



**Inventorier, étudier ou suivre les chauves-souris en forêt,
Conseils de gestion forestière pour leur prise en compte.**

Synthèse des connaissances.



Laurent Tillon,

**Animateur du réseau Mammifères,
Chargé de mission Faune Biodiversité,
Département Biodiversité, Direction de l'Environnement et du Développement Durable,
2, avenue de Saint-Mandé, 75570 Paris Cedex 12.**

(mars 2008).

Avertissement.

Cette synthèse sur les chiroptères ne se veut pas exhaustive, dans la mesure où il est très difficile de suivre toute la bibliographie sur les chiroptères. Malgré tout, elle propose un large éventail des connaissances actuelles sur les liens entre ces espèces et la forêt.

A l'aube du second Plan National de Restauration sur les Chiroptères, qui comporte pour la première fois un volet forestier (fiche action n°9), il était important de proposer un état des lieux de ce que la Science peut apporter au Gestionnaire, quitte à ce que ce document soit discuté. Il comporte plusieurs parties, sur l'écologie des espèces en forêt, sur les techniques d'étude (inventaires et suivis), et enfin sur des aspects de gestion favorable à chauves-souris en forêt. Pour le moment, cette synthèse a surtout pour objectif de donner des arguments en faveur de la prise en compte de ces espèces en forêt, et particulièrement dans les forêts publiques. Quel que soit le lecteur, il ne faut donc pas voir les différentes propositions de protocoles ou d'orientation de gestion comme faisant consensus entre tous les acteurs travaillant actuellement sur les chiroptères. Il s'agit plutôt d'une proposition du réseau Mammifères et du Département Biodiversité (Direction de l'Environnement et du Développement Durable) de l'Office National des Forêts pour les gestionnaires de forêts relevant du régime forestier, au regard de l'expérience acquise depuis de nombreuses années. Ce document pourra évoluer en fonction des remarques de chacun, pour donner naissance à un nouveau document qui correspondra aux attentes de chacun.

Remerciements.

Je tiens avant tout à remercier tous mes collègues de l'ONF qui ont très largement contribué à améliorer les connaissances sur les chiroptères en forêt, mais aussi à les faire connaître auprès d'un très large public de forestiers. Sont principalement visés les membres du réseau Mammifères, sans lesquels ce document n'existerait pas. Les plus actifs dans ce réseau se reconnaîtront. Merci à eux.

Merci aussi à tous les naturalistes qui nourrissent quotidiennement les réflexions sur ce thème. Ils sont nombreux. Sans vouloir les citer tous, que ceux qui m'accompagnent régulièrement sur le terrain soient très sincèrement remerciés, en particulier Azimut 230, Chauves-Souris Auvergne, et le Groupe Chiroptères Corse. Sans eux, bon nombre d'éléments présentés ici n'auraient pas pu être découverts.

Enfin, un énorme merci à ceux qui me soutiennent au quotidien, en particulier Allowen, pour avoir relu en partie ce document.

Inventorier, étudier ou suivre les chauves-souris en forêt, Conseils de gestion forestière pour leur prise en compte. Synthèse des connaissances.

Sommaire.

<i>Préambule</i>	6
1- Quelques rappels sur la biologie et l'écologie des espèces.	8
1,1- Les chiroptères en forêt tempérée.	8
1,2- Gestion conservatoire des forêts, responsabilités du gestionnaire.....	14
1,3- Les chauves-souris européennes, de bons indicateurs ?	15
2- Inventorier, suivre ou étudier les chiroptères en forêt.	17
2,1- Informations préalables à la présentation des techniques d'inventaire et de suivi des chiroptères en forêt.	17
2,2- Les techniques d'observation des chauves-souris.	18
2,2,1- <i>L'examen de la bibliographie.</i>	18
2,2,2- <i>Prise en compte des gîtes lors d'inventaires ou de suivis.</i>	19
2,2,3- <i>Activité des chauves-souris.</i>	21
2,3- Quels protocoles utiliser pour quelles études particulières ?	29
2,3,1- <i>Inventorier et cartographier les chauves-souris en forêt.</i>	29
2,3,2- <i>Impacts d'infrastructures linéaires (routes, chemin de fer), ouverture de pistes forestières.</i>	30
2,3,3- <i>Impacts présumés sur des parcs éoliens.</i>	31
2,3,4- <i>Fermeture ou destruction de bâtiments.</i>	31
2,3,5- <i>Réaménagement d'ouvrages d'art.</i>	31
2,3,6- <i>Fermeture de mines et de sites souterrains.</i>	32
2,3,7- <i>Expertise pour le maintien d'arbres à chiroptères.</i>	32
2,3,8- <i>Remarque générale.</i>	32
3,1- Les gîtes naturels.....	36
3,2- Les cavités souterraines.....	38
3,3- Le bâti forestier et les ouvrages d'art (type ponts ou aqueducs).	39
3,4- Gestion des terrains de chasse et des sites de transit.	40
4- Monographies	42
4,1- Le Grand Rhinolophe.....	43
4,2- Le Petit Rhinolophe	44
4,3- Le Rhinolophe euryale.....	45
4,4- Le Rhinolophe de Mehely.....	46
4,5- Le Murin de Daubenton	47
4,6- Le Murin de Capaccini.....	48
4,7- Le Murin des marais.....	49
4,8- Le Murin d'Alcathoe	50
4,9- Le Murin de Brandt.....	51
4,10- Le Murin à moustaches	52
4,11- Le Murin à oreilles échancrées	53
4,12- Le Murin de Natterer	54
4,13- Le Murin de Bechstein	55
4,14- Le Grand Murin	56
4,15- Le Petit Murin.....	57
4,16- Le Murin du Maghreb.....	58
4,17- La Noctule commune.....	59
4,18- La Noctule de Leisler.....	60
4,19- La Grande Noctule.....	61
4,20- La Sérotine commune.....	62
4,21- La Sérotine de Nilsson	63
4,22- La Sérotine bicolore.....	64

4,23- La Pipistrelle commune.....	65
4,24- La Pipistrelle pygmée	66
4,25- La Pipistrelle de Nathusius	67
4,26- La Pipistrelle de Kuhl.....	68
4,27- Le Vespère de Savi.....	69
4,28- L'Oreillard roux	70
4,29- L'Oreillard gris.....	71
4,30- L'Oreillard montagnard	72
4,31- La Barbastelle d'Europe	73
4,32- Le Minioptère de Schreibers.....	74
4,33- Le Molosse de Cestoni	75
4,34- Proies principalement consommées par les chiroptères européens (tiré de Godineau & S.F.E.P.M., 2007).	76
5- Bilan global.....	79
<i>Conclusion.</i>	81
<i>Bibliographie.</i>	82

Préambule.

Pourquoi la prise en compte de la biodiversité, et particulièrement des chauves-souris en forêt, est-elle aussi importante à prendre en compte par le gestionnaire ?

Historiquement, les forêts ont été largement morcelées, rajeunies, par une surexploitation, particulièrement par l'exploitation pour le bois de chauffage. Ce phénomène a vraisemblablement entraîné une diminution très forte des niches disponibles à la fois pour la faune arboricole, et pour les espèces liées aux vieux bois et au bois mort (Schnitzler-Lenoble, 2002; Tillon *et al.*, 2007; Vallauri *et al.*, 2005). De fait, comment les espèces ont pu éviter le fameux goulot d'étranglement¹ décrit par les écologistes ? La faune a du se réfugier dans tous les milieux favorables autour des forêts. Les haies et autres arbres nombreux et dispersés dans le paysage (comportant en général beaucoup de cavités et de bois morts) ont joué un rôle essentiel dans le maintien de toute cette biodiversité souvent très spécialisée. Par la suite, les paysages de nos campagnes ont évolué vers une recolonisation forestière (à partir de 1857) (Tillon *et al.*, 2005). Les habitats jusqu'alors en partie disparus de nos paysages forestiers sont réapparus, permettant notamment la reconquête par les espèces cavicoles (la progression de certains pics vers l'ouest pour gagner les forêts de la façade atlantique est d'ailleurs récente (années 1980), le temps nécessaire à leur recolonisation étant très important).

Tableau 1 : Etat historique récapitulatif des surfaces forestières estimées en France (d'après Tillon *et al.*, 2005)

Période	Taux de boisement
- 5000	80%
- 52	55%
50	50%
700	40%
1346	35%
1500	30%
1600	25%
1850	13%
1880	17%
1999	28%
2006	30%

L'histoire récente des paysages (depuis la Seconde Guerre Mondiale) montre une modification profonde des capacités d'accueil de tous ces milieux connexes à la forêt. La forêt a gagné du terrain sur les paysages agricoles et a vieilli depuis la moitié du XIX^{ème} siècle, proposant à nouveau des microhabitats qui avaient disparu, tels les cavités et autres bois déperissants ou morts. De fait, les forêts jouent aujourd'hui un rôle prépondérant pour la conservation de la biodiversité, et non des moindres. Les études montrent qu'environ 20 à 25% de la biodiversité forestière est concernée par ces habitats caractéristiques des stades vieillissants de la forêt. Parmi elles, les espèces en bout de chaîne alimentaire, ou dont l'évolution des effectifs peut traduire un déséquilibre au niveau de la chaîne trophique, voire des dysfonctionnements au niveau de l'ensemble de l'écosystème (elles sont dites espèces « clés de voûte ») peuvent aider le gestionnaire à évaluer l'impact de sa gestion sur l'ensemble de la biodiversité. Les chauves-souris, mammifères volants pour la plupart insectivores en Europe, n'échappent pas à cette règle (Entwistle *et al.*, 1997; Miller *et al.*, 2003; Mills *et al.*, 1996; Siero, 1999). Au-delà même de leur capacité à traduire l'état de santé de nos forêts, il est aussi très important de les considérer comme des alliées pour le monde forestier, car capables d'une voracité très importante vis-à-vis de leurs proies, dont certains insectes ravageurs des forêts lors des pullulations. Le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) par exemple, espèce parmi les plus forestières, se nourrit à l'époque des chenilles de tordeuse en majeure partie de ces animaux (jusqu'à plusieurs dizaines à centaines par nuit et par individu) (Roué & Barataud, 1999). Cet intérêt est souvent difficile à apprécier pour le gestionnaire. Pourtant, sa capacité à intégrer ces animaux dans la gestion ne pourra que contribuer à aider la forêt à être plus résiliente (Tillon, 2005a).

¹ Un milieu offre un certain potentiel d'accueil (microhabitats) pour chaque espèce qui lui est inféodé, sur un espace donné. Si les microhabitats viennent à disparaître tous en même temps, l'espèce liée vient à disparaître automatiquement, surtout si aucune zone refuge ne lui est offerte à proximité. Même si le milieu offre à nouveau des microsites favorables quelques années après, l'absence temporelle (ou spatiale) de capacités d'accueil a empêché le maintien de l'espèce considérée, entraînant sa disparition. Les scientifiques appellent ce phénomène un goulot d'étranglement.

Quoi qu'il en soit, les chiroptères subissent de plein fouet ces modifications du paysage et les changements de disponibilités en proie alimentaire qui s'en suivent. Cela se traduit depuis les années 1960 par une baisse des effectifs des espèces les plus sensibles. L'histoire ne s'arrête pas là. Le contexte climatique global nourrit l'imagination de certains scientifiques. Il est possible que nous perdions dans les prochaines décennies de 1 à 9% des espèces de Mammifères terrestres en Europe, et que jusqu'à 78% soient menacées de disparition. Ce phénomène toucherait d'ailleurs principalement le pourtour méditerranéen (Levinsky *et al.*, 2007). Quel avenir pour nos chiroptères dans ce contexte ? Difficile à dire. Mais il paraît évident que l'effort de conservation doit d'autant plus porter sur les taxons fragilisés. Parce qu'il compte parmi les milieux les moins fortement modifiés par l'homme (dans son intégrité et son fonctionnement « normal »), les scientifiques s'accordent à dire que la forêt constitue aujourd'hui une zone refuge pour la plupart des espèces de chauves-souris (Arnett, 2003; Kunz & Fenton, 2003; Mayle, 1990a; Mitchell-Jones *et al.*, 1993; Racey & Entwistle, 2003). De plus, la gestion pratiquée peut avoir un impact parfois conséquent sur le comportement des animaux, en particulier sur la capacité d'accueil du milieu (Meschede & Heller, 2003).

Au-delà de ce constat, toutes les espèces de chiroptères sont protégées par la Loi, ainsi qu'une partie de leurs habitats (dont les gîtes). Au niveau européen, le réseau Natura 2000 et la Directive Habitats-Faune-Flore contribuent à définir des espaces pour lesquels les Etats et l'Europe s'engagent à apporter des moyens afin de conserver les populations de chiroptères. Plusieurs pays ont même signé un accord (EUROBATS) pour que des engagements forts soient pris en faveur de leur protection. La forêt est le point n°1 pour lequel l'effort de conservation doit être largement porté. Au niveau français à nouveau, un plan de restauration 2^{ème} génération insiste même sur la nécessité pour la forêt d'intégrer ces espèces, via notamment une fiche action spécifique sur la forêt, à développer sur la période 2008-2012. De plus, les nouveaux arrêtés de protections d'espèces du 23 avril 2007 indiquent bien que toutes les espèces de chiroptères sont protégées, ainsi que leurs aires de repos et de reproduction. Le forestier doit donc prendre en compte ces animaux lors de la prévision d'actions de gestion en forêt. On peut même dire qu'**il a la responsabilité de la conservation en France de la plupart des espèces de chiroptères** (soit pour le gîte, soit pour la chasse, soit pour les 2).

Ce document vise à aider les personnes ou structures qui seraient amenées à engager ou prévoir des actions de gestion, de l'aménagement au martelage, du simple inventaire à l'étude de fond, sur les espaces protégés (Natura 2000, RB, RN...) ou non, voire au suivi des chauves-souris en système forestier.

Après quelques rappels succincts sur la biologie et l'écologie des espèces (permettant de comprendre les différents points abordés postérieurement), les différentes composantes pour l'étude, l'inventaire ou le suivi de chauves-souris en zone forestière seront abordés, suivis par des aspects liés à la gestion de la forêt prenant en compte ce groupe taxonomique.

1- Quelques rappels sur la biologie et l'écologie des espèces.

Les chauves-souris sont des Vertébrés à longévité élevée (plus de 40 ans chez certaines espèces). Si elles sont peu nombreuses, (33 espèces recensées en France en 2007, chiffre qui devrait encore évoluer dans les prochaines années (Evin comm. pers.)), elles restent encore relativement méconnues. Pour preuve, 4 ont été décrites depuis 1999.

Seuls mammifères capables de vol actif, elles se déplacent dans les trois dimensions, de nuit, en utilisant un système d'écholocation pour se repérer. Leur régime alimentaire, insectivore en Europe (sauf une exception, *Nyctalus lasiopterus* chassant occasionnellement des oiseaux en migration), fait d'elles des organismes vivants participant au contrôle des pullulations d'insectes dits « ravageurs » nocturnes des forêts. En forêt justement, leur rôle n'est pas encore bien cerné, mais on sait qu'elles interviennent fortement sur le fonctionnement de tout l'écosystème (Meschede & Heller, 2003; Tillon, 2005a). Prédatrices, elles se trouvent parmi les espèces en bout de chaîne alimentaire, et accumulent les contraintes ou les pollutions que l'Homme impose aux milieux qu'il exploite.

En hiver, le froid limite considérablement la quantité de proies disponibles. Les chauves-souris se retrouvent donc dans l'obligation d'hiverner. Certaines espèces auront toujours la capacité de s'éveiller pour glaner les quelques insectes disponibles lors des phases de redoux, pour se rendormir lors des périodes de grand froid. Cela a notamment été démontré pour *Pipistrellus pipistrellus* (Avery, 1985). D'autres espèces resteront en léthargie tout l'hiver. A partir de mars, les animaux s'éveillent, reconstituent leurs réserves de graisse consommées pendant l'hiver, et commencent à se rassembler en colonie. C'est en juin ou juillet que les femelles mettent bas un à deux jeunes (très rare), qu'elles élèvent et allaitent pendant le mois qui suit la naissance. Puis le jeune s'émancipe, commence à voler, en suivant notamment les adultes sur les terrains de chasse propices (cela a été démontré pour *Myotis bechsteinii* (Kerth *et al.*, 2001a)). En forêt, toute cette période se traduit par l'utilisation de gîtes très spécifiques. La plupart des espèces choisissent en effet un type de gîte très particulier au regard de l'ensemble des cavités disponibles (Pénicaud, 2000, 2002; Tillon, 2005b). Le nombre de gîtes occupés en une année par une colonie peut être très élevé en forêt (on sait qu'il faut près de 50 gîtes naturels pour *Myotis bechsteinii* sur une année, avec un maximum de mouvement autour de l'été (Kerth *et al.*, 2001b)). A partir de l'automne, les mâles se rassemblent sur des sites où ils appellent les femelles dans le but de s'accoupler. Ces gîtes ou sites dits de « *swarming* » ou d'essaimage jouent un rôle très important pour les flux de gènes au sein d'une population (Parsons & Jones, 2003; Parsons *et al.*, 2003a; Parsons *et al.*, 2003b; Petit, 2005; Sendor & Simon, 2003). C'est aussi le moment de reconstituer les graisses qui permettront de passer l'hiver. L'hivernage reprend à partir de novembre.

Tous ces éléments imposent à l'observateur de prendre en compte l'intégralité de la phénologie des chauves-souris, donc de mettre en place des dispositifs d'observation adaptés à chaque saison. Les opérations de gestion doivent aussi tenir compte de l'ensemble des contraintes exercées par les saisons sur les populations.

1,1- Les chiroptères en forêt tempérée.

Plusieurs facteurs déterminent la distribution des chiroptères sous les climats tempérés. Les principaux facteurs étant l'altitude, le pourcentage du couvert forestier, sinon du couvert arboré, la présence de points d'eau, et l'importance du tissu urbain (Jaberg & Guisan, 2001). L'arbre constitue pour la majeure partie des espèces un élément déterminant, au moins pour se nourrir ou se déplacer (Meschede & Heller, 2003; Némoz & Brisorgueil, 2008; Roué & Barataud, 1999). Pour ce qui est de la forêt, les connaissances sur la répartition, l'abondance et l'autécologie des chauves-souris ne sont que fragmentaires (Mills *et al.*, 1996). Pour exemple, on ne recense depuis 1981 que 56 publications sur cette thématique en Amérique du Nord, traitant de 25 espèces non exclusivement forestières, et malgré la forte mobilisation des scientifiques américains sur la connaissance de leur biodiversité (Miller *et al.*, 2003). Si les nord-américains semblent les plus en avance sur le sujet, ils ont été les organisateurs du premier colloque mondial sur les chiroptères en forêt (Victoria en Colombie Britannique, au Canada, Octobre 1995). Les éditeurs du précédent colloque notent d'ailleurs que sur la totalité de la surface forestière des Etats-Unis (dont 51% est composé de bois durs feuillus), seuls les forêts de conifères possèdent des données d'études ou de suivis sur les chauves-souris. La plupart des travaux y traitent principalement de la sélection des sites de gîtes. Parmi eux, 98% ont été réalisés en moins de 3 ans, une seule sur 4 ans. Ces travaux sont d'une durée bien souvent trop courte pour donner la capacité au scientifique de conclure sur ses résultats avec le recul nécessaire en écologie. Les observations ponctuelles subissent, en effet, différents biais, que l'observateur ne peut contrôler qu'avec la multiplicité des observations dans le temps ou dans l'espace (conditions climatiques, réponse d'une population à des conditions spécifiques, ou encore fluctuations naturelles de la population) (Miller *et al.*, 2003). Cette pénurie d'informations s'explique principalement par le caractère

récent des techniques d'observation des chiroptères, comme la prometteuse méthode de détection ultrasonore, et par la difficulté de suivre une population (Fenton, 2003; Mills *et al.*, 1996; O'Shea *et al.*, 2003). Sans compter sur la difficulté de les étudier de nuit (accès aux sites plus difficile, fatigue des observateurs plus importante...).

La composition spécifique d'une forêt peut avoir une grande importance sur le fonctionnement de tout l'écosystème, à la fois vis-à-vis des espèces dépendant étroitement d'une espèce d'arbre (Dajoz, 1998), mais aussi par rapport aux conditions climatiques locales. Les forêts tempérées jouent un rôle fondamental pour les chiroptères. En Europe, elles constituent des territoires de chasse pour certaines espèces (Bernard, 2001; Lesinski *et al.*, 2000; Mayle, 1990a; McAney & Fairley, 1988; Meschede & Heller, 2003), mais proposent aussi des gîtes naturels (Mayle, 1990a; Meschede & Heller, 2003). Elles sont même dans certains cas indispensables pour permettre à certaines espèces de boucler leur cycle biologique en offrant un gîte à un moment de leur cycle annuel, comme c'est le cas pour *Nyctalus noctula*, et d'autant plus pour les espèces ne supportant que très peu les modifications du paysage par l'Homme, comme *Pipistrellus nathusii* ou les *Myotis* européens (Lesinski *et al.*, 2000; Meschede & Heller, 2003). Pour ces espèces, on peut considérer la forêt comme une zone refuge.

Les forêts tempérées d'Europe semblent les plus propices à l'accueil de chiroptères, que ce soit pour les gîtes ou les terrains de chasse, sont principalement composées de feuillus de préférence très âgés (Betts, 1995; Commission, 2005; Crampton & Barclay, 1995, 1998; Entwistle *et al.*, 2001; Humes *et al.*, 1999; Jung *et al.*, 1999; Kerth *et al.*, 2001b; Kronwitter, 1988; Mayle, 1990a, 1990b; Menzel *et al.*, 2002; Miller *et al.*, 2003; Piantanida, 1994; Taylor & Savva, 1988; Thomas, 1988; Tillon, 2001, 2002a; Vonhof, 1995; Waldien & Hayes, 2001). Une faible densité d'arbres de gros diamètres, avec la présence de volis ou de chandelles semble aussi très favorable (Erickson & West, 2003; Kalcounis & Hecker, 1995; Piantanida, 1994; Vonhof, 1995). Ces peuplements sont en général plus accueillants pour les pics, eux-mêmes à l'origine de cavités (Lutsch & Muller, 1988). Enfin, même si les arbres sont jeunes (de 50 à 100 ans), l'hétérogénéité (par le biais d'éclaircies produisant des peuplements assez clairs) apparaît favorable au moins pour la recherche de proies (Humes *et al.*, 1999).

Si on se concentre sur les cavités d'arbres, elles sont très fortement utilisées par les chauves-souris. Les publications sur les types d'arbres et de cavités occupés par ces animaux sont nombreuses, surtout ces dernières années (Arthur & Lemaire, 2002; Barataud *et al.*, 2005a; Beuneux, 2008; Choquené, 2006; Giosa & Fombonnat, 2002; Jaberg *et al.*, 2006; Jay & Tupinier, 2003; Kapfer & Rigot, 2005; Kerth *et al.*, 2001b; Limpens & Bongers, 1991; Meschede & Heller, 2003; Motte & Loibois, 2002; Pénicaud, 2000, 2006; Rideau, 2007; Ruczynski, 2004; Ruczynski & Bogdanowicz, 2005; Russo *et al.*, 2004; Tillon, 2006; Van der Wijden *et al.*, 2002). Tous ces travaux mettent en évidence la grande hétérogénéité des cavités arboricoles utilisées par les chiroptères (résineux, feuillus, vivants ou morts, en plaine comme en montagne, en forêt, dans le bocage, les vergers ou en ville). Pourtant, ces derniers semblent sélectionner certaines cavités au regard de toutes celles qui sont disponibles. Ils apprécient en particulier les fentes et les trous de pics de taille moyenne sur les arbres sains principalement feuillus (les chênes semblent particulièrement sélectionnés par les chauves-souris). Les chiroptères les occupent d'autant plus que leur nombre est important et agrégé. Ces cavités sont les plus hautes possible, à entrée étroite et le plus haut possible dans l'arbre, en particulier sur les charpentières (Tillon, 2005b). Cette étude a aussi montré qu'il est aisé de prédire l'absence d'animaux dans une cavité en tenant compte des seuls critères descriptifs des arbres (dans 96,7% des cas), ainsi que leur présence (94,4%). La prédiction est meilleure quand il s'agit des critères descriptifs des cavités (respectivement 91,1% et 75,4%). Qu'est-ce que ces informations nous apprennent en terme de conservation ? Ces résultats nous indiquent qu'il est possible pour un forestier de prélever des arbres lors de ses actions de gestion sans risquer d'éliminer un arbre gîte, ils sont reconnaissables ! Les risques qu'il se trompe sont en effet très réduits. Si on reprend le travail de synthèse de Pénicaud (2006), il apparaît en effet que les feuillus sont les plus favorables, surtout en plaine. Parmi eux, le chêne apparaît particulièrement attractif. Cela dit, plus on se rapproche des zones de montagne, plus les résineux jouent un rôle pour l'accueil des chauves-souris. Pour exemple, un travail mené en montagne corse (Beuneux, 2008) a mis en évidence l'attractivité du pin laricio pour *Nyctalus lasiopterus*, qui sélectionne ses cavités selon un schéma proche de celui de Tillon (2005b) (cavités les plus hautes possible dans l'arbre, ce dernier étant sain et de gros diamètre). A cause des écoulements de résine, les parties utilisées sont par contre fortement dégradées, voire mortes (Beuneux, 2008). Cette étude montre que d'autres espèces peuvent occuper les résineux (*Barbastella barbastellus*, *Myotis bechsteinii*, *Nyctalus leisleri*). Attention toutefois avec les résineux, les secteurs de grande surface en plantation ne semblent par contre pas riches en chiroptères, tant pour la chasse que pour le gîte.

Pour conclure sur les gîtes, il est vrai que les chiroptères peuvent utiliser tout type de cavité, mais il s'opère une sélection importante globale vers des arbres vivants, d'origine autochtone (chênes dans les forêts feuillues de plaine, pins voire sapin dans les forêts de montagne). Les gîtes sont principalement des trous de pic de taille moyenne et des fentes, et dans une moindre mesure des écorces décollées ou des caries. Plus on va vers des forêts d'origine et de composition artificielles (quant au choix des essences en particulier, ou vis-à-vis de l'âge

d'exploitabilité allant vers le rajeunissement), moins les forêts sont riches en chiroptères et proposent des gîtes accueillants.

A propos de l'activité de recherche de proies par les chauves-souris, les parcelles âgées présentent en général une grande hétérogénéité de structure (avec des arbres de grosse taille, puis d'autres beaucoup plus petits), favorables à la multiplication des habitats et des territoires de chasse, propice à l'accueil de plusieurs espèces (Bradshaw, 1995; Crampton & Barclay, 1995), dont certaines font une utilisation très spécifique de l'écosystème forestier. *Plecotus auritus* et *Myotis nattererii* recherchent leurs proies sur le feuillage en glanant (Shiel *et al.*, 1991). *Barbastella barbastellus* utilise prioritairement les forêts très structurées, même soumises à la production forestière, en priorité pour s'y nourrir (Rydell *et al.*, 1996a; Rydell *et al.*, 1996b; Sierro, 1999; Sierro & Arlettaz, 1997). Certaines espèces utilisent occasionnellement les peuplement résineux, comme *Nyctalus leisleri* (Shiel *et al.*, 1999), voire de manière plus continue dans le temps sur les forêts naturellement composées de résineux, comme c'est le cas pour cette espèce dans les forêts de pins laricio (Beuneux & Rist, 2005). Sur le pourtour méditerranéen, *Rhinolophus euryale* utilise les résineux parce que ce type de peuplement forestier, planté dans la région étudiée, constitue le principal couvert forestier. Or, si ce rhinolophe chasse dans les oliveraies, il a besoin d'un couvert forestier quasi-permanent (Russo *et al.*, 2002). Si l'espèce a su s'adapter, les auteurs ne préconisent pas la mise en place de ces pratiques sylvicoles, bien au contraire...

Si on s'intéresse à certaines régions de France, il est possible de détecter des différences d'utilisation des types d'habitats disponibles par les chiroptères. Pour exemple, une étude en Corse portant sur 14 massifs forestiers a mis en évidence des *preferendums* de certains taxons pour le milieu forestier, en tenant compte de l'altitude (Beuneux & Rist, 2005). Les auteurs de cette étude ont consacré 163 nuits à capturer les chauves-souris. Ils en déduisent donc un taux de fréquentation par espèce (tableau 2). Ils peuvent aussi en déduire l'affinité de chacune des espèces avec les sites d'altitude (figure 1). Ces données sont intéressantes, mais il reste indispensable de considérer que les forêts sont d'autant plus présentes, voire âgées qu'elles sont en altitude. Il apparaît donc normal que les chauves-souris forestières suivent ce schéma altitudinal.

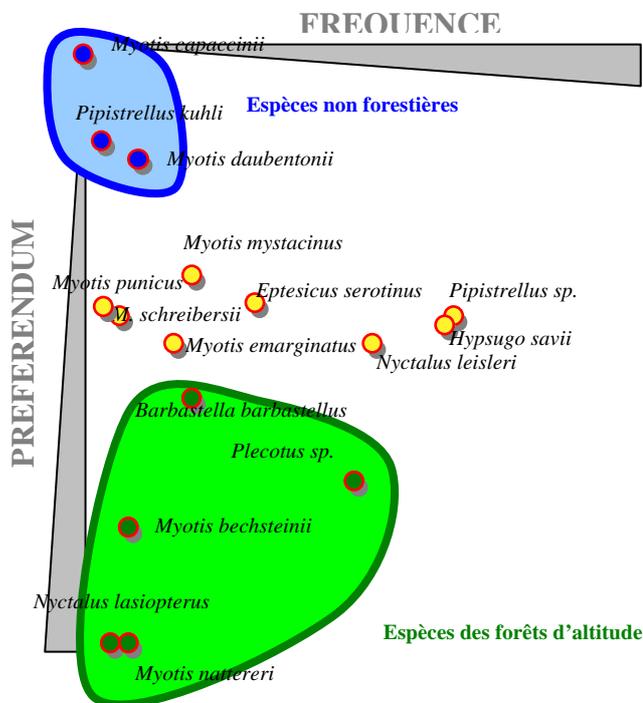
	Preferendum pour le milieu forestier	Preferendum pour le milieu forestier d'altitude	Fréquence en milieu forestier	Fréquence en milieu forestier d'altitude
Mca	9%	0%	1%	0%
Mpu	39%	42%	6%	5%
Mem	40%	49%	16%	17%
Mda	34%	17%	28%	10%
Pku	32%	13%	11%	3%
Msc	43%	44%	7%	7%
Ppi/pyg	43%	44%	66%	62%
Ese	51%	42%	30%	28%
Hsa	56%	46%	61%	61%
Tte	44%	73%	23%	37%
Mmys	56%	36%	24%	19%
Nle	63%	49%	45%	49%
Bba	60%	61%	17%	22%
Paus/mac	61%	73%	29%	46%

Mbe	67%	80%	5%	8%
Mna	67%	100%	4%	9%
Nla	100%	100%	2%	4%

Ppi/ Ppyg : *Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus* ; **Pku** : *Pipistrellus kuhlii* ; **Hsa** : *Hypsugo savii*, **Ese** : *Eptesicus serotinus* ; **Nle** : *Nyctalus leisleri* ; **Bba** : *Barbastella barbastellus* ; **Pas** : *Plecotus austriacus* ; **Paus/mac** : *Plecotus austriacus/macrobullaris* ; **Mmys** : *Myotis mystacinus* ; **Mbe** : *Myotis bechsteinii* ; **Mda** : *Myotis daubentonii* ; **Mem** : *Myotis emarginatus* ; **Mmys** : *Myotis mystacinus* ; **Nla** : *Nyctalus lasiopterus* ; **Mna** : *Myotis nattereri* ; **Tte** : *Tadarida teniotis* ; **Mpu** : *Myotis punicus* ; **Msc** : *Miniopterus schreibersii*

Tableau 2: *Preferendum* et fréquence d'observation en milieu forestier, d'altitude ou non, de chaque espèce de chauves-souris capturée pour l'ensemble des sites forestiers étudiés en Corse (tiré de Beuneux & Rist, 2005).

Figure 1 : Affinité pour le milieu forestier d'altitude des différentes espèces contactées en Corse (tiré de Beuneux & Rist, 2005).



Barataud (comm. pers.) a tenté une synthèse des données d'activité moyenne des chiroptères en forêt (tableau n°3). On se rend vite compte que l'activité globale et le nombre d'espèces changent en fonction du type de forêt. En plaine, les forêts feuillues sont les plus riches, et sont d'autant plus exploitées par les chiroptères qu'elles sont hétérogènes (tant en structure qu'en composition). Plus on se rapproche des zones de montagne ou de leurs aires naturelles de présence, plus les résineux sont utilisés pour la chasse par les chiroptères. D'autres travaux non publiés montrent aussi que plus un peuplement est artificialisé (tant en structure qu'en composition), plus il impacte négativement les chiroptères.

Type forêt	pinède mature (pin laricio)	mélézin mature	hêtraie / sapinière âgée	douglasiaie / hêtraie irrégulière	chênaie mature	chênaie mature	chênaie / hêtraie mature
Lieu	PNR Corse	PN Mercantour	PNR Livradois - Forez	Plateau de Millevaches (19)	FD Tronçais (03)	FD Rambouillet (78)	PNR Oise
Altitude	1000 à 1500	1800 à 2100	1250 à 1450	700	230	100 à 200m	50 à 200
Références	Barataud (2002)	Barataud (2007)	Giosa (2001)	Barataud (non publié)	Barataud & Giosa (non publié)	Tillon (non publié)	Barataud (2006)
N. heures écoute	70 h 25	187 h	10 h	2 h 05	33 h	2000h	16 h 15
N. espèces	17	18	10	4	17	18	10
Indice d'activité (N. contacts/heure)	79	86	58	80	94	120	15

Tableau n°3 : Récapitulatif des niveaux d'activité de chiroptères à l'aide de détecteurs d'ultrasons dans certaines forêts de France (Barataud comm. pers., 2004).

