop fine, suffit pour estimer la sélection d'habitat. La représentativité des habitats disponibles et utilisés doit pour cela être respectée. J'ai choisi d'estimer les superficies d'habitats utilisés sur une placette de 20 m de rayon

autour de chaque localisation. Ces dimensions sont celles proposées dans d'autres études (Girard-Claudon et Vincent, 2008) et tiennent compte de la précision de chaque localisation.

Si le nombre de localisations par individu est suffisamment important et qu'il ne présente pas d'autocorrélation spatiale et temporelle, on peut considérer qu'il est représentatif de l'habitat utilisé. Ces deux hypothèses ne sont pas toujours vérifiées dans mon cas et expliquent en grande partie ces résultats incomplets. Tout d'abord le nombre de localisations par individu varie de 19 à 30, ce qui est faible pour ce type d'analyses (certains auteurs proposent au minimum 30 localisations par individu, Girard-Claudon et Vincent, 2008). Ensuite l'autocorrélation est difficile à estimer mais a été mise en évidence dans notre cas sur la majorité des individus étudiés (Vinet *et al.*, 2011).

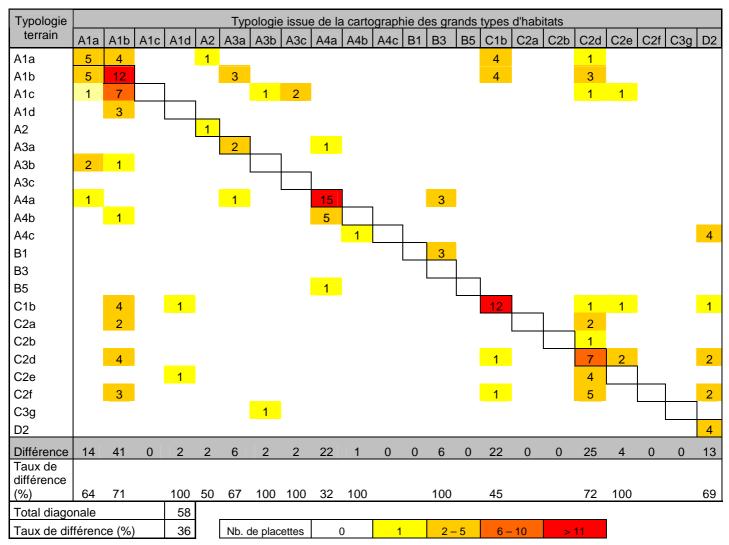


Tableau 14 — Différence entre la typologie extraite de la cartographie des grands types d'habitats et la typologie observée sur le terrain. Les chiffres du tableau indiquent le nombre de placettes par couples de typologie. Les chiffres sur la diagonale indiquent le nombre de placettes pour lesquelles il n'y a pas de différence. Se reporter au tableau n° 3 pour les légendes des types d'habitats.

Il serait donc nécessaire d'augmenter le nombre de localisations par individu dans les prochaines études en se focalisant par exemple sur un groupe d'individus (femelles reproductrices par exemple). Deux approches, illustrées ici, sont ensuite possibles :

— suivre un grand nombre d'individus en acceptant de récolter moins de localisations par individu : cette méthode a l'inconvénient de devoir équiper plus d'individus et ne

permet pas de révéler des stratégies individuelles mais au contraire d'obtenir beaucoup de localisations pour un individu moyen,

— se focaliser sur quelques individus pour lesquels on récolte beaucoup de localisations : cette méthode assure un suivi plus fin du comportement de chasse tout au long de la nuit et permet de comparer la sélection d'habitat entre individus.

Ce second objectif est celui privilégié dans notre cas. On se focalise en effet sur un groupe, les femelles reproductrices, pour lequel on cherche des informations fines.

Finalement cette analyse montre une sélection positive des lisières internes (et notamment les ripisylves) et des peuplements au détriment des milieux ouverts. Ceci est cohérent avec l'écologie connue de l'espèce. Le cas de la sélection du bâti isolé par certains individus doit être mis en relation avec le fait que cette colonie est installée en bâti (hameau en forêt) et que les femelles semblent chasser à proximité du gîte lors de leurs va-et-vient.

3.5. Limites de la radio télémétrie pour l'étude des Barbastelles d'Europe et prolongements possibles

Les résultats obtenus doivent être tempérés par certaines limites propres à la méthode de la radio télémétrie employée pour les barbastelles.

Tout d'abord, le suivi des animaux au cours de la nuit est largement incomplet : il est fréquent de « perdre » les chauves-souris, celles-ci changeant fréquemment de secteurs de chasse. Une part du comportement de l'animal échappe à l'analyse, il n'est donc pas possible de pouvoir affirmer que certains secteurs ne sont pas visités au cours d'une nuit de chasse. Ceci ne remet pas pour autant en cause mes principaux résultats : la description des terrains de chasse exposée ici est le reflet du milieu où chassent effectivement les barbastelles sans exclure que d'autres terrains puissent être utilisés.

La prudence est de mise dans l'utilisation de relevés par radio télémétrie en situation de moyenne montagne avec des reliefs accentués et des risques d'écho très élevés. Malgré la vérification manuelle de la cohérence de chaque triangulation, une imprécision persiste. C'est pour cette raison que les localisations de Homing In ont été privilégiées dans les études à fine échelle.

Du fait de la grande mobilité des barbastelles, la radio télémétrie ne fournit pas un nombre de localisations par chauves-souris aussi important que pour d'autres espèces moins mobiles comme le murin de Bechstein (Vuinée, 2009). De plus, ces données sont souvent autocorrélées dans le temps et dans l'espace (Vinet *et al.*, 2011).

Enfin, les difficultés rencontrées pour capturer au filet des femelles reproductrices ne nous ont pas permis de suivre suffisamment de femelles sur le site d'Aire-de-Côte/Marquairès pour pouvoir comparer plus précisément l'utilisation des terrains de chasse et l'occupation des gîtes entre les sites étudiés. Le prolongement par une année d'étude supplémentaire permettrait de répondre à des questions intéressantes du point de vue de la conservation de cette chauve-souris forestière dans des contextes différents.

4. Prise en considération des exigences écologiques de la Barbastelle d'Europe dans la gestion forestière de la forêt domaniale de l'Aigoual

D'après plusieurs auteurs (Greenaway et Hill, 2004; Russo *et al*, .2004), les chauves-souris strictement forestières seraient sensibles aux peuplements non exploités pour la production de bois depuis longtemps. La conservation de la Barbastelle d'Europe suppose donc de concilier la fonctionnalité écologique du peuplement et la production de bois. Ces objectifs, répondant aux engagements en faveur de la biodiversité par l'ONF, sont d'autant plus importants dans un espace reconnu pour sa richesse biologique comme le Parc national des Cévennes.

4.1. Prise en considération de la diversité biologique du cœur du Parc national des Cévennes

4.1.1. Des engagements forts en faveur de la diversité biologique

Avec l'instruction du 29 octobre 2009 (dite instruction « biodiversité » ; ONF, 2009a) relative à la conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques, l'Office national des forêts, en accord avec ses partenaires, se fixe des objectifs forts de maintien de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques. Ces recommandations visent notamment à agir sur les processus et mécanismes naturels favorisant la biodiversité et son maintien par des modes de gestion adaptés, des choix d'essences etc.

D'autre part, le Parc national des Cévennes prévoit des recommandations de sylviculture pour le cœur (PNC, 1997) visant à conserver le patrimoine naturel et paysager de cet espace. La mise en place d'une charte du PNC est actuellement en cours de consultation (PNC, 2012a). Ce document présente les engagements pris en concertation avec les partenaires. Ainsi le PNC précise les objectifs qui sont souhaitables d'atteindre et les modalités de leur prise en compte dès les phases cruciales de renouvellement des peuplements. Sur la base de critères « d'altération du caractère du Parc », le directeur délivre des autorisations de travaux.

4.1.2. Des recommandations générales pour le Parc national des Cévennes

Les orientations de sylviculture dans le cœur du Parc national des Cévennes visent à conforter le caractère naturel des forêts. Ces mesures sont reprises dans la future charte du PNC. Les choix du PNC se portent sur les méthodes de sylviculture qui favorisent, entre autres, à la fois la diversité des espèces végétales dans toutes les strates des peuplements et la diversité des communautés animales par le développement des capacités d'accueil pour les différentes espèces forestières (PNC, 1997; PNC, 2012a).

Les préconisations de sylviculture s'orientent naturellement vers la futaie irrégulière et mélangée pour créer une mosaïque de peuplements favorables au développement de la diversité biologique et à la préservation des paysages. Tous les types de traitement sont

cependant satisfaisants s'ils garantissent le maintien de l'ambiance forestière sur une unité de régénération limitée à 5 hectares (10 hectares en cas de régénération naturelle par coupes progressives; PNC, 1997).

Les essences autochtones et les mélanges d'essences à l'échelle de la parcelle sont privilégiés (PNC, 1997; PNC, 2012a). Il est recommandé d'avoir au moins deux essences-objectifs dans le mélange principal (si possible feuillu et résineux) et de favoriser la présence d'essences disséminées (fruitiers par exemple). La réduction du couvert des strates supérieures est conseillée car favorable au développement d'essences spontanées dans les strates inférieures. L'équilibre entre feuillu et résineux doit être maintenu dans la mesure du possible.

Les plantations existantes d'espèces allochtones, souvent mono-spécifiques, devront faire l'objet d'interventions favorables au caractère naturel des peuplements en favorisant l'hétérogénéité des structures (diversité des traitements, maintien de plusieurs strates), l'implantation ou le maintien de la diversité d'essences et la régénération naturelle des peuplements (PNC, 1997; PNC, 2012b). La régénération artificielle peut être envisagée pour enrichir la composition du peuplement présent si celui-ci ne remplit pas les critères exposés ci-dessus.

4.1.3. Des mesures pour le renforcement de la trame de vieux bois

La représentation des stades de sénescence dans les écosystèmes forestiers est une mesure favorable à une diversité entomologique forte et abondante et donc au maintien des populations de prédateurs comme les chauves-souris.

Avec l'instruction « biodiversité » (ONF 2009a), l'ONF se donne des objectifs à atteindre en terme de trame de vieux bois aux différentes échelles : à l'échelle de l'arbre en conservant au moins un arbre mort ou sénescent par hectare (35 centimètres de diamètre minimum) et au moins deux arbres remarquables ou à cavité par hectare ; à l'échelle de la parcelle en classant progressivement en îlots de vieux bois au minimum 3 % de la surface forestière boisée ; à l'échelle du paysage en assurant que ces îlots de vieux bois et les réserves biologiques intégrales constituent une trame fonctionnelle en termes écologiques.

La note de service de l'ONF du 17 décembre 2009 (n° NDS-09-T-310) fixe les modalités de la mise en œuvre des îlots de vieux bois. Dès 2005, le PNC a fixé officiellement les règles de mise en œuvre des îlots de sénescence dans le cœur du Parc national (note du Comité scientifique du PNC du 16 juin 2005). Ces deux documents complémentaires définissent précisément les deux types d'îlots de vieux bois :

- un îlot de vieillissement désigne un petit peuplement ayant dépassé les critères optimaux d'exploitabilité économique et qui bénéficie d'un cycle sylvicole prolongé pouvant aller jusqu'au double de ceux-ci. L'îlot de vieillissement peut faire l'objet d'intervention sylvicole. Les arbres du peuplement principal sont récoltés à leur maturité avant dépréciation économique de la bille sur pied,
- un îlot de sénescence désigne un petit peuplement laissé en évolution libre sans intervention culturale et conservé jusqu'à l'effondrement total des arbres.

Dans le cœur du Parc national des Cévennes, seul sont mis en place des îlots de sénescence (note du Comité scientifique du PNC du 16 juin 2005). L'objectif d'un îlot de sénescence est de maintenir les espèces dites de forêt « fermée » en conservant un peuplement adulte jusqu'à l'effondrement complet des arbres qui le composent. Leur implantation doit tendre à un maillage contribuant à une bonne fonctionnalité écologique du territoire et à une représentation de vieux peuplements dans des milieux différenciés.

Plusieurs critères sont à prendre en compte pour délimiter un îlot de sénescence (PNC, 2005; ONF, 2009b):

- ils sont choisis prioritairement parmi les peuplements les plus difficiles à exploiter et/ou de faible qualité. Le potentiel des stations en forêt domaniale de l'Aigoual est fréquemment moyen à mauvais et n'est pas un facteur limitant pour l'installation d'îlots,
- ils ont une surface suffisante, jamais inférieure à 0,5 ha. Le PNC fixe même un objectif d'îlots de 1 à 7 ha à raison de 1 à 4 îlots par groupe de parcelles de 100 ha. L'objectif étant de couvrir entre 3 et 7 % de la surface totale de la forêt,
- ils comportent déjà de vieux arbres,
- ils sont de préférence composés d'essences représentées dans la région. On évitera de désigner en îlots de sénescence des peuplements d'essences exotiques. Cette question peut être discutée dans le cas de la FD de l'Aigoual. Les plantations depuis la fin du XIX° siècle sont constituées essentiellement d'essences résineuses allochtones (épicéa, mélèze, pin laricio, pin noir...) mais il n'est pas exclu que ces peuplements, une fois à arrivés à maturité, présentent un intérêt écologique (présence d'insectes saproxyliques, développement des strates inférieures etc.),
- ils sont choisis hors des lieux de grande fréquentation par le public et à une distance suffisante des axes ouverts à la circulation publique afin de veiller à la sécurité des personnes,
- ils ne doivent pas nécessiter d'interventions y compris pour assurer la desserte des parcelles entourant l'îlot. A titre exceptionnel, ils peuvent faire l'objet de mise en sécurité du public.

Les motifs de choix des îlots de vieux bois doivent dorénavant figurer dans chaque aménagement. L'étude de l'écologie des chauves-souris peut donc apporter des éléments intéressants pour le choix des îlots. Le comité scientifique du PNC (2005) insiste sur le fait que même si les îlots de sénescence actuels sont « globalement représentatifs des différents types de peuplements », « leur représentativité au niveau des types de stations reste à étudier ». Ainsi, à l'occasion de la rédaction de nouveaux aménagements, les données récoltées sur la Barbastelle d'Europe durant les quatre années du programme pourront servir à la révision des îlots. Ils auraient tout intérêt de prendre en compte les gîtes diurnes, les zones de chasse et une trame de circulation pour les chiroptères.