Fig. 2 : Somme des activités des quatre groupes de Chiroptères en fréquence de contacts sur points d'écoute (méthode MCD 10 présenté dans ce document) pour différents habitats forestiers (tiré de Fauvel & Bécu, 2005). Le groupe des Pipistrelles Pi exploite tous les types d'habitats, alors que d'autres taxons (comme les *Myotis myotis*) montrent une spécialisation beaucoup plus forte pour la vieille futaie de chênes VFC et la très vieille futaie de chênes T-VFC. L'activité est maximale en T-VFC, où des trouées de chablis proposent des habitats variés, tant en structure horizontale que verticale, donc une plus forte variété d'habitats potentiellement différentes et consommables par un maximum de prédateurs. On constate enfin que les Rhinolophes Rh n'ont été contactés nulle part.

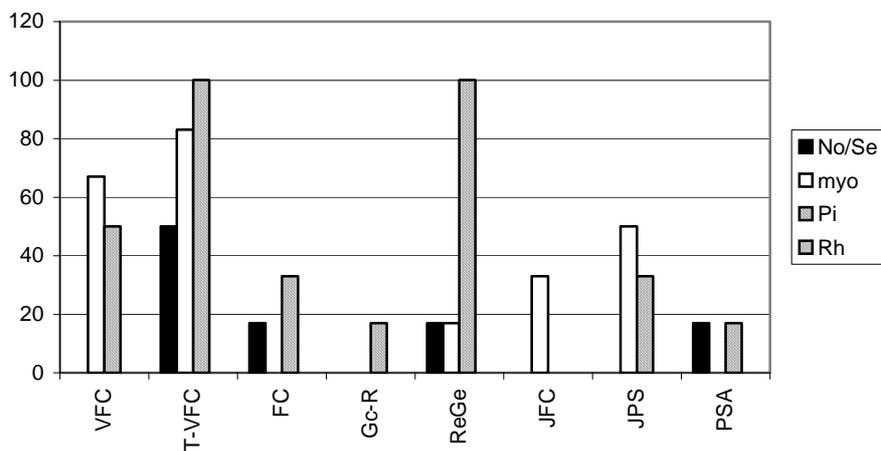
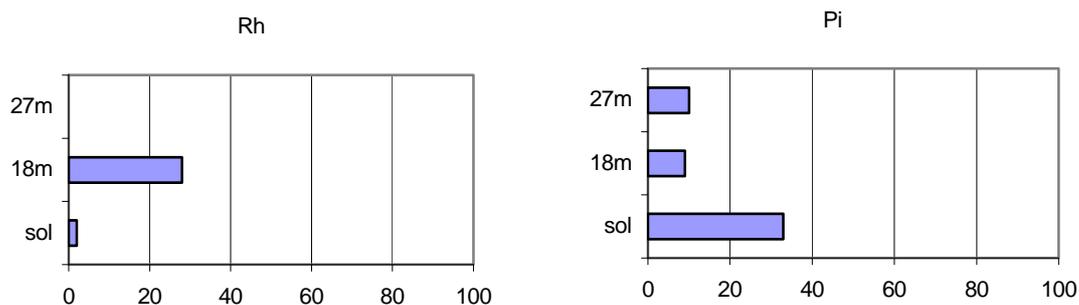
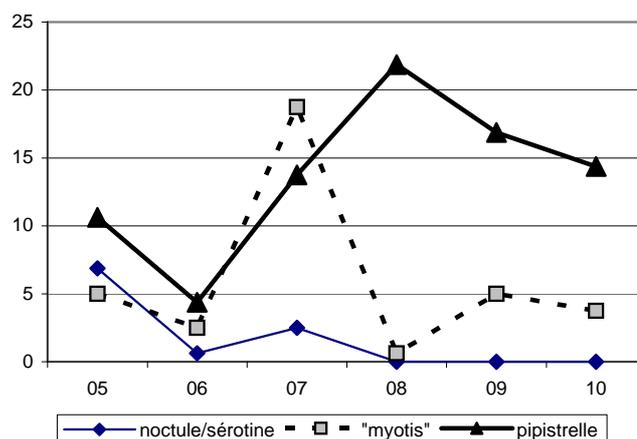


Fig. 3 : Activité ponctuelle des rhinolophes "Rh" et des pipistrelles "Pi" dans l'environnement d'un arbre (tiré de Fauvel & Bécu, 2005). Ces graphiques montrent la répartition de l'activité entre 2 groupes d'espèces, sur un même arbre. Compte tenu de la manière dont les signaux ultrasonores sont émis par les chauves-souris, on comprend plus facilement que certains taxons ne soient pas détectés du sol, comme les Rhinolophes. Ces espèces concentrent leur activité à l'endroit de l'arbre où le feuillage est le plus important. Pour un point donné, l'activité est maximale à mi-hauteur dans le cas d'un peuplement dense riche en sous étage, ici à 18m de hauteur. Les Rhinolophes n'y sont plus détectables par un observateur du sol, ou seulement de manière négligeable. En dehors de l'information écologique que nous pouvons en tirer, ce résultat exprime bien la difficulté de bien suivre les chauves-souris en forêt, et d'avoir une image de la réalité (en terme d'occupation de l'espace par chacune des espèces).



Les 2 figures précédentes mettent bien en avant la grande disparité d'utilisation de l'espace en forêt, tant au niveau horizontal (paysage forestier) que vertical (exploitation différente des strates de végétation). De fait, la détectabilité des espèces est différente dans l'espace, mais aussi dans le temps. La figure qui suit montre que l'activité des chiroptères n'est pas homogène dans le temps, et peut dépendre de nombreux facteurs. Archaux (2008) explique de plus qu'il est préférable d'organiser ses prospections pour visiter un même site à des périodes différentes sur une année, ce qui augmente la probabilité de détecter un maximum d'espèces. Ces éléments doivent être pris en compte lors des inventaires, qui sont bien souvent non exhaustifs (pour exemple, il a fallu à Tillon (2007) près de 2000 heures pour détecter les 19 espèces présentes en forêt de Rambouillet, malgré l'effort important de prospection et la multitude de méthodes d'investigation utilisées). Ceci induit qu'il ne faut pas se cantonner à la seule liste des espèces présentes pour définir des règles de gestion. Pour l'ensemble du cortège, il est conseillé d'alimenter sa réflexion avec les propositions globales favorables aux chiroptères (voir partie gestion).

Fig. 4 : Évolution de l'activité des trois groupes contactés dans une forêt de chênes de Normandie (tiré de Fauvel & Bécu, 2005). L'activité du groupe « Myotis » (*Myotis*, *Plecotus* et *Barbastella*) reste à peu près la même tout au long de l'année, sauf en juillet, période pendant laquelle les femelles concentrent leur activité au plus près du gîte où la colonie héberge ses jeunes. Cette activité plus intense traduit donc vraisemblablement la présence d'une colonie de reproduction à proximité immédiate. L'activité des pipistrelles est plus importante à l'automne, correspondant aux premiers envols des jeunes (à partir de juillet) puis à leur émancipation. Avant les accidents hivernaux (la mortalité est importante en fin d'automne et pendant l'hiver chez les jeunes), le nombre global d'individus est logiquement plus important d'août à octobre.



Toutes ces informations sont évidemment à intégrer lors de la mise en place de mesures de gestion forestière visant à intégrer les chiroptères. Même si les chiroptères peuvent finalement se retrouver partout en forêt (Forestry Commission, 2005; Meschede & Heller, 2003), il apparaît clairement qu'ils restent suffisamment sensibles et spécialistes pour que le gestionnaire s'intéresse aux rôles qu'ils jouent. Parce qu'ils sont en haut de la chaîne alimentaire, et parce que les habitats utilisés sont malgré tout spécifiques (tous ces points sont développés dans les paragraphes qui suivent), les chiroptères peuvent servir d'indicateurs pour évaluer la qualité de la gestion forestière. De plus, et c'est souvent sous-évalué, les chauves-souris sont des prédateurs d'insectes, dont certains sont considérés comme des ravageurs de forêts². La plupart des espèces fonctionnant par opportunisme, elles peuvent se focaliser sur des concentrations d'insectes, et en dévorer une grande partie (le caractère opportuniste des chauves-souris a notamment été démontré pour *Rhinolophus hipposideros*, qui se focalise sur les zones de concentration de ses proies en phase de chasse (Bontadina *et al.*, 2008 (in press))). Les chauves-souris pourraient donc compter parmi les meilleures alliées de l'Homme, en particulier du Forestier. Même si le maintien d'arbres totalement dédiés à la biodiversité apparaît comme un sacrifice financier pour certains forestiers, il ne faut pas occulter le bénéfice apporté en contrepartie. De fait, les protéger, c'est assurer un meilleur avenir à nos forêts !

1,2- Gestion conservatoire des forêts, responsabilités du gestionnaire.

Il devient indispensable que le gestionnaire forestier prenne en compte cette richesse biologique très fragile dans la gestion quotidienne des forêts (Vallauri, 2003). Chaque action peut avoir un impact irréversible pour la survie d'une colonie, voire d'une espèce de chauves-souris sur un massif forestier, sous les tropiques comme en climat tempéré (Brosset *et al.*, 1996; Cosson *et al.*, 1999; Crampton & Barclay, 1995; Entwistle *et al.*, 2001; Lacki, 1995; Mayle, 1990a; Mayle, 1990b; Mills *et al.*, 1996; Moriamé, 2003; Sedgely, 2001; Sierro, 1999; Thomas, 1988; Zimmerman & Glanz, 2000). *A contrario*, les diverses études menées en Amérique du Nord dans des forêts gérées démontrent un impact positif ou neutre sur les peuplements chiroptérologiques dans 80% des cas (Miller *et al.*, 2003), alors qu'il devient négatif quand les exploitations forestières sont anciennes. Sous les tropiques, la contiguïté entre des forêts primaires et des zones anthropisées, de même que l'existence de corridors forestiers entre les deux, sont favorables au maintien d'une richesse spécifique élevée (Brosset *et al.*, 1996). La conservation des peuplements chiroptérologiques en forêt est aujourd'hui un des enjeux majeurs, quelle que soit la région du globe concernée (Bernard, 2001; Brosset *et al.*, 1996; Cosson *et al.*, 1999).

Malgré les nombreuses études, les travaux scientifiques n'engendrent que très peu d'applications concrètes de gestion conservatoire sur le terrain. En effet, les échanges entre les scientifiques et les gestionnaires sont peu fonctionnels, voire inhibés par une multitude d'études et de suivis sur la faune sauvage, qui noient l'information essentielle que le monde scientifique veut transmettre au gestionnaire (Lacki, 1995; Marcot, 1995; Morrison, 2001). Fenton (1997, in Miller *et al.*, 2003) pense que la multitude de facteurs concernant la biologie et l'écologie des chiroptères en forêt, leurs habitats de chasse, et que le manque actuel de connaissances relatives à leurs exigences, réduisent considérablement la capacité des scientifiques à prédire l'impact de la modification des habitats, et plus largement des paysages, sur le peuplement chiroptérologique. Le consensus entre le gestionnaire et le scientifique conservateur reste donc encore très délicat (Arnett, 2003; Jaberg & Guisan, 2001; Lacki, 1995). D'autres auteurs considèrent que certaines études très récentes apportent aujourd'hui de nouveaux éclairages sur l'écologie des chauves-souris, particulièrement dans les forêts de conifères nord-américaines (Arnett, 2003; Miller *et al.*, 2003). Le gestionnaire peut déjà entamer une démarche conservatoire. Il peut par exemple agir sur la conservation des proies, nécessitant des actes de gestion de façon plus simplifiée que pour des Vertébrés (Rydell *et al.*, 1996b).

De fait, après une mise en lumière de l'écologie des chauves-souris en forêt, les nord-américains développent actuellement des mesures partenariales entre les scientifiques et les gestionnaires d'espaces naturels (le « *North American Bat Conservation Partnership* », le « *Northwest Bat Cooperative* »), afin que la gestion des forêts tienne compte de la nécessité de conserver les chiroptères (Arnett & Haufler, 2003; Keeley *et al.*, 2003). Ils définissent les priorités, en terme d'études et de suivis scientifiques, mais aussi en terme de gestion conservatoire, pour orienter efficacement la protection des animaux. Il est particulièrement nécessaire d'approfondir les connaissances sur l'écologie des animaux en forêt, par le biais d'inventaires, de suivis, et de recherches spécifiques (Arnett, 2003; Marcot, 1995).

² Attention toutefois à l'utilisation de ce terme de ravageurs. Il est purement commercial. Mais en général, l'expression de ravageurs dans un espace forestier ne fait que traduire l'existence préalable de problèmes de gestion (plantations d'essences non adaptées, stress hydrique...).

En Europe, la conservation se traduit par la mise en œuvre de programmes spécifiques, via l'Accord des Parties EUROBATS. Le premier plan d'action à décliner par pays concerne la forêt, ce qui traduit bien l'enjeu majeur de la forêt pour la préservation des chiroptères en Europe. En France, un premier Plan National de Restauration (1999-2003) a consisté à faire un bilan des connaissances dans certains domaines, et de motiver des mises en protection importantes sur des sites majeurs (en particulier souterrains). La forêt y étant peu concernée, un second Plan (2008-2012) a pour objectif de continuer les actions mises en œuvre lors de la première période, mais aussi de soutenir et de promouvoir les actions de gestion forestière prenant en compte les chauves-souris (voir annexe 1 de ce document).

1,3- Les chauves-souris européennes, de bons indicateurs ?

En s'intéressant à leur écologie, on s'aperçoit que les chauves-souris sont des animaux qui dans l'ensemble occupent un large espace en forêt. Ce peuplement peut utiliser toute sorte de gîtes et de terrains de chasse. Cependant, chaque espèce possède une niche écologique qui lui est propre, et il apparaît que la stratégie de chacune d'elle est bien à part de celle des autres espèces peuplant une même forêt. De fait, l'ensemble du cortège en présence apporte des renseignements très localement sur la capacité d'accueil en gîte d'une forêt (dans le cas de la mise en évidence de colonies de reproduction notamment, qui nécessitent souvent un grand nombre de gîtes, tel *Myotis bechsteinii* (Kerth *et al.*, 2001b)). La quantité d'individus, ou la densité de contacts avec les animaux en vol d'une même espèce, voire de l'ensemble du peuplement, apportent aussi des informations importantes sur la richesse du secteur de forêt observé en proies ou en corridors écologiques indispensables aux animaux pour aller des gîtes aux terrains de chasse. Chaque espèce ayant un régime alimentaire plus ou moins spécifique, il est donc possible d'être renseigné sur le bol alimentaire disponible (au moins une partie), et de fait indirectement sur la richesse entomologique globale d'un secteur, elle-même dépendante de la richesse du milieu en micro habitats indispensables pour que s'expriment ces insectes de manière variée. De fait, la gestion va avoir des incidences sur le bol alimentaire accessible aux différentes espèces, comme cela a été démontré notamment sur certaines espèces de chiroptères nord-américains (Burford *et al.*, 1999). Enfin, des travaux récents mettent en évidence que les populations de chauves-souris sont sensibles à l'histoire d'un secteur géographique. Il apparaît en effet que des éléments passés peuvent induire une modification directe ou indirecte du cortège en présence, parce que ces animaux, malgré une forte longévité et leur capacité de vol parfois élevé pour certaines espèces, sont très sensibles à la fragmentation du paysage, donc ne dispersent pas aussi bien que d'autres groupes taxonomiques. Ils sont de plus peu productifs en jeunes, ne permettant pas un retour rapide (comme souvent attendu par le gestionnaire) à des niveaux de populations logiques au regard des actions de gestion favorisant leur installation (Meschede & Heller, 2003; Tillon, 2007).

On considère qu'une espèce ou un peuplement écologique est un bon indicateur à partir du moment où il apporte des informations relatives à une question que l'on se pose (impact de telle ou telle action de gestion sur la biodiversité par exemple) pour une mise en place facile sur le terrain, en quantifiant une variable, et ce pour un coût limité. Son intérêt est d'autant plus important que des suivis peuvent être mis en œuvre par des observateurs multiples sans que s'exprime un « effet observateur », ou en les minimisant, empêchant de comparer des résultats à d'autres, avec la possibilité de les répéter (Ferris & Humphrey, 1999).

Il convient toutefois de s'intéresser vraiment à ce que peut indiquer un taxon ou un groupe d'espèces (Levrel, 2007). L'utilisation de certains indicateurs peut en effet poser des problèmes d'interprétation, si leur choix initial ne permet pas de répondre précisément à la question posée par le gestionnaire (peut-on conclure à une amélioration ou à une détérioration d'un habitat parce qu'une espèce inféodée à cet habitat voit ses effectifs augmenter ou diminuer ? Il faut s'assurer de contrôler tous les facteurs environnementaux lors de l'analyse pour pouvoir conclure...). On doit donc distinguer (Levrel, 2007) :

1. les indicateurs à paramètre unique (donc une seule unité de mesure) :
 - variabilité génétique (mesure de l'état de santé d'une population),
 - diversité spécifique ou richesse spécifique (mesure de la bonne santé d'une communauté), elle-même fonction de nombreux paramètres (hétérogénéité des habitats, latitude, altitude, cycles biogéochimiques, résilience des écosystèmes, histoire de la communauté...),
 - diversité fonctionnelle d'un écosystème (capacité dont dispose cet écosystème pour réagir face aux perturbations exogènes), elle-même fonction de la diversité spécifique, de la diversité des groupes fonctionnels, de la structure et de l'intensité des interactions, et de la redondance fonctionnelle des espèces.

2. les indicateurs composites (utilisation d'au moins 2 unités de mesure) :
- indices de diversité spécifique de Shannon, de Simpson..., fonctions du nombre d'espèces et de leur abondance respective,
 - listes Rouge de l'UICN,
 - indicateurs du programme STOC mené par le Muséum National d'Histoire Naturelle,
 - ...

Il convient toutefois d'être prudent lors de l'interprétation de ce genre d'indicateurs, car de nombreuses variables sont à intégrer. Levrel (2007) préconise donc de lier les indicateurs composites à au moins un indicateur de richesse spécifique, un indicateur d'abondance et un indicateur d'équi-répartition des espèces.

Pour suivre ces indicateurs, l'observateur doit s'appuyer sur certains taxons, qui vont lui permettre de témoigner des évolutions en cours. On distingue (Levrel, 2007) :

- les espèces ingénieurs (qui structurent leur environnement, et indiquent une « qualité » de l'habitat et le bon fonctionnement bio-géochimique),
- les espèces parapluie (qui ont besoin de grands territoires, et révélatrices de l'état de santé de l'écosystème et des espèces qui le compose),
- les espèces clé de voûte (au cœur de nombreuses relations interspécifiques),
- les espèces indicatrices (sensibles indirectement aux interactions au sein de l'écosystème).

Si les chiroptères ne structurent pas directement leur environnement, ils peuvent toutefois être tantôt considérés comme des espèces parapluie, clé de voûte ou indicatrices d'un compartiment du fonctionnement d'un écosystème.

Il est clair que les chauves-souris ont la capacité de renseigner un gestionnaire sur la qualité de sa gestion, tant localement que sur un secteur relativement large, en considérant aussi des événements passés. La difficulté pour ce groupe est le type de suivi qu'il est possible de mettre en œuvre pour un coût limité, et transposable d'un site à l'autre, voire comparable d'un taxon à l'autre. Il est par exemple impossible de comparer des données de *Plecotus* avec des données de *Pipistrellus* acquises par détection ultrasonore, parce que les systèmes d'émission de ces genres sont trop différents, avec des fonctions d'acquisition d'informations (sur les terrains de chasse, sur les proies) qui ne sont pas les mêmes. Les différents protocoles proposés à la suite de ce paragraphe permettent de se rassurer sur ce point, dans la mesure où certaines techniques utilisables sont simples et accessibles à toute personne motivée, particulièrement en milieu bâti ou en cavité souterraine. Mais les suivis ou inventaires systématiques en forêt nécessitent toutefois une forte technicité. Il est alors possible de faire appel à des spécialistes (réseau Mammifères de l'ONF ou groupe chiroptères de la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères notamment). De plus, les paragraphes précédents ont mis en avant que ces organismes apportaient des éléments historiques, géographiques, de pollution, d'occupation de l'espace, de la qualité de l'ensemble de l'environnement, traduisant ainsi la manière dont la gestion forestière peut impacter la biodiversité. La liste des espèces présentes peut donc renseigner le gestionnaire sur la manière dont sa forêt évolue (ou a évolué), voire comment elle impacte une partie de la biodiversité forestière. **On peut donc considérer les chauves-souris comme des indicateurs de la qualité de la gestion en forêt.** Il convient toutefois de prendre en compte les consignes exposées ci-dessus pour l'interprétation de données à partir de cet indicateur, et de respecter certains principes lors de la mise en place des méthodes de suivis ou d'inventaires (ils sont exposés dans la présentation de chaque protocole).

2- Inventorier, suivre ou étudier les chiroptères en forêt.

2,1- Informations préalables à la présentation des techniques d'inventaire et de suivi des chiroptères en forêt.

Trois facteurs peuvent limiter l'installation ou la présence d'une espèce :

- l'absence de gîtes,
- la pauvreté des terrains de chasse au regard des habitats présents sur un espace donné,
- l'absence de corridors entre les gîtes et les terrains de chasse.

C'est souvent la conjonction de 2 voire des 3 facteurs ensemble qui conditionnent l'installation de chiroptères. De fait, le contexte géographique et historique intervient pour expliquer les niveaux de population de certains taxons. Des coupures temporelles ou géographiques³ pour l'un de ses facteurs peuvent se traduire par des effectifs plus faibles, même si un massif forestier a un faciès sylvicole favorable actuellement (Limpens *et al.*, 2005; Tillon, 2007). L'interprétation de données d'inventaire ou de suivi doit donc tenir compte de ces éléments.

Même si par habitude on imagine facilement des chauves-souris dans les habitations ou les cavités souterraines, les arbres constituent certainement les gîtes principaux, sinon prépondérants pour beaucoup d'espèces. De fait, elles occupent les cavités d'arbres en priorité. La multitude de ces derniers en forêt dans les peuplements les plus âgés complique la possibilité pour un observateur de dénombrer les chauves-souris au gîte, d'autant plus qu'elles peuvent utiliser les trous de pics, mais aussi les fentes ou les écorces décollées (donc des espaces difficiles à prospecter). On les rencontre aussi dans les habitations, les ouvrages d'art, et dans les cavités souterraines en forêt⁴.

En vol, les chauves-souris se repèrent grâce à un système d'écholocation sophistiqué. Il leur permet de voler dans un espace très encombré, pour transiter ou rechercher des proies (qu'elles peuvent glaner sur le feuillage pour certaines espèces). Elles peuvent détecter des éléments très fins, de la taille d'un fil de nylon de quelques microns. Le coût énergétique de ce type d'émission est très élevé, ce qui impose aux animaux de réduire au maximum la portée de leurs signaux lors des déplacements ou des phases de chasse. De plus, les émissions sonar utilisées par un animal peuvent changer en fonction de ce que ce dernier recherche dans son environnement. Un animal glanant des proies sur le feuillage ne va émettre qu'à quelques mètres⁵. Le même animal, lorsqu'il quittera sa phase de recherche de proies par glanage pour aller vers un autre support de proies, pourra par contre émettre à plusieurs dizaines de mètres (en réduisant la précision pour diminuer le coût énergétique des émissions longues portées), parce que son nouveau centre d'intérêt se trouvera loin devant lui, sur sa route de transit. Son objectif ne sera plus de détecter précisément des proies à quelques centimètres, mais d'avoir juste une idée des obstacles qui se trouvent entre lui et son nouveau terrain de chasse par exemple. De retour dans le feuillage, il n'émettra plus (à nouveau) qu'à quelques mètres. Il devient de fait difficile à n'importe quel observateur de les inventorier ou de les suivre, d'autant plus en forêt, car elles peuvent utiliser tout l'espace de vol. Pour exemple, un animal évoluant en canopée pour glaner des proies sur les feuilles sera difficilement détectable pour un observateur au sol.

Enfin, l'analyse de toutes données d'inventaire ou de suivi de chiroptères sur une forêt nécessite de prendre en compte des éléments relatifs à l'environnement du site (à l'échelle du paysage du massif), à son histoire, et à son organisation (Tillon, 2007). En effet, les résultats obtenus sur un espace donné permettent d'expliquer les phénomènes localement, mais dépendent aussi en partie de ces différents paramètres.

Les techniques présentées ci-après tiennent compte de tous ces éléments. Pour chaque méthode, il est présenté la problématique ou les questions auxquelles le protocole est censé répondre, avec les limites de la méthode. Il convient en plus de bien faire la distinction entre l'inventaire, l'expertise ou le suivi. L'expertise peut être

³ Les coupures paysagères via les routes, quelque que soit leur largeur, est souvent négligé pour les chiroptères. Pourtant, une étude en cours montre qu'un camion percute en moyenne 10 chauves-souris par an (de ce qu'ils peuvent détecter, L. Arthur comm. pers.). Les routes de faible largeur peuvent donc avoir un intérêt pour les espèces de lisières qui viennent y chasser, mais constituent aussi un piège. Les routes plus larges constituent des barrières largement plus infranchissables.

⁴ Les cavités souterraines sont couramment utilisées en hiver par les animaux qui recherchent des milieux tamponnés, humides pour hydrater leur patagium, avec des températures positives les empêchant de geler en léthargie. Certaines espèces les occupent aussi en colonie de reproduction, surtout dans le Sud de la France (notamment *Miniopterus schreibersii*, *Myotis blythii*, et *Myotis capaccinii*).

⁵ Pour exemple, les oreillard (*Plecotus spp.*) n'émettent pas à plus de 3m en phase de recherche de proies dans le feuillage.

succincte, et s'appuyer en grande partie sur les données bibliographiques (quand elles existent), et sur quelques vérifications de terrain, soit par une simple évaluation de la capacité d'accueil supposée, soit par la recherche d'indices de présence, ou via quelques observations directes. Elle doit répondre à une question posée (par un naturaliste, un scientifique ou un gestionnaire) sans nécessiter un effort trop important de recherche). L'inventaire nécessite une phase de terrain, qu'il convient de bien calibrer, en estimant tous les axes de recherche (uniquement une liste d'espèces en activité de chasse, recherche en bâtiment ou en cavité souterraine...). Il faudra prendre en compte tous les compartiments du site pouvant être utilisés par les chauves-souris, tant pour le gîte que lors de déplacements. Enfin, le suivi a pour objectif de répondre à une question scientifique, dans la plupart des cas liée à une problématique de gestion. Il engage souvent le scientifique sur des observations pluriannuelles.

Quel que soit le site, il est indispensable de poser la bonne question scientifique avant de s'engager sur un suivi, à court ou moyen terme. Le choix d'un protocole dépendra de cette question, générant une mise en œuvre pouvant être lourde par l'observateur, voire erronée, car ne répondant pas précisément à la question de gestion posée initialement.

Il est de fait fortement conseillé de prendre l'attache du réseau Mammifères de l'ONF lors de la définition de la question et des protocoles associés.

2,2- Les techniques d'observation des chauves-souris.

Remarque préalable :

Comme le premier chapitre l'a montré, il est souvent difficile d'avoir une liste exhaustive des espèces sur un site donné, et encore plus délicat d'évaluer les niveaux de population, et la façon dont chaque taxon exploite l'espace. **Même si leur recherche a un coût parfois important, il est indispensable de ne pas diminuer le temps d'observation, au risque de sous-évaluer l'intérêt d'un site pour ces animaux. Les enjeux de conservation sont trop importants pour se permettre de ne pas mettre les moyens nécessaires pour une bonne expertise.** Il est donc fortement conseillé de mettre en œuvre les conseils proposés dans la partie qui suit.

2,2,1- L'examen de la bibliographie.

Avant de se lancer sur un inventaire ou un suivi d'une population ou d'un peuplement de chiroptères, il est indispensable d'examiner la bibliographie, afin de s'assurer que le travail souhaité n'a pas déjà été réalisé. Nous rappelons que les chiroptères sont des animaux sensibles au dérangement, et que toute intervention humaine peut avoir des conséquences importantes sur ces animaux.

On recherchera dans le cadre d'un inventaire les données déjà existantes sur le site et son environnement, soit dans la bibliographie, soit dans les bases de données existantes (dont la Base de Données Naturalistes de l'ONF). Ceci permettra l'économie dans certains cas d'inventaires coûteux en temps. S'il s'agit d'un suivi à réaliser ou d'une étude, il convient de prendre l'attache du réseau Mammifères de l'ONF pour s'assurer qu'une expérience n'a pas déjà été menée. Le réseau se chargera alors de fouiller dans les études existantes.

Modèle de fiche : pas de modèle précis.

Inconvénient : nécessite une bonne connaissance des réseaux et canaux de diffusion de l'information naturaliste.

Avantage : permet très rapidement d'obtenir des informations pertinentes sur les espèces occupant un site, voire de proposer une évaluation de l'évolution des populations sur un site donné, au regard des travaux déjà réalisés. Méthode très rapide pour obtenir des données, si ces dernières existent.

Consigne à respecter : citation des auteurs et inventeurs des données, sachant qu'elles deviennent publiques à partir du moment où elles sont publiées.

Méthode non dérangement pour les animaux.

2,2,2- Prise en compte des gîtes lors d'inventaires ou de suivis.

2,2,2,1- Les gîtes naturels.

Comme nous l'avons vu plus haut, les chauves-souris affectionnent particulièrement les cavités les plus hautes possible dans les arbres. Ce dernier élément complique de fait la recherche systématique ou par échantillonnage de chauves-souris dans un arbre, le nombre de cavités propices pouvant être très important en fonction du massif considéré. Un objectif visant à les rechercher dans les cavités d'arbres pour un inventaire n'est donc pas adapté. Il sera tout juste possible d'avoir dans certains cas la chance d'observer des animaux dans une cavité accessible à un observateur au sol, mais des résultats d'inventaires ne seront donc qu'anecdotiques. La recherche de gîtes naturels à chiroptères doit donc rester limitée aux suivis. L'expertise ne peut pas s'appuyer sur une recherche de gîtes arboricoles « à l'aveugle » comme ici. Elle est par contre possible pour considérer les capacités potentielles en gîtes (au regard des cavités disponibles, par type de cavité), voire observer les cavités occupées suite à l'équipement de quelques individus pour suivi télémétrique et rechercher les gîtes dans certains peuplements forestiers. Cette technique doit être appliquée dans une moindre mesure lors de l'expertise, car l'opération devient très coûteuse pour le peu de données acquises et non transposables à d'autres peuplements.

D'autres méthodes sont utilisées pour suivre l'utilisation des arbres par des chauves-souris. Certains biologistes préfèrent en effet poser des gîtes artificiels, en béton ou en bois, considérés alors comme des « pièges » qui vont concentrer les animaux en léthargie en journée (Rideau, 2007). Si les résultats sont intéressants pour certaines espèces, comme pour *Pipistrellus nathusii* (Jarzembowski *et al.*, 1998) ou *Myotis bechsteinii* (Kerth *et al.*, 2001b), il n'en demeure pas moins que cette méthode ne permet pas de conclure sur la relation qui existe entre ces espèces et les gîtes naturels forestiers. D'ailleurs, il apparaît plusieurs biais à ces méthodes :

- opportunisme de certaines espèces pour l'utilisation de ces gîtes, excluant les autres espèces,
- conditions microclimatiques particulières, ne permettant pas à n'importe quelles espèces de s'y loger à n'importe quelle période de l'année (Jarzembowski *et al.*, 1998),
- disposition des gîtes artificiels pour faciliter l'accès par un observateur (pour l'étude ou le suivi organisé), mais ne correspondant pas à l'ensemble des capacités d'accueil du milieu en quantité de gîtes. Nous rappelons que certaines études ont mis en évidence que les colonies de reproduction s'installaient dans des gîtes naturels d'autant plus qu'ils étaient hauts dans un arbre (Tillon, 2005b).

La pose de nichoirs ou de gîtes artificiels en forêt ne doit en aucun cas être considéré comme une solution permettant de conserver ou de protéger des chauves-souris en forêt (Choquené, 2006). Cette solution de facilité mettrait en évidence les erreurs de gestion mise en œuvre, avec l'incapacité de conserver des arbres à cavité, contrairement aux consignes internes à l'ONF. Réserves Naturelles de France a fait le choix de ne pas recommander cette méthode sur les terrains dont il a la responsabilité (Fiers, 2004).

De fait, le réseau Mammifères de l'ONF ne préconise pas l'utilisation de cette méthode en forêt, ou sous contrôle d'un membre du réseau Mammifères, et pour répondre à une question spécifique. Elle peut parfois aider à la réalisation d'inventaires.

Modèle de fiche d'inventaire et de description des arbres à cavités : MCA10 et MCA11, ou MCS10.

Inconvénient : extrêmement lourd à mettre en place (car nécessité de grimpe par un spécialiste), ne permet en général de travailler qu'en potentialité d'accueil, par la découverte de traces de présence (guano notamment). Les mouvements et changements de gîtes opérés par les chiroptères forestiers permettent rarement à l'observateur de découvrir une colonie dans un trou (Tillon, 2005b). **Valable uniquement pour les études ou suivis.** Mais un inventaire des potentialités d'accueil d'un massif ou d'un peuplement forestier (largement moins lourd) peut être mis en œuvre lors d'expertises.