4.2. Les recommandations de sylviculture favorable aux barbastelles

Cette partie se propose de présenter les dispositions permettant de concilier la production de bois et la conservation des chauves-souris à partir d'éléments bibliographiques et des observations réalisées dans le massif de l'Aigoual. Il n'est cependant pas possible de définir « la » gestion idéale pour la protection des chauves-souris. En effet la plupart des espèces ont leurs propres exigences de structure de peuplement. Certaines comme le murin de Bechstein, chassent dans la végétation et préfèrent les peuplements où de nombreuses strates sont présentes alors que d'autres espèces comme le grand murin ont besoin d'avoir accès au sol pour attraper leur proies. Toutefois, une constante reconnue est la présence d'arbres sénescents ou morts.

4.2.1. Une offre en gîtes abondante

La diminution du nombre de gîtes est un élément du déclin des populations de chauves-souris et de la séparation des noyaux de population (Tillon, 2008). La Barbastelle d'Europe semble indicatrice d'une quantité importante d'arbres morts présentant des écorces décollées (Tillon, 2008). Alors que les mâles s'adaptent facilement en utilisant une grande diversité de gîtes de type et de taille différents (*cf.* 3.2.1.), les femelles montrent une exigence plus forte dans le choix du gîte par la colonie. Deux types de gîtes sont fréquemment utilisés comme cela a été constaté en forêt domaniale de l'Aigoual : les cavités ou fentes dans des arbres dépérissants ou morts de gros diamètre (gros bois et très gros bois d'essence feuillue ou résineuse) et les interstices derrière les volets ouverts. Cependant ce second type constituerait un habitat de substitution lorsque l'offre en gîtes est réduite comme c'est fréquemment le cas en forêt de plaine.

Il se pose fréquemment la question du nombre d'arbres à conserver. Certaines études avancent le nombre d'un minimum de 25 à 30 cavités par hectare, soit 7 à 10 arbres conservés par hectare (Meschede et Heller, 2003). Nous avons constaté que les colonies de femelles occupent non pas un gîte mais un réseau de gîtes proches les uns des autres (de l'ordre de 500 mètres). La densité d'arbres gîtes ne devrait donc pas être répartie de manière homogène mais au contraire se concentrer dans des secteurs favorables.

En Allemagne, Meschede et Heller (2003) préconisent de favoriser les feuillus aux résineux du fait de leur longévité plus élevée et de leur tendance plus grande à former des cavités. Nos observations ne semblent pas montrer un rôle de l'essence dans le choix du gîte pour les mâles de barbastelle. Les femelles s'installant volontiers sous les écorces décollées, fréquentes sur les résineux morts. Il est nécessaire de conserver des arbres de gros diamètre offrant des gîtes spacieux tels que des écorces décollées ou des fissures, gîtes fréquemment utilisés par les colonies de femelles. Les arbres morts de petit diamètre sont aussi fréquemment utilisés par les mâles : il est donc conseillé de conserver quelques perche ou petits bois morts lors des coupes.

De plus l'environnement du gîte joue un rôle important : l'ambiance forestière doit être conservée aux alentours du gîte car elle assure des conditions thermiques et hygrométriques adéquates ainsi qu'une protection contre les prédateurs nocturnes lors des sorties et entrées au gîte. La proximité d'un cours d'eau semble être un élément déterminant : les arbres gîtes seront en priorité conservés parmi les arbres morts ou dépérissants en fond de vallon.

4.2.2. Une mosaïque de milieux offrant une grande diversité de terrains de chasse dans l'espace et le temps

Notre étude montre qu'une grande diversité de milieux peut être exploitée par les barbastelles : peuplements mixtes de hêtres et sapins en altitude, peuplements mixtes de chêne et de pin sylvestre, châtaigneraies, peuplements lâches de pin noir et pin sylvestre, milieux ouverts avec haies et bosquets comportant de gros arbres etc. De plus l'utilisation de ces milieux change au cours de la saison comme on a pu l'observer chez les femelles de la colonie de Saint-Sauveur. Cette utilisation du milieu serait liée à l'émergence de microlépidoptères nocturnes. Ainsi les préconisations ne concernent pas simplement un ou des peuplements « types » à conserver mais une mosaïque de milieux propices à des proies vairées et abondantes tout au long de la saison d'activité des chiroptères.

Le principal conflit entre l'exigence alimentaire des chauves-souris et les contraintes pour la sylviculture réside dans l'appauvrissement de la diversité des structure et des essences et donc des sources alimentaires potentielles.

Au niveau de la structure des peuplements, l'hétérogénéité est un élément majeur pour l'attractivité. Les études sur l'espèce montrent en effet que les barbastelles chassent préférentiellement dans les peuplements où un sous-étage développé est présent (Sierro, 1994 ; Vuinée, 2009). Le traitement irrégulier des futaies est donc le type de gestion le plus adapté à la conservation de l'espèce. Il est aussi nécessaire de contrôler la densité de la strate dominante, des peuplements trop denses ne laissant pas entrer assez de lumière utile au développement du sous-étage. La création de trouées est conseillée.

Les peuplements monospécifiques et d'essences allochtones ont des conséquences négatives (Meschede et Heller, 2003), les insectes typiques pour ces essences n'existant pas chez nous. Ils semblent en effet évités par les barbastelles (Barataud, 1999). Même si notre étude montre quelques cas de chasse dans des peuplements d'essences allochtones (pin noir, pin laricio), les plantations de ces essences ne peuvent être recommandées. Il est conseillé d'irrégulariser les plantations monospécifiques et de favoriser l'implantation d'autres essences par régénération naturelle (PNC, 1997; PNC, 2012). En effet, même si la diversité entomologique est plus faible sur les essences allochtones (Kennedy et Southwood, 1984), ceux-ci peuvent produire des arbres de gros diamètre. D'une manière générale, les arbres de gros diamètre offrent potentiellement de nombreux microhabitats pour les insectes (Larrieu et Cabanettes, 2012).

Enfin, la représentation des stades de sénescence dans les écosystèmes forestiers est une mesure favorable à une diversité entomologique forte et abondante et donc au maintien des populations de prédateurs comme les chauves-souris. Ainsi, la mise en place de trames de vieux bois et de peuplements en libre évolution dans les massifs forestiers doit être encouragée.

4.2.3. Une gestion fine des milieux d'interface

Les lisières constituent des terrains de chasse majeurs des barbastelles. Pour être favorables, les lisières ne doivent pas être abruptes mais au contraire étagées sur une profondeur de l'ordre d'une hauteur d'arbre. La présence d'espèces herbacées et en particulier de graminées est favorisée par l'éclairement de la lisière. La diversité des espèces herbacées et arbustives offre des sources alimentaires potentielles variées.

Il peut être intéressant de favoriser les effets de lisière en opérant de petites trouées dans les lisières et au sein des peuplements.

Les cours d'eau jouent aussi un rôle de lisière lorsqu'ils sont bordés d'alignements d'arbres ou de ripisylves. De la même manière la présence de strates nombreuses et d'une diversité d'espèces (herbécées, buissonnantes, arbustives et arborées) est favorable aux chauves-souris.

4.3. Les enjeux de l'ONF et des propriétaires privés pour la préservation de la Barbastelle d'Europe en forêt domaniale de l'Aigoual

4.3.1. La préservation des arbres gîtes

En pratique, l'ONF joue un rôle essentiel pour assurer le maintien d'une offre en gîtes suffisante dans le massif forestier de l'Aigoual.

Tout d'abord, l'ONF cherche à préserver les gîtes en bâti par exemple lors des rénovations des maisons forestières ou par la mise en place d'aménagements comme des gîtes

artificiels. Si la pose de gîtes artificiels en forêt peut pallier une disponibilité limitée en gîtes naturels sur le court terme, elle ne doit pas être envisagée au détriment d'une ressource en gîtes arboricoles.

Ensuite, les gîtes connus sont systématiquement conservés. Cette mesure est incluse dans les recommandations de sylviculture du Parc national ainsi que la charte en cours d'élaboration. Il est prévu, dans le cadre des coupes forestières, de maintenir les arbres abritant des colonies de chauves-souris (toutes espèces comprises sauf la pipistrelle commune et pour les colonies comprenant plus de 5 individus) et quelques arbres autour (favorables à la préservation de l'ambiance forestière du gîte). Il semble que la forêt domaniale de l'Aigoual héberge un nombre potentiel d'arbres gîtes (vieux bois, arbres à cavité) nettement supérieur aux minimums prévus par les recommandations, même si aucune donnée chiffrée n'est disponible. La conservation d'arbres morts en bord de cours d'eau (comme c'est le cas avec certains peuplements d'épicéas dépérissants au cœur du massif forestier), s'il ne présente pas de risque d'embâcle sur le ruisseau ni de risque sanitaire, serait une mesure bénéfique à l'installation des colonies.

Enfin, le maintien d'une trame de gros bois sénescents ou morts sur pied (cf. § 4.1.3.) permet d'augmenter l'offre en gîtes potentiels. Certains gîtes arboricoles découverts lors de l'étude se trouvent dans le périmètre ou à proximité des îlots de sénescence existants ou d'une RBI (fig. 18). La présence d'une densité importante d'arbres morts ou sénescents dans un peuplement allant au-delà de l'âge d'exploitabilité autorise l'installation d'une colonie de femelles.

4.3.2. Une mosaïque de peuplements mélangés

En insistant sur l'importance du mélange des essences, du choix privilégié des essences autochtones et du traitement irrégulier des futaies, les recommandations de sylviculture pour le cœur du Parc national vont dans le sens de la préservation des chauves-souris forestières dont la Barbastelle d'Europe.

Le traitement des lisières pose des questions paysagères d'intégration des interventions sylvicoles. Le PNC préconise un traitement non régulier des lisières, par exemple par le maintien de strates de différentes hauteurs, de trouées etc. Ces mesures sont aussi favorables à la faune, et particulièrement aux insectes, par la création de milieux variés. Ils sont ainsi profitables aux prédateurs comme les chauves-souris.

Cependant, ces orientations de sylviculture se heurtent à des freins majeurs, économiques et cynégétiques. D'abord, la demande en bois de construction étant forte, l'ONF souhaite conserver les plantations actuelles de résineux (épicéa, douglas) pour la production de grumes de qualité. Ceci suppose donc de régénérer avec des essences allochtones les peuplements arrivant actuellement à terme. Ceci sera permis par la nouvelle charte qui ne soumet pas à autorisation l'installation d'essences allochtones derrière une plantation d'essence allochtone. Ensuite, un frein cynégétique : la croissance forte des populations de gibier met actuellement en échec les régénérations naturelles des peuplements en futaie irrégulière : la densité de semis n'étant pas assez forte, les jeunes plans d'espèces appétantes (notamment résineuses) sont systématiquement consommés. Il ne reste alors que le hêtre, moins appétant, qui menace ainsi l'équilibre entre feuillus et résineux. La seule solution, coûteuse, est de mettre en place des protections individuelles ou des clôtures et de travailler en faveur des essences résineuses. Le compromis acceptable entre les objectifs du PNC et ceux des propriétaires et gestionnaires est de travailler en futaie régulière par petites unités de gestion, dont la surface maximale est limitée à cinq hectares. Ce type de sylviculture crée de

nombreux milieux d'interface entre des peuplements de petite taille, d'âges différents, favorables aux espèces chassant en lisière des peuplements, comme la Barbastelle d'Europe.

4.3.3. Propositions d'évolution de la trame de vieux bois

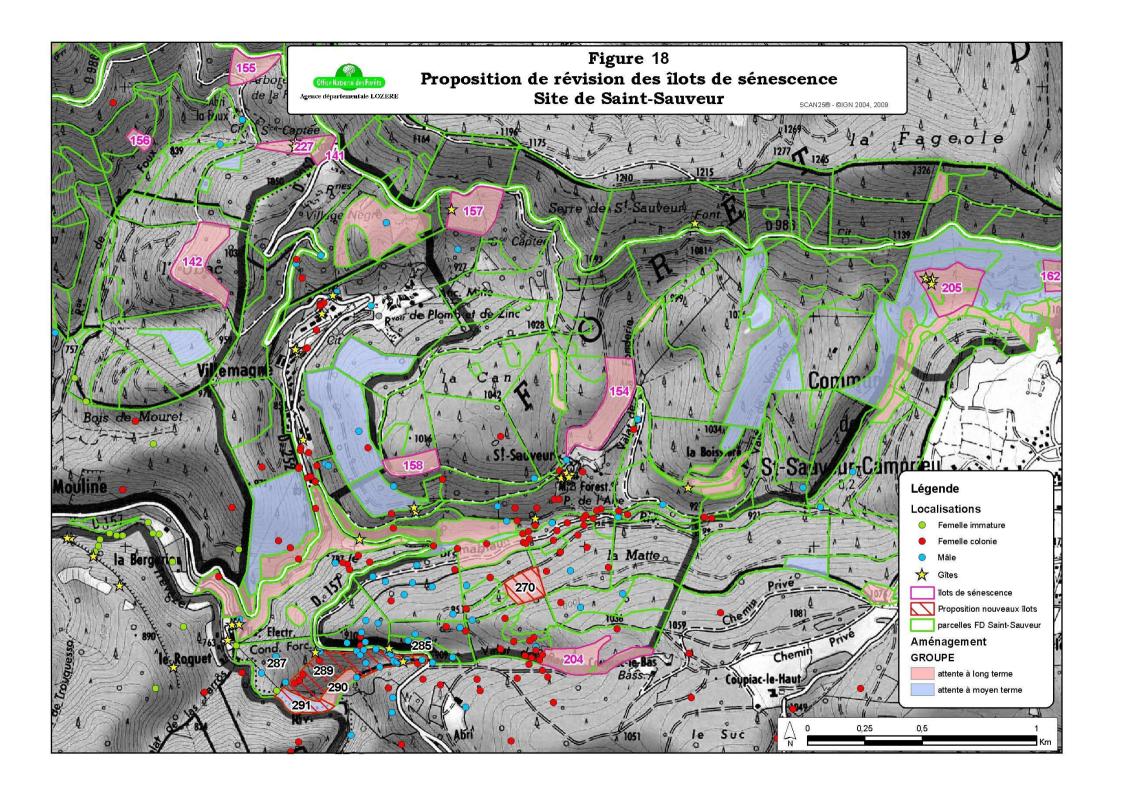
La note de service du 17 décembre 2009 prévoit que les îlots de sénescence figurent dans chaque nouvel aménagement et qu'il peut être proposé de remplacer les îlots dans une logique écologique de substitution. L'aménagement de l'Aigoual Lozère est récent (2009) et comporte une trame d'îlots bien définis. On pourra juger de la fonctionnalité de cette trame en la confrontant aux données de notre étude. Parmi les aménagements en cours, celui de la 5° série des Pins (Aigoual gardois) arrive prochainement à terme (1997-2016). Il était déjà mentionné un ensemble d'îlots de sénescence dans cet aménagement sans que les critères de choix soient clairement mentionnés, certains d'entre eux ayant fait l'objet d'une exploitation au cours de la période de mise en œuvre de l'aménagement. Il conviendra dans l'aménagement suivant de mieux définir ces îlots. On peut donc d'ores et déjà proposer des éléments pour la désignation des îlots de sénescence en forêt domaniale de l'Aigoual gardois. De manière à assurer une continuité dans les aménagements, on pourra veiller à choisir de préférence les parcelles à désigner comme îlots de sénescence parmi les parcelles en attente à moyen ou long terme.