Avantage : si un inventaire des chiroptères est impossible, nous avons signalé qu'un inventaire des cavités potentiels était quant à lui envisageable. Pour un suivi ou une étude sur les chiroptères dans les arbres, ce travail serait coûteux. Il est donc possible de jumeler une méthode de grimpe aux arbres pour recherche systématique avec de la télémétrie (voir plus loin). La méthode de la recherche des chiroptères dans les arbres, sur un espace qu'il convient de limiter (îlot, parcelle), permet d'évaluer un taux d'occupation potentiel de cavités sur un espace donnée. Mais il convient toutefois d'être prudent lors de l'extrapolation des résultats à l'ensemble d'unités de gestion, chacune d'elles pouvant avoir subi des gestions (ou des histoires) suffisamment différentes pour proposer des capacités d'accueil en gîtes différentes. Une première étude a mis en évidence qu'en moyenne 10% des cavités visibles sur une forêt pouvaient être occupées par des chauves-souris en forêt gérée avec un objectif de production de bois, avec des pointes à 20% sur les îlots les plus riches (Tillon, 2005b). Les résultats obtenus permettent d'évaluer l'intérêt relatif du site pour le gîte. Méthode adaptée pour les situations visant à évaluer la nécessité de maintenir des îlots de sénescence, voire lors de la création de réserves biologiques. Utilisable aussi par les experts arbre-conseils dans les parcs et bords de routes, ces arbres étant aussi fortement colonisés par les chauves-souris (Arthur & Lemaire, 1999, 2002).

Consigne à respecter : méthode à n'utiliser que par des personnes habilitées à la grimpe aux arbres, naturalistes de surcroît. Limiter la visite au strict minimum (comptage ou détermination rapide de l'espèce) si une colonie de reproduction est connue à l'intérieur au moment de la visite (entre fin mai et début juillet), surtout sur les forêts pauvres en cavités.

Méthode dérangeante pour les animaux si ces derniers sont dans les gîtes au moment de la visite.

2.2.2.2- Les cavités souterraines et les ouvrages d'art (type ponts ou aqueducs).

Les sites souterrains, les ouvrages d'art (ponts notamment) sont très régulièrement utilisés par les chauves-souris, soit en hiver, soit en journée à n'importe quelle période de l'année. Ces sites peuvent faire l'objet d'un suivi sur le moyen ou long terme. Pour un inventaire, leur visite peut s'avérer précieuse, car elle permet une reconnaissance souvent facile des animaux.

Lors d'opérations de suivis et/ou d'inventaire, une visite sur les 4 saisons s'impose pour avoir la meilleure idée possible de la manière dont le site est utilisé. Il pourra renseigner par exemple sur la présence de colonies de reproduction (en cas de découverte directe), ou sur l'importance du site pour l'hivernage, sinon lors des périodes de passage, traduisant ainsi le caractère indispensable de cet habitat lors du transit. Dans le cas d'un seul passage possible, il convient d'être attentif à la présence de guano au sol, traduisant une occupation par des chauves-souris à un moment dans l'année (Fiers, 2004). Pour leur mise en œuvre, s'appuyer sur la méthode développée pour la visite des Maisons Forestières (voir en annexe).

Modèle de fiche : recensement des chauves-souris dans ces cavités MCO10 ou MCS10.

Inconvénient : certaines régions sont dépourvues de gîtes souterrains propices aux inventaires rapides. En forêt notamment, il n'est pas systématique de trouver des cavités souterraines ou des ouvrages d'art favorables aux chiroptères. On sait par exemple que seules les cavités exposées au sud avec un environnement boisé sont favorables à certaines espèces comme les Rhinolophes (Lecoq, 2006). De plus, les chiroptères apprécient les fissures étroites, et nombre d'animaux sont donc inaccessibles à l'observateur. Enfin, les chiroptères utilisent plus ou moins ces cavités en fonction des conditions climatiques, les niveaux de populations changent très fortement d'une année à l'autre, voire d'une semaine sur l'autre, particulièrement en hiver. Les données de suivis sont donc difficiles à interpréter. Par contre, chaque animal observé contribuera à fournir une nouvelle donnée d'inventaire.

Avantage : méthode accessible très rapidement à un naturaliste ou une personne non experte. Il devient très facile d'obtenir des données d'inventaires (attention, même si on peut supposer que les animaux qui y seront observés par exemple en hiver fréquentent la forêt alentour à la bonne saison, les chauves-souris peuvent effectuer des migrations de plusieurs dizaines à centaines de kilomètres pour aller d'un site d'estive à un site d'hivernage (Arthur & Lemaire, 1999) : les listes en été peuvent être différentes !). Dans la plupart des cas, une lampe suffit, voire un matériel plus adapté à la visite des fissures (miroirs et fibroscopes).

Consigne à respecter : méthode à utiliser avec parcimonie, en évitant de passer plusieurs fois sur un même site à la même saison, toujours pour limiter le dérangement. Minimiser le réchauffement de l'animal (éclairage trop fort ou prolongé) ou son réveil par trop de bruit. Peut nécessiter l'appui d'un spécialiste du milieu souterrain, pour raisons de sécurité. Prise de photo rapide possible pour comptage d'essaïms trop importants au bureau (Fiers, 2004). Nécessité dans certains cas de poster un observateur à la sortie en période favorable (printemps à automne) pour avoir des chances de repérer les animaux dans le cas des grandes cavités (Lecoq, 2006). Possibilité de compter les animaux sortant des cavités en période de reproduction, soit directement à vue, soit à l'aide d'un détecteur d'ultrasons notamment pour distinguer les espèces si plusieurs occupent le site (Fiers, 2004). Cette technique est alors très peu perturbante, et facilite la mise en place d'un suivi de colonies de reproduction (fin juin et juillet selon l'espèce) pour les espèces utilisant les cavités souterraines pour la reproduction (Minoptère, certains Murins, certains Rhinolophes). Un comptage des jeunes restés au gîte peut alors être réalisé, mais en compagnie d'un spécialiste, afin de minimiser leur dérangement.

Méthode dérangeante pour les animaux si ces derniers sont dans les gîtes au moment de la visite. Limiter le temps d'observation au strict minimum.

2.2.2.3- Les maisons forestières.

Les bâtiments peuvent être utilisés en forêt, au même titre que les cavités souterraines. Ils seront d'autant plus intéressants pour les chauves-souris qu'ils présenteront un grenier ou une charpente avec suffisamment d'espace pour héberger une colonie de reproduction en été, et une cave pour passer l'hiver. Certaines études et inventaires ont mis l'accent sur l'intérêt que proposent ces sites pour les chauves-souris en France. Il apparaît par exemple

que les maisons forestières désaffectées constituent des sites majeurs pour la reproduction et le maintien des petits Rhinolophes dans certaines régions de France (Malgouyres *et al.*, 2005).

La présence d'un bâtiment en forêt doit donc systématiquement être prise en compte lors de toute opération d'inventaire ou de suivi, quel que soit son état. Patrimoine forestier, il incombera alors au gestionnaire de destiner cet espace aux chiroptères si besoin.

Modèle de fiche descriptive des maisons forestières FEB10 ou MCS10.

Inconvénient : mêmes remarques que pour les cavités souterraines, si ce n'est que les chiroptères sont en général plus accessibles à l'observateur. Les bâtiments, s'ils ne sont plus utilisés par l'Homme, se détériorent vite, et deviennent dangereux lors des visites. Des précautions sont vite indispensables. Il ne s'agira pas par la suite de faire des propositions de gestion forestière à proprement parler pour ce site (si ce n'est pour son environnement immédiat). Quel que soit le résultat de la visite, l'interprétation nécessite de plus d'analyser (même succinctement) l'environnement du site sur plus d'un kilomètre, pour comprendre son utilisation ou non. Les propositions de gestion deviennent donc difficiles à généraliser d'un site à l'autre, mais doivent être adaptées au cas par cas.

Avantage : méthode accessible très rapidement à un naturaliste ou une personne non experte. Il devient très facile d'obtenir des données d'inventaires, en quelques minutes seulement. Dans la plupart des cas, une lampe suffit, voire un matériel plus adapté à la visite des fissures (miroirs et fibroscopes). Un suivi peut être facilement mis en œuvre, l'évolution de la population pouvant s'expliquer par l'état du site, mais contribuant aussi à évaluer dans le temps (long terme et court terme) la gestion des habitats alentours du site.

Remarque : Le dénombrement des jeunes après la sortie des adultes peut renseigner sur le succès reproducteur de la colonie visitée, et donc sur l'état de santé de la population (Fiers, 2004). Ces informations contribueront à renseigner le gestionnaire sur les problèmes possibles de gestion du site et de son environnement proche.

Consigne à respecter : méthode à utiliser avec parcimonie, en évitant de passer plusieurs fois sur un même site à la même saison, toujours pour limiter le dérangement. Rester attentif à l'état du bâtiment lors des visites, pour la sécurité des observateurs, et pour proposer des actions de restauration si nécessaire. Une visite en dehors des périodes d'utilisation par les chiroptères peut alors s'imposer.

Méthode dérangeante pour les animaux si ces derniers sont dans les gîtes au moment de la visite.

2,2,3- Activité des chauves-souris.

2,2,3,1- Utilisation de la forêt pour la chasse et le transit par les chiroptères.

Comme nous l'avons expliqué en introduction, la forêt constitue une zone refuge pour la plupart des espèces de chiroptères. Ceci s'explique par une forte utilisation des gîtes, mais aussi parce que la forêt propose des terrains de chasse en grand nombre (Kunz & Fenton, 2003). Concernant la recherche de nourriture, on peut considérer trois groupes d'espèces :

- Celles qui exploitent les lisières. Ces espèces ont une morphologie alaire adaptée à un vol rapide en espace ouvert. Elles se callent sur les lisières pour évoluer et se déplacer, et sont donc dépendantes de ces dernières pour se repérer dans l'espace, tant pour se déplacer que pour chasser.
- Celles qui chassent au sol. Leur accès à la nourriture va être dépendant de l'ouverture du sous étage.
- Celles qui glanent leurs proies dans le feuillage. Elles sont les plus spécialisées et dépendantes de la forêt. Toutes les strates de végétation leurs sont accessibles, même les plus encombrées. Chaque taxon a une écologie très spécialisée, et peut profiter des émergences d'insectes, ou ne se focaliser que sur une catégorie de proies.

En fonction des besoins des individus, par exemple plus importants pour les femelles en période de gestation ou d'allaitement, l'activité en forêt est plus ou moins importante. Elle est en général très fortement dépendante de la disponibilité en proies, elle-même dépendantes des conditions climatiques, des peuplements, etc. Les animaux peuvent parcourir des distances importantes pour aller chasser, comme cela a été démontré pour plusieurs espèces. Ils restent cependant très sélectifs sur les habitats exploités, tant en qualité qu'en surface. Pour exemple, le Rhinolophe euryale peut chasser à plus de 15 km de son gîte, pour seulement quelques centaines de mètres carrés de terrain de chasse (Némoz & Brisorgueil, 2008). Le même comportement est observé pour d'autres espèces, tant de lisières que spécialistes du milieu forestier (Barataud *et al.*, 2005a; Catto *et al.*, 1996; Entwistle *et al.*, 1996; Russo *et al.*, 2002; Sierro, 1999).

2.2.3.2- Intérêts des 2 techniques (capture, détection ultrasonore), complémentarité, périodicité.

La capture est lourde à mettre en place, et le système d'écholocation utilisé par les chiroptères rend le système de capture facilement détectable par les animaux (Wilson *et al.*, 1996). Elle devient de fait très hasardeuse en forêt, puisque les animaux peuvent profiter de tout l'espace pour se mouvoir, soit en passant par dessus, sinon sur les côtés. Cette méthode permet cependant d'avoir une détermination quasi certaine de tous les individus, et de déterminer le statut reproducteur, l'état sanitaire, etc., indispensable quand on doit engager des mesures de gestion conservatoire sur un site (Wilson *et al.*, 1996). En effet, ces informations peuvent renseigner sur l'intérêt du site, soit au niveau du gîte, soit au niveau de la qualité des terrains de chasse.

La détection ultrasonore ne fournit pas toutes ces informations. Il est donc délicat de ne s'appuyer que sur des données acquises au détecteur pour proposer des stratégies complexes de conservation sur un espace donné. De plus, il est impossible de distinguer formellement certains taxons, les systèmes d'écholocation chez les chiroptères étant dépendant dans chaque cas de leur environnement immédiat, et des obstacles qu'ils rencontrent (Barataud, 2005a). Cette méthode est cependant indispensable en forêt, de part la difficulté d'accès aux informations sur les chiroptères. En effet, leur capacité à se mouvoir, même dans un espace encombré, leur permet d'éviter des dispositifs de capture assez facilement. Par contre, leurs déplacements se traduisent par des émissions sonar qu'un observateur équipé de détecteur d'ultrasons pourra interpréter pour fournir une liste d'espèces sur un site donné. Il est donc possible d'inventorier sommairement les espèces présentes sur un site (sinon des groupes d'espèces dans certains cas), voire de comparer l'activité de l'ensemble des chauves-souris d'un habitat à un autre. Par contre, les spécificités de chaque groupe en terme de capacité écholocative implique de ne comparer des habitats que groupe d'espèces par groupes d'espèces. Les inventaires ou expertises forestières à partir de cette méthode sont déjà nombreuses. Nous ne citerons que les références qui nous semblent les plus informatives vis-à-vis de la gestion forestière (Barataud, 2005b; Beuneux & Courtois, 2002; Beuneux & Rist, 2005; Fauvel, 2007a, b; Favre, 1997a, b, 2007, 2008; Guérin, 2000; Julien, 2003; Le Houedec, 2007; Le Reste, 2006, 2008; Lustrat, 2000, 2001; Néri, 2001; Rideau, 2003; Sané, 2008; Tillon, 2002a, 2007). La liste n'est donc pas exhaustive.

Les deux méthodes peuvent utilisées conjointement sur un site.

De fait, **pour un inventaire**, que ce soit sur un terrain de chasse ou sur une sortie de gîte, **la détection ultrasonore peut être cumulée à la capture**. Les informations alors récoltées seront complémentaires. Un inventaire en forêt nécessite **au moins 3 passages sur un site de petite taille** (moins de 500ha), pour vouloir dire quelque chose. En fonction de la complexité du massif, et de sa taille, le nombre de nuits d'observations devra être démultiplié.

Pour un suivi, la capture n'est pas forcément indispensable, car coûteuse en énergie. Il s'agit bien souvent de **mettre en relation un habitat** (qui peut évoluer) **avec les espèces présentes**. Là aussi, **3 passages** sont nécessaires au minimum, au moins au détecteur d'ultrasons (parfois aussi avec de la capture) mais à adapter. Le nombre de points à mettre en œuvre dépend de la taille du site, et de l'objectif. De même pour les inventaires ou suivis en altitude, l'occurrence de présence de chauves-souris étant réduite par rapport à la plaine (Fiers, 2004). La détection ultrasonore y est donc préconisée.

Ces méthodes peuvent enfin être appliquées **lors d'une expertise**, dans un objectif de renseigner ou de confirmer certaines hypothèses de présence d'espèces notamment, au regard des habitats disponibles.

Périodes de passage :

- Hiver : capture à proscrire ! L'activité des chiroptères est quasiment inexistante, et les efforts ne sont pas à investir à cette période.
- Printemps (avril-mai) : période clé pendant laquelle les chiroptères rejoignent les sites où les colonies vont mettre bas. En cas de modification du paysage pendant l'hiver (coupes forestières), les colonies sont obligées de se réorganiser, et de se répartir l'espace. *Inventaire possible, période à intégrer pour un suivi d'activité sur des types d'habitats.*
- Ete (juin-juillet) : les colonies sont rassemblées en colonies de reproduction. Les femelles se nourrissent à proximité des gîtes où les jeunes restent en place. De fait, tout inventaire ou suivi à cette période permet de mettre en évidence le statut reproducteur pour chaque espèce, soit parce que l'activité au détecteur d'ultrasons est très élevée (voire anormalement élevée, d'où la présence potentielle de femelles rassemblées en colonies qui reviennent régulièrement nourrir les jeunes), soit parce que le nombre de captures est important, et/ou permet de détecter des animaux allaitants. *Inventaire possible (mais précautions très importantes à prendre en cas de capture à proximité de gîtes), période à intégrer pour un suivi d'activité sur des types d'habitats ou sur le statut reproducteur d'espèces sur le moyen à long terme.*
- Automne (août-octobre) : les animaux se dispersent, et les colonies ont tendance à s'éclater sur la zone correspondant au domaine vital des colonies. C'est une période importante pendant laquelle les animaux visitent tous les sites potentiels d'hivernage, mais aussi pendant laquelle ils s'accouplent. On parle de

« swarming ». Il s'avère que les mâles et les femelles se rassemblent sur certains sites seulement, répondant à des caractéristiques encore mal connues (Furmankiewicz, 2005; Lesinski, 1990; Parsons & Jones, 2003; Parsons *et al.*, 2003a; Parsons *et al.*, 2003b; Petit, 2005; Schunger *et al.*, 2004). Les échanges de gènes qui s'y opèrent semblent se révéler indispensables pour la survie des colonies. *Période à inclure absolument pour les inventaires généraux nécessitant de la capture (période où la capture procure le moins de gêne pour la survie des animaux), et à intégrer pour un suivi d'activité sur des types d'habitats différents.*

Remarque : Les différents conseils prodigués sont à adapter en fonction des questions scientifiques posées. En cas de nécessité de capture en hiver, prendre l'attache d'un membre du réseau Mammifères de l'ONF pour en examiner la nécessité et finaliser le bon choix technique.

Cas particulier de la montagne et de la région méditerranéenne :

Il est aussi important de prendre en compte la région dans laquelle on intervient pour l'inventaire ou le suivi. Les **zones de montagne** ou le **pourtour méditerranéen** ont la particularité de présenter un maximum d'activité de juin à septembre, et il devient beaucoup plus difficile de recenser les chiroptères dans ces régions en hiver et au printemps. Il est donc conseillé de **se limiter à la période juin-octobre pour les inventaires**, quitte à **réduire le nombre de passages à 2 périodes**.

2.2.3.3- La capture.

Comme pour toute méthode, qu'il s'agisse d'un inventaire ou d'un suivi, il convient de noter des informations relatives au site de capture (environnement, météorologie).

Toutes les espèces étant protégées, les opérations de capture nécessitent une autorisation spécifique de capture, à demander auprès des services compétents (préfecture, DIREN, voire Ministère chargé de l'Ecologie).

Plusieurs méthodes de capture existent, mais parmi elles deux seulement doivent retenir notre attention : le harp-trap ou la capture au filet (Mitchell-Jones & McLeish, 1999; Wilson *et al.*, 1996). La capture directement au gîte nécessite une extrême prudence lors des manipulations, sans quoi le gîte risque d'être déserté par l'ensemble de la colonie sans être réoccupé avant une longue période. Il convient donc de l'éviter.

La première technique consiste à disposer un système de fils tendus dans lesquels les individus se prennent, puis glissent pour être conditionnés dans une poche de réception. Cette technique facile d'utilisation et peu stressante (l'animal n'est pas retenu et ne nécessite pas une manipulation pour le sortir du système de capture) est utilisable sur des petits espaces d'interception, car elle repose sur un système de fils tendus par un cadre métallique. Il est donc adapté en sortie de cavité, mais pas en milieu forestier.

La capture aux filets dits japonais peut être utilisée sur tout type de milieux, de la canopée au sol, mais nécessite un temps d'installation parfois important. Les animaux sont pris dans des mailles, il convient alors de les manipuler pour les en sortir, ce qui provoque un stress évident.

Modèle de fiche d'inventaire pour la réalisation de captures de chiroptères MCC10.

Inconvénient : très lourd à mettre en place, réussite de capture en forêt très faible (de 1 à 4 individus par nuit de capture en moyenne), il est impossible de ne se limiter qu'à cette méthode pour lister les espèces présentes sur un site.

Avantage : fournit une information très fine sur le statut de l'animal capturé, tant en terme de succès de reproduction (Fauvel, 2007b; Le Mouël & Farcy, 2004; Mitchell-Jones & McLeish, 1999) que d'état de santé de l'animal. Ces informations peuvent renseigner sur l'état général d'une population et de son environnement au regard de l'écologie de l'espèce considérée, mais sous certaines conditions.

Consigne à respecter : méthode à n'utiliser que par des personnes habilitées à la capture, et possédant une autorisation adéquate. De plus, le stress généré par cette méthode nécessite d'infimes précautions en cas de captures de la mi-mai à la fin juillet. Un stress trop important peut provoquer des avortements ou l'abandon du jeune par sa mère.

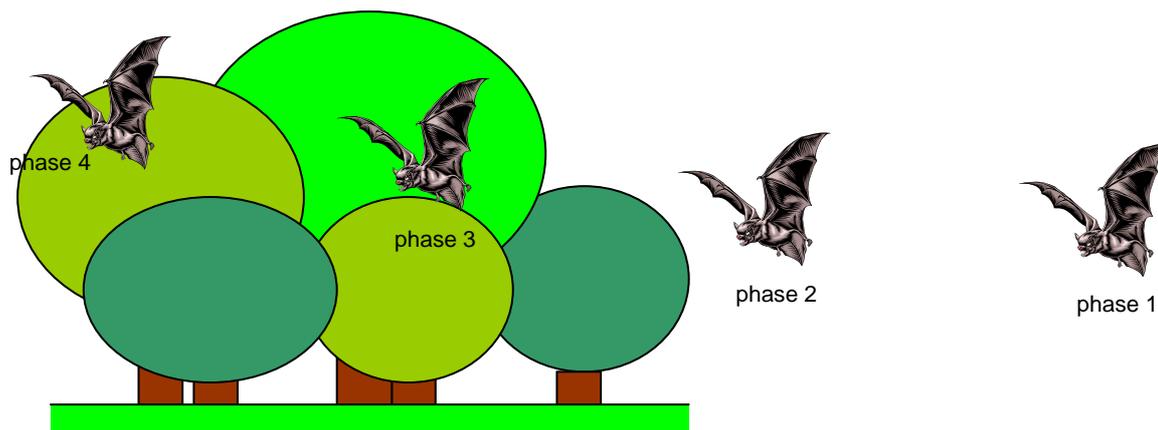
Méthode très dérangeante pour les animaux, créant un fort stress. La phase de capture est tout aussi dérangeante que les manipulations pour l'examen des individus ou leur équipement (pour télémétrie par exemple).

2.2.3.4- L'écoute ultrasonore.

i- Interprétation de données ultrasonores (qualité des habitats).

Il convient de préciser la manière dont les chauves-souris utilisent les ultrasons. Les sons sont émis par le nez ou la bouche, avec une telle richesse dans le signal que ce dernier permet à l'animal d'avoir une idée précise de l'endroit où se trouve l'objet qui l'intéresse, voire de deviner de quel insecte il s'agit (dans le cas de la recherche de proies). Les signaux sont en effet réfléchis sur l'obstacle, et sont par la suite analysés très rapidement par la chauve-souris afin de déterminer sa position exacte, et sa trajectoire. Contrairement aux autres sons dans la nature, ces « cris » n'ont donc pas une fonction de marquage du territoire, les animaux « jouent » avec eux afin qu'ils leur apportent une réponse aux questions qu'ils se posent (« où se trouve tel objet ? »). De fait, la chauve-souris adapte chaque cri pour qu'il lui apporte le maximum d'informations, tout en lui coûtant le moins d'énergie possible (les cris ultrasonores ont un coût important, il est donc primordial de le diminuer au maximum). Considérer qu'un son « type » ne correspond qu'à une seule espèce est donc une erreur, il arrive que plusieurs espèces utilisent le même type de signal sonore, mais dans des circonstances différentes (parce que pour chacune d'elles, ce signal a une fonction d'information différente). Pour exemple, *Myotis bechsteinii* et *Myotis emarginatus* utilisent le même signal quand ils entrent dans la végétation (fréquence modulée abrupte, avec claquement en haute fréquence terminale). Mais les 2 espèces utilisent des signaux différents en espace plus ouvert. De plus, un milieu très fermé peut être considéré comme ouvert par un animal qui aurait un centre d'intérêt éloigné.

Figure 5 : Schéma illustrant l'utilisation de l'espace par une chauve-souris en chasse.



La figure 5 représente une chauve-souris chassant divers insectes sur son terrain de chasse. En phase 1, l'animal est effectivement en espace ouvert, et regarde loin devant lui (à 25m) en émettant des sons très longs pour augmenter la portée de son signal. Les sons sont peu informatifs sur les objets qui sont en face de lui, mais lui indiquent la distance des obstacles. En 2, il est en phase d'approche d'un obstacle, les sons sont plus rapprochés, et sont modifiés pour fournir une information plus précise sur la localisation des trous dans la végétation lui permettant de se mouvoir entre les branches (portée de 5 à 10m). En phase 3, certains sons sont très courts, et ne portent pas à plus de 2m, car l'animal glane des proies sur les feuilles, et n'a donc pas besoin de gaspiller de l'énergie pour des signaux longue portée. Il lui faut par contre émettre des sons très riches et informatifs pour localiser précisément ses proies, voire deviner à quelles catégories d'insectes il a affaire. D'autres signaux peuvent par contre porter à 5 ou 10m, l'animal se déplaçant entre chaque branche hébergeant des proies. Pourtant, le milieu ne semble pas changer pour l'observateur ! En phase 4, la chauve-souris sort de la végétation. Pour l'observateur, elle donne l'impression d'être en espace encombré, donc en milieu très fermé. Pourtant, l'animal ne s'intéresse plus à la végétation, ni aux insectes, et émet à 25m devant lui. Pour lui, le milieu est très ouvert !

Ces quelques explications consistent à éviter de considérer un espace comme ouvert ou fermé simplement avec le regard d'un observateur naturaliste habituel. Le caractère fermé d'un milieu ne dépend que des centres d'intérêt des animaux. Un même arbre pourra être en même temps un espace fermé pour un individu d'une espèce glanant des insectes sur les feuilles, et ouvert pour un autre qui ne fera que le longer. Pour un même individu, les émissions sonars autour d'un même arbre peuvent donc avoir une portée allant de 3 à 25m, en fonction de son centre d'intérêt. Ceci explique de fait la difficulté d'accéder aux chauves-souris lors d'un inventaire au détecteur d'ultrasons. Sur un même arbre, les animaux seront accessibles à l'observateur car volant

à 10m au-dessus de lui en phase de transit, mais disparaîtront de ces oreilles attentives car étant à 5m en chasse dans le feuillage (avec une portée du signal à 2 ou 3m seulement). Ce n'est donc pas le matériel de détection qui permet de plus ou moins capter les animaux, mais les animaux qui changent la portée de leur signal en fonction du milieu dans lequel ils évoluent, en fonction de ce qu'ils y cherchent.

ii- Pour les inventaires.

Comme pour toute méthode, qu'il s'agisse d'un inventaire ou d'un suivi, il convient de noter des informations relatives au site d'inventaire (environnement, météorologie).

Les écoutes ultrasonores permettent d'accéder facilement à tout type de milieu. C'est la méthode la plus communément admise pour l'inventaire des chiroptères en forêt (Bernard, 2002; Cohez, 2002; Evin & Tillon, 2005; Fauvel, 2007a, b; Issartel, 2006; Jay & Tupinier, 2003; Julien, 2003; Le Houedec, 2007; Néri, 2002; Tillon, 2002b, c). Son avantage réside dans le fait que l'observateur peut être mobile, et se déplacer d'un site à un autre.

Après de nombreux tests effectués par le réseau Mammifères de l'ONF, il s'avère que les points d'écoute sont à préférer aux transects, pour lesquels il est difficile de lier un contact à un habitat. Ils peuvent de plus être complémentaires à de phases de capture à l'aide de filets japonais. Mais dans le cadre d'un inventaire pur, la nécessité de rester en place ne s'impose pas forcément. L'observateur peut donc se déplacer à son gré pour rechercher les contacts, en alternant entre des sites dégagés pour détecter les espèces à grand vol ou de lisière, et des sites plus fermés où les espèces d'espaces confinés viennent glaner leurs proies.

Modèle de fiche pour l'inventaire des chauves-souris en forêt MCS10 ou MCC10 (il suffit de noter les espèces contactées sur la fiche de capture, en précisant le matériel de détection utilisé).

Inconvénient : il est impossible d'être sûr du statut reproducteur d'une espèce sur un espace donné. Une forte quantité de contacts peut présager de la présence à proximité d'une colonie de reproduction, mais sans que la preuve en ait été apportée. De plus, l'observateur ne peut considérer qu'il détecte les animaux jusqu'à une distance donnée, les contacts dépendront du milieu, et du comportement de l'animal détecté lors du contact sonore. L'interprétation des données doit donc amener la plus grande prudence.

Avantage : fournit une très grande quantité de contacts, et permet d'avoir la plus grande chance de détecter toutes les espèces ou les groupes d'espèces. Facile à mettre en œuvre pour un observateur expérimenté, rapide d'exécution sur le terrain (même si nécessité d'analyse spectrographique de certains sons), et possibilité pour un observateur de visiter plusieurs sites dans une même nuit.

Consigne à respecter : l'absence de contact est difficile à interpréter (comme pour la capture). Il est indispensable de rester au moins 30 minutes lors d'un inventaire sur un secteur donné (sur une petite zone de forêt par exemple, avec déplacements à pieds possibles) avant d'être sûr qu'aucune espèce ne fréquente le site. Pour un inventaire, l'utilisation de détecteurs à expansion de temps est indispensable, sans quoi la détermination des espèces sera impossible pour la majeure partie des contacts.

iii- Pour les suivis d'activité.

Comme pour toute méthode, qu'il s'agisse d'un inventaire ou d'un suivi, il convient de noter des informations relatives au site d'observation (environnement, météorologie). Dans le cas d'un suivi d'activité, le réseau Mammifères utilise une fiche spécifique de description de chaque point d'écoute.

Plusieurs biais sont à prendre en compte lors de l'interprétation d'un jeu de données, et donc à intégrer en préalable à toute opération de terrain :

- une variation de l'observateur et des conditions climatiques entre la réalisation des différents indices,
- une inégalité horaire entre les différents indices,
- la présence ou non d'une colonie à proximité du point d'écoute,
- capacité de réception des signaux sonores (soit pour cause de feuillage dense brouillant la réception, soit parce que les espèces glaneuses n'émettent pas suffisamment loin pour être entendues d'un observateur).

Les tests réalisés par le réseau Mammifères ont mis en évidence que les points d'écoute étaient à préférer aux transects. Ils sont fortement préconisés par le réseau lors d'opérations de suivi. Des temps d'écoute de 10 minutes sur un point donné suffisent à avoir une idée de la fréquentation sur un point donné par groupes d'espèces. Mais afin de ne pas rencontrer de problèmes locaux statistiques (effet site), il convient de répéter au moins une fois les points sur chaque habitat prospecté. **Lire le protocole développé par le réseau Mammifères MCD10.** En cas d'un suivi spécifique fin, le temps d'observation par point doit être augmenté, la détectabilité de chacun des taxons étant alors réduite. Il s'avère en effet que la détectabilité des espèces est telle que

l'exhaustivité moyenne de détection est inférieure à 27% après 10 min, 53% après 30 min et 65% après 45 min (Archaux, 2008). Pour un suivi intégrant des données espèces précises, 45 minutes semblent être nécessaires, même si ce temps de suivi par point d'écoute peut être réduit à 30 minutes. Un point long réalisé une fois sur une même saison est de plus préférable à trois points répétés à peu d'intervalle de temps. Par contre, un passage par saison apparaît indispensable (notamment pour tenir compte des différences de comportement d'une saison à l'autre). Enfin, même si la période d'écoute à préférer doit commencer si possible 20 minutes après le coucher du soleil, il peut durer jusqu'à 4 heures après le coucher du soleil (préférer 3 heures) (Archaux, 2008). **Le protocole de suivi est le MCD30 (pour 30 minutes) ou MCD45 (pour 45 minutes)** en fonction des questions posées par le programme scientifique.

Fig. 6 : Graphique représentant la richesse détectable de chaque groupe d'espèces sur des points d'écoute de 10 minutes (d'après Archaux comm. pers.). On voit qu'il est possible de détecter la présence des pipistrelles et du groupe des murins assez rapidement, que 10 minutes suffisent. Ce temps de suivi pourrait être insuffisant pour être sûr de détecter le groupe des sérotines et noctules.

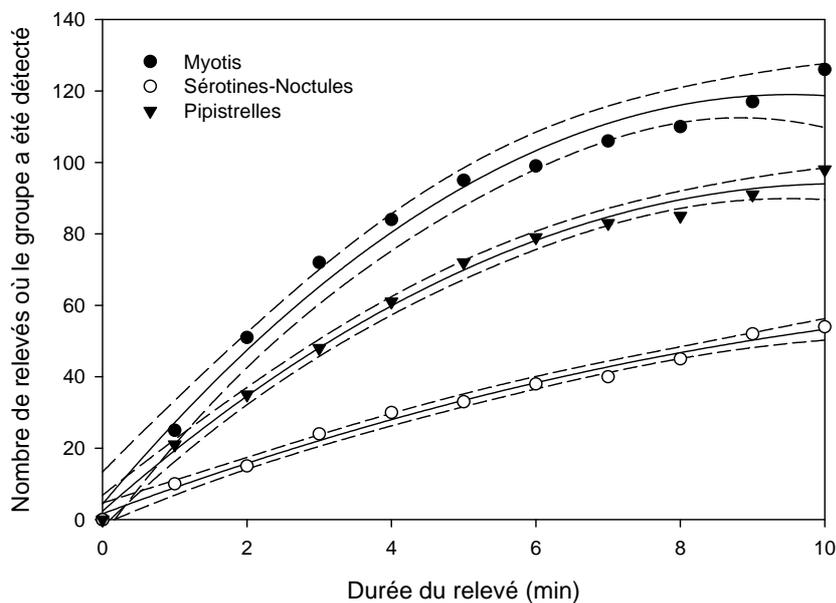


Fig. 7 : Graphique représentant la richesse observée en moyenne en chiroptères en fonction du temps en forêt (Archaux, 2008). Un premier plateau se situe à 60 minutes pour avoir 5 espèces. Il est toutefois possible de diminuer ce temps d'écoute, si d'autres passages sont réalisés à d'autres saisons.