Les données collectées par radio télémétrie permettront de justifier le classement ou le retrait de parcelles en îlots de sénescence tout en renforçant la cohérence de la trame actuelle de vieux bois. Il apparait judicieux de conserver la plupart des îlots actuels (fig. 18 et tableau n° 15):

- 3 îlots comportent des gîtes diurnes, exclusivement des mâles solitaires (îlots nº 227, 157 et 205). Il est donc recommandé de conserver ces îlots de sénescence dans le prochain aménagement. Il s'agit de gîtes dans des petits bois et bois moyen de frêne et hêtre, ou de très gros bois d'épicéa, au sein d'une futaie régulière de résineux (pin noir et épicéa),
- certaines parcelles n'ont pas fait l'objet d'exploitation depuis plus de 25 ans (par exemple les parcelles n° 418 et 422) et ont tout intérêt à être conservées.

L'ajout ou le retrait d'îlots de sénescence peut être envisagé pour certaines parcelles (fig. 18 et tableau n° 15) :

- deux îlots de sénescence ont fait l'objet d'exploitation en 2001 et 2002 (n° 154 et 158). Il s'agit de futaies régulières de pin noir mixtes ou non. Ces parcelles ne font pas partie des zones de chasse des barbastelles lors de l'étude. Etant donné la forte représentativité de ce type de peuplement parmi les îlots de sénescence et du faible intérêt vraisemblable pour les barbastelle, ces îlots pourraient être supprimés en contrepartie d'autres îlots créés,
- les principaux secteurs de chasse se situent en fond de vallon du Trévezel et de ses affluents, le « Bramabiau » et le « Valat del Rat ». Il serait intéressant de conserver de vieux peuplements en ripisylve dans ces vallons. En effet, on constate une forte activité de chasse dans ces milieux mais aussi une forte disponibilité en arbres gîtes. De plus, les ripisylves constituent des corridors de transit. La parcelle n° 291 du groupe « attente à moyen terme » est intéressante pour la désignation d'un îlot. Il s'agit d'une futaie régulière à prépondérance de gros bois de pin, située en bordure de cours d'eau et sans enjeux de sécurité. Il faudrait cependant veiller au risque d'embâcle possible sur le Trévezel,



- les parcelles en bordure du Bramabiau aux alentours du « Pont-de-l'Âne » ont été fortement exploitées par les barbastelles mais sont dans un secteur de fréquentation touristique (sentier de découverte, pistes, cours d'eau). Une gestion adaptée en futaie irrégulière pourrait être envisagée (conservation de très gros bois etc.). La parcelle autour de la maison forestière de Saint-Sauveur (arboretum) est actuellement traitée en futaie jardinée, traitement qui devra être poursuivi,
- le versant en ubac du vallon du Bramabiau montre aussi un grand nombre de localisations de chasse de barbastelle. Ce versant est composé principalement d'une futaie mixte de sapin pectiné et taillis de hêtre. La parcelle n° 270, représentative de ce peuplement et incluse dans le groupe d'attente à long terme, pourrait tout à fait être proposée comme îlot de sénescence,
- les parcelles n^{os} 285, 287 et 289 sont intéressantes car elles comportent au moins un gîte dans des gros bois et très gros bois de pin sylvestre et pin laricio et sont situées dans des zones de chasse fortement exploités. On pourrait par exemple classer la parcelle n^o 289 (5,6 ha de futaie de pin laricio sur station à potentialité forestière moyenne) dans le même îlot de sénescence que la parcelle n^o 291 adjacente. On ne classera pas la parcelle n^o 290 limitrophe de ces deux parcelles car classée comme « vide non boisable »,
- les parcelles n^{os} 286 et 288 sont intéressantes comme îlots de sénescence de composition diversifiée par rapport aux peuplements alentours (mixte avec chêne pédonculé dominant et résineux divers). Cet îlot doit être conservé.

Tableau 15 — Îlots de sénescence sur le canton de Saint-Sauveur : bilan des îlots actuels et proposition pour la création de nouveaux îlots. FR : Futaie régulière.

a) Ilots de sénescence actuels

			Date de			
	surface		dernière	Potentialités		
N° îlot	(ha)	Type peuplement	exploitation	de la station	Bilan	Raisons du choix
154	5,26	FR de pin noir	2001		à réduire (50%)	Exploitation durant aménagement, essence allochtone exclusivement. Continuité entre îlots est et ouest.
155	1,97	FR de pin laricio	1985		à conserver	Ancienneté et diversité d'essences.
156	0,60	FR de pin noir			à conserver	Diversification des essences.
157	3,82	FR de pin noir	1986		à conserver	Présence de gîte.
158	1,92	FR de pin noir	2002		à conserver ?	Assure continuité entre îlots nord et sud.
162	3,29	FR de frêne		fortes	à conserver	Impact paysager sur site touristique, diversification des essences.
203	14,62	FR de pin sylvestre et pin noir	1987	faibles	à réduire (30 %)	Taille largement supérieure à l'optimum.
204	3,79	FR de chêne sessile et frêne	1999		à conserver	Diversification des essences.
205	4,38	FR frêne et épicéa	1983		à conserver	Présence de gîte.
227	2,08	FR de pin noir et frêne	1995		à conserver	Présence de gîte.
141	0,03	FR de pin noir			à conserver	Continuité avec îlot nº 227.

b) Parcelles proposées pour création de nouveaux îlots de sénescence

			Date de			
N°	surface		dernière	Potentialités		
parcelle	(ha)	Type peuplement	exploitation	de la station	Bilan	Raisons du choix
291	1,44	FR de pin noir	<1997	moyennes	à inclure	Ripisylves, présence de GB
289	5,58	FR de pin laricio		moyennes	à inclure	Zone de chasse barbastelles,
						présence de GB
270	1,85	FR de sapin	<1997	moyennes	à inclure	Zone de chasse barbastelles,
		pectiné et hêtre				présence de GB

Surface îlots actuelle		
(ha et % superficie totale)	52.27	5.01 %
Surface îlots après révision		
(ha et % superficie totale)	53.89	5.17 %

L'objectif de la superficie en îlots de sénescence de 3 à 5 % est actuellement atteint sur le canton de Saint-Sauveur. On peut proposer de renforcer ces îlots de vieux bois à l'occasion du prochain aménagement. De plus, la trame forestière très importante dans le cœur du PNC, la présence de plusieurs RBI et une disponibilité forte en bois mort sur pied, assure une bonne fonctionnalité écologique de la trame de vieux bois sur l'Aigoual.

4.3.4. Vers une demande accrue en bois de construction et bois-énergie

Le projet de charte reconnaît que la forêt sur son territoire représente un potentiel économique très important mais actuellement sous-exploité, en raison des contraintes liées au relief escarpé et de la prédominance d'une forêt privée très morcelée. La mobilisation du bois est souvent difficile mais également potentiellement perturbante pour les milieux naturels et les espèces (nature des coupes, création de dessertes...). Face à ce constat et pour assurer la mission de préservation du patrimoine naturel, il est nécessaire de promouvoir les solutions permettant de dynamiser les activités forestières compatibles avec la préservation des espèces.