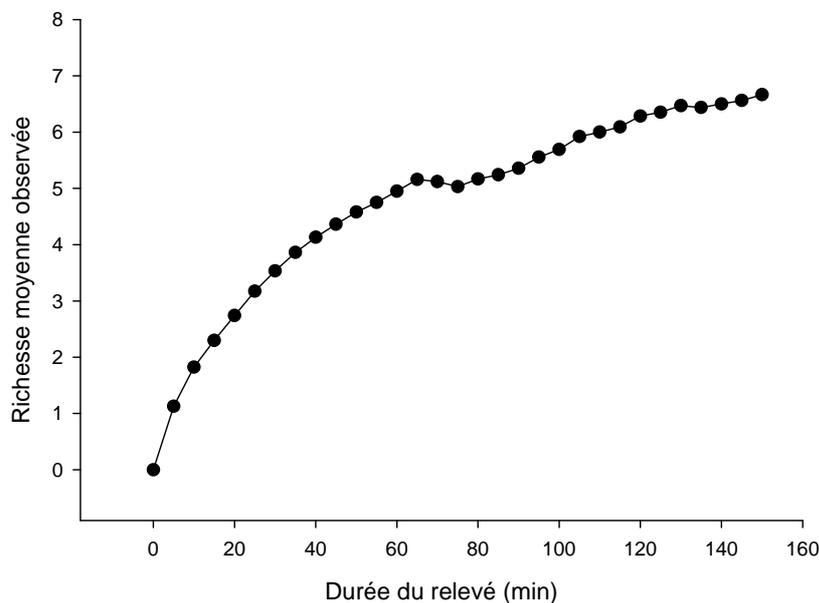
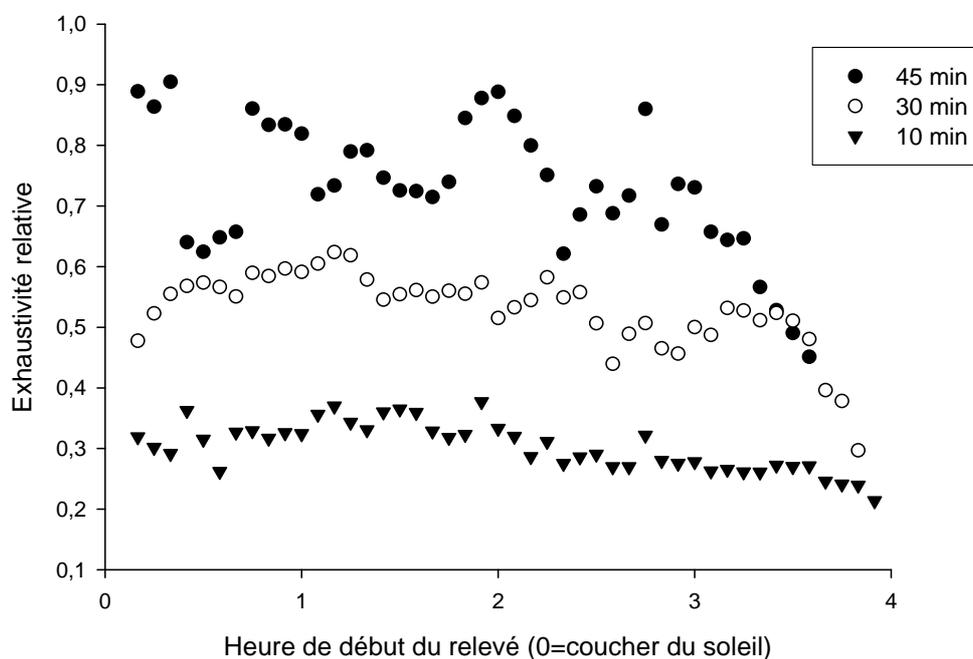


Fig. 8 : Exhaustivité relative détectable sur un point d'écoute dans le temps en fonction de la durée du point d'écoute (Archaux, 2008). Après le coucher du soleil, les observateurs ont près de 4 heures pour détecter le maximum d'espèces sur un point d'écoute (cette richesse baisse après 3 heures 30 minutes).



Remarque : Le protocole peut être adapté en fonction des questions scientifiques à tester. Se rapprocher du réseau Mammifères pour toute modification.

Modèle de fiche pour le suivi de l'activité des chauves-souris en forêt MCD10 et MCH10 (partie habitats), ou MCD30 ou MCD45.

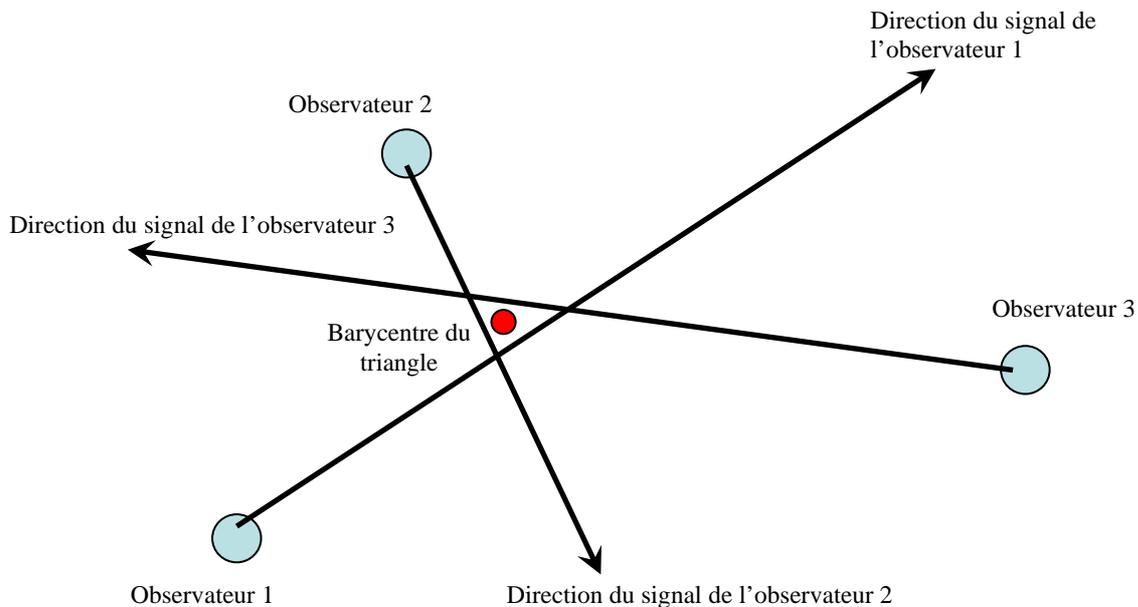
Remarque : En cas d'enregistrement de sons pour analyse ultérieure, ou conservation pour vérification ultérieure (découverte d'une nouvelle espèce sur une forêt, nécessité de conserver des preuves de sa présence), il est conseillé de l'enregistrer sur un support numérique, de la manière suivante : année nom numéro automatique à 3 chiffres (ex : 08TILLON001).

Méthode peu dérangeante pour les animaux, voire sans impact. L'observateur est passif vis-à-vis des animaux, à condition qu'il soit équipé d'un casque audio pour éviter que le détecteur ne traduise dans l'audible les sons ultrasonores, pouvant alors perturber le comportement des animaux.

2.2.3.5- La radio télémétrie.

La radio télémétrie est la méthode la plus fiable pour déterminer précisément les secteurs et habitats utilisés (gîtes et terrains de chasse) par une chauve-souris (Beuneux, 2008). Il convient toutefois d'être prudent lors des phases d'analyse des données si les acquisitions de localisations n'ont pas été déterminées directement sous l'animal (voir plus loin) (Eberhardt, 1990). Cette méthode très lourde nécessite une forte mobilisation sur le terrain, avec plusieurs observateurs qui cumulent en même temps des observations. Agrégées, elles permettent de déterminer les positions certaines de l'animal, donc de définir avec un maximum de précision le circuit utilisé par l'animal. La radio télémétrie nécessite en préalable de capturer l'animal, qui doit ensuite être équipé par un émetteur de petite taille collé sur le dos (entre les omoplates), avec une colle chirurgicale spéciale, ou posé à l'aide d'un collier. L'animal relâché est suffisamment stressé au début de sa progression après le relâcher pour que les données des premières heures soient interprétées avec précautions.

Fig. 9 : Principe de la radio localisation. L'animal est équipé d'un émetteur VHF. Ce dernier émet des ondes captées par 3 observateurs. Au même moment, chaque observateur note la direction du signal à l'aide d'une boussole. Les positions des observateurs sont notées sur une carte, ainsi que la direction de leur signal. 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. Cette procédure peut être réalisée très régulièrement pour un même animal. 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 d'« Homing in »). La radio localisation est alors certaine. 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.



Cette méthode étant très lourde, il est indispensable de définir précisément les questions scientifiques auxquelles la manipulation doit répondre. L'équipement des animaux ne devra se faire que sous couvert de cette réflexion préalable. En terme d'objectif de gestion conservatoire, il s'agit en général de définir la zone d'influence des différents types de peuplements forestiers sur une espèce de chauves-souris très présente sur un secteur de forêt. On va donc s'intéresser au domaine vital de la colonie, en équipant plusieurs individus, à plusieurs périodes importantes pour ces animaux (voir plus haut). Dans ce domaine vital, il sera possible de déterminer les différents habitats utilisés au regard de l'ensemble des milieux disponibles, puis de définir (mais c'est parfois plus délicat) les couloirs d'accès entre les habitats favorables (des gîtes aux terrains de chasse). Il sera ainsi possible de proposer des mesures de gestion conservatoire, ou des indications pour une exploitation raisonnée ou une modification de la gestion, voire une modification de l'organisation du paysage forestier pour prendre en compte la colonie.

Inconvénient : c'est la méthode la plus lourde à mettre en place pour suivre les chauves-souris en forêt. Elle nécessite la présence de plusieurs observateurs qui interviennent simultanément, des nuits complètes, pour localiser les animaux. De plus, les données récoltées imposent de prendre du recul, dans la mesure où elles ne correspondent aux localisations que d'un seul animal. Les résultats ne peuvent donc pas être extrapolés à l'ensemble des individus de l'espèce suivie, encore moins à toutes les espèces de chauves-souris. Ils ne sont de plus valables qu'à un moment donné. Cette méthode nécessite une très forte technicité du coordinateur de la manipulation, et un matériel spécialisé coûteux.

Avantage : cette méthode a pour objectif de définir précisément les secteurs utilisés par un animal ou une colonie (si on équipe plusieurs individus d'une même colonie). Il est par exemple possible de définir la zone d'utilisation d'une forêt par une colonie de chauves-souris, et de déterminer les habitats de chasse utilisés, au regard de tous les habitats disponibles (pour orienter la gestion en faveur de ces habitats). Il n'existe pas de méthode plus performante s'agissant de connaître les habitats utilisés par une chauve-souris, puisque l'animal peut-être suivi en permanence, jusqu'à tous ses terrains de chasse, et dans ses gîtes (diurnes et nocturnes). Mais attention à ne pas extrapoler les résultats, ces derniers ne correspondant qu'à une situation donnée, à un moment précis de la vie de la colonie, sur un site donné. Cette méthode peut-être utilisée pour trouver des gîtes à chiroptères de manière certaine.

Consigne à respecter : il faut absolument éviter de capturer un animal qui sera suivi par télémétrie en collant un filet juste devant l'entrée du gîte, voire en le « cueillant » au sein d'une colonie. Ce genre de pratique provoquera la désertion du site par l'ensemble des individus (rappelons que ces animaux sont très sensibles au dérangement). La capture étant elle-même stressante, il convient de réduire les manipulations pour l'équipement des animaux au strict minimum. L'émetteur ne doit en aucun cas dépasser les 10% du poids de l'animal. Enfin, la durée de la pile est en général très réduite (une semaine). Le stress provoqué doit motiver si possible de maximiser les données récoltables par cette méthode, sur les terrains de chasse, donc de rester plusieurs nuits afin de suivre les animaux. En forêt, il est conseillé de fonctionner en équipe, et de suivre les animaux en les triangulant, donc en les positionnant régulièrement de manière simultanée entre les observateurs. En cas d'équipement simultané de plusieurs individus, il est conseillé d'opérer plusieurs nuits consécutives et de se focaliser sur 1 ou 2 individus localisés toutes les 5 à 10 minutes, tout en recherchant ponctuellement les autres animaux pour s'assurer de leur présence dans le secteur suivi. Cette méthode doit faire l'objet d'une demande d'autorisation particulière de capture et d'équipement de chiroptères, au regard de la réglementation en vigueur.

Méthode très dérangeante pour les animaux, créant un fort stress lors de l'équipement et de la capture. Le suivi de l'animal en Homing In peut gêner l'animal, qui fuira l'observateur (le bruit de sa dernière se déplaçant - feuilles mortes – et avec une lampe provoque parfois une réaction de fuite, observation personnelle). Rester éloigné de l'individu peut s'avérer nécessaire.

2,3- Quels protocoles utiliser pour quelles études particulières ?

2,3,1- Inventorier et cartographier les chauves-souris en forêt.

Pour un Aménagement, la rédaction d'un Document d'Objectif sur un site Natura 2000, ou tout autre problématique de programmation de la gestion, il est important d'avoir une idée des enjeux de conservation des chauves-souris. La stratégie à appliquer en terme d'acquisition d'informations correspond typiquement à l'inventaire.

Les étapes à respecter sont :

- analyse de la bibliographie et des données déjà existantes en bases,
- prospection sur les sites souterrains, bâtis ou autres ouvrages d'art,
- inventaire en période d'activité des animaux, avec détection ultrasonore, puis sur les sites les plus propices (activité importante au détecteur, milieux potentiellement très favorables), capture aux filets cumulée à la détection ultrasonore. Comme expliqué plus haut, 3 passages s'imposent lors de cette phase (avril-mai, juin-juillet et août-septembre). Elle peut être cumulée en journée avec la visite des sites souterrains, bâtis et autres.

Pour cette dernière méthode, quel que soit le massif inventorié, on considère qu'une capture aux filets cumulée à de la détection ultrasonore avec expansion de temps peut fournir une première liste exploitable. Les points d'écoute tels que décrits plus hauts ne sont pas forcément indispensables pour l'inventaire unique. Par contre, en cas de nécessité d'avoir une idée de l'utilisation de l'espace forestier par l'ensemble des taxons, tout en ayant une liste d'espèces, l'utilisation du protocole MCD 10 s'avère indispensable, en stratifiant la prospection pour visiter un maximum de sites et d'habitats, sur l'ensemble du massif. Même s'il ne faut alors pas occulter les jeunes peuplements lors de la définition des points d'écoute, il est important de tirer des points au sein des plus vieux peuplements, et dans les carrefours ou au bord des points d'eau (surtout en début de nuit), secteurs où l'activité globale augmente. Enfin, en fonction de la taille du massif, plusieurs circuits peuvent être nécessaires.

Concernant les 3 passages, il est possible de modifier quelque peu l'échantillonnage (en cas de manque de moyens). On peut en effet décider de faire l'impasse sur le début de la saison (importante au moment de la refondation des colonies de reproduction) ou sur la fin (période d'activité maximale sur un massif). Cela veut dire qu'on ne se concentre alors que sur la phase de reproduction. Si la lacune de connaissance est importante, le gestionnaire saura toutefois où porter son effort de conservation lors de la programmation de la gestion sur le massif. Mais attention de ne pas généraliser la limitation des périodes d'inventaire à la reproduction. En fonction du programme, des visites pendant les 2 autres saisons peuvent être obligatoires.

D'autres méthodes peuvent être utilisées parmi celles présentées plus haut, voire indispensables, mais seulement en situations particulières (pour exemple : découverte d'une importante colonie de reproduction de *Myotis bechsteinii* sur un massif fragmenté, avec peu de vieux peuplements...). Il convient alors de se rapprocher de personnes spécialisées.

2,3,2- Impacts d'infrastructures linéaires (routes, chemin de fer), ouverture de pistes forestières.

La mise en œuvre d'aménagement de l'espace se traduisant par l'ouverture de routes en forêt peut avoir un impact énorme sur les populations de chiroptères (en fonction du type d'infrastructure), et peut nécessiter des mesures d'accompagnement pour diminuer les risques (passages à faune, enterrement des linéaires devant être construits...) (Forestry Commission, 2005). Même si peu de travaux expriment l'impact des effets de fragmentation des paysages sur les chiroptères, il apparaît que leur sensibilité à la modification des paysages forestiers dans leur ensemble peut avoir un impact non négligeable sur certaines populations. Pour exemple, une colonie de *Myotis bechsteinii* utilise un espace forestier avec de nombreux gîtes, et chaque individu chasse territorialement sur un habitat ou un espace dans lequel il exploite les proies disponibles (il est opportuniste, mais territorial). La colonie ne se déplace que très peu en cas de suppression de sa zone de gîtes. Il lui faut donc les habitats favorables (vieux bois feuillus) à proximité. De plus, des travaux ont mis en évidence que la fondation de nouvelles colonies de reproduction passait par une scission d'un groupe déjà existant et important, avec un groupe de femelles qui part pour occuper un espace en périphérie de celui de la colonie initiale (Petit, 2005). Cette forme de dispersion chez les chiroptères pourrait se retrouver chez d'autres espèces. Elle montre en tout cas la nécessité d'avoir des connexions très fortes entre les habitats favorables, voire que ces habitats soient présents en continu dans le paysage forestier, pour autoriser la dispersion d'une colonie de reproduction.

Les études d'impacts sur les infrastructures routières nécessitent la mise en œuvre de plusieurs étapes pour évaluer convenablement l'effet possible de la fragmentation du paysage sur des populations de chauves-souris. Comme expliqué plus haut pour le Murin de Bechstein, une déconnexion paysagère entre une zone occupée par une colonie de reproduction, et l'une des seules zones de fondation d'une nouvelle colonie, ou simplement de déplacement de la colonie initiale, peut être fatale à cette colonie. On considère qu'il faut en moyenne (toutes méthodes confondues) une journée de travail par kilomètre de linéaire (temps à répartir entre les phases de prospection, de recherche active de chiroptères, de synthèse ou d'analyse des données). Les chauves-souris étant dépendantes de l'organisation du paysage, et de la végétation arborée et buissonnante, le choix des sites d'observation doit se caler sur les lisières et sur les grands blocs d'habitat d'un seul tenant.

Les étapes à respecter sont :

- analyse de la bibliographie et des données déjà existantes en bases,
- prospection sur les sites souterrains, bâtis ou autres ouvrages d'art le long du linéaire, en prenant une largeur de prospection d'au moins à 3km de distance du linéaire, voire 5km dans l'idéal (la zone de prospection d'une colonie de reproduction étant en moyenne pour les espèces qui dispersent le moins de 4 km autour du gîte),
- suivi d'activité des animaux, en utilisant les points d'écoute de 10 minutes (MCD 10) (au moins 1 par kilomètre), sur au moins 3 passages (avril-mai, juin-juillet et août-septembre), et en notant si possible les espèces contactées sur chaque point,
- utilisation de la capture aux filets si nécessaire sur les sites majeurs, présentant une forte activité chiroptérologique avec des signaux non affectables à telle ou telle espèce (avec détection ultrasonore cumulée à la capture),
- utilisation de la radio télémétrie sur les secteurs à forts enjeux, et où des mouvements d'individus sont détectés juste sur le passage de l'infrastructure. Les données acquises permettront de mieux cerner les enjeux sur ce secteur, et de délimiter précisément l'emplacement d'infrastructures complémentaires (passages à faune, enterrement du linéaire...).

Nous rappelons que la façon de se déplacer des chiroptères (à l'aide d'un sonar), incite les animaux à suivre les linéaires, principalement arborés. Il n'est pas rare d'observer des noctules ou des sérotines voler en groupe au printemps le long des alignements d'arbres en bord de route. La création de linéaires boisés le long de ces infrastructures peut donc être un piège pour ces animaux en vol, en chasse ou lors de la sortie de gîte, les chauves-souris l'utilisant comme point de repère pour se déplacer, au risque d'aller trop près de ce linéaire et d'être percuté par un véhicule. Les propositions de gestion à proximité doivent donc tenir compte de ce facteur. Notamment, attirer les animaux loin des routes est la meilleure manière de limiter les risques de collision avec des véhicules (recréation de zones boisées distantes d'au moins 100m de la zone, sinon plantation d'un linéaire bas (2m) sur 30m le long de la route).

Remarque : Des observations personnelles ont montré que les panneaux indicateurs disposés devant les ponts passant sur les routes pouvaient aussi servir de points de repères pour les chiroptères en transit, et peuvent constituer un piège lors de transits. Les fissures dans les ponts, dont les ouvertures donnent sur la route, sont aussi des pièges facilitant les collisions en cas d'utilisation de ces fissures par des chiroptères.

Pour résumer, les propositions de gestion des espaces le long d'infrastructures de communication doit tenir compte des espèces présentes, de leur écologie, et des voies de dispersion utilisées, sinon possibles, au regard des

habitats disponibles. Il est important de ne pas oublier que la fragmentation des paysages et des habitats est l'une des grandes causes de la destruction de la biodiversité dans le monde...

2,3,3- Impacts présumés sur des parcs éoliens.

La Société Française pour l'étude et la Protection des Mammifères a mis en place un protocole d'étude d'impact de la mise en place d'éoliennes sur les chiroptères. Il est indispensable d'appliquer ce protocole lors de la mise en place de parcs éoliens, de surcroît en forêt. Généralement, la mise en place d'un mât en forêt s'accompagne de la création d'une petite clairière, très favorable à la chasse des insectes sur les lisières forestières ainsi créées. Les espèces de type *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Eptesicus*, *Miniopterus*, *Tadarida*, etc, sont particulièrement sensibles. Au milieu de cette clairière, l'éolienne est considérée par les animaux (qui se repèrent avec des signaux sonores par écholocation) comme une infrastructure guidant la chauve-souris vers la canopée, sinon vers les pâles. L'activation de ces dernières génère un frottement au niveau du rotor, donc un échauffement favorable à la concentration d'insectes, diptères notamment (certains modèles de mâts réduisent ces effets actuellement). Qui dit proies, dit concentration de l'activité de chasse du prédateur, les chauves-souris volant entre les pâles pour capturer les insectes. Des études en cours démontrent en zone de plaine un impact considérable des éoliennes sur les chauves-souris, quand ces dernières sont présentes en grand nombre. C'est d'autant plus le cas en forêt, considérées comme des refuges actuellement pour les chauves-souris. De fait, **le Second Plan de Restauration préconise d'éviter tant que possible la mise en place de parcs éoliens en forêt.**

Quoi qu'il en soit, 2 phases s'imposent lors de l'étude d'impact :

- le pré diagnostic consiste à analyser les données existantes en base de données, puis la bibliographie, et enfin de faire une rapide analyse paysagère, afin d'évaluer les risques. S'ils sont considérés importants, il convient de mettre en œuvre :
- le diagnostic, beaucoup plus lourd, avec des longues phases de terrain (voir protocole spécifique).

Si les résultats mettent en évidence un impact potentiel élevé (en forêt notamment), il ne faut pas mettre en place le parc éolien, même de petite taille. D'ores et déjà, des Régions ont pris la décision de proscrire les parcs éoliens dans les zones forestières.

2,3,4- Fermeture ou destruction de bâtiments.

Comme nous l'avons décrit plus haut, les bâtiments jouent un rôle important pour la conservation de certaines espèces en forêt. Une expertise s'avère donc indispensable, en :

- analysant la bibliographie et les données déjà existantes en bases,
- prospectant le site selon le protocole spécifique de prospection de sites bâtis, si possible avec au moins 2 passages (un en hiver, et un en juin juillet, pendant la présence des colonies de reproduction).

L'expertise doit suffire pour proposer la meilleure gestion du bâtiment.

Dans chacun des cas, proposer un accès (par une porte blindée ou un passage fermé à clé) permettra de suivre dans le temps l'efficacité de la mesure. Enfin, l'intégration de l'environnement du bâtiment (corridors d'accès aux terrains de chasse) peut aussi apporter des informations importantes lors de la mise en œuvre d'actions de gestion.

2,3,5- Réaménagement d'ouvrages d'art.

Comme nous l'avons décrit plus haut, les ouvrages d'art en forêt peuvent être visités par les chauves-souris à n'importe quelle saison. Une expertise s'avère donc indispensable en cas de réaménagement du site (reconstruction ou modification partielle ou complète en vue du passage d'engins forestiers par exemple), en :

- analysant la bibliographie et les données déjà existantes en bases,
- prospectant le site selon le protocole spécifique de prospection de sites bâtis et d'ouvrages d'art, si possible avec au moins 4 passages (un passage pour chaque saison).

L'expertise doit suffire pour proposer la meilleure gestion du site. Comme précédemment, l'intégration de l'environnement immédiat peut apporter des informations complémentaires. Enfin, des captures aux filets devant l'entrée des ponts permettent souvent d'apporter des informations complémentaires à toute saison (sauf hiver) lors d'inventaires en forêt, les chiroptères pouvant utiliser les ponts ponctuellement dans une nuit.

2,3,6- Fermeture de mines et de sites souterrains.

Les mines et autres milieux souterrains peuvent être utilisés tant en hivernage qu'en estivage. Les consignes de sécurisation de ces sites imposent dans certains cas une fermeture de l'entrée. Les DRIRE et le BRGM proposent en général le foudroyage des entrées, empêchant l'accès tant aux hommes qu'aux chauves-souris. Il convient en premier lieu :

- d'analyser la bibliographie et les données déjà existantes en bases,
- de prospecter ces sites souterrains, en hiver voire en été (surtout dans la moitié sud de la France), afin de déterminer le type d'utilisation et les espèces présentes.

Les espèces ainsi inventoriées peuvent justifier la sécurisation par la pose de grilles à l'entrée, avec des barreaux horizontaux ayant un écartement spécifique pour permettre l'accès par des chauves-souris, mais interdisant la pénétration humaine. Cette méthode simple peut être remplacée par la mise en place d'un périmètre de sécurité avec des barrières hautes infranchissables à l'Homme, mais permettant une utilisation facile par des chauves-souris. Il est aussi important de noter que *Miniopterus schreibersii* ne supporte pas les grilles à barreaux horizontaux. Il faut donc prévoir un accès suffisamment grand en haut de grilles qui seraient posées, voire préférer la sécurisation d'un périmètre autour de l'entrée par une clôture.

Dans chacun des cas, proposer un accès (par une porte blindée ou un passage fermé à clé) permettra de suivre dans le temps l'efficacité de la mesure.

Se reporter au paragraphe « gestion ».

2,3,7- Expertise pour le maintien d'arbres à chiroptères.

Il n'existe que peu de travaux permettant de connaître l'arbre-type à chauves-souris. D'ailleurs, existe-t-il un arbre-type à chauves-souris en forêt ? Question toujours délicate pour laquelle une réponse n'est pas facile à donner. Se reporter à « **3,1- Les gîtes naturels** ».

Pour répondre à cette question, il apparaît que des travaux récents en plaine ont montré une préférence globale des chiroptères pour les fentes ou les trous de pics sur des chênes sains (en particulier sur les charpentières), si possible hauts dans l'arbre, et dans un secteur riche en arbre mort ou dépérissant et en cavités, sur 30m (Tillon, 2005b). Même si tous les types de cavités peuvent être utilisées, il semble que la tendance vers une sélection des fentes, des trous de pics, et parfois des écorces décollées se confirme en France (Pénicaud, 2000, 2002, 2006). De fait, reconnaître les arbres potentiellement favorables en forêt devient possible. Cela dit, le nombre d'arbres découverts avec des chiroptères se limite pour le moment à seulement quelques centaines pour la France entière. On est donc loin de craindre l'arrêt de l'économie du bois pour cause de conservation des arbres à chiroptères. Compte-tenu des enjeux de conservation portant sur ces espèces, la préservation des arbres-gîtes (découverts avec des chiroptères) doit être systématique.

Leur recherche est à mettre en œuvre sur les vieux peuplements riches en cavités, potentiellement favorables à l'accueil des chauves-souris. En plus de la cartographie des arbres favorables, leur maintien ne peut s'imposer qu'après une visite des cavités, ou suite à une expertise au détecteur en sortie de gîte. Dans chacun des 2 cas, il convient de faire appel à un spécialiste, capable d'accéder à la cavité, puis de remplir les fiches correspondantes de description des arbres gîtes.

2,3,8- Remarque générale.

Toutes les espèces de chiroptères étant protégées, leurs habitats sont aussi en partie protégés (arrêté ministériel du 23 avril 2007). Tout aménagement de l'espace nécessite donc un minimum de considérations vis-à-vis de ces animaux, voire une autorisation spéciale auprès des DIREN dans le cas de la destruction définitive de sites. Il ne faut pas oublier que les chauves-souris doivent être considérées comme des alliées des forestiers. Leur prise en compte doit donc permettre de rendre les forêts plus résilientes.

Nous rappelons aussi que pour toutes les phases de terrain, le réseau Mammifères de l'ONF peut être sollicité, voire les partenaires associatifs. Dans chaque cas, favoriser l'acquisition de données brutes pour intégration dans la base de données naturalistes de l'ONF, même si une analyse commentée est indispensable.

2,4- Le rôle de la géographie et de l'histoire sur la composition et les niveaux de population des chiroptères en forêt.

L'analyse de données d'inventaires, de suivis et d'expertises est une opération très souvent délicate. En effet, comment expliquer qu'un site soit plus ou moins riche en chiroptères ? Des travaux assez récents ont mis en évidence que l'explication n'est pas forcément directement liée à une destruction directe d'habitats favorables. Les effets indirects sont aussi très importants, notamment quand il s'agit de pollution, de fermeture de sites, de destructions de corridors, d'utilisation de pesticides qui détruisent les proies, etc. Ces 2 éléments sont bien documentés. Par contre, il apparaît peu de choses sur l'importance de l'histoire dans les phénomènes observés actuellement d'autant plus sur les chauves-souris. Les données ne se limitent en général qu'à l'observation d'effectifs dans le temps (Godineau & S.F.E.P.M., 2007; Lesinski *et al.*, 2005; McAney, 1994; Mitchell-Jones *et al.*, 1993)

La biologie de la plupart des espèces est proche et répond à un même modèle. On sait que la perte de chiroptères est difficile à compenser dans le temps (Barclay & Harder, 2003). De fait, des destructions passées non visibles, surtout si elles sont importantes (par exemple exploitation d'arbres âgés au cœur de zones forestières assez jeunes) peuvent expliquer des niveaux de populations bas actuellement. Ce n'est pas pour autant qu'on peut connaître le temps nécessaire à la reconstitution des effectifs. La longévité et la très faible production de jeunes annuellement par colonie (Barclay & Harder, 2003; Neuweiler, 2000) génère des difficultés lors des calculs. Il devient donc difficile de faire la part des choses sur les événements explicatifs des niveaux de population. Cela dit, quelques travaux récents éclairent le gestionnaire sur les événements successifs et les relations possibles avec les chiroptères. Il se pourrait par exemple que ce soit le passif de surpâturage (pâturage itinérant pendant des siècles cumulé à la présence de milliers de chevaux pour les chasses royales) qui puisse expliquer en partie les faibles effectifs de *Barbastella barbastellus* (Tillon, 2007) en forêt de Rambouillet. Ce surpâturage a en effet pu provoquer la disparition des plantes hôtes de papillons tympanés, principales proies de l'espèce. D'autres données récentes pour cette espèce montrent aussi que la géographie agit, notamment sur cette espèce, qui semble nécessiter des connexions permanentes entre des massifs forestiers pour autoriser des échanges fréquents d'individus entre populations (Meschede & Heller, 2003). Du coup, on comprend encore mieux que *Barbastella barbastellus* n'ait pas pu retrouver des effectifs stables et importants, l'isolement de ce massif francilien, entouré au nord par l'urbanisation et au sud pour les plaines céréalières de Beauce, ne favorisant pas un développement de la population.

Ce dernier exemple montre à quel point les effets peuvent se cumuler, et qu'il est ô combien difficile de maîtriser totalement tous les effets de l'utilisation de l'espace forestier par l'Homme pour la meilleure prise en compte possible des chauves-souris. Il faut aussi tenir compte de la géographie et de l'histoire. La partie qui suit va s'attacher à intégrer le maximum d'effets pouvant favoriser ou non les chauves-souris, dans l'objectif de présenter des mesures adéquates pour leur meilleure intégration possible dans la gestion.

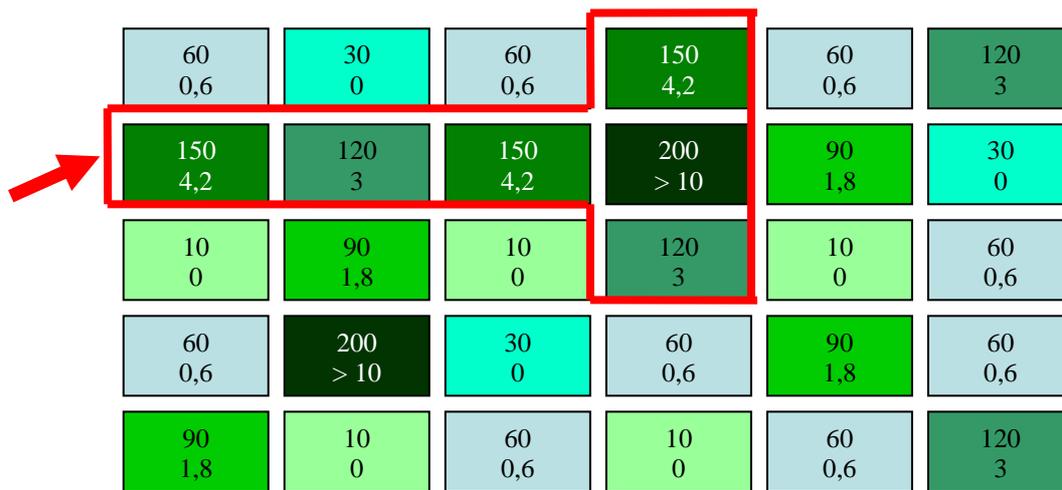
3- Prise en compte des chauves-souris dans la gestion forestière.

Comme nous l'avons présenté en introduction, les chauves-souris sont des animaux sensibles à l'organisation et à l'histoire d'un paysage. De plus, tous les éléments (bâti, cavités souterraines, etc.) sont autant de sites potentiellement utilisables par les chiroptères. Il est donc indispensable de considérer la forêt avec tout ce qui la compose lors de la mise en œuvre d'une gestion conservatoire sur un massif forestier.

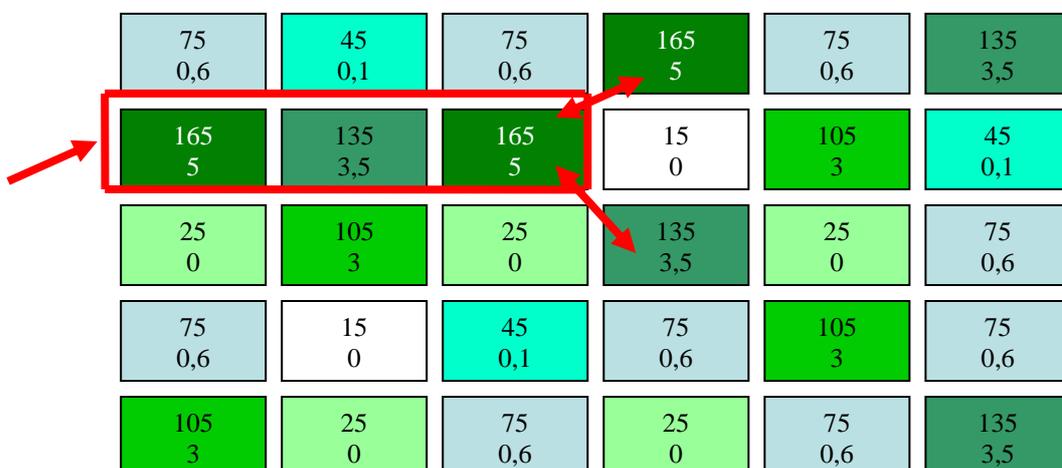
La gestion forestière pourra être considérée comme une contrainte pour une population, ou comme un atout favorisant sa conservation. Les pressions s'exerceront tant sur les gîtes que sur les terrains de chasse. Les espèces réagiront de différentes manières. Pour exemple, la figure 3 présente l'évolution possible d'un massif forestier dans le cadre d'une gestion régulière en plaine, en ne prenant en compte que la capacité d'accueil en gîtes.

Fig. 10 (d'après Meschede & Heller, 2003 et Tillon *et al.*, 2005) : Évolution de la quantité de gîtes disponibles au cours du temps, à partir d'un potentiel de départ (A), puis 15 ans après l'exploitation de seulement 2 parcelles, correspondant aux peuplements forestiers les plus âgés.

A : En équivalent nombre de cavités, pour une vieille futaie, on peut compter en forêt feuillue, de 7 à 10 cavités/ha, en forêt mélangée de 4 à 6, et en forêt résineuse de 1 à 3 (le premier nombre indique l'âge du peuplement forestier, le second le nombre moyen de cavités à l'hectare). B : 15 ans après l'exploitation, en considérant une surface moyenne de 10ha par parcelle, en zone feuillue, et en tenant compte que les autres peuplements continuent à vieillir, donc augmentent leur potentialité d'accueil en cavités disponibles, le nombre de cavités passe de 612 à 467, ce qui fait donc une perte de 23,7% de nombre total de cavités, pour avoir exploité seulement 2 parcelles. Juste après l'exploitation des 2 parcelles dont les bois avaient 200 ans, le nombre de cavités était passé de 612 à près de 400, soit plus de 30% de disparition en quelques semaines. S'il y a une perte potentielle de gîtes pour les chiroptères, il y a aussi des risques de perte de connectivité entre les zones de gîtes pour les espèces les plus sensibles à la fragmentation, voire avec leurs terrains de chasse.



Situation A (avant exploitation),



Situation B (15 ans après exploitation).

En considérant l'exemple présenté dans la figure 2, plusieurs auteurs pensent que le premier facteur limitant pour des chauves-souris en forêt serait la disponibilité en gîtes (Entwistle *et al.*, 1997; Fenton, 1997; Grindal & Brigham, 1999; Jenkins *et al.*, 1998; Kronwitter, 1988; Kunz & Lumsden, 2003; Mayle, 1990a; Miller *et al.*, 2003). Si cette affirmation ne peut pas être systématiquement généralisée, il apparaît cependant que plus le nombre de cavités disponibles sur un espace forestier donné sera important, plus le taux d'occupation de ces cavités par des colonies de reproduction augmentera de façon exponentielle (Tillon, 2005b). La capacité du gestionnaire à maintenir un nombre suffisant de cavités joue donc un rôle essentiel pour la conservation de l'ensemble des chauves-souris en forêt. Toutefois, compte tenu de l'écologie de certains taxons, cette affirmation ne semble pas pouvoir s'appliquer pour des espèces au régime alimentaire très spécialisé comme *Barbastella barbastellus* (Barataud, 2005c; Russo *et al.*, 2004; Sierro, 1999; Sierro & Arlettaz, 1997). Il devient donc indispensable de ne pas dissocier les terrains de chasse de la réflexion d'ensemble en terme de gestion. Pour reprendre l'exemple de la figure 10, l'exploitation des 2 parcelles les plus âgées va générer :

- le maintien, voire l'augmentation des effets de lisières horizontales,
- la diminution des lisières verticales par rajeunissement de certains vieux peuplements,
- un risque d'éloignement des zones de chasse de certains gîtes,
- pas d'effets directs sur la quantité de proies, mais plutôt sur la qualité des proies, avec favorisation des insectes thermophiles au dépend de ceux liés aux arbres âgés.

De fait, les chauves-souris réagiront de différentes manières :

- les espèces à **stratégie opportuniste** seront favorisées (Pipistrelles, M. de Daubenton, Noctules, Sérotines),
- les espèces de **chasse au sol** seront diversement réactives (par rapport à l'ouverture du sous-bois et à la richesse en proies) (groupe des Murins de grande taille),
- les espèces **glaneuses** seront défavorisées pendant de nombreuses années (les Oreillardes et la plupart des Murins).

Toutes ces explications sont à modérer, en fonction des espèces considérées, chacune d'elles ayant une écologie qui lui est propre, et qui génère une utilisation de la forêt selon une stratégie spécifique. Il convient aussi de prendre en compte la zone géographique considérée, l'altitude, le climat, autant de facteurs qui influencent autant le cortège des espèces pouvant utiliser un secteur de forêt que les types de cavités pouvant être utilisées ou non par des chiroptères.

Globalement, des tendances se dessinent en France :

- Les forêts feuillues sont les plus intéressantes pour les chauves-souris. Elles proposent des gîtes en plus grand nombre que pour les forêts mixtes ou résineuses. De même, les proies y sont largement plus abondantes et plus diversifiées que dans les peuplements résineux, favorisant ainsi l'ensemble des chauves-souris. Dans les secteurs où les résineux sont autochtones, il se pourrait que la richesse spécifique soit plus importante que dans les secteurs de plantation où ils sont allochtones. Le nombre d'individus déclinerait avec l'altitude.
- Tous les types de cavités intéressent les chauves-souris. Certaines espèces sont spécialistes des fissures étroites, comme *Myotis nattereri*, *Plecotus sp.*, *Barbastella barbastellus* ou *Pipistrellus sp.* (Giosa & Fombonnat, 2002; Pénicaud, 2000, 2002, 2003, 2006; Russo *et al.*, 2004; Van der Wijden *et al.*, 2002). D'autres préfèrent les grandes cavités de type trous de pics, comme *Myotis bechsteinii*, *Nyctalus sp.*, *Eptesicus serotinus* (Giosa & Fombonnat, 2002; Kerth *et al.*, 2001b; Pénicaud, 2006; Ruczynski & Bogdanowicz, 2005; Tillon, 2006; Van der Wijden *et al.*, 2002). En fonction de la saison, la sélection s'opère de manière plus ou moins importante sur le gîte de la colonie. Pour exemple, si la plupart des espèces semblent s'adapter aux cavités sur les arbres morts, elles sélectionnent des arbres vivants pendant la période critique de la mise bas et de l'élevage des jeunes quand ils sont non volants (Tillon, 2005b).
- Tous les types d'arbres peuvent être utilisés par les chauves-souris. Mais il existe une préférence marquée pour les feuillus. Quand les chiroptères ont le choix entre un feuillu et un résineux, elles préfèrent très largement les feuillus. Parmi ces derniers, les chênes sont les plus favorables (Tillon, 2005b). De fait, en plaine, dans les régions où les feuillus sont naturellement présents aux dépens des résineux, ce sont bien eux qui doivent prédominer si on souhaite favoriser les chiroptères. Dans le cas de forêts où les résineux sont prédominants, il apparaît que les chiroptères sélectionnent des arbres moribonds, voire morts (mais avec des cavités importantes), qui ne présentent plus d'écoulements de résine (Beuneux, 2006). Les arbres brûlés où se sont formées de grandes cavités sont aussi favorables.

- En terme de terrains de chasse, les espèces considérées comme les plus forestières sont principalement glaneuses, c'est-à-dire qu'elles viennent cueillir leurs proies sur le feuillage. Plus un milieu sera encombré, plus il conviendra aux chauves-souris. Une structure verticale complexe correspond à l'habitat favorable pour la chasse des chiroptères. C'est d'autant plus vrai en situation feuillue. En effet, les feuillus accueillent plus de diversité et de quantité d'insectes que les résineux (notamment en diptères, lépidoptères, hétéroptères, homoptères ou coléoptères). Pour exemple, les chênes hébergent en Angleterre 284 espèces d'insectes différents, contre 229 pour les bouleaux et 91 pour les pins ou 37 pour l'épicéa commun (Southwood, 1961). La diversité des prédateurs accompagne cette diversité de proies.
- La présence de lisières verticales et horizontales permet aux espèces moins spécialistes d'accéder aussi aux proies (cas des *Pipistrellus sp.*, *Nyctalus sp.*, *Eptesicus serotinus...*).
- L'organisation de l'ensemble du massif et de son environnement joue un rôle déterminant pour les chauves-souris. Un îlot d'arbres favorables pour le gîte, isolé au milieu de très jeunes peuplements (des stades fourrés, gaulis, perchis à jeune futaie) peut devenir un piège pour une colonie de chiroptères qui s'y serait réfugié, et qui ne trouverait plus tous les terrains de chasse favorables à proximité. De même l'histoire intervient fortement. Comme cela a été démontré pour les insectes, une rupture temporelle de couvert forestier peut influencer drastiquement le cortège d'espèces d'insectes saproxyliques, même si la coupure n'a été que de quelques années sur une forêt qui a toujours connue une continuité forestière (hormis cette coupure) (Noblecourt comm. pers.). Les chauves-souris pourraient aussi être influencées par l'histoire, parfois ancienne, d'un massif (Tillon, 2007).

Tous ces éléments permettent d'affirmer actuellement que l'ensemble de la gestion forestière agit sur l'ensemble du peuplement de chiroptères sur une forêt. Contrairement à certaines idées reçues, l'exploitation forestière peut être favorable à certaines espèces, sinon au moins les prendre en compte ou rester neutre. Cependant, il convient de rester prudent lors de la planification et de l'organisation de la gestion sur le moyen terme. Pour exemple, une sylviculture visant à réduire le nombre de cavités (rajeunissement globale d'une forêt) ou à réduire la stratification des peuplements forestiers, réduiront drastiquement la capacité en gîtes ou la qualité des terrains de chasse. Quoi qu'il en soit, considérer la gestion des cavités en les dissociant des terrains de chasse n'est pas pertinent pour les chauves-souris. La prise en compte des deux compartiments, ensembles, est indispensable. Les paragraphes suivants vont tenter de mettre l'accent sur les éléments importants à prendre en compte.

3,1- Les gîtes naturels.

Les quelques paragraphes ci-dessus ont présenté le rôle déterminant de « la cavité » pour une colonie de reproduction de chiroptères. L'extrême connu pour des chauves-souris en forêt correspond à *Myotis bechsteinii*, espèce qui semble utiliser jusqu'à plus de 50 gîtes différents par an sur une même forêt (Kerth *et al.*, 2001b). La pression exercée sur la cavité est donc déterminante pour les espèces de ce type, qui sélectionnent les cavités prioritairement de type trou de pics.

On distingue les cavités des gîtes de la manière suivante :

- « *les cavités d'arbres constituent un habitat à répartition discontinue et à existence éphémère [...]* » (Dajoz, 1998),
- et parmi les cavités, on trouve les gîtes, correspondant à la portion des cavités utilisées par les chauves-souris, leur procurant une protection contre les intempéries et les prédateurs, et permettant les échanges sociaux importants, ainsi que l'élevage des jeunes (Entwistle *et al.*, 1997; Kunz & Fenton, 2003).

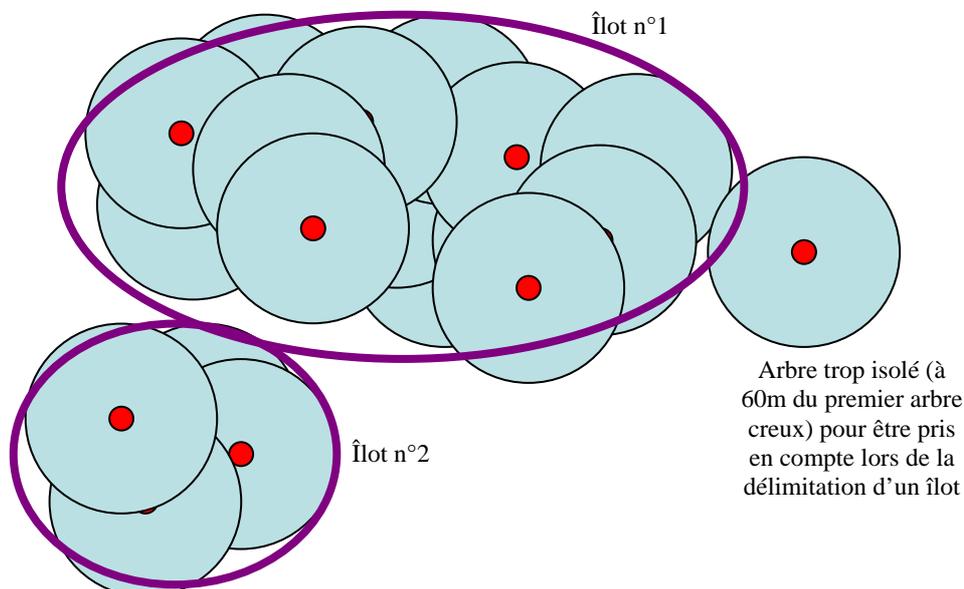
La gestion des gîtes à chauves-souris s'accompagne de la gestion de l'ensemble des cavités, en intégrant les autres taxons utilisant les cavités arboricoles. En premier lieu, les pics sont des oiseaux qui forent leur loge en fin d'hiver. D'une année sur l'autre, ils peuvent forer sur un même secteur d'autres cavités, qui vont contribuer à former un îlot d'arbres creux. Laisser ces arbres sur des surfaces réduites permet de limiter le forage de nouvelles cavités sur d'autres arbres par les pics (démonstré chez le Pic noir par exemple). Pour les autres pics, leur marquage territorial ne les incite pas à forer de nouvelles cavités en périphérie de leur domaine vital. Le maintien des arbres troués, souvent proches les uns des autres, apparaît donc plus favorable pour éviter que d'autres arbres soient utilisés. De plus, la concentration sur une petite surface de cavités de ce type favorise la concentration et l'utilisation de l'ensemble des cavités par les chauves-souris, plutôt que des gîtes dispersés (Tillon, 2005b). Cette étude a d'ailleurs mis en évidence l'importance de l'arbre et de son environnement jusqu'à 30m dans la sélection d'une cavité par des chauves-souris (sur cette surface, plus le nombre de cavités est élevé, plus le taux d'utilisation par les chiroptères augmente de manière exponentielle). Enfin, le maintien d'îlots ne pourra que favoriser les autres espèces liées aux cavités arboricoles, et dont les exigences peuvent être un peu différentes en terme de qualité de la cavité. En effet, un arbre à cavité maintenu pourra produire d'autres types de cavités.

Pour la gestion des cavités à chiroptères, il faut :

- Profiter des « coups de vent » pour maintenir les arbres fendus.
- Conserver les arbres à Pics si possible, au moins ceux qui sont proches les uns des autres (les arbres à trous isolés n'ont que peu d'intérêt pour les chiroptères, mais peuvent en avoir un pour d'autres taxons comme les oiseaux cavernicoles).
- Privilégier l'installation de feuillus aux résineux dans les peuplements désignés pour vieillir, beaucoup plus favorables à l'apparition de cavités.
- Maintenir préférentiellement en îlots des arbres creux (trous de pics et fentes) et des arbres dépérissants ou morts (à désigner), si possible jusqu'à 3ha d'un seul tenant (voir fig.4).
- Définir ces îlots (qui peuvent par ailleurs être des îlots à vocation de sénescence, même si ce sont les arbres sains qui seront les plus intéressants pour les chauves-souris) au cœur des parcelles de production (dont dans les vieux peuplements de plaine et de montagne), et y laisser s'exprimer d'autres essences d'accompagnement (comme le tremble).
- Matérialiser ces îlots sur le terrain, à la fois pour assurer plus facilement leur reconnaissance lors d'opérations de gestion en bordure, mais aussi pour faciliter leur suivi dans le temps.
- Favoriser une distance maximale de 1 à 2 km entre chaque îlot (distance d'évolution autour des gîtes déterminée pour plusieurs espèces par radio télémétrie (Roué & Barataud, 1999)), tout en considérant qu'une gestion générant la mise en place importante de peuplements jeunes entre ces îlots ne permettra pas aux colonies de disperser et de se rencontrer, les jeunes peuplements (feuillus et/ou résineux) pouvant être utilisés ponctuellement par des individus pour la chasse, mais restant très difficiles à traverser pour des colonies de reproduction.
- Maintenir toutefois quelques arbres à cavités entre les îlots pour favoriser les connexions (les chiroptères utilisent plusieurs reposoirs la nuit leur permettant de patienter entre 2 phases de recherche de nourriture. Ces arbres peuvent être utilisés entre des îlots d'arbres à cavités lors des dispersions automnales et printanières (recherche en cours)).

De fait, sur un massif, si la surface pouvant être consacrée à ces stades âgés ne peut être importante, il est préférable de les concentrer sur un secteur du massif déjà âgé, pour s'assurer des connexions possibles entre ces îlots, et donc favoriser la dispersion des colonies (attention toutefois à ne pas condamner une colonie de reproduction en ne lui proposant pas d'alternative à une coupe forestière définitive sur un secteur ne lui proposant pas d'autres arbres à cavités). C'est l'organisation de l'ensemble du paysage forestier qui déterminera son utilisation par l'ensemble du cortège de chauves-souris.

Fig. 11 : Méthode pour la mise en place d'un îlot à vocation de maintien de gîtes à chiroptères. Une étude française a démontré que la zone d'influence de l'environnement sur un gîte utilisé par des chauves-souris était de 30m (Tillon, 2005b). Sur un secteur présentant des arbres à cavités (seuls les arbres à cavités sont représentés par un point rouge, avec une zone tampon de 30m de rayon autour de chaque arbre à cavité), il est conseillé de travailler de proche en proche, en partant d'un arbre utilisé par une colonie de reproduction, puis en s'appuyant sur d'autres arbres à cavité à moins de 30m pour désigner les arbres à conserver. A la fin, il est donc possible de délimiter une zone avec au moins un arbre à cavité à 30m des autres arbres à cavités. Dans le cas présent, un îlot de presque 2ha finit par se dessiner, à côté d'un autre îlot de 0,8ha environ. Seul un arbre se retrouve isolé en dehors d'un des deux îlots, car trop éloigné de l'arbre à cavité le plus proche.



3,2- Les cavités souterraines.

Nous avons signalé en introduction l'importance que les milieux souterrains pouvaient avoir pour les chauves-souris, notamment en hiver. Certaines espèces les utilisent aussi pour s'y reproduire. Il s'avère que le tissu de ce milieu en forêt peut être suffisamment dense pour nécessiter une prise en compte particulière. Leur gestion, même si elle ne concerne que peu la sylviculture. Toutefois, une étude récente menée dans les Cévennes montre que l'environnement immédiat d'une cavité peut influencer grandement son utilisation par des chauves-souris (Lecoq, 2006). Les Rhinolophes ne semblent utiliser que les cavités de grands volumes disposant de plusieurs ouvertures et donnant sur des versants boisés (feuillus) exposés au sud pour hiverner. D'autres espèces occupent les cavités souterraines. Globalement, leur protection stricte s'avère indispensable pour ces espèces très sensibles au dérangement, des mesures particulières sont donc à mettre en œuvre (Mitchell-Jones *et al.*, 2007; Némoz & Brisorgueil, 2008).

Il convient donc de rester attentif à la gestion de ce type de site :

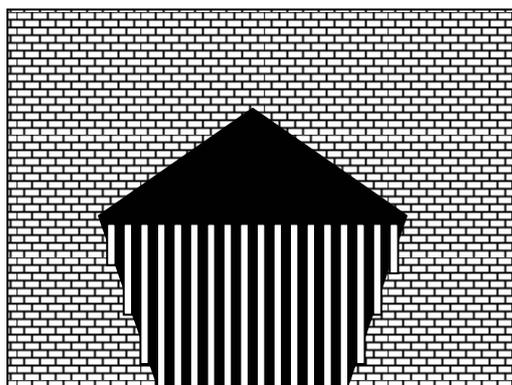
- Avoir une liste des espèces fréquentant le site, auprès des spécialistes reconnus, et définir son type d'utilisation.
- Pour les cavités ayant un intérêt majeur pour les chauves-souris (particulièrement celles exposées plein sud), limiter au maximum la fréquentation du site :
 - soit en conventionnant un droit d'usage avec des utilisateurs potentiels (groupes spéléologiques) en imposant une réglementation sur l'utilisation du site (période de visite, limitation de la zone d'accès, nombre de personnes habilitées à visiter le site...),
 - soit en fermant l'entrée, par une grille inviolable encastrée à l'entrée, ou par la pose d'une clôture autour de l'entrée (se reporter au guide d'EUROBATS (Mitchell-Jones *et al.*, 2007)). Il est indispensable d'avoir en main la liste des espèces fréquentant le site, ou susceptibles de le fréquenter. En effet, *Miniopterus schreibersii* ne supporte pas la pose de grille encastrée (ou alors il convient de laisser un espace ouvert tout en haut de la grille d'au moins 1m de hauteur). Sa présence nécessite d'adapter le système de fermeture.
- Fournir une explication très courte de la nécessité de fermer l'accès, limitant très souvent le vandalisme (cela reste à apprécier au cas par cas, certains sites trop sensibles nécessitant la plus grande discrétion possible pour éviter le dérangement).
- Gérer la forêt à proximité de l'entrée de la cavité pour favoriser l'installation de feuillus.

Dans tous les cas, l'acquisition du site pour une protection stricte peut s'avérer indispensable pour le maintien le plus efficace possible de la population présente (Némoz & Brisorgueil, 2008). Son inscription à l'inventaire Z.N.I.E.F.F. ou son intégration au réseau Natura 2000 est aussi un moyen de surveiller son évolution dans le temps, voire de donner des moyens au propriétaire de protéger le site dans le temps (l'argument sécuritaire vis-à-vis du public est à considérer avec précautions, certains propriétaires pouvant choisir le foudroyage de l'entrée). Quoi qu'il en soit, un site souterrain utilisé comme gîte par des chiroptères est protégé par la Loi, car il correspond à une aire de repos ou de reproduction. A ce titre, l'arrêté ministériel d'avril 2007 prend en compte ces habitats dans la réglementation française.

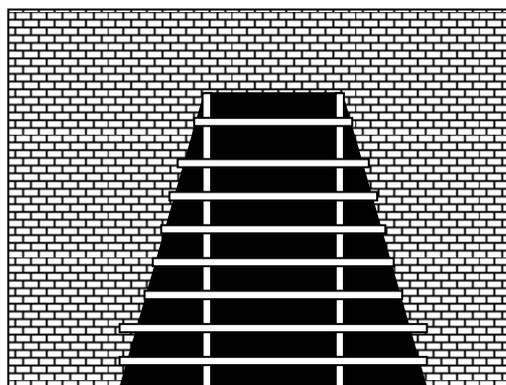
Remarque 1 : En cas de décision de fermeture partielle de l'entrée (par une grille par exemple), il est conseillé de tester l'impact de sa mise en place sur la population en place avant installation définitive (en particulier si le site héberge une colonie importante), par la pose d'un système amovible en dehors de la période principale d'occupation (Némoz & Brisorgueil, 2008). Un suivi de l'impact doit alors être mis en place, avec 5 visites (J-1, J, J+1, J+7, J+14). Il faudra alors veiller à rester le plus discret possible pour limiter au maximum le dérangement des animaux (Mitchell-Jones *et al.*, 2007).

Remarque 2 : Lors de la mise en place de grilles de protection, il est préférable quand cela est possible de laisser un espace entièrement ouvert en haut de l'entrée. Si cela s'avère impossible, les barreaux doivent être horizontaux (espacés de 13cm), confortés par des montants verticaux espacés de 75cm (Némoz & Brisorgueil, 2008). Il est enfin indispensable de mettre en place un système de fermeture inviolable pour assurer la protection du site contre la pénétration.

Fig. 12 : Exemple de grilles à mettre en place, sur des entrées importantes (situation A), et sur des entrées étroites (situation B). Dans les 2 cas, prévoir le déboîtement de barreaux pour laisser un accès aux scientifiques, et construire un socle en béton solide pour contrer d'éventuelles tentatives de vandalisme.



Situation A



Situation B

3,3- Le bâti forestier et les ouvrages d'art (type ponts ou aqueducs).

Il n'est pas rare de trouver des structures bâties ou des ouvrages d'art en forêt. Ces derniers jouent notamment un rôle important pour la desserte forestière. Tous ces éléments peuvent être utilisés par les chauves-souris, à n'importe quelle saison. Pour exemple, des bâtiments forestiers sont occupés en été par des colonies de reproduction dans les combles, et en hiver par des individus isolés qui se dispersent dans les sous-sols du bâtiment (cave par exemple). Quelques sites ont été aménagés pour inclure les chiroptères, tout en conservant une utilisation humaine dans plusieurs cas, voire en réservant le site aux chiroptères (cas de bâtiments isolés en forêt, non habitables). Ils ont largement prouvé leur intérêt pour les chauves-souris. Un inventaire réalisé par le Réseau Mammifères de l'ONF a par exemple montré que la plupart des sites aménagés étaient occupés par des colonies de reproduction, voire que les bâtiments forestiers pouvaient jouer un rôle déterminant pour la conservation d'espèces rares ne pouvant gîter dans les arbres, mais ayant besoin de sites protégés, comme *Rhinolophus hipposideros* (Malgouyres *et al.*, 2005).



Fig. 13 : (photos réseau mammifères de l'ONF) : Maison forestière de la Reine, aménagée intégralement pour l'accueil des chiroptères. Des gîtes ont été mis en place sous les conseils de F. Schwaab (CPEPESC Lorraine) à l'intérieur du bâtiment pour optimiser l'utilisation du site par les chauves-souris.

Dans le même genre, les ponts et ponceaux forestiers peuvent être très intéressants, à partir du moment où un accès est possible (pas de végétation trop dense devant les entrées, présence de fissures non colmatées). Ces ponts servent à toutes les saisons, pour la plupart des espèces.

Ces structures doivent donc être prises en compte lors des opérations de gestion. Il est donc important de :

- Laisser des accès possibles à ces sites, notamment aux combles ou à la cave dans le cas des bâtiments.
- Pour les bâtiments, protéger le site contre le vandalisme, en fermant les accès, tout en aménageant une entrée avec une porte blindée si nécessaire pour les contrôles scientifiques. La pose d'un panneau d'information expliquant les objectifs des aménagements contribue dans certains cas à diminuer les tentatives d'intrusion.
- Quelque soit le système de fermeture des accès pour empêcher aux hommes d'accéder, il est indispensable de laisser des fenêtres de taille suffisante pour les chauves-souris (au moins 45cm de largeur x 15cm de hauteur), tout en proposant des accès à d'autres animaux (terrestres comme les amphibiens par exemple, ou les chouettes). Plus le site sera grand, plus il permettra à tout type d'animaux de l'occuper.
- Pour les ponts et ponceaux, l'utilisation de pierre meulière sans jointer complètement chaque élément est idéale. Quoi qu'il en soit, il est important de laisser des fissures dans le pont. Par contre, l'accolement de briques creuses ou de gîtes artificiels dans le pont est à proscrire, car risquant de se décrocher avec les animaux à l'intérieur lors de fortes pluies par exemple, noyant ainsi les animaux. Il est par contre conseillé d'en mettre en place **dans** la structure du pont lors de sa construction, en laissant les ouvertures accessibles aux animaux.

Fig. 14 : Pont dégradé en cours de reconstruction en pierre meulière. Des briques creuses sont incluses dans la structure (flèche rouge), avec une ouverture vers l'intérieur. La brique ne peut pas se détacher du pont, et les animaux sont mieux protégés contre les conditions extérieures.



- L'environnement immédiat de ces ouvrages peut lui aussi jouer un rôle. Les chauves-souris étant sensible à la présence de végétation à proximité du gîte, il peut être intéressant de proposer une structure boisée allant du gîte à la lisière forestière la plus proche (soit par la constitution d'un verger, soit d'une haie...).

3,4- Gestion des terrains de chasse et des sites de transit.

Comme nous l'avons expliqué plus haut, c'est la multitude d'habitats qui va favoriser l'ensemble des espèces. On remarque toutefois que se dessinent 3 grandes stratégies de recherche de nourriture par les chauves-souris en forêt, avec :

- des espèces de lisières, favorisées par les lisières verticales principalement (donc par les chemins, les clairières ou les interfaces peuplements âgés/jeunes peuplements), voire verticales dans les peuplements simplifiés : *Pipistrellus sp.*, *Nyctalus sp.*, *Miniopterus scherbervillei*, *Eptesicus sp.*, *Myotis daubentonii*,
- des espèces chassant au sol, qui seront limitées par la richesse en proies (donc par le type de gestion et l'intensité d'exploitation, un tassement du sol perturbant la production d'insectes du sol) et par l'accès (une quantité de jeunes tiges trop importante et trop serrée empêchera à un animal d'accéder aux proies) : les *Myotis* de grande taille,
- des espèces glaneuses, considérées comme les plus forestières, qui chassent les insectes dans le feuillage, voire sur les feuilles : la plupart des *Myotis*, *Barbastella barbastellus*, *Plecotus sp.*, *Rhinolophus sp.*

Une forêt idéale serait donc pour ces espèces une forêt dans laquelle on aurait favorisé :

- Les feuillus par rapport aux résineux, sauf dans les régions où des résineux peuvent être présents de manière naturelle, comme dans les hêtraies sapinières ou les forêts de pins laricio (en montagne corse par exemple (Beuneux & Rist, 2005)), sinon laisser vieillir les résineux, et permettre à un sous étage de feuillus de s'exprimer, pour remplacer progressivement les résineux.
- La régénération naturelle, limitant le travail du sol.

- Une gestion de la forêt en favorisant une structuration verticale complexe des peuplements, proposant ainsi une multitude de surfaces feuillues favorables au développement des proies, à différents niveaux de stratification.
- Une gestion respectueuse des zones humides, par l'entretien, la restauration, voire la création de points d'eau indispensables aux chauves-souris, principalement en période de mise bas et d'élevage des jeunes.
- Une gestion des peuplements menée avec précaution autour des îlots d'arbres à cavités, c'est-à-dire en favorisant l'installation naturelle de feuillus sur plusieurs strates de végétation, avec un objectif d'allongement de l'âge d'exploitabilité.
- Le développement de lisières complexes et structurées, dans lesquelles on laisse s'exprimer toutes les stades constituant une lisière (de la pelouse à la futaie, en passant par l'ourlet et le manteau), ainsi que les essences d'accompagnement (arbustes et buissons, espèces forestières pionnières comme le bouleau).
- Une gestion hétérogène permettant au sein des vieux peuplements l'installation de clairières. La futaie régulière par bouquets ou par parquets (de 1 à 5ha) apparaît comme la sylviculture la plus apte à répondre aux exigences de la plupart des espèces de chiroptères, sinon la futaie irrégulière ou jardinée.

Cas des forêts à dominante de résineux :

- Favoriser le vieillissement des peuplements en cas de situation naturelle des résineux (exemple des pins Laricio de Corse ou des Piémonts pyrénéens avec les pins sylvestres), et l'installation de plusieurs strates de végétation dans un peuplement monospécifique.
- Favoriser l'installation d'autres essences, soit pionnières, soit d'accompagnement, en particulier les feuillus, plus propices au développement de proies en grande quantité et en qualité.
- Préparer le peuplement à une conversion progressive vers les feuillus (sauf en situation naturelle de présence de résineux).
- Comme chez les feuillus, favoriser une gestion par parquets ou par bouquets.

Enfin, quel que soit le type de forêt dans laquelle on se trouve, la création de points d'eau est toujours un atout supplémentaire pour rendre la forêt accueillante pour les chauves-souris. Il conviendra par contre de se rapprocher de spécialistes de la gestion des zones humides, afin que le site créé soit aussi favorable à d'autres taxons.

4- Monographies.

Les pages qui suivent présentent des monographies pour chaque espèce, reprenant les points importants sur les mœurs forestières des espèces et sur les actes sylvicoles favorables à l'espèce. L'importance du milieu forestier pour chacune d'elle y est explicitée. Leur caractère indicateur y est aussi exposé.

Les cartes de répartition sont tirées des annexes du Second Plan National de Restauration sur les Chiroptères (Godineau & S.F.E.P.M., 2007).