Le Parc national et les partenaires affichent une volonté d'accompagner le développement du bois de construction et du bois-énergie, potentiel encore sous-exploité et pouvant permettre d'augmenter la valeur des produits forestiers. L'utilisation du bois d'œuvre pour la construction concerne actuellement des essences résineuses allochtones. Cependant le développement de ces espèces n'est pas toujours compatible avec les objectifs du Parc national de favoriser les espèces autochtones et de diversification des peuplements. C'est le cas par exemple du douglas, essence aux caractéristiques technologiques intéressantes pour laquelle la demande est forte. Cependant il est difficile à mener cette espèce en mélange : le douglas est fréquemment utilisé en plantations monospécifiques dont l'intérêt écologique est faible. Il est donc envisagé de mener des expérimentations afin de déterminer dans quelle mesure et sous quelles conditions certaines essences forestières autochtones (Sapin pectiné par exemple) peuvent également être valorisées dans la construction. La demande croissante concernant le chauffage au bois pose les questions des filières et méthodes d'approvisionnement pour le bois-énergie (valorisation du châtaignier, raccourcissement des rotations de taillis...). Celui-ci doit impérativement être assuré par une gestion durable des forêts prenant en compte les enjeux environnementaux.

Les châtaigneraies, paysages remarquables des Cévennes implantés depuis des siècles, occupent une place historique, sociale et économique importante. De plus, elles offrent de bonnes potentialités pour le bois d'œuvre dans des conditions de milieu optimales. La plupart d'entre elles sont issues d'anciens vergers abandonnés depuis des décennies. La question de leur valeur écologique est posée : la présence de nombreux très gros bois, souvent creux et

abritant de nombreuses espèces d'insectes, et de bois mort apporte un intérêt certain. On le constate dans l'utilisation de certaines châtaigneraies par les barbastelles. La présence de ces éléments (très gros bois, cavités, bois mort...) favoriserait l'attractivité des châtaigneraies. Ainsi le développement de la filière châtaignier-bois doit se faire en respectant les préconisations de sylviculture favorable à la biodiversité, par exemple par le maintien d'un certain nombre d'arbres remarquables et d'arbres morts mais aussi par le maintien d'un sous-étage ou taillis associé lorsqu'il n'y a pas d'enjeu de verger de production ou de sylvo-pastoralisme (ces activités supposent l'entretien d'une strate herbacée).

4.3.5. Vers une meilleure valorisation de la gestion durable de la forêt

Le développement d'une certification forestière garante d'une forêt multifonctionnelle gérée durablement est nécessaire à l'encouragement et la valorisation des efforts réalisés par les gestionnaires et les propriétaires. La certification des bois (principalement PEFC et FSC) permet l'accès à certains marchés et les acteurs de la filière bois doivent être encouragés à s'en doter. Les mesures imposées par ces certifications sont tout à fait compatibles avec les objectifs de la charte du Parc national (respect des sols et des milieux, choix des essences...). Le Parc national a la volonté d'encourager un approvisionnement local et la gestion durable, favorable à la biodiversité des forêts.

Les acteurs forestiers sont très sensibles à la question de l'impact du changement climatique sur la gestion à long terme. Il apparaît que l'état de santé de certaines essences en limite d'aire de répartition serait amené à se dégrader. Quelques constatations ressortent d'ores et déjà : les aléas climatiques à répétition seraient responsables de la défoliation et du dépérissement d'essences comme l'épicéa ou le frêne, la question de la place du hêtre dans les stations de basse altitude se pose. Cependant ces incertitudes ne doivent pas inciter à des substitutions d'essences à large échelle mais au contraire les règles de sylviculture doivent s'attacher au mélange d'essences et à l'irrégularisation des peuplements pour plus de stabilité face aux changements climatiques.

Conclusion

Du fait de sa rareté et de ses mœurs très forestières rendant difficile son observation, la Barbastelle d'Europe a été moins étudiée que la plupart des autres chiroptères. Mes résultats tendent à montrer une préférence pour les milieux forestiers mélangés, principalement de hêtre et de pin sylvestre dans notre zone d'étude. Les barbastelles ont essentiellement chassé dans les vallons et assez fréquemment en bord de cours d'eau. Ce milieu offre des lisières qu'elles affectionnent. Les lisières internes des peuplements mélangés semblent aussi appréciées. Les gros bois constituent probablement un élément majeur dans l'attrait du milieu pour les barbastelles sans que mon étude ne permette de le vérifier. De même, la forte stratification du peuplement est connue pour jouer un rôle important pour de nombreuses espèces de chiroptères (Meschede et Heller, 2003). Certains peuplements faiblement mélangés sont parfois utilisés comme les châtaigneraies ou les peuplements lâches de pin. C'est donc avant tout une mosaïque de milieux variés capables d'offrir une source alimentaire tout au long de la saison d'activité des chiroptères qu'il est important de conserver.

Une disponibilité en milieux d'une grande richesse n'a de sens que si des gîtes proches peuvent être occupés. C'est pour cette raison qu'une part de mon travail s'est attachée à décrire les gîtes recensés. Si les mâles semblent s'adapter à une large gamme de gîtes, les femelles sont plus exigeantes pour former les colonies. Il est probable qu'elles s'installent préférentiellement dans des endroits offrant un réseau d'arbres morts de gros diamètre.

La conservation de la diversité biologique étant un engagement fort des politiques forestières, la gestion durable des forêts se doit de respecter les exigences de cette espèce. Il n'existe pas de milieu « type » à rechercher mais une diversité à l'échelle du paysage. À l'échelle du peuplement, ceci passe par des traitements en faveur d'une plus forte hétérogénéité dans les structures (lisières, strates...) et la composition. Par ailleurs, ces éléments sont garants d'une plus grande stabilité face aux risques et aux évolutions du climat.

L'application de règles de sylviculture durable dans un territoire d'une grande richesse culturelle et naturelle tel que le cœur du Parc national des Cévennes passe par un certain nombre d'engagements et de mesures prises par les partenaires comme l'Office national des forêts ou les propriétaires privés. L'une de ces mesures est la mise en place d'une trame de vieux bois. Un exemple d'application pour la définition des îlots de sénescence illustre comment les connaissances acquises lors d'un suivi par radio télémétrie peuvent être transposées en propositions pour le gestionnaire.

Du fait de ces exigences écologiques fortes, la Barbastelle d'Europe apparaît comme une espèce potentiellement indicatrice d'un bon fonctionnement écologique de l'écosystème forestier et plus généralement des forêts à forte naturalité. Il est toutefois délicat de définir la naturalité d'un peuplement : il peut s'agir d'un gradient d'anthropicité du milieu (cas de l'arrêt de toute perturbation d'origine humaine), ou d'un gradient de fonctionnalité biologique (lorsque les interventions humaines conduisent à augmenter la fonctionnalité et la diversité du milieu). Le cas particulier des barbastelles pourrait montrer qu'une sylviculture prêtant attention aux éléments indispensables au bon fonctionnement de l'écosystème forestier, est en mesure d'assurer un niveau de naturalité acceptable, du moins pour les chauves-souris forestières. Ces peuplements sont complémentaires d'une trame de boisements à forte naturalité d'origine anthropique (RBI, îlots de sénescence âgés...) présentent un intérêt biologique certain et notamment une offre en gîtes pour les chauves-souris arboricoles. Ainsi, la connaissance des espèces et de leur habitat est un préalable indispensable à la conservation.