4,1- Le Grand Rhinolophe *Rhinolophus ferrumequinum*

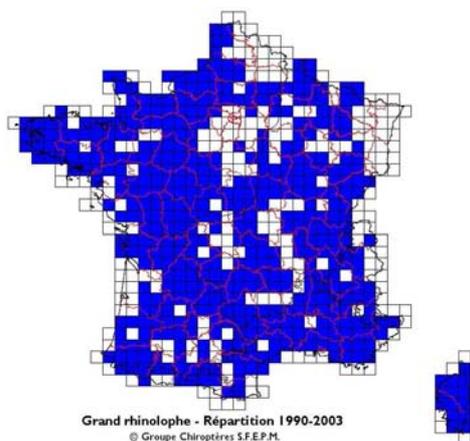
Famille des Rhinolophidae

DHFF : Ann. II et IV.

En régression sur les limites de son aire de répartition (en régression dans la moitié nord de l'Europe), Assez rare, surtout présent en Bretagne. Sédentaire.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieux de vie :

- paysages richement structurés à cultures extensives,
- paysages semi-ouverts,
- lisières ripicoles,
- bocages et pâturages,
- pentes exposées au Sud avec pinèdes claires,
- jardins et lisières en bordure de village.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse uniquement, les arbres lui servant de perchoir pour chasser les proies à l'affût, mais gîtes obligatoirement à proximité d'espaces boisés, corridors boisés indispensables. Chasse proche des lisières, le long des corridors boisés (Bensettiti *et al.*, 2002). Utilise essentiellement des espaces

feuillus, et évite de chasser trop souvent en espace ouvert, et reste près des lisières pour rechercher ses proies. Chasse à faible hauteur (0,3 à 6 m du sol).

Caractère indicateur de l'espèce :

Le Grand Rhinolophe n'a pas particulièrement de caractère indicateur en forêt. Il est toutefois très sensible aux intoxications liées à la vermifugation du bétail (les insectes coprophages constituant des proies préférentielles), au dérangement, et à la modification drastique des paysages (Bensettiti *et al.*, 2002)(notamment suite à des remembrements). **Sa présence peut traduire de fait une bonne qualité générale de la forêt et de son environnement.**

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce (Bensettiti *et al.*, 2002; Meschede & Heller, 2003; Roué & Barataud, 1999) :

Comme pour le Petit Rhinolophe, il convient de rester prudent sur la gestion des milieux bâtis proches de la forêt en été. Sur un rayon de 4km autour des gîtes d'été...

- maintien des axes de vol entre gîte et territoire de chasse, via un réseau continu de corridors boisés,
- maintien et restauration des ripisylves,
- maintien de forêts claires, dans certains cas aussi de pinèdes claires à proximité de gîtes et de terrains de chasse,
- maintien et restauration de lisières forestières riches en arbustes et de formes irrégulières pour créer des îlots de chaleur (accumulation de proies),
- maintien de vieilles futaies (hêtre et chêne notamment), si possible très stratifiées,
- proscrire les plantations de résineux au dépend de peuplements feuillus,
- limiter les intrants en forêt et à proximité des lisières boisées.

4.2- Le Petit Rhinolophe

Rhinolophus hipposideros

Famille des Rhinolophidae

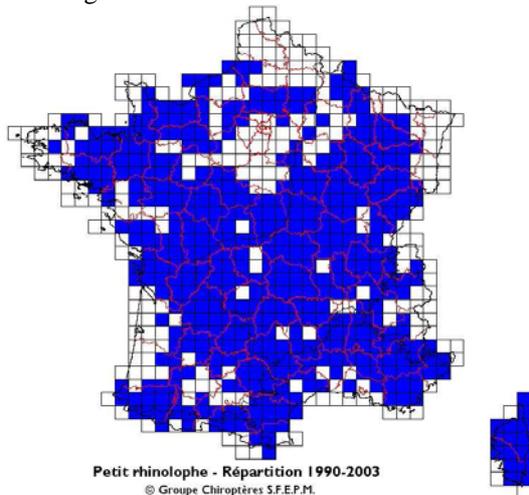
DHFF : Ann. II et IV.

En forte régression sur les limites de son aire de répartition (en régression dans la moitié nord de la France), le déclin étant attribué à la dégradation de ses habitats, aux pollutions, au dérangement, à la disparition des gîtes favorables (Arthur & Lemaire, 1999), voire à une concurrence trop forte avec *Pipistrellus pipistrellus* pour les proies (Arlettaz *et al.*, 2000).

Rare en plaine, plus commun dans certaines vallées de montagne.



Photo Philippe Favre (ONF)



Petit rhinolophe - Répartition 1990-2003
© Groupe Chiroptères S.F.E.P.M.

Milieux de vie :

- paysages richement structurés à cultures extensives,
- peuplements forestiers proches des cours d'eau, forêts alluviales, vieux parcs et futaies feuillues,
- bocages,
- jardins, arbres isolés et lisières à proximité des villages,
- boisements linéaires en réseau,
- forêts mixtes d'âge moyen à mûr.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse uniquement (surtout lisières), mais gîtes obligatoirement à proximité d'espaces boisés, voire nécessité de forêts non exploitées à proximité immédiate des colonies pour y maintenir les proies indispensables en période de mise-bas et d'élevage des jeunes (Bontadina *et al.*, 2008 (in press); Choquené, 2006), corridors boisés indispensables. Vol très habile lui permettant de chasser dans le feuillage, même très dense et épineux. Les bâtis forestiers pourraient jouer un rôle essentiel pour le maintien de populations dans le nord de la France (Malgouyres *et al.*, 2005). Le passage d'un peuplement forestier très structuré à un espace ouvert de type plantation est très défavorable à l'espèce (Roué & Barataud, 1999).

Caractère indicateur de l'espèce :

Comme le grand Rhinolophe, cette espèce n'est pas spécifique à la forêt. Elle est toutefois présente sur les massifs ayant conservé des vieux peuplements ou des forêts humides, à dominante de feuillus, et dont les lisières sont bien structurées et conservées (Meschede & Heller, 2003). Le Petit Rhinolophe traduit en partie une gestion respectueuse de la nature sur les lisières, permettant à l'ourlet, au manteau et aux stades arborés de s'exprimer, sans pertes de proies (gestion extensive de milieu ouvert de bordure).

Or forêt, la présence du Petit Rhinolophe sur un massif exprime une bonne connectivité entre les espaces boisés, car il répugne à traverser des espaces ouverts ne possédant pas de végétation arborée pour s'abriter (Roué & Barataud, 1999).

Espèce forestière : ++ à +++

Directives de gestion pour l'espèce :

Sur un rayon de 4km autour des gîtes d'été (mesures vitales 1 km autour du gîte pour assurer le maintien d'une colonie, les jeunes étant très sensibles, et s'éloignant peu du gîte dans les premières semaines de vol (Bensettiti *et al.*, 2002)) :

- maintien et reconstitution des ripisylves,
- création de lisières riches en arbustes et non linéaires (pour créer des îlots de chaleur), maintien des écotones,
- augmentation de la proportion de feuillus et maintien des peuplements âgés de hêtre et de chêne, proscrire la plantation de résineux (Bensettiti *et al.*, 2002),
- maintien et entretien d'allées, parcs et vieux jardins.

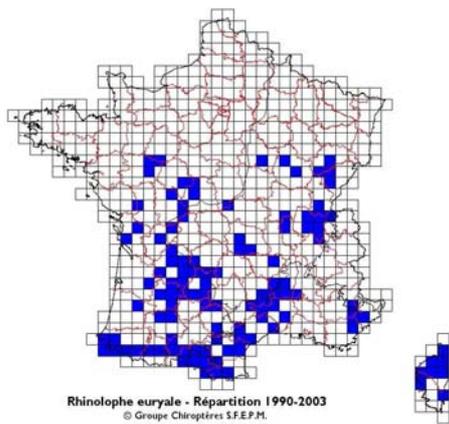
La présence de Petits Rhinolophes dans un bâtiment en forêt doit nécessiter des mesures spéciales de conservation de ce gîte, et la mise en place d'une gestion forestière particulière à proximité immédiate du gîte (îlot de vieillissement voire de sénescence) (Bontadina *et al.*, 2008 (in press)).

4,3- Le Rhinolophe euryale *Rhinolophus euryale*

Famille des Rhinolophidae

DHFF : Ann. II et IV.

Très rare en France, vit surtout dans la moitié Sud de la France. Principalement méditerranéen.
Sa répartition est bien connue, ce qui n'est pas le cas de son écologie. Semble très lié à la forêt pour la chasse (jusqu'à plus de 15 km du gîte).



Milieus de vie (Bensettiti *et al.*, 2002; Lecoq, 2006; Némoz & Brisorgueil, 2008) : peu connus !

- paysages plus ou moins pentus, dominés par les buissons et les arbres, sur des coteaux exposés au Sud très thermophiles,
- boisements de feuillus,
- milieux semi ouverts tels que les landes arbustives ou les boisements épars,
- prairies pâturées (proche des lisières forestières),
- garrigues et friches,
- oliveraies.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse uniquement (surtout lisières), mais gîtes obligatoirement à proximité d'espaces boisés, soit dans des grottes, soit dans des habitations au cœur du milieu forestier, corridors boisés indispensables.

La présence d'habitats boisés feuillus juste à proximité des cavités utilisées lors de la reproduction (exposées sud) semble déterminante pour l'espèce (Lecoq, 2006).

Caractère indicateur de l'espèce :

Le Rhinolophe euryale pourrait être une chauve-souris typique des espaces forestiers et landicoles méditerranéens peu modifiés par l'Homme, et pouvant suivre une évolution naturelle vers le boisement. Il est de plus sensible à la fragmentation. Il peut donc être considéré comme **indicateur d'espaces boisés interconnectés** (Némoz & Brisorgueil, 2008).

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce (Lecoq, 2006; Némoz & Brisorgueil, 2008; Russo *et al.*, 2002) :

- Maintenir des grands massifs boisés diversifiés (minimum de 30% de surface boisée sur les 5 km autour des colonies de reproduction),
- Favoriser les boisements feuillus diversifiés et pluri-stratifiés (régime de futaie jardinée, irrégulière par bouquets ou par parquets ou taillis sous futaie),
- Proscrire les plantations de résineux, voire conversion des futaies résineuses en feuillus,
- Réaliser des coupes d'arbres sur des petites surfaces (5 ha maximum),
- Maintien sur pied de quelques semenciers (si possible 10/ha) sur les parcelles en coupe définitive (régime de futaie régulière),
- Ne pas supprimer les corridors boisés (linéaires de haies...),
- Favoriser les lisières étagées (pluri-stratifiées) dont la largeur égale la hauteur du peuplement,
- Laisser les boisements le long des cours d'eau à leur évolution naturelle.

4,4- Le Rhinolophe de Mehely *Rhinolophus mehelyi*

Famille des Rhinolophidae

DHFF : Ann. II et IV.

Extrêmement rare en France, vit sur le pourtour méditerranéen. Sédentaire (Bensettiti *et al.*, 2002).

Les scientifiques craignent une extinction de l'espèce dans les prochaines années si le manque de connaissances sur le niveau de populations, et sur son écologie ne sont pas comblés. L'espèce semblait disparue de France depuis la fin des années 1960. Un groupe d'individus a été retrouvé en janvier 2008 dans le Sud de la France.

Milieux de vie : Quasiment inconnus !

- paysages plus ou moins pentus, dominés par les buissons et les arbres.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse uniquement (surtout lisières), mais gîtes obligatoirement à proximité d'espaces boisés, corridors boisés indispensables. Espèce de steppe et de garrigue pâturées. Chasse aussi à faible hauteur le long des pentes, entre les buissons et les arbres (Bensettiti *et al.*, 2002).

Caractère indicateur de l'espèce :

Espèce forestière : +/-

Directives de gestion pour l'espèce :

Espèce qui vit surtout hors forêt.

Hors forêt :

- mise en protection des milieux cavernicoles,
- encouragement ou retour du pâturage à proximité des gîtes (5 km)

4,5- Le Murin de Daubenton *Myotis daubentonii*

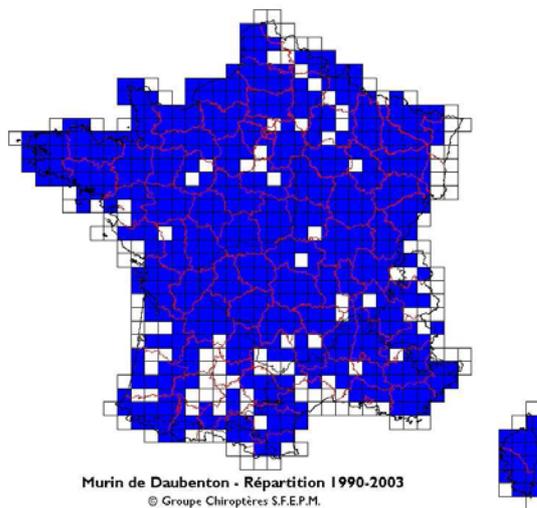
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV.

Parmi les espèces les plus communes sur son aire de répartition, bien présent en France, plus rare en altitude.



Photo Philippe Favre (ONF)



Murin de Daubenton - Répartition 1990-2003
© Groupe Chiroptères S.F.E.P.M.

Milieux de vie :

- forêts et boisements,
- ripisylves,
- en montagne et en plaine,
- chasse sur plans d'eau et cours d'eau.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

La plupart des gîtes connus sont arboricoles (fentes, trous de pics, occasionnellement derrière les écorces décollées), en zone forestière, en lisière de forêt, dans des ripisylves, dans des parcs et jardins (Kapfer & Rigot, 2005; Meschede & Heller, 2003; Pénicaud, 2006). Il chasse principalement les insectes à la surface de l'eau, recherche des gîtes à proximité de l'eau. Peut chasser aussi en forêt (dans les trouées et vieilles futaies de chênes), utilise les allées forestières pour se déplacer d'un site à un autre. Peut chasser en résineux, même s'il préfère les feuillus (Meschede & Heller, 2003).

Caractère indicateur de l'espèce :

Indique la présence d'arbres à cavité (type fentes et trous de pics) à proximité de points d'eau (étangs forestiers principalement), ou en bordure de forêt. Nécessite de l'eau libre pour chasser, des effectifs importants en chasse indiquant une bonne qualité de l'eau.

Espèce forestière : +++

Directives de gestion pour l'espèce :

La forêt joue un rôle vital pour l'espèce.

Les arbres gîtes sont feuillus (hêtre et chêne), proche des lisières et plans d'eau.

- Maintenir des arbres âgés riches en cavités, en particulier à proximité de plans d'eau,
- Maintenir une bonne qualité de l'eau sur les plans d'eau intra forestiers ou alentour à la forêt,
- Préserver des disjointements sur les ouvrages d'art forestiers.

4,6- Le Murin de Capaccini *Myotis capaccinii*

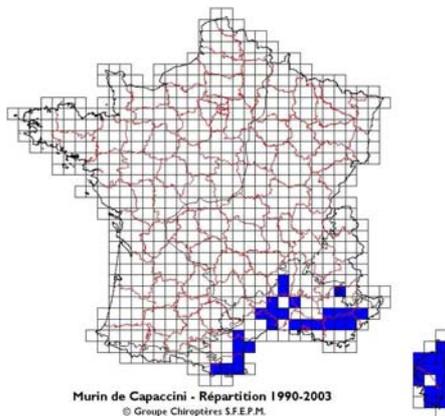
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. II et IV.

Méditerranéen, présent dans le Sud de la métropole et en Corse.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieus de vie :

- paysages karstiques (gîtes en cavités souterraines en hiver comme en été),
- cours d'eau et plans d'eau, encaissés ou non, voire eaux saumâtres,
- berges boisées, ripisylves (plus rarement).

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Utilisation occasionnelle de la forêt à bois dur pour la chasse, mais peut utiliser abondamment les ripisylves et les berges boisées pour la recherche de proies de petite taille. Les boisements de bord de cours d'eau constituent un réservoir d'insectes pour l'espèce, une protection physique contre les intempéries, et des corridors de vol (Némoz & Brisorgueil, 2008). La forêt joue un rôle de zone tampon entre les terrains agricoles et la ressource en eau, notamment vis-à-vis des intrants agricoles.

Caractère indicateur de l'espèce :

L'espèce n'a pas de caractère indicateur flagrant, même hors forêt.

Espèce forestière : +/-

Directives de gestion pour l'espèce vis-à-vis de la forêt :

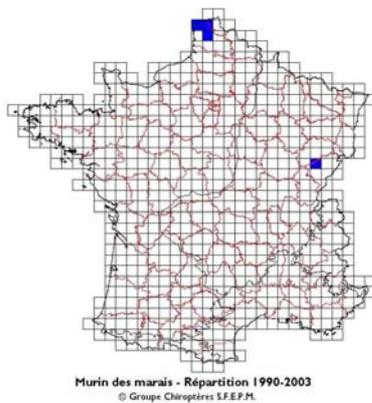
- Maintenir et restaurer les berges boisées des cours d'eau et plans d'eau utilisés par l'espèce,
- Maintenir et restaurer les ripisylves, les plus stratifiées possibles,
- Encourager et favoriser le développement de la forêt sur les 2 berges des cours d'eau.

4,7- Le Murin des marais *Myotis dasycneme*

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. II et IV.

Très occasionnel en France, dans les Ardennes principalement, sinon en Alsace,
Vit en plaine,
Espèce menacée en Europe.



Milieus de vie :

- paysages humides (plans d'eau et cours d'eau) et agricoles ou forestiers,
- bosquets et haies proche des cours d'eau,
- gîte en bâtiment.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Des individus solitaires peuvent très occasionnellement utiliser des gîtes arboricoles en été (surtout les mâles). Utilisation très occasionnelle de la forêt pour la chasse.

Caractère indicateur de l'espèce :

La forêt reste un habitat secondaire pour l'espèce. Elle n'a pas de caractère indicateur flagrant.

Espèce forestière : -

Directives de gestion pour l'espèce :

Maintenir des vieux arbres le long des surfaces en eau libre, maintien des haies et bosquets proche des cours d'eau.

4,8- Le Murin d'Alcathoe *Myotis alcathoe*

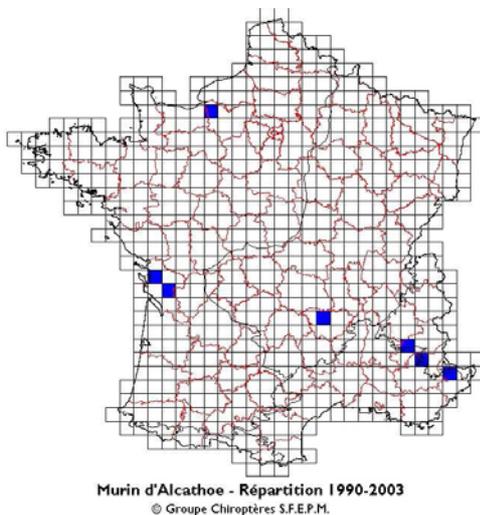
Famille des Vespertilionidae

DHFF : ?.

Espèce nouvellement décrite, semble être présente partout en France.



Photo Quentin Rouy (Azimut 230)



Milieux de vie :

- paysages forestiers très structurés,
- habitats boisés humides (ripisylves en particulier), tant pour le gîte que pour la chasse,
- sous-bois feuillus denses.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour le gîte et la chasse, recherche de proies de petite taille, utilise beaucoup les lisières forestières pour se déplacer, chasse en sous-bois feuillus principalement si végétation dense, et dans les clairières. Son habitat semble très forestier, et inféodé aux peuplements humides des ripisylves (aulnes, frênes, saules) (Choquené, 2006; Tillon *et al.*, 2008; von Helversen *et al.*, 2001). On le rencontre aussi en terrain plus sec et sur les allées forestières (Hervé, 2005; Tillon *et al.*, 2008). Il semble que l'espèce apprécie

les arbres en zone humide, morts ou vivants (surtout les feuillus comme les chênes), et qu'elle aime vivre en société. Peut gîter en petits groupes de 5 à 20 individus dans des petites cavités dans des aulnes (von Helversen *et al.*, 2001). La colonie la plus importante rencontrée à ce jour est française, avec 48 individus, découvert au printemps 2007 dans un chêne mort de 86cm de diamètre (Tillon *et al.*, 2008).

Le Murin d'Alcathoe pourrait être l'espèce caractéristique des ripisylves (boisements feuillus humides), et la deuxième espèce la plus forestière en Europe (Tillon *et al.*, 2008).

Caractère indicateur de l'espèce :

Le Murin d'Alcathoe est très forestier, au même titre que le Murin de Bechstein ou la Barbastelle d'Europe. Il est typique des peuplements forestiers alluviaux et feuillus anciennement boisés, avec des vieux arbres présentant des cavités, et un sous-bois dense de feuillus. Aulnaies, frênaies, saulaies ou chênaies de bord de eau semblent être ses habitats préférentiels. **Le Murin d'Alcathoe semble donc être une chauve-souris clé de voûte au sens de Levrel (2007), indicatrice des ripisylves ou des forêts rivulaires anciennes et dans un bon état de conservation** (très structurées, feuillues, riches en arbres à cavités et proches d'un caractère naturel).

Espèce forestière : ++++(+)

Directives de gestion pour l'espèce (Choquené, 2006; Tillon *et al.*, 2008) :

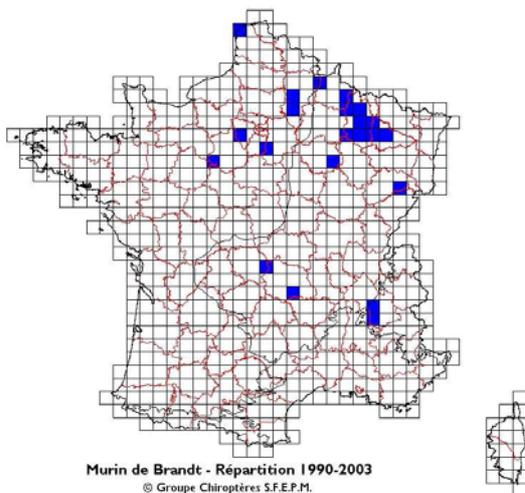
Il apparaît indispensable de laisser les ripisylves vieillir pour permettre aux arbres de grossir et de proposer des gîtes. De plus, les lisières des peuplements forestiers humides sont d'une très grande importance, il convient donc de les maintenir, en proposant une stratification importante des sous-bois humides, mais aussi la proximité de peuplements feuillus stratifiés à proximité immédiate de ces lisières, même si la situation stationnelle est plus sèche. L'ensemble de ces peuplements doit avoir un caractère naturel, l'introduction d'essences allochtones pouvant limiter l'utilisation de l'espace par l'espèce, notamment pour la recherche de proies.

4,9- Le Murin de Brandt *Myotis brandtii*

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV.

Espèce à répartition mal connue, surtout sur l'Est de la France, mais la détection ultrasonore modifie les connaissances depuis très récemment (2005).
Semble plus forestier que son cousin *M. mystacinus*.
Plaine et basse montagne.



Milieux de vie :

Écologie assez mal connue :

- habitats riches en forêts et proche de l'eau, forêts alluviales et humides,
- forêts riches en cavités (arbres à fentes (dont foudre) et à écorces décollées), donc âgés,
- forêts feuillues (chênaie charmaie), parfois résineuses, avec une strate buissonnante,
- haies, alignements d'arbres, boisements champêtres et fossés,
- zones à cavités souterraines pour l'hivernage.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Utilise autant les gîtes anthropiques que les cavités d'arbres (Sachanowicz & Ruczynski, 2001). Chasse beaucoup en forêt (entre 50 à plus de 90% du temps), et y gîte assez régulièrement. Peut voler à plus de 11km pour rejoindre son terrain de chasse (Meschede & Heller, 2003). Il peut dans certains cas utiliser la forêt pour 100% de son cycle de vie (Jaberg *et al.*, 2006).

Caractère indicateur de l'espèce :

De par l'éclectisme de l'espèce pour la sélection d'habitats de chasse, il semble que le Murin de Brandt indique surtout **la présence d'un nombre important d'arbres à fentes ou à écorces décollées** (arbres morts de diamètre important), sur feuillus.

Espèce forestière : ++ à +++

Directives de gestion pour l'espèce :

Peut chasser jusqu'à plus de 11km de son gîte.

- Maintenir des forêts feuillues âgées et structurées,
- Maintenir et restaurer les ripisylves, les plus stratifiées possibles,
- Avoir des forêts diversifiées.

4,10- Le Murin à moustaches
Myotis mystacinus

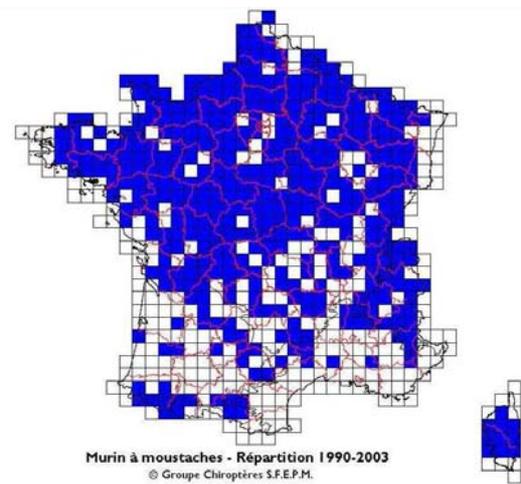
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV.

Espèce présente surtout sur les 2/3 nord de la France, surtout en plaine, plus rarement en montagne. Assez commun.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieus de vie :

- paysages richement structurés de bocage, plus ou moins urbain, et riche en boisements,
- lotissements boisés (parcs) avec cours d'eau, haies et lisières forestières,
- forêt feuillue plus ou moins fermée,
- broussailles,
- alignements d'arbres et linéaires (dont voies de chemins de fer).

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Ne gîterait pas en forêt, découverte anecdotique dans des arbres à cavités en forêt (dans des fentes ou en nichoir, plus occasionnellement trous de pics et écorces décollées, chêne, hêtre et frêne), mais utilise très souvent les troncs comme repositoires nocturnes. Chasse très régulièrement en forêt, ou

en lisière de forêt (Choquené, 2006; Meschede & Heller, 2003).

Caractère indicateur de l'espèce :

Le Murin à moustaches n'est que peu indicateur en forêt, même si cet habitat constitue son milieu de chasse préférentiel.

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce :

- Créer des liaisons entre les peuplements forestiers en paysage agricole et fragmenté,
- Préférer les lisières dites « irrégulières »,
- Préférer les feuillus aux résineux.

4,11- Le Murin à oreilles échanquées *Myotis emarginatus*

Famille des Vespertilionidae

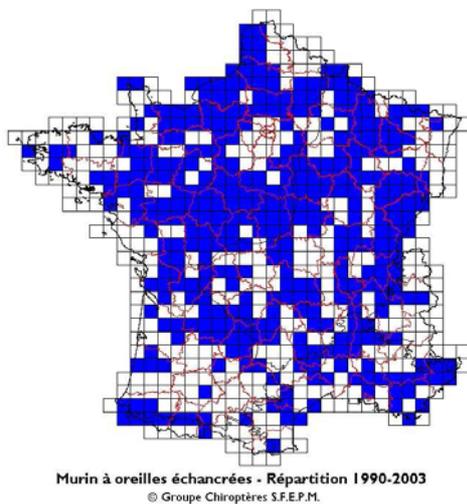
DHFF : Ann. IV.

Espèce thermophile subméditerranéenne, en forte régression depuis les 1960, les effectifs se stabilisent depuis 5 à 10 ans, voire augmentent dans le centre de la France depuis quelques années (Le Bras & Tillon, 2000; Lemaire & Arthur, 2007; Roué & Barataud, 1999).

Présente partout en France, apprécie la basse montagne.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieux de vie :

- paysages karstiques boisés,
- parcs et jardins à proximité de l'eau,
- zones habitées en espaces protégés (pour les gîtes), mais assez proche de la forêt,
- forêts mélangées à hêtres et chênes en mélange, avec charmes,
- forêts mixtes à épicéas et hêtres.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

N'utilise les arbres que comme gîte intermédiaire, ponctuellement (derrière des écorces décollées). La forêt constitue son habitat de chasse essentiel, principalement les strates arbustives et les houppiers feuillus. Il chasse dans le feuillage. Gîtes anthropiques en général à proximité immédiate de la forêt. Comme pour *Rhinolophus hipposideros*, l'utilisation du bâti forestier est importante pour l'espèce.

Caractère indicateur de l'espèce :

Le Murin à oreilles échanquées chasse ses proies en les glanant sur la végétation, voire entre les branches (araignées) (Krull *et al.*, 1991; Meschede & Heller, 2003; Roué & Barataud, 1999). L'espèce serait indicatrice de la présence sur un espace de forêt donné de peuplements feuillus âgés, avec une strate arbustive (dont fruitiers) très importante favorable au développement de ses proies.

Espèce forestière : ++ à +++

Directives de gestion pour l'espèce :

La colonie peut prospecter jusqu'à 120km² pour aller chasser en une nuit.

- Maintenir des espaces forestiers mélangés sur de grandes surfaces, en favorisant les essences autochtones, surtout feuillues (hêtres, chênes et charmes), et les plus stratifiées possibles,
- Maintenir ou créer des points d'eau à proximité des gîtes, et dans la forêt.

4,12- Le Murin de Natterer
Myotis nattererii

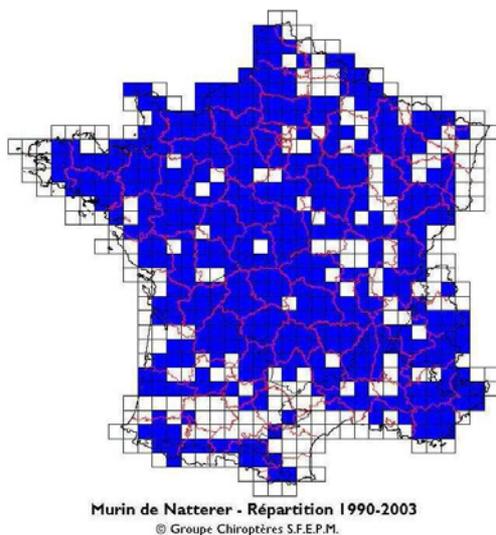
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV.

Espèce assez mal connue en France (pour son écologie, et le suivi des populations), Répartie sur l'ensemble du territoire national, en plaine et montagne.



Photo Laurent Tillon (ONF)



Milieus de vie :

- paysages variés, avec principalement des bois, des plans d'eau et des marais, mais aussi haies, ruisseaux, bocages, vergers et vieux parcs,
- forêts feuillues mélangées et humides,
- forêts de sapins et pins en montagne, et résineuses en plaine si le nombre de cavités est très élevé,
- paysages anthropiques, parfois pour le gîte,
- paysages karstiques.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Espèce liée à la forêt pour les gîtes et la chasse. Gîte surtout en feuillus, dans des fentes principalement, mais aussi dans les résineux si le nombre de cavités est important sur un rayon de 2km (et le sous-étage feuillu pour glaner des proies) Cette dernière situation impose souvent la pose de niochors pour compenser le manque de gîtes. Exploite toutes les strates de végétation (canopée et sous-bois) pour la chasse (glanage directement sur les feuilles).

Caractère indicateur de l'espèce :

Nécessite des feuillus pour récolter des proies, même s'il accepte les forêts de résineux. Le Murin de Natterer semble surtout indiquer la présence de nombreux gîtes (type fente) sur un petit espace de forêt.

Espèce forestière : +++ à ++++

Directives de gestion pour l'espèce :

- maintien d'îlots d'arbres à cavités, ou gérer des parcelles proximales en maintenant de nombreux arbres à cavités, en feuillus et en résineux,
- maintien d'un sous-étage important, riche et diversifié en feuillus, pour la chasse,
- sinon favoriser une forte stratification verticale des peuplements, même si peu diversifiés en essences.

4,13- Le Murin de Bechstein *Myotis bechsteinii*

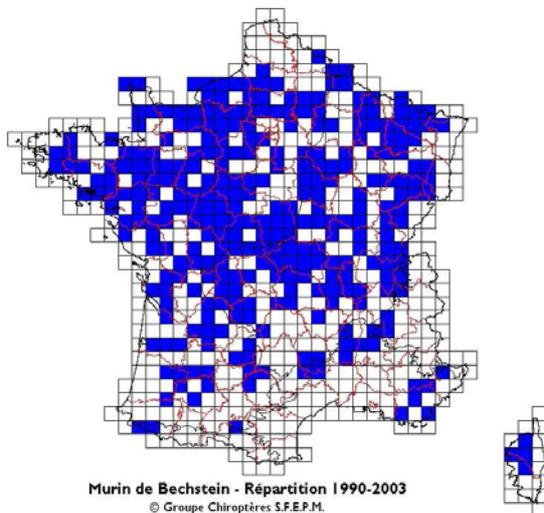
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. II et IV.

Rare à très rare, seulement 12 à 15 colonies de reproduction connues en France (difficulté d'étude). Présent partout en France, surtout dans les régions forestières.



Photo Michel Barataud



Milieus de vie :

- quite rarement les habitats forestiers (cavités souterraines occasionnellement en hiver),
- massifs feuillus bien structurés plus ou moins humides, peuplements relativement clairs, mais canopée si possible fermée,
- plus rarement en résineux, si le peuplement est clair et le sous-étage riche en feuillus (arbustes et buissons), mais viabilité des populations incertaines sur cet habitat,
- sélectionne principalement les boisements feuillus âgés avec des clairières.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour le gîte et la chasse, la forêt constitue son milieu de vie. Change de gîte très régulièrement en général (Kerth *et al.*, 2001b; Roué & Barataud, 1999), sauf dans les situations présentant un nombre de cavités limitées

(Barataud *et al.*, 2005a) (concurrence pour les cavités importante avec d'autres espèces possible). Cette espèce pourrait être inféodée aux vieilles forêts anciennes à caractère naturel, avec des peuplements d'arbres surannés principalement feuillus (riches en cavités), et présentant des phases d'effondrement, propices à la chasse des proies.

Le murin de Bechstein est l'espèce de chauve-souris la plus forestière en Europe. Il est considéré comme la « chauve-souris de forêt vierge » (Schlapp 1990 in (Barataud, 2006; Barataud *et al.*, 2005b; Meschede & Heller, 2003).

Caractère indicateur de l'espèce :

C'est une espèce révélatrice de l'existence d'une forêt ou d'un étage arboré depuis longtemps (vraisemblablement plusieurs siècles), avec des arbres à cavité isolés mais nombreux, ou des îlots d'arbres à cavité (feuillus et caractéristiques de vieux peuplements). Il faut à proximité des peuplements feuillus très étagés et structurés, voire des clairières de petite taille (pouvant être créées par des tempêtes, avec du bois mort favorable pour le développement de certaines de ses proies). Etant considérée comme **la chauve-souris de forêt vierge**, elle est donc **une espèce parapluie** au sens de Levrel (2007).

Espèce forestière : +++++

Directives de gestion pour l'espèce :

- **Rechercher les zones de gîtes et protéger intégralement tous les arbres-gîtes, voire d'autres arbres à cavités**, et sur un rayon de 1,5km autour de cette zone, **pour les terrains de chasse à conserver en bon état :**
- Maintien de peuplements feuillus avec arbres surannés, riches en cavités de type fente et trous de pics,
- Maintien d'une structure équilibrée et d'une stratification riche du paysage forestier, proscrire les coupes rases,
- Maintien d'une strate arbustive et intermédiaire pour 15 à 30% de la surface des peuplements en feuillus,
- Maintenir des corridors boisés structurés entre les zones de gîtes connus (fragmentation intra-forestière rédhibitoire pour le succès reproducteur de l'espèce).

4,14- Le Grand Murin

Myotis myotis

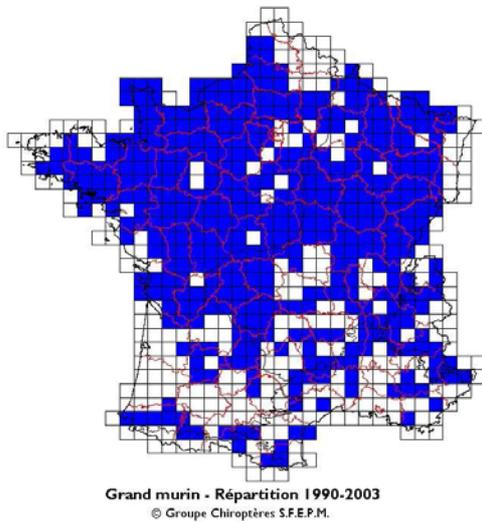
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. II et IV.

En régression en France depuis 1950, en relative stabilité actuellement, mais fragile, Surtout dans la moitié nord de la France, principalement en plaine.



Photo Thierry Gautrot (ONF)



Grand murin - Répartition 1990-2003
© Groupe Chiroptères S.F.E.P.M.

Milieus de vie :

- paysages karstiques et anthropiques (pour les gîtes),
- paysages riches en forêts feuillues plus ou moins fermées,
- peuplements gérés en futaie régulière, à strates herbacée et buissonnante peu fournies (ex.: forêts à houppiers denses et avec des arbres adultes d'au moins 30cm de diamètre),
- peuplements de hêtres et de chênes,
- peut s'accommoder de peuplements irréguliers de feuillus mélangés.

Doit pouvoir accéder directement à la litière forestière pour capturer ses proies au sol (Bensettiti *et al.*, 2002; Choquené, 2006).

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse uniquement, mais gîtes anthropiques obligatoirement à proximité d'espaces boisés, corridors boisés indispensables. Très rarement dans les fentes des feuillus (individus solitaires), plus souvent en reposoir ou en période de transit dans les ouvrages d'art forestiers. Chasse des carabes au sol.

Pour exemple, une colonie de plus de 3000 femelles avant reproduction habite au cœur du massif forestier de Tronçais. Au regard des besoins alimentaires de l'espèce (Roué & Barataud, 1999), on peut considérer que la colonie est obligée de chasser ses proies en exploitant l'ensemble de la forêt (10000ha).

Caractère indicateur de l'espèce :

C'est une « chauve-souris forestière typique » (Meschede & Heller, 2003), malgré les gîtes extérieurs à la forêt. L'espèce indique la présence de peuplements feuillus âgés ayant un faible sous-étage, lui permettant d'accéder aux proies marchantes au sol. C'est une espèce dont les proies sont sensibles à la dégradation du sol (compactage, ornières importantes, élimination du bois mort couché, des souches...). **Elle est donc indicatrice** au sens de Levrel (2007) pour la composante « **qualité et fonctionnement du sol forestier** » à l'échelle d'un massif.

Espèce forestière : +++

Directives de gestion pour l'espèce :

Sur un rayon de 10km autour des gîtes d'été...

- gestion en futaie régulière à préférer sur feuillus de type hêtres et chênes,
- maintien de corridors boisés entre les gîtes et les terrains de chasse,
- favoriser un accès direct et facilité au sol pour cueillette des proies sur la litière (sous-bois clairs),
- éviter les plantations ou le travail du sol pour faciliter la régénération forestière,
- proscrire l'enrésinement, défavorable au développement des proies de l'espèce.

4,15- Le Petit Murin

Myotis blythii

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. II et IV.

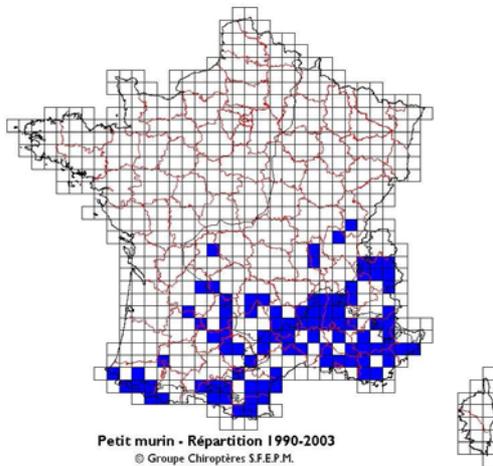
En régression en France depuis 1950, en relative stabilité actuellement, mais fragile.

Surtout dans la moitié sud de la France (méditerranéen), en plaine et en montagne.

Espèce mal connue à cause des confusions possibles avec *M. myotis*.



Photo Philippe Favre (ONF)



Petit murin - Répartition 1990-2003
© Groupe Chiroptères S.F.E.P.M.

Milieux de vie :

- paysages karstiques thermophiles,
- paysages boisés et embroussaillés,
- parcs, milieux urbains,
- paysages avec pelouses, steppes ouvertes et prairies non fauchées ou pâturées, de xérique à hygromorphe

Rôle de la forêt pour l'espèce (Bensettiti *et al.*, 2002; Roué & Barataud, 1999) :

Très rarement dans un arbre pour gîter (individus isolés), normalement en cavité souterraine ou en gîte anthropique. Recherche surtout des Orthoptères pour se nourrir, recherche principalement des milieux ouverts, sinon des arbres feuillus pour manger les hannetons en mai-juin.

Peut chasser autour de la cime des arbres.

Caractère indicateur de l'espèce :

Non forestière, l'espèce est plutôt typique des milieux ouverts de type steppe ouverte et prairie ou pelouse avec moins de 50% de zones buissonnantes. Elle serait indicatrice des espaces gérés de manière extensive pour le maintien de l'ouverture des milieux.

Espèce forestière : -

Directives de gestion pour l'espèce :

Rien pour la forêt...

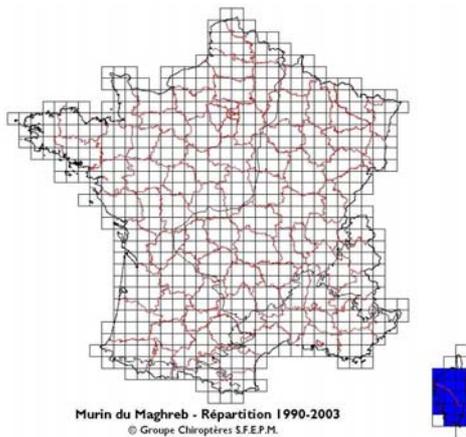
- fauche tardive des prairies naturelles,
- pâturage extensif et tournant,
- préservation ou création de haies vives ou d'alignements d'arbres en bordure des cultures et prairies,
- maintenir les feuillus en lisière de forêt,
- proscrire le drainage des zones humides.

4,16- Le Murin du Maghreb *Myotis punicus*

Famille des Vespertilionidae

DHFF : ?.

Espèce nouvellement décrite, uniquement en Corse.
Semble bien présent en Corse, pas de dégradation
remarquée des populations.



Milieux de vie :

- régime alimentaire entre *M. myotis* et *M. blythii*,
 - paysages forestiers résineux et feuillus, et maquis,
 - paysages karstiques et anthropiques pour les gîtes.
-

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse uniquement, mais gîtes à proximité d'espaces boisés, corridors boisés certainement indispensables. Etudes à mettre en œuvre.

Caractère indicateur de l'espèce :

Impossible à définir par manque de connaissances sur l'écologie de l'espèce actuellement.

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce :

- Maintien de forêts diversifiées et mélangées à structure irrégulière,
- Aménagement de clairières inférieures à 1ha,
- Aménagement de points d'eau intra forestiers.

4,17- La Noctule commune

Nyctalus noctula

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

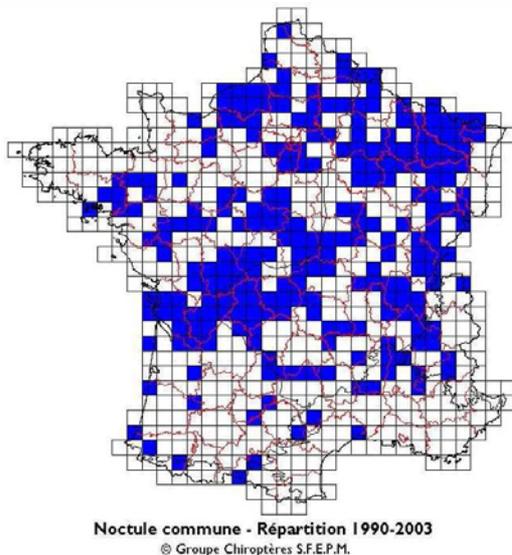
Espèce à l'évolution des effectifs mal connue, car difficile d'observation.

Sur la moitié nord de la France, mais surtout dans le centre et le nord-est, dans les secteurs forestiers.

Migratrice.



Photo Laurent Arthur (Muséum de Bourges)



Milieux de vie :

La Noctule commune a besoin d'espaces ouverts pour son vol rapide peu manoeuvrable, et riche en insectes. Espèce arboricole type.

- paysages surtout forestiers, mais aussi diversifiés :
- prairies, labours, champs moissonnés et dépôts d'ordures,
- espaces urbanisés (chasse entre les lampadaires),
- le long des lisières forêt/zone agricole,
- grandes étendues d'eau calme.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Gîte beaucoup en forêt, dans arbres à cavités spacieuses (fentes ou trous de pics), surtout sur feuillu (chêne, hêtre et frêne), pas à plus de 2km de la lisière forestière (mais ce n'est pas une généralité). L'entrée du gîte doit être dégagée (Choquené, 2006). Par contre, ne chasse pas exclusivement en forêt (au-dessus de la canopée, sur les allées forestières et dans les régénérations).

Caractère indicateur de l'espèce :

La Noctule commune nécessite surtout la présence d'arbres à pics qu'elle affectionne particulièrement (pics de taille moyenne ou de grande taille) sur arbre sain (Ruczynski & Bogdanowicz, 2005). Pour favoriser l'espèce, il ne faut pas maintenir ces arbres uniquement au cœur des massifs, mais aussi en lisière forestière, en bordure de plans d'eau, en bord de chemins... **Elle indique surtout la présence de cavités et potentiellement d'autres espèces dépendant des cavités forées par les pics.**

Espèce forestière : +++

Directives de gestion pour l'espèce :

- Maintenir des arbres âgés (à cavités) à proximité du gîte principal, ils seront utilisés lors des mises-bas entre mi-mai et fin juin.

Sur un rayon de plus de 10km autour des gîtes d'été...

- Favoriser le maintien d'îlots de vieillissement voire de sénescence dispersés sur le massif forestier, surtout en lisière de forêt (concentration des gîtes sur une surface réduite importante),
- l'axe précédent doit surtout être développer en bordure des grands cours d'eau et des plans d'eau (favoriser le maintien des arbres âgés, en les concentrant autour des points d'eau).

4,18- La Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri*

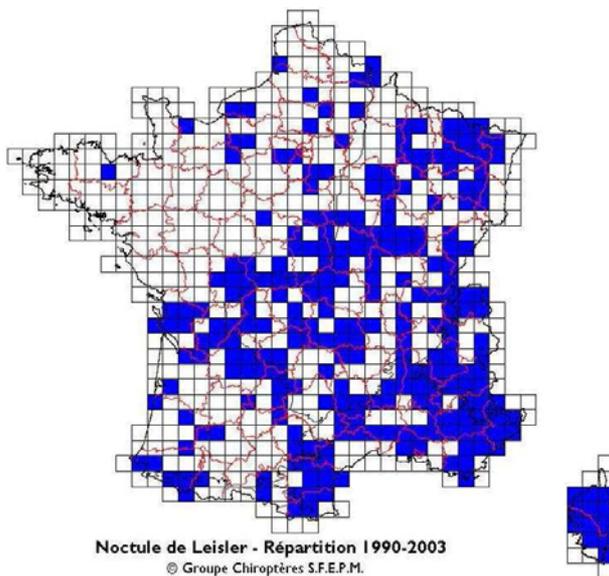
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Espèce à l'évolution des effectifs mal connue, car difficile d'observation.

Sur les massifs montagneux, et en plaine surtout dans le Centre, l'Auvergne et les Pays de la Loire. Présente en petits effectifs ailleurs.

Migratrice.



Milieux de vie :

- paysages forestiers feuillus (plaine et montagne) ou résineux (montagne surtout),
- zones à brume des vallées le long des lisières forestières et clairières liées à des petites coupes rases, ruptures de pente, zones desséchées, routes forestières...
- vieilles futaies fermées sans sous-étage,
- chasse opportuniste autour des lampadaires et au-dessus des prairies.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Gîtes arboricoles (fentes, caries et trous de pics) sur feuillus (chêne, hêtre et frêne) ou sur résineux (pins ou épicéas), souvent **dans les houpriers**, parfois proche du sol. Chasse en forêt surtout parce que le nombre de gîtes est élevé. Exploite les espaces relativement ouverts pour la chasse (vol rapide et peu manœuvrable).

Caractère indicateur de l'espèce :

Si l'espèce est plus forestière que la Noctule commune (de par la sélection de ses terrains de chasse en sous-bois ouverts, sous les houpriers ou sur les lisières), elle n'en reste pas moins dépendante essentiellement de l'offre en gîte pour utiliser une forêt. Leur nombre doit être très élevé pour assurer tous les besoins sociaux de l'espèce (Choquené, 2006; Meschede & Heller, 2003; Ruczynski, 2004). Si sa « cousine » est caractéristique des cavités saines, la Noctule de Leisler indique surtout la présence d'arbres avec des cavités évoluées, en cours de dégradation parfois importante, de type trou de pic évolué ou carie à volume important (Ruczynski & Bogdanowicz, 2005). Elle utilise aussi beaucoup les cavités basses à grand volume et remontant à l'intérieur du tronc, sur résineux formées après le passage de feu (Beuneux & Rist, 2005). Sans être une espèce parapluie ou clé de voûte, elle peut toutefois être considérée comme **la seule chauve-souris caractéristique de ce type de cavités à dégradation amorcée**.

Espèce forestière : +++ à ++++

Directives de gestion pour l'espèce :

Il convient surtout de **maintenir un nombre de gîtes très important**, en îlots, et dispersés dans la forêt, de type fente ou carie prioritairement. Une forêt bien clairiéree et riche en petits espaces ouverts sera propice pour la chasse.

4,19- La Grande Noctule

Nyctalus lasiopterus

Famille des Vespertilionidae

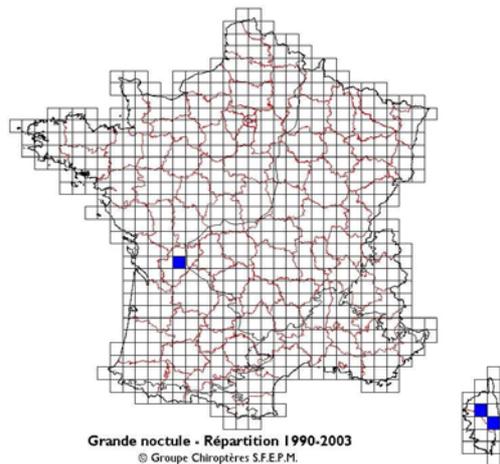
DHFF : Ann. IV.

La moins connue et de loin la plus rare des espèces européennes, car très difficile à suivre.

Connue seulement en Corse et en Aquitaine, dans les grands massifs résineux de pins. Une amélioration des connaissances sur les signaux d'écholocation a fortement modifiée les connaissances, l'espèce étant observée dans les grandes forêts de plaine de l'Estrel jusqu'en Bourgogne (données ONF 2007 + groupe chiroptères de la SFPEM).

Serait une grande migratrice. Les mâles suivis en Corse sur une année étaient cependant sédentaires (Beuneux, 2006, 2008).

Les colonies de reproduction ont un rayon d'action de plus de 80km autour des gîtes (Popa-Lisseanu *et al.*, 2007).



Milieux de vie :

Paysages forestiers résineux principalement (pins sylvestres, pins Laricio et pins maritimes) de plaine ou de montagne (Beuneux, 2008). Les données récentes acquises sur l'espèce par détection ultrasonore montrent que la Grande Noctule se rencontre aussi dans les forêts à dominante feuillue (forêts méditerranéennes jusqu'aux chênaies sessiliflores de Bourgogne, données ONF 2007). Les premières femelles équipées pour suivi télémétrique en Espagne (sur la seule colonie de reproduction connue actuellement pour l'espèce) ont chassé à plus de 80km des gîtes, d'où la difficulté de les suivre.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour le gîte et la chasse, mais habitats de chasse encore très mal connus.

Caractère indicateur de l'espèce :

Impossible à définir précisément, par manque de recul sur l'écologie de l'espèce. Cela dit, les déplacements importants qu'elle peut faire pour aller chasser laissent supposer que le seul facteur semblant limitant pourrait être la quantité de gîtes disponibles (fidélité importante à une petite zone pour gîter tout au long de l'année, Beuneux comm. pers.). C'est donc l'animal au gîte qui est intéressant, en indiquant l'emplacement d'un îlot potentiellement important pour un groupe d'individus.

Espèce forestière : +++

Directives de gestion pour l'espèce :

- Maintenir des îlots de gîtes,
- Favoriser le vieillissement des forêts de résineux, pour permettre à des cavités d'apparaître sur des arbres vivants,
- **De par la rareté de l'espèce, les arbres découverts avec de la Grande Noctule sont à conserver systématiquement.**

4,20- La Sérotine commune
Eptesicus serotinus

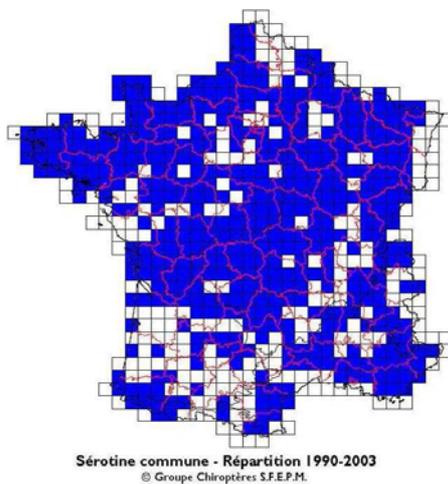
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Présente sur toute la France.



Photo Laurent Arthur (Muséum de Bourges)



Milieux de vie :

- milieux urbains, parcs et prairies, labours,
- zones avec plans d'eau,
- bocages et zones avec des haies et des petits bois,
- forêts structurées, surtout sur chemins et layons,
- gîtes dans les arbres et surtout en bâtiment, peu connue en hiver.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Utilise des gîtes de type trous de pics, mais secondairement par rapport aux bâtiments. Chasse sur les chemins et layons forestiers de manière opportuniste, autant que sur les lisières forestières, les alignements d'arbres et les haies hautes (mêmes terrains de chasse que *P. pipistrellus*).

Caractère indicateur de l'espèce :

L'espèce gîte peu en forêt. Elle utilise par contre fortement les lisières et les allées forestières, dans la mesure où la lisière est haute et structurée, avec de l'herbe favorable au développement de certaines proies (Harbusch comm. pers.). Tous les chemins forestiers ne doivent donc pas être enrobés ou empierrés.

Tant pour le gîte que pour la chasse, la forêt constitue potentiellement une zone refuge pouvant être déterminante en cas de dégradation de l'environnement d'un massif (destruction de son gîte principal en bâtiment, pollution ou dégradation des habitats ouverts) (Meschede & Heller, 2003).

Espèce forestière : + à ++

Directives de gestion pour l'espèce :

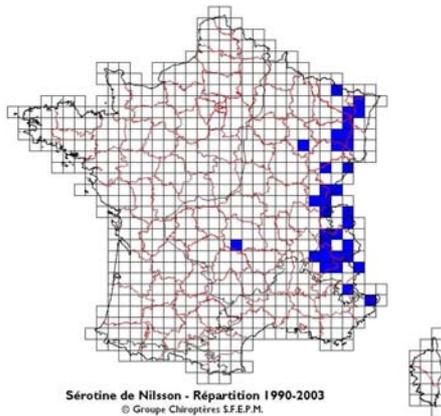
- Maintenir des arbres creux,
- Développer des lisières stratifiées et constituées de plusieurs strates, dont des buissons (lisières vers l'extérieur, et lisières internes, dont chemins et layons).

4,21- La Sérotine de Nilsson
Eptesicus nilssonii

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Uniquement sur la frange est, peu connue en France
(limite d'aire).
Espèce plutôt montagnarde.



Milieus de vie :

- contreforts des montagnes,
- bois clairs et broussailles,
- villages (gîtes anthropiques).

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Utilise la forêt essentiellement pour la chasse (forêts claires dominées par les feuillus), et pour le gîte dans les forêts de montagne (arbres morts et arbres fendus).

Vit aussi dans les forêts héli boréales de résineux, tout en utilisant les forêts de feuillus à proximité (De Jong, 1994).

Caractère indicateur de l'espèce :

C'est une espèce typique des forêts d'altitude. Son écologie semble nécessiter un grand nombre de gîtes. **Elle pourrait être indicatrice de la présence de cavités en nombre important** (à confirmer) (Meschede & Heller, 2003).

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce :

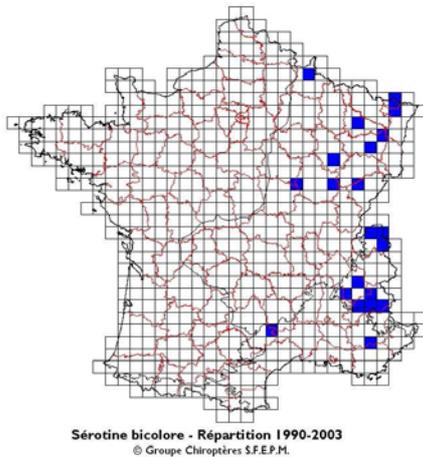
- favoriser le maintien de vieux arbres et d'arbres morts pour le gîte, **surtout en montagne**, dans les peuplements et en lisière,
- ne pas considérer la forêt seule, mais aussi maintenir les milieux annexes à la forêt (points d'eau, espaces ouverts de type prairiaux...).

4,22- La Sérotine bicolore *Vespertilio murinus*

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Uniquement sur la frange est, peu connue en France (limite d'aire). Plus rare que *E. nilssonii*.
Espèce plutôt montagnarde.



Milieus de vie :

- contreforts des montagnes (zones de falaises pour les gîtes),
- paysages karstiques et forestiers,
- zones de plans d'eau.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Les données existantes ne permettent pas d'évaluer le rôle des forêts pour la conservation de l'espèce. Utilise la forêt comme gîte (fentes, cavités et écorces décollées) (Sachanowicz & Ruczynski, 2001), mais aussi pour la chasse (forêts claires), sans pouvoir préciser les habitats recherchés (Meschede & Heller, 2003).

Caractère indicateur de l'espèce :

L'espèce aurait une écologie proche de la Sérotine de Nilsson, mais cette affirmation reste à confirmer. Comme elle, **la Sérotine bicolore pourrait être indicatrice de la présence de cavités en nombre important** (à confirmer) (Meschede & Heller, 2003).

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce :

Difficiles à déterminer.

- Maintenir des arbres à cavités,
- Gérer les forêts pour proposer des sous-bois clairs.

4,23- La Pipistrelle commune
Pipistrellus pipistrellus

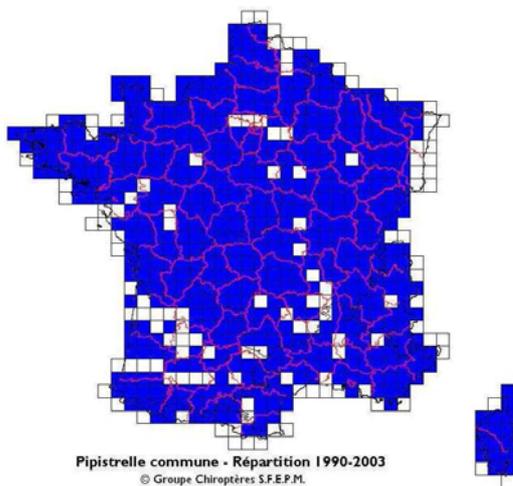
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Espèce la plus commune en France, distribuée partout en France.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieus de vie :

- paysages divers, autant urbains qu'agricoles ou forestiers (feuillus et résineux),
- haies et lisières forestières,
- espaces humides,
- donnée comme n'utilisant que peu la forêt, mais se retrouve très régulièrement en forêt par les naturalistes français.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour le gîte et pour la chasse. Gîte surtout dans les fentes et sous les écorces décollées (la plus commune sous les écorces décollées), dont sur arbres morts. Utilise les mêmes terrains de chasse que *E. serotinus*, mais pour chasser d'autres proies. Peut chasser aussi en sous-bois, mais à condition qu'ils soient clairs.

Caractère indicateur de l'espèce :

Même si l'espèce est très souvent contactée en forêt, ceci s'explique par son caractère opportuniste et ubiquiste, qui fait d'elle l'espèce la plus commune en France. La Pipistrelle commune n'est donc pas spécialement forestière.

Espèce forestière : + à ++

Directives de gestion pour l'espèce :

- Maintenir des arbres creux et/ou morts,
- Développer des lisières stratifiées et constituées de plusieurs strates, dont des buissons (lisières vers l'extérieur, et lisières internes, dont chemins et layons),
- Maintenir des sous-bois clairs.

4,24- La Pipistrelle pygmée *Pipistrellus pygmaeus*

Famille des Vespertilionidae

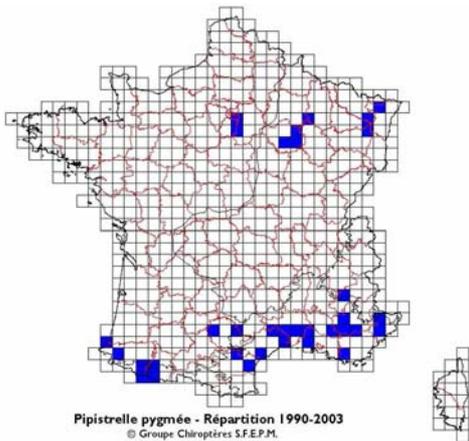
DHFF : Ann. IV

Espèce méditerranéenne nouvellement décrite, on ne la connaît pas encore très bien. Quelques très rares observations au nord de la Loire.

Cousine de *P. pipistrellus*.



Photo Rose-Marie Gonzalez (ONF)



Milieus de vie :

La littérature la donne plus forestière que *P. pipistrellus*. Mêmes paysages que sa cousine, mais en recherchant plus le milieu forestier.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour le gîte et pour la chasse. Gîte surtout dans les fentes et sous les écorces décollées, dont sur arbres morts. Terrains de chasse peu connus, mais certainement proches de ceux de *P. pipistrellus*, avec une utilisation plus importante du sous-bois. Certains auteurs en font une espèce plus forestière que cette dernière, avec la possibilité de chasser en forêt pour 100% de son temps (Jaberg *et al.*, 2006).

Caractère indicateur de l'espèce :

Espèce trop méconnue pour estimer un caractère indicateur potentiel.

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce :

Idem que pour *P. pipistrellus* ?...

- Maintenir des arbres creux,
- Développer des lisières stratifiées et constituées de plusieurs strates, dont des buissons (lisières vers l'extérieur, et lisières internes, dont chemins et layons),
- Maintenir des sous-bois clairs.

4,25- La Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii*

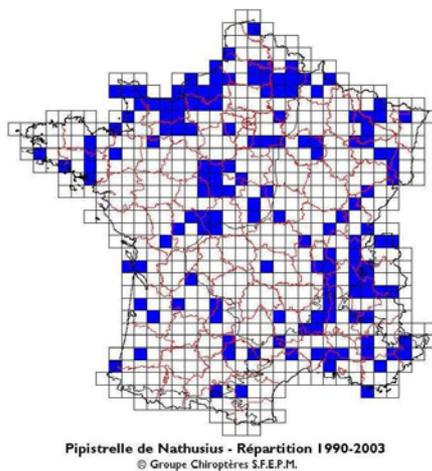
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Présente en France en fin d'été et à l'automne, et au retour des migrations. Surtout le long de la côte ouest, et sur l'axe Rhin-Rhône. Peut être localement très abondante. Stationnement printanier et estival avéré en France (en Normandie)
Migratrice.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieux de vie :

- forêts riches en plans d'eau et en mares, avec des tourbières,
- forêts alluviales,
- forêts feuillues (chênes et hêtres) et/ou résineuses (pins), forêts mélangées,
- lisières forestières et prés humides,
- rarement au-dessus des zones de cultures.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Utilise principalement des fentes dans les arbres, en particulier sur les fourches des arbres (hêtres principalement, chênes), dans le houppier en général (rarement dans les bâtiments). Cette espèce recherche des terrains de chasse abrités proches des gîtes (la forêt offre cet avantage). Habitats forestiers principalement utilisés par *P. nathusii*.

Caractère indicateur de l'espèce :

La Pipistrelle de Nathusius n'est pas exigeante quant au type de gîte qu'elle utilise, encore moins vis-à-vis de ses habitats de chasse, mais elle sera présente en grand nombre d'autant plus que le nombre de cavités potentiellement utilisables sera élevé, et concentré autour de boisements humides (Meschede & Heller, 2003).

Espèce forestière : +++

Directives de gestion pour l'espèce :

- Proscrire les coupes rases, qui ne conviennent pas à l'espèce lors des haltes migratoires,
- Maintenir de gros arbres morts et vivants au-delà de leur maturité jusqu'à leur dépérissement naturel,
- Favoriser les feuillus sur les résineux, quand ils sont présents dans un peuplement résineux,
- Éviter les exploitations de bois à proximité des gîtes en période de mise-bas,
- Maintien et restauration des zones humides dans et en lisière de forêt.

4,26- La Pipistrelle de Kuhl
Pipistrellus kuhlii

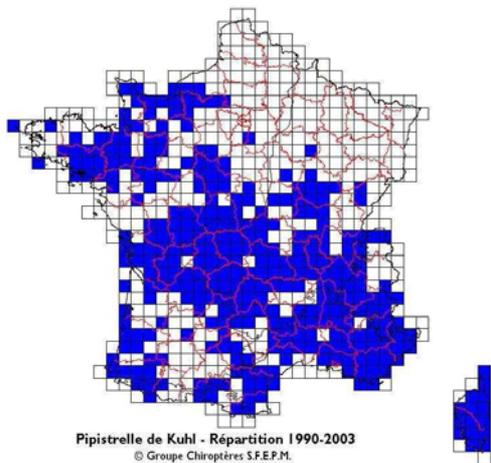
Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Serait en expansion vers le nord.
Surtout présente le long d'un axe Bretagne -
Région PACA, et Corse.
Surtout en plaine.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieus de vie :

- paysages karstiques en plaine,
- anthropophile,
- paysages diversifiés avec espaces plus ou moins boisés.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse uniquement, très rarement pour le gîte. Espèce très peu rencontrée en forêt, juste occasionnellement, surtout en feuillus. La forêt ne joue pas un rôle majeur pour la conservation de l'espèce. Certains auteurs la rencontre toutefois très régulièrement, voire exclusivement en forêt en phase de recherche de nourriture (Jaberg *et al.*, 2006).

Caractère indicateur de l'espèce :

Pas de caractère indicateur lié à la forêt. Mais sa remontée progressive vers le Nord depuis quelques années laisse supposer un lien possible avec les modifications du climat. Ces dernières pourraient de fait être très favorables à la Pipistrelle de Kuhl, **indicatrice du réchauffement du climat à l'échelle européenne.**

Espèce forestière : +/-

Directives de gestion pour l'espèce :

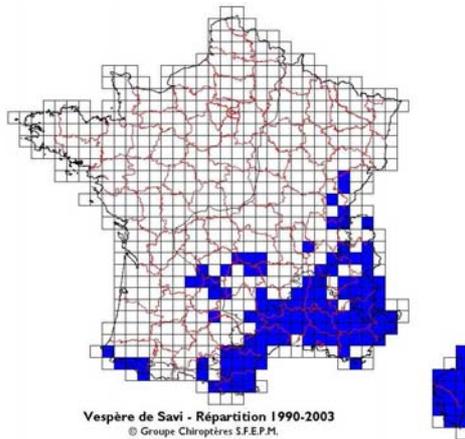
Proches de *P. pipistrellus* pour les terrains de chasse,
...