Références bibliographiques

- AEBISCHER N., ROBERTSON P. et KENWARD R. 1993. *Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data.* Ecology, n° 74, p. 1313-1325.
- ANDREAS M., REITER A. et BENDAS P. 2012 *Prey selection and seasonal diet changes in the western barbastelle bat* (Barbastella barbastellus). Acta Chiropterologica, n° 14, vol. 1, p. 81-92.
- ARTHUR L. et LEMAIRE M. 2009 Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Mèze : Biotope éd. 544 p. (Collection Parthénope).
- BARATAUD M., 1999 Structures d'habitats utilisés par la barbastelle en activité de chasse. Premiers résultats. Dans : ROUE S.Y. et BARATAUD M. Habitat et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice. Le Rhinolophe, numéro spécial, p. 111-117.
- BARATAUD M. 2004 *Relationship of Barbastella barbastellus (Schreber, 1774)* sonar with its habitat and prey. Le Rhinolophe, no 17, p.87-100.
- BARATAUD M. et SFEPM 2002 Etude des habitats de chasse potentiels de la Barbastelle (Barbastella barbastellus Chiroptera) autour de colonies de mise-bas non publié.
- BENSETTITI F. et GAUDILLAT V. 2004 Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire La Documentation française, tome 7, p. 54-56.
- BOLNICK D.I., SVANBACK R., FORDYCE J.A., YANG L.H., DAVIS J.M., HULSEY C.D. et FORISTER M.L.. 2003 *The Ecology of Individuals: Incidence and Implications of Individual Specialization* The American Naturalist, n° 161, p.1-28.
- CALENGE C. 2006 The package adehabitat for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals Ecological Modelling, n° 197, p. 516-519.
- CALENGE C. 2011 Exploratory Analysis of the Habitat Selection by the Wildlife in R: the adehabitatHS Package CRAN R-Project Disponible sur: http://cran.r-project.org/web/packages/adehabitatHS/vignettes/adehabitatHS.pdf
- CHAUVIN H. 2010 Etude des gîtes et des territoires de chasse de la Barbastelle, Barbastella barbastellus, en forêts domaniale de l'Aigoual, en vue d'une gestion forestière conservatoire Paris : Université Pierre et Marie Curie ; Master 2 « Expertise Faune Flore, inventaire et indicateurs de biodiversité » 30 p. (Rapport de stage).
- CHESSEL D., DUFOUR A.B. et THIOULOUSE J. 2004 *The ade4 package-I-One-table methods*. R News, n° 4, p. 5-10.
- DIETZ C., VON HELVERSEN O. et DIETMAR N. 2009 L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé 399 p. (Collection Les encyclopédies du naturaliste).
- FEBVRE V. 2010 Les forêts anciennes du Parc national des Cévennes Contribution à l'élaboration d'une stratégie de gestion et de préservation Nancy : AgroParisTech-Engref ; formation des ingénieurs forestiers 139 p. (Rapport de stage).

- FESQUET F. 2007 L'Aigoual forestier, histoire d'une reconquête. 1860-1914 L'Atelier d'édition 202 p. (Collection Lieux communs).
- GIRARD-CLAUDON J. et VINCENT S. 2008 Etudes des gîtes et habitats de chasse de la Barbastelle Barbastella barbastellus dans l'avant-pays savoyard, en vue de sa conservation Groupe Chiroptères Rhône-Alpes et CORA Faune sauvage 49 p.
- GODINEAU F. et PAIN D. 2007 *Plan de restauration des chiroptères en France métropolitaine*, 2008-2012 Société française pour l'étude et la protection des mammifères et Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables 79 p.
- GREENAWAY F. et HILL D. 2004 *Advice for the management of fligthlines and foraging habitats of the barbastelle bat* Barbastella barbastellus English Nature Research Reports, n° 657, 30 p.
- GRINNELL J. 1917 The niche relationship of the Californian Thrasher AUK, n° 34, p. 427-433.
- JANZEKOVIC F. et NOVAK. T. 2012 *PCA*, a powerful method for analyze ecological niches, principal component analysi.s Dans : Multidisciplinary Applications / P. Sanguansat éd. InTech, p. 127-142.
- JOUAN D., BOREL C., POUPART T., CORNUT J., GAMARDE M. et CHASSETTE Y. 2010 Etude de la Barbastelle d'Europe dans le massif forestier de Montiers-sur-Saulx (55) CEPESC Lorraine 38p. (Rapport d'étude).
- KENNEDY C.E.J. et SOUTHEWOOD T.R.E. 1984 The number of species of insects associated with British trees: a re-analysis The Journal of Animal Ecology, vol. 53, n° 2, p. 455-478.
- LARRIEU L. et CABANETTES A. 2012 Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests Canadian Journal of Forest Research n° 42, p. 1433-1445.
- MACARTHUR R. et PIANKA E.R. 1966 *On optimal use of a patchy environment* American Naturalist n^o 100, p. 603-609.
- MANLY B., MCDONALD L., THOMAS D., MACDONALD T. et ERICKSON W. 2002. Resource selection by animals: Statistical design and analysis for field studies Boston: Kluwer Academic Publisher 221 p.
- MESCHEDE A. et HELLER K.G. 2003 *Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier* Le Rhinolophe, n° 16, 248 p.
- OFFICE NATIONAL DES FORÊTS. 2009a Conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques. Paris : Office national des forêts n° INS-09-T-71, 11 p. (Instruction).
- OFFICE NATIONAL DES FORÊTS. 2009b Îlots de vieux bois Paris : Office national des forêts N° NDS-09-T-310., 6 p. (Note de service).
- PARC NATIONAL DES CÉVENNES. 1997 Recommandations de sylviculture pour la zone centrale du Parc national des Cévennes 57 p. (Document technique).
- PARC NATIONAL DES CÉVENNES. 2005 Objectifs, définition et mise en œuvre des îlots de sénescence 4 p. (Note du Comité scientifique).
- PARC NATIONAL DES CÉVENNES. 2012a *Charte* 107 p. (Projet de Charte adopté par le conseil d'administration du 21 juin 2012).

- PARC NATIONAL DES CÉVENNES. 2012b *Modalités d'application de la réglementation du cœur du Parc national des Cévennes* 81 p. (Projet de Charte adopté par le conseil d'administration du 21 juin 2012).
- R Development Core Team 2012 R: A language and environment for statistical computing R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ROBINEAU R., Bachelard P., Bérard R., Colomb C., Demerges D., Doux Y, Fournier F., Gibeaux C., Maechler J., Schmit P. et Tautel C. 2007 *Guide des papillons nocturnes de France* Paris : Delachaux et Niestlé 288 p. (Collection Les Guides du naturaliste).
- RUSSO D., CISTRONE L., JONES G. et MAZZOLENI S. 2004 Roost selection by barbastelle bats (Barbastella barbastellus, Chiroptera: Vespertilionidae) in beech woodlands of central Italy: consequences for conservation Biological conservation, n° 117, p.73-81.
- RYDELL J., NATUSCHKE G., THEILER A. et ZINGG P.E. 1996 *Food habits of the Barbastelle bat* Barbastella barbastellus Ecography, no 19, p. 62-66.
- SENIOR P., BUTLIN R.K. et ALTRINGHAM J.D. 2005 Sex and segregation in temperate bats Proceeding of the Royal Society Biology, n° 272, p. 2467-2473.
- SIERRO A. 1994 Ecologie estivale d'une population de Barbastelles (B. barbastellus, Schreber 1774) au Mont Chemin (Valais) : sélection de l'habitat, régime alimentaire et niche écologique Neuchâtel 78 p. (Travail de diplôme Universitaire).
- SIERRO A. et ARLETTAZ R. 1997 Barbastelle bats (Barbastella spp.) specialize in the predation of moths: implications for foraging tactics and conservation Acta Oecologica, n° 18, vol. 2, p. 91-106.
- TILLON L. 2008 Inventorier, étudier ou suivre les chauves-souris en forêt, Conseils de gestion forestière pour leur prise en compte Paris : Office national des forêts Département Biodiversité, Direction de l'Environnement et du Développement Durable, Paris 88 p.
- VINET O. et SANE F. 2009 *Radiopistage de la Barbastelle en forêt domaniale de l'Aigoual Session 2009, Site de Roquedols* Mende : Office national des forêts ; Direction territoriale Méditerranée 43 p. (Rapport d'étude).
- VINET O., SANÉ F., CHAUVIN H. et LONG A. 2011 Radiopistage de la Barbastelle en forêt domaniale de l'Aigoual Sessions 2010 et 2011, Site de Saint-Sauveur Camprieu Mende : Office national des forêts ; Direction territoriale Méditerranée 80 p. (Rapport d'étude).

Sites internet:

Union internationale pour la conservation de la nature, 2011 — *The IUCN Red List of Threatened Species*. — Consulté le 27/08/2012 — http://www.iucnredlist.org

Union internationale pour la conservation de la nature France, Muséum national d'histoire naturelle, Société française d'étude et de protection des mammifères et Office national de la chasse et de la faune sauvage, 2009 — La Liste rouge des espèces menacées en France — Voir chapitre Mammifères de France métropolitaine — Paris — En téléchargement : http://inpn.mnhn.fr.

Agreste, 2012 — *Memento filière bois et forêt* — Consultée le 12/09/2012 — http://agreste.agriculture.gouv.fr/publications/memento-filiere-foret-bois/article/memento-filiere-foret-bois-7784

Liste des contacts

Nom	Prénom	Organisme	Poste	Coordonnées	Adresse
Bertrand	Nicolas	Parc national des Cévennes	Agent technique de l'environnement	Col de la Serreyrède, L'Espérou, 30570 Valleraugue	nicolas.bertrand@cévennes- parcnational.fr
Lacombe	Claire	Office national des forêts	Responsable service bois	5 Avenue Mirandol, 48000 Mende	claire.lacombe@onf.fr
Noblecourt	Thierry	Office national des forêts	Responsable du Laboratoire National d'Entomologie Forestière	Laboratoire National DT Méditerrannée	
Quekenborn	Delphine	Groupe chiroptère Provence	Chargée d'étude	Rue Villeneuve, 04230 Saint Etienne les Orgues	
Sané	Fabien	Association Lozèrienne d'étude et de protection de l'environnement	Directeur	Montée de Julhers - 48000 BALSIÈGES	alepe-dir@wanadoo.fr
Séon	Jean	Parc national des Cévennes	Chef d'antenne Aigoual	Col de la Serreyrède, L'Espérou, 30570 Valleraugue	jean.seon@cevennes- parcnational.fr
Toiron	Laurent	Office national des forêts	Service aménagement	5 Avenue Mirandol, 48000 Mende	laurent.toiron@onf.fr

Glossaire

Aménagement : document de gestion durable approuvé par l'État et comportant l'analyse approfondie d'une forêt publique, fixant les objectifs poursuivis et prescrivant les opérations à réaliser pendant une période déterminée, de l'ordre de 20 ans.

Embâcle: obstruction d'un cours d'eau par des billes de bois par exemple.

Essence : terme forestier désignant une espèce, une sous-espèce ou une variété d'arbres. Il pourra dans certains cas désigner un regroupement d'espèces.

Forêt ancienne : forêt ayant subit une continuité de l'état boisé sur une période donnée et quelque soit l'âge du peuplement, sa composition et la gestion qui y a été pratiqué. On a pris dans notre cas la date de 1850 (carte d'état major) comme référence de l'état boisé

Forêt domaniale : forêt appartenant au domaine privé de l'état et relevant du régime forestier.

Futaie irrégulière : traitement qui consiste à appliquer sur une même unité de gestion des opérations sylvicoles combinées (récolte, amélioration, régénération).

Futaie par parquet : futaie composée de peuplements élémentaires homogènes en structure, de taille unitaire supérieure à 50 ares.

Futaie régulière : peuplement forestier composé d'arbres issus de semis ou de plants et dont la distribution des diamètres est unimodale. C'est aussi un mode de traitement caractérisé par la séparation des interventions dans les différents peuplements en fonction de leur âge ou de leur catégorie de grosseur.

Orthophotographie : image aérienne ou satellitale de la surface terrestre rectifiées géométriquement et pouvant être géoréférencée.

Peuplement : ensemble des végétaux ligneux, arbustes et arbrisseaux exclus, croissant sur une surface donnée.

Régime forestier : ensemble des dispositions législatives et réglementaires, déterminées par le code forestier en vue d'assurer la conservation et la mise en valeur des forêts publiques.

Strate : tranche horizontale du volume aérien occupé par un peuplement forestier.

Structure : organisation spatiale d'un peuplement forestier du point de vue de la répartition des tiges. On distinguera les modalités suivantes : futaie régulière, futaie irrégulière, taillis et taillis sous futaie.

Surface terrière : somme des sections à 1,30 m du sol de tous les arbres précomptables (généralement les tiges de diamètre supérieur à 17,5 cm), exprimée en m²/ha.

Taillis : peuplement issu de rejets de souche ou de drageons.

Taillis sous futaie : taillis simple surmonté d'une futaie.

Traitement : ensemble des interventions (coupes et travaux sylvicoles) appliqués à un peuplement en vue de le maintenir ou de le faire évoluer vers une structure déterminée.

Trophique : propre à l'alimentation ou qui concerne celle-ci.

Code des essences

HET Hêtre, Fagus sylvatica

CHE Chêne sessile / Chêne pédonculé, Quercus petraea / Quercus robur

CHY Chêne pubescent, Quercus pubescens

CHV Chêne vert, Quercus ilex

CHT Châtaignier, Castanea sativa

BOU Bouleaux divers, *Betula sp.*

AUL Aulnes divers, *Alnus sp.*ALB Alisier blanc, *Sorbus aria*

ERA Érables divers, *Acer sp*.

FRE Frênes divers, Fraxinus sp.

MAR Marronnier, Aesculus hippocastanum

PPP Poirier / Prunier / Prunier, Pyrus sp. / Malus sp. / Prunus domestica

PEU Peupliers divers, *Populus sp.*

SAU Saules divers, Salix sp.TIL Tilleuls divers, Tilia sp.TRE Tremble, Populus tremula

SOR Sorbier des oiseleurs, Sorbus aucuparia

MER Merisier, *Prunus avium*

CER Cerisier, *Prunus sp.*

NOI Noisetier, Corylus avellana

NOY Noyer, Juglans regia

ORM Ormes divers, *Ulmus sp.*

PLA Platane, *Platanus x acerifolia*DOU Douglas, *Pseudotsuga menziesii*

EPI Épicéa, Picea abies

MEE Mélèze d'Europe, *Larix decidua*PL Pin laricio, *Pinus nigra laricio*

PN Pin noir, *Pinus nigra nigra*PS Pin sylvestre, *Pinus sylvestris*

PX Pin à crochets, Pinus uncinata

THU Thuya, Thuja sp.

SP Sapin pectiné, Abies alba