4,27- Le Vespère de Savi
Hypsugo savii

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Méditerranéen, surtout en montagne (jusqu'à 2400m), et dans les vallées.
Espèce assez mal connue.



Milieus de vie :

- lisières de bois et forêts,
 - villes et villages,
 - paysages karstiques.
-

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Peut gîter dans les arbres creux, comme dans les bâtiments. Utilise la forêt d'une manière proche à *P. pipistrellus*, pour y rechercher des proies plus grosses. Utilise aussi les milieux humides (cours d'eau et plan d'eau) intra et extra-forestiers.

Caractère indicateur de l'espèce :

Espèce pas suffisamment forestière pour lui conférer un caractère indicateur.

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce :

Idem que pour *P. pipistrellus*.

4,28- L'Oreillard roux

Plecotus auritus

Famille des Vespertilionidae

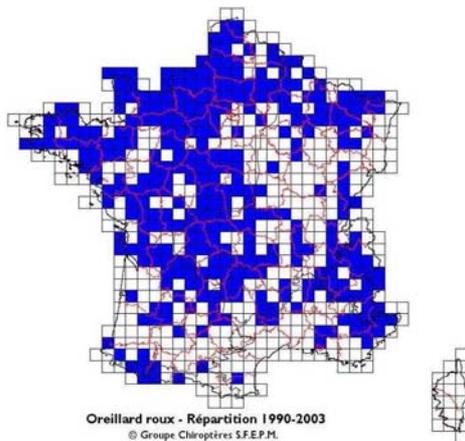
DHFF : Ann. IV

Présent partout en France, assez commun, particulièrement en forêt, même si souvent discret ou difficile à détecter.

En plaine et en montagne.



Photo Laurent Tillon (ONF)



Oreillard roux - Répartition 1990-2003
© Groupe Chiroptères S.F.E.P.M.

Milieux de vie :

Très dépendant de la forêt (Choquené, 2006; Entwistle *et al.*, 1996).

- assez proches de *M. bechsteinii*, mais plus anthropophile.
- paysages forestiers, autant en feuillus qu'en résineux (avec une sélection plus importante des habitats feuillus),
- peuplements feuillus,
- paysages plus ouverts (prairies, broussailles) et plans d'eau.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Espèce opportuniste en forêt, peut chasser en feuillus et en résineux, même denses et sans sous étages feuillus, selon les saisons. Elle préfère toutefois les forêts feuillues (Entwistle *et al.*, 1996). Les animaux restent très fidèles à leurs terrains de chasse. Gîte surtout dans les fentes, parfois dans les trous de pics et sous les écorces décollées, sur feuillus. Couvert boisé indispensable à proximité du gîte en cas d'utilisation d'un bâtiment (Entwistle *et al.*, 1997).

Caractère indicateur de l'espèce :

Reconnu comme utile depuis plus de cent ans **pour la destruction biologique des insectes dits « nuisibles ».**

L'oreillard roux est considéré comme une espèce indicatrice d'une amélioration des habitats forestiers (Meschede & Heller, 2003). C'est la chauve-souris forestière pionnière, même si elle a besoin de gîtes en nombre relativement important.

Espèce forestière : +++ à ++++

Directives de gestion pour l'espèce :

L'Oreillard roux précède souvent d'autres espèces forestières.

- Maintien de plusieurs strates de végétation pour permettre à l'espèce de glaner ses proies sur le feuillage, à proximité des zones de gîtes,
- Maintien d'îlots de vieux arbres à cavités, surtout en feuillus,
- Maintenir des peuplements feuillus sur au moins 500m autour des gîtes.

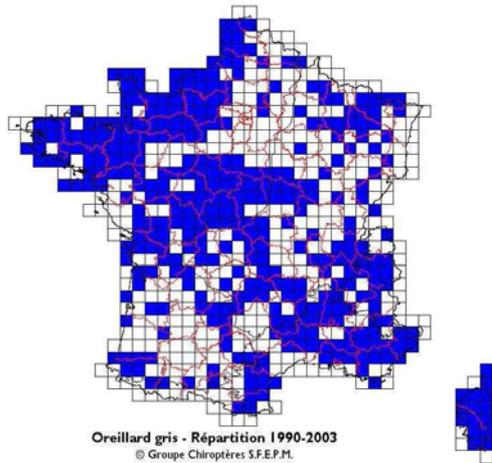
4,29- L'Oreillard gris

Plecotus austriacus

Famille des Vespertilionidae

DHFF : Ann. IV

Présent partout en France, assez commun, même si souvent discret ou difficile à détecter.
En plaine et en montagne (dans les vallées).



Milieus de vie :

L'espèce utilise d'autres habitats que ceux utilisés par *P. auritus*. Les 2 espèces ne seraient pas concurrentes.

- surtout paysages anthropophiles,
- paysages karstiques,
- plus rarement en forêt, surtout feuillus.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Idem que pour *P. auritus*, mais se rencontre plus ponctuellement en forêt. Cet habitat ne constitue pas le milieu de vie prioritaire pour l'espèce, qui préfère des habitats plus ouverts.

Caractère indicateur de l'espèce :

L'Oreillard gris utilise la forêt pour chasser, principalement sur les buissons du sous-étage et des lisières forestières riches en arbustes. Il n'a pas particulièrement de caractère indicateur pour la forêt.

Espèce forestière : +

Directives de gestion pour l'espèce :

Les propositions données pour *P. auritus* sont aussi valables pour *P. austriacus*.

4,30- L'Oreillard montagnard
Plecotus macrobullaris

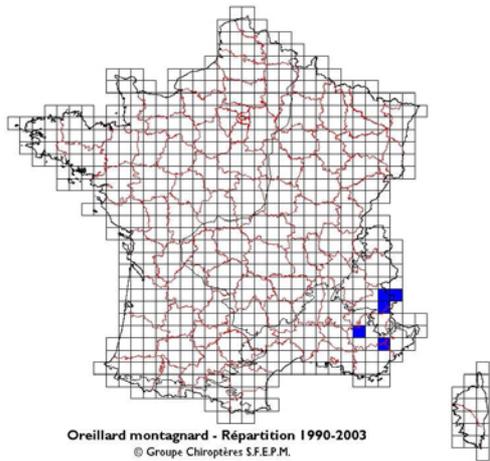
Famille des Vespertilionidae

DHFF : ?

Espèce nouvellement décrite. Se rencontre sur certains massifs montagneux (Alpes, Pyrénées au moins en Espagne, Corse), sa présence restant à prouver sur les Cévennes et le Massif Central. Encore peu connu



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieux de vie :

- paysages forestiers et d'altitude,
- se rencontre très peu en vallée, rarement sous 400m d'altitude.

Décrit récemment, espèce peu connue pour son écologie.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Pour la chasse et le gîte. Le premier individu suivi par télémétrie dans la Drôme chassait autour des arbres « pionniers » colonisant les prairies d'altitude (S. Vincent comm. pers.).

Caractère indicateur de l'espèce :

Ecologie de l'espèce trop peu connue.

Espèce forestière : +++

Directives de gestion pour l'espèce :

Il est difficile de donner des orientations de gestion. Les propositions faites pour *P. auritus* doivent convenir à l'espèce.

4,31- La Barbastelle d'Europe *Barbastella barbastellus*

Famille des Vespertilionidae

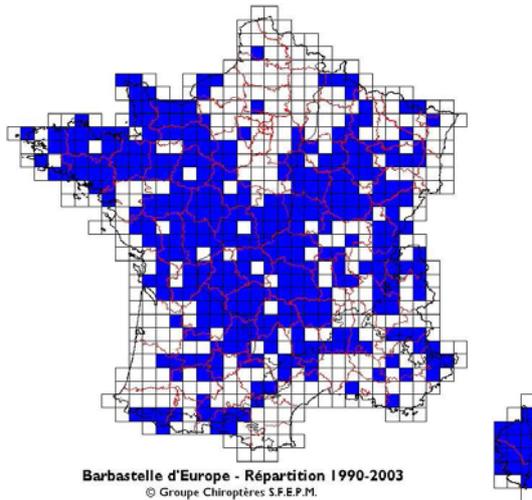
DHFF : Ann. II et IV.

Présente partout, mais en régression, voire en voie de disparition dans le Nord de la France.

Très peu visible en milieu souterrain en hiver, se réfugie principalement dans les cavités arboricoles.



Photo Philippe Favre (ONF)



Milieux de vie :

Espèce spécialisée à la forêt. Chauve-souris dite de forêt vierge (Meschede & Heller, 2003).

- paysages forestiers et grands massifs forestiers,
- layons forestiers et chemins,
- bocages,
- plans d'eau,
- villages.

Rôle de la forêt pour l'espèce (Bensettiti *et al.*, 2002; Choquené, 2006; Meschede & Heller, 2003) :

Gîte surtout dans les fentes et derrière les écorces décollées, sur feuillus (hêtre et chêne) et résineux (pins surtout), même dans les fentes ouvertes en hauteur et soumises aux intempéries. Peut gîter en bâtiment. Chasse en France en feuillus, et sous les résineux si présence de feuillus en accompagnement. Son alimentation semble constituer le facteur limitant pour l'espèce. Chasse plutôt en lisière.

Caractère indicateur de l'espèce :

La capacité en gîtes d'une forêt ne constitue pas un facteur limitant pour cette espèce. Elle semble cependant indicatrice d'une quantité importante d'arbres morts présentant des écorces décollées (Meschede & Heller, 2003; Russo *et al.*, 2004; Sierro, 1999). Elle est surtout sensible à la disponibilité en proies. **Elle serait aussi indicatrice de la présence autour de ses noyaux de population d'une surface forestière très élevée (pas de seuils), et ce depuis longtemps** (Meschede & Heller, 2003). **Sa présence et son niveau de population traduiraient de fait l'ancienneté (l'histoire) de la forêt et de son environnement** (Tillon, 2007), **voire seraient liées à la présence de forêts non exploitées pour la production de bois depuis longtemps** (Russo *et al.*, 2004). Elle ne supporterait la destruction de son habitat sur un espace donné, même ponctuellement dans le temps. Cette espèce est considérée **très peu adaptable aux modifications** (même légères) **de son environnement** (Bensettiti *et al.*, 2002).

Espèce forestière : ++++

Directives de gestion pour l'espèce :

Sur 1 à 3 km autour des colonies de reproduction, il est indispensable de :

- Maintenir les arbres foudroyés et arbres à fentes (causés lors des tempêtes),
- Les maintenir en îlots, sinon en grands nombres sur un massif forestier, les changements de gîtes étant nombreux,
- Favoriser les habitats sources pour les papillons de nuit de petite taille (notamment chênaies avec arbres de gros diamètres, et avec sous-bois à poacées et buissons et arbustes sur au moins 30% de la surface, mais avec un espace de vol suffisant pour une recherche active et une capture des proies lors des déplacements) ; certains auteurs conseillent la pratique de la futaie irrégulière ou du taillis sous futaie (Roué & Barataud, 1999; Sierro, 1999), proscrire les plantations d'essences non autochtones (Bensettiti *et al.*, 2002).
- Proscrire les insecticides et le travail du sol en forêt, tous deux défavorables au développement des papillons,
- Eviter les éclairages publics en bordure de forêts ou de lisières exploitées par la Barbastelle (concentrant les proies hors forêt, sur des habitats défavorables à la technique de chasse de l'espèce),
- La gestion forestière pour cette espèce doit de plus se raisonner sur des grandes régions biogéographiques, en permettant des connexions boisées (linéaires) entre les grands blocs et massifs forestiers. **C'est une gestion de l'espace à l'échelle de vastes paysages qui convient à l'espèce.**

4,32- Le Minioptère de Schreibers *Miniopterus schreibersii*

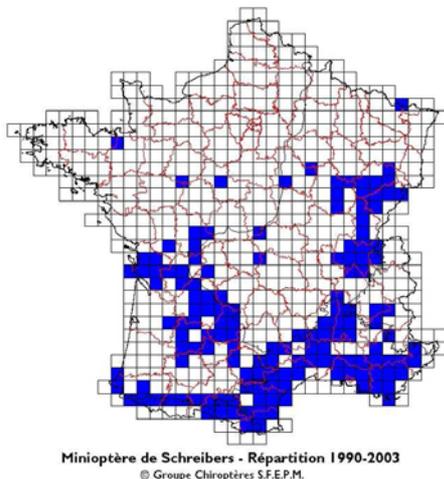
Famille des Miniopteridae

DHFF : Ann. II et IV.

En forte régression et fragile (a subi une forte chute des populations en Europe de l'Ouest en 2002). Méditerranéen.



Photo Frédéric Malgouyres (ONF)



Milieus de vie :

Espèce cavernicole.

- paysages karstiques,
- paysages forestiers et plus agricoles, voire urbains,
- milieux ouverts.

Rôle de la forêt pour l'espèce (Bensettiti *et al.*, 2002; Némoz & Brisorgueil, 2008; Roué & Barataud, 1999) :

Uniquement pour la recherche de nourriture. L'espèce vit en grandes colonies, et chasse sur les chemins, dans les layons et dans les clairières forestières. Elle chasse aussi au-dessus des arbres. C'est son vol très rapide qui lui fait préférer les lisières forestières ou les espaces dégager pour capturer ses proies.

Espèce principalement dépendante du milieu souterrain (facteur limitant), ne supportant pas le dérangement, et nécessitant des grands volumes.

Caractère indicateur de l'espèce :

Si l'espèce n'est pas directement liée à la forêt, il apparaît que le Minioptère de Schreibers est typique des forêts fortement découpées, avec de nombreuses lisières tant horizontales que verticales. La surface forestière est importante sur les secteurs hébergeant des colonies de Minioptère. Espèce typique de lisière forestière.

Espèce forestière : ++

Directives de gestion pour l'espèce :

- Favoriser les feuillus sur de grandes surfaces,, voire convertir les peuplements résineux en feuillus,
- Aménager des ouvertures dans les frondaisons des allées forestières, pour créer des doubles lisières, et supprimer les effets de voûte, favoriser globalement le développement des lisières,
- Maintenir des semenciers ou arbres debout lors des coupes rases (à éviter), notamment en maintenant des îlots,
- Gérer la forêt sur des unités de gestion de 10 ha maximum, 4 ha semblant idéal,
- Proscrire la coupe des boisements de bord de cours d'eau,
- Proscrire les insecticides en forêt,
- Fauche tardive des prairies en lisière de forêt,
- Favoriser les vergers traditionnellement pâturés.

4,33- Le Molosse de Cestoni
Tadarida teniotis

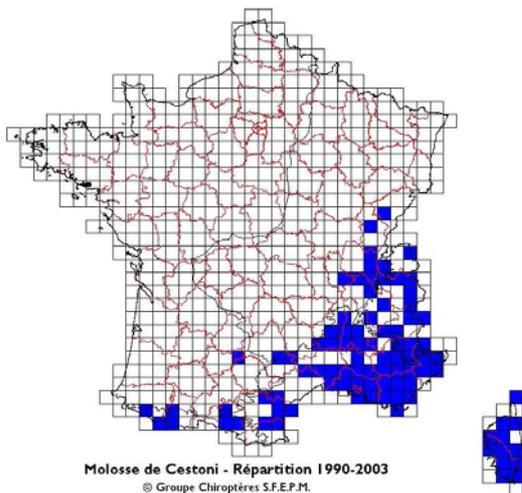
Famille des Molossidae

DHFF : Ann. IV.

Espèce méditerranéenne, assez commune, en progression vers le Nord.



Photo Laurent Arthur (Muséum de Bourges)



Milieux de vie :

- paysages karstiques (gîte dans les falaises),
- paysages anthropiques.

Rôle de la forêt pour l'espèce :

Peu de relations avec la forêt, chasse régulièrement au-dessus de la forêt, mais souvent très haut, et tout autant que sur d'autres milieux plus agricoles et humides.

Caractère indicateur de l'espèce :

L'espèce est très peu liée à la forêt.

Espèce forestière : +/-

Directives de gestion pour l'espèce :

Pas de propositions particulières, favoriser les feuillus pour le développement de grosses proies au-dessus de la canopée.

4,34- Proies principalement consommées par les chiroptères européens (tiré de Godineau & S.F.E.P.M., 2007).

Légende :

x : proie consommée

x : proie considérée comme la plus importante

	Classe Gastropoda	Classe Arachnida	Classe Chilopoda	Classe Insecta Larvae	Ephemeroptera	Odonata	Plecoptera	Orthoptera	Dermoptera	Dictyoptera	Psocoptera	Hemiptera	Thysanoptera	Neuroptera	Coleoptera	Diptera	Lepidoptera	Trichoptera	Hymenoptera	Classe Branchiopoda	Classe Ostracoda	Classe Osteichthyes	Classe Aves	
Petit rhinolophe		x									x	x		x	x	x	x	x						
Grand rhinolophe		x							x		x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Rhinolophe euryale														x	x	x	x		x					
Rhinolophe de Méhely																								
Murin de Daubenton		x		x	x		x	x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Murin de Capaccini						x						x			x	x	x	x	x					
Murin des marais														x	x	x	x	x						
Murin à moustaches		x		x	x		x				x	x		x	x	x	x	x	x					
Murin de Brandt		x		x	x						x	x		x	x	x	x	x	x					
Murin d'Alcathoe	Non étudié																							
Murin de Bechstein		x	x	x				x	x	x		x		x	x	x	x	x	x					
Murin de Natterer		x	x	x	x		x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x					
Murin à oreilles échancrées		x							x		x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Grand murin		x	x					x	x			x			x	x	x		x					
Murin du Maghreb		x		x				x							x	x	x		x					
Petit murin		x						x							x	x	x		x					

	Classe Gastropoda	Classe Arachnida	Classe Chilopoda	Classe Insecta Larvae	Ephemeroptera	Odonata	Plecoptera	Orthoptera	Dermoptera	Dictyoptera	Psocoptera	Hemiptera	Thysanoptera	Neuroptera	Coleoptera	Diptera	Lepidoptera	Trichoptera	Hymenoptera	Classe Branchiopoda	Classe Ostracoda	Classe Osteichthyes	Classe Aves	
Grande noctule															?	?	?						x	
Noctule de Leisler		x			x							x		x	x	x	x	x	x					
Noctule commune		x			x		x	x				x	x	x	x	x	x	x	x					
Sérotine commune	x	x			x	x		x		x		x		x	x	x	x	x	x					
Sérotine de Nilsson															x	x	x	x						
Sérotine bicolore					x							x		x	x	x	x	x	x					
Pipistrelle commune		x			x		x				x	x		x	x	x	x	x	x					
Pipistrelle pygmée																x		x						
Pipistrelle de Kuhl															x	x	x	x						
Pipistrelle de Nathusius					x		x					x		x	x	x	x	x	x					
Vespère de Savi																x	x	x	x					
Oreillard roux		x	x		x		x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x					
Oreillard gris		x	x						x		x	x		x	x	x	x	x	x					
Oreillard montagnard	Non étudié																							
Barbastelle		x			x						x	x		x	x	x	x	x	x					
Minioptère de Schreibers		x										x		x	x	x	x	x	x					
Molosse de Cestoni														x	x	x	x	x	x					

Tableau 4 : Description du régime alimentaire de chaque espèce de chiroptère.

Comme le montre le tableau 4, chaque espèce a un régime alimentaire qui lui est propre, même si certaines espèces semblent consommer les mêmes proies. Il n'est cependant pas possible de dire si un phénomène de compétition s'opère sur les proies, si ce n'est entre *Rhinolophus hipposideros* et *Pipistrellus pipistrellus*. Il est en effet possible qu'il existe un lien entre la progression de cette dernière espèce, au dépend de l'autre dont les effectifs baissent depuis plusieurs décennies (Arlettaz *et al.*, 2000). Cela dit, d'autres arguments expliquent largement la baisse des effectifs du Rhinolophe...

La morphologie et l'écologie de chaque espèce expliquent la possibilité pour chacune d'elle d'exploiter un bol alimentaire identique, mais selon des techniques différentes. Pour un même groupe de proies, les Rhinolophes chassent les insectes suspendues (à l'affût), les Murins en les cueillant dans le feuillage, et les Pipistrelles et les Sérotines en les chassant activement le long des lisières forestières, à des hauteurs différentes. En s'intéressant de près à la liste des insectes concernés, on se rend vite compte que toutes les niches sont exploitées par les chauves-souris. D'où la nécessité d'avoir une stratégie de gestion forestière prenant en compte tous les habitats forestiers. Une gestion forestière favorable aux chiroptères intéressera une très grande partie de la biodiversité forestière (les autres espèces cavicoles, les proies qui utilisent de nombreuses niches écologiques...).

La partie qui suit résume l'ensemble des mesures favorables à l'ensemble des espèces de chiroptères en forêt.

5- Bilan global.

En fonction des opérations de gestion qui sont proposées sur une forêt, la mise en place d'une expertise, voire d'un suivi, pour évaluer la pertinence des propositions, peut s'avérer judicieux si le gestionnaire veut s'assurer que les chauves-souris réagissent positivement à sa gestion. Le protocole mis en place peut rester très léger, mais les résultats donneront une idée de l'intérêt des actions.

En terme de gestion globale sur un massif forestier, il convient donc de :

- Gérer les populations de chiroptères sur de grandes surfaces, à l'échelle de massifs, et non à l'échelle des parcelles, ce qui revient à organiser le paysage forestier d'un massif dans son ensemble, et non simplement à l'unité de gestion. Considérer aussi l'histoire du massif, pouvant expliquer en partie la richesse en chiroptères.
- Ne pas dissocier les gîtes des terrains de chasse lors des définitions des stratégies de conservation à l'échelle d'un massif.
- Conserver systématiquement les arbres découverts avec une colonie de reproduction de chiroptères.
- Favoriser les feuillus par rapport aux résineux (les feuillus sont en effet préférés par les chauves-souris tant pour les gîtes que pour les terrains de chasse), tout en permettant au maximum d'essences forestières indigènes de s'exprimer.
- Favoriser les structures complexes des peuplements, avec une strate arborée accompagnée d'un sous étage important (strate arborée dominée, arbustes et buissons), favorable au développement de nombreux insectes.
- Profiter des tempêtes pour laisser des clairières fonctionner de manière autonome, et pour conserver les arbres fendus, sans oublier de conserver les autres arbres creux.
- Maintenir les habitats forestiers alluviaux ou humides les plus naturels possibles, et fortement structurés et vieillissants.
- Gérer la forêt par petites surfaces si possible (1, 3 sinon 5ha), mais sans démultiplier les unités de gestion (de type futaie régulière par parquets ou bouquets), créant un effet clairière (surtout à proximité des colonies de *M. bechsteinii*, *B. barbastellus* quand elles sont connues), et permettant une mise en place plus aisée des îlots d'arbres à cavités. Cela revient à « *Accepter l'hétérogénéité dans une unité de gestion de type parcellaire* ». On pourrait aussi ajouter que « *c'est le mélange qui est favorable à l'ensemble de la biodiversité en forêt, dont les chiroptères* ».
- En cas de mise en place d'îlots d'arbres à cavités, les délimiter et les matérialiser sur le terrain, et maintenir des connexions avec les autres arbres à cavités.
- Prendre en compte les chauves-souris dans les travaux sur les éléments non forestiers (cavités souterraines, bâtis, ouvrages d'art, ouverture de routes...).
- Proscrire les phytocides et les insecticides qui peuvent contaminer les proies (impactant alors les prédateurs), voire être involontairement projetés sur les chiroptères (provoquant des intoxications).
- Limiter le travail du sol et l'artificialisation de la gestion, néfastes au développement d'insectes prédatés par certaines espèces très spécialistes.
- Créer des points d'eau calme (mares, petits étangs), favorables à la plupart des espèces notamment dans les périodes chaudes, ou au moment de la mise bas et de l'allaitement. Il conviendra toutefois de tenir compte des autres taxons pour la gestion de ces sites (pentes douces, permettre un ensoleillement important, favoriser des ceintures de végétation, empêcher au maximum la dégradation des habitats alentours, limiter les apports massifs de sédiments...).

Nous terminerons par 2 exemples illustrant la manière dont la gestion peut être mise en œuvre pour les chiroptères en forêt.

Fig. 15 : Cas de la gestion à mettre en œuvre sur des petits massifs (quelques dizaines d’hectares) (tiré de Forestry Commission, 2005).



Sur les bois de petite surface, il convient de gérer la forêt en restant attentif à tous les éléments pouvant intéresser les chiroptères, tout en maintenant des liaisons continues entre les arbres conservés. Sur la figure ci-contre, la stratégie de conservation des arbres s’est traduite de 4 manières :

- maintien d’arbres (A) afin de proposer une continuité arborée entre B et C,
- conservation d’arbres en groupe le long d’un plan d’eau, avec conservation temporaire d’arbres « tampons » entre les arbres désignés pour être maintenus à terme (en rouge) et ceux qui vont être exploités (B),
- maintien d’un îlot boisé dans un coin du massif (C),
- conservation d’arbres permettant des connections entre 2 petits massifs (D).

-  Arbre réservé pour les chauves-souris,
-  Arbre conservé temporairement (considéré comme tampon),
-  Autres arbres.

Fig. 16 : Cas de la gestion forestière à mettre en œuvre sur des grands massifs forestiers pour les chiroptères (tiré de Forestry Commission, 2005).

L’action majeure pour les chiroptères réside dans le maintien d’îlots d’arbres à cavités, selon un réseau pertinent et interconnecté. Ces îlots sont constitués principalement sur les vieux peuplements déjà en place (A, F), servent tant pour le gîte que pour la chasse, mais proposent aussi des ouvertures vers d’autres habitats propices (points d’eau), notamment en période d’allaitement (B, D et G).

Afin de connecter ces îlots, il convient de laisser des arbres âgés en continu, sous forme de linéaire (C et H), mais aussi des petits bouquets (E) ou des arbres isolés un peu partout. Les liens apparaissent indispensables pour permettre les échanges entre les colonies, et fournir des corridors entre les gîtes et les terrains de chasse.



Il semble globalement qu'une forêt gérée sur des unités de 1 à 5ha, avec une alternance de vieux peuplements feuillus (donc avec des cavités) plus ou moins complexes en terme de structure (favorables aux espèces glaneuses), et de plus jeunes peuplements (favorables pour la chasse par les espèces de lisière), corresponde bien aux exigences de la plupart des espèces de chiroptères européens.

Conclusion.

Cette synthèse a été réalisée dans le but de faire un état 0 des connaissances sur la forêt, au moment où des actions nationales portées par un plan de restauration doivent démarrer. Une fiche y est consacrée à la forêt, avec l'ambitieux objectif d'intégrer les chiroptères dans tous les actes sylvicoles, de la programmation aux actions locales de gestion.

Même si les connaissances sur ce thème se sont améliorées, des travaux permettant notamment de mieux prendre en compte les chauves-souris en forêt (particulièrement avec la bonne échelle de perception, c'est-à-dire en intégrant par exemple le niveau du massif et de son environnement, sinon le niveau du domaine vital d'une colonie de reproduction) doivent encore être menés. Plusieurs sont actuellement en cours pour y répondre. Ce bilan est donc amené à évoluer relativement rapidement.

Bibliographie.

- Archaux, F. (2008). Méthodes de suivi des chiroptères en forêt, Complément Action Chiroptères menée en 2007 : Combien de visites et quelle durée d'écoute pour déterminer à l'espèce ? CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson.
- Arlettaz, R., Godat, S., & Meyer, H. (2000) Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). *Biological Conservation*, **93**, 55-60.
- Arnett, E.B. (2003) Advancing science and partnerships for the conservation of bats and their habitats. *Wildlife Society Bulletin*, **31**, 2-5.
- Arnett, E.B. & Haufler, J.B. (2003) A customer-based framework for funding priority research on bats and their habitats. *Wildlife Society Bulletin*, **31**, 98-103.
- Arthur, L. & Lemaire, M. (1999) *Les chauves-souris maîtresses de la nuit*, Ed. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Arthur, L. & Lemaire, M. (2002) Recherche de Noctules communes dans les arbres situés en milieu urbain. *Symbioses*, **6**, 3-4.
- Avery, M.I. (1985) Winter activity of pipistrelle bats. *Journal of Animal Ecology*, **54**, 721-738.
- Barataud, M. (2005a) Acoustic variability, and identification possibilities for seven European bats of the genus *Myotis*. In 5th European Bat Detector Workshop (ed M.e.c. Barataud), Forêt de Tronçais - Allier (France). *Le Rhinolophe*, **17**, 43-62.
- Barataud, M. (2005b) Fréquentation des paysages sub-alpins par des chiroptères en activités de chasse. *Le Rhinolophe*, **17**, 11-22.
- Barataud, M. (2005c) Relationship of *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774) sonar with its habitat and prey. In 5th European Bat Detector Workshop (ed M.e.c. Barataud), Forêt de Tronçais - Allier (France). *Le Rhinolophe*, **17**, 87-100.
- Barataud, M. (2006) Le dossier : Utilisation de l'habitat et des ressources trophiques par le Murin de Bechstein *Myotis bechsteinii* Kuhl, 1817 (analyse bibliographique). *L'Envol des chiros*, **9**, 7-14.
- Barataud, M., Grandmange, F., Duranel, A., & Lugon, A. (2005a). Etude d'une colonie de mise-bas de *Myotis bechsteinii* Kuhl, 1817 - Sélection des gîtes et des habitats de chasse, régime alimentaire, implications dans la gestion de l'habitat forestier, Valléegeas.
- Barataud, M., Grandmange, F., Duranel, A., & Lugon, A. (2005b) Habitats de chasse du Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii* Kuhl 1817) en Limousin : Effet positif d'une tempête sur la structure du milieu forestier ? In Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFPEM (ed L. Tillon), Vol. 18, pp. 86. Tillon, L., Bergerie Nationale de Rambouillet (78).
- Barclay, R.M.R. & Harder, L.D. (2003). Life histories of bats: Life in the Slow Lane. In *Bat ecology* (eds T.H. Kunz & M.B. Fenton), pp. 209-253. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Bensettiti, F., Gaudillat, V., & (coord) (2002) *Espèces animales MNHN - SPN*, Paris.
- Bernard, E. (2001) Vertical stratification of bat communities in primary forests of Central amazon, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, **17**, 115-126.
- Bernard, M. (2002) Une nouvelle espèce pour la région Auvergne et quatre nouvelles pour le département de la Haute-Loire !! *L'Envol des chiros*, **6**, 6.
- Betts, B.J. (1995) Roosting behaviour of Silver-haired bats (*Lasionycteris noctivagans*) and Big brown bats (*Eptesicus fuscus*) in Northern Oregon. In *Bats and Forests Symposium* (ed M.o.F.R. Program), pp. 55-61, Victoria, British Columbia, Canada.
- Beuneux, G. (2006). Programme d'étude sur la Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) en milieu forestier en Corse : Cartographie, description et conservation de ses arbres-gîtes - Année 2006, Etat des connaissances. Groupe Chiroptères Corse & ONF-DEDD.
- Beuneux, G. (2008). Programme d'étude sur la Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) en milieu forestier en Corse : Cartographie, description et conservation de ses arbres-gîtes, étude de ses territoires de chasse - Bilan des connaissances. Groupe Chiroptères Corse & ONF-DEDD, Corte.
- Beuneux, G. & Courtois, J.-Y. (2002) Les Chiroptères en milieu forestier en Corse. *Symbioses*, **6**, 7-10.
- Beuneux, G. & Rist, D. (2005) Les chiroptères en milieu forestier d'altitude en Corse : Bilan de 5 années d'étude. In Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFPEM (ed L. Tillon), Vol. 18, pp. 71-84. Tillon, L., Bergerie Nationale de Rambouillet (78).
- Bontadina, F., Schmied, S.F., Beck, A., & Arlettaz, R. (2008 (in press)) Changes in prey abundance unlikely to explain the demography of a critically endangered Central European bat. *Journal of Applied Ecology*, 8p.

- Bradshaw, P.A. (1995) The physical nature of vertical forest habitat and its importance in shaping bat species assemblages. In *Bats and Forests Symposium* (ed M.o.F.R. Program), pp. 199-212, Victoria, British Columbia, Canada.
- Brosset, A., Charles-Dominique, P., Cockle, A., Cosson, J.F., & Masson, D. (1996) Bat communities and deforestation in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology*, **74**, 1974-1982.
- Burford, L.S., Lacki, M.J., & Covell, C.V.J. (1999) Occurrence of moths among habitats in a mixed mesophytic forest: implications for management of forest bats. *Forest Science*, **45**, 323-332.
- Catto, C.M.C., Hutson, A.M., Racey, P.A., & Stephenson, P.J. (1996) Foraging behaviour and habitat use of the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) in southern England. *Journal of Zoology*, **238**, 623-633.
- Choquené, G.-L. (2006) Les chauves-souris de Bretagne. *Pen Ar Bed*, **197/198**, 1-68.
- Cohez, V. (2002) Les nathusius tombent à la pelle ! *L'Envol des chiros*, **5**, 5.
- Cosson, J.F., Pons, J.M., & Masson, D. (1999) Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology*, **15**, 515-534.
- Crampton, L.H. & Barclay, R.M.R. (1995) Habitat selection by bats in fragmented and unfragmented Aspen mixedwood stands of different ages. In *Bats and Forests Symposium* (ed M.o.F.R. Program), pp. 238-259, Victoria, British Columbia, Canada.
- Crampton, L.H. & Barclay, R.M.R. (1998) Selection of roosting and foraging habitat by bats in different-aged aspen mixedwood stands. *Conservation Biology*, **12**, 1347-1358.
- Dajoz, R. (1998) *Les insectes et la forêt*, Lavoisier Tec & Doc edn. Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- De Jong, J. (1994) Habitat use, home-range and activity pattern of the northern bat, *Eptesicus nilssoni*, in a hemiboreal coniferous forest. *Mammalia*, **58**, 535-548.
- Eberhardt, L.L. (1990) Using radio-telemetry for mark-recapture studies with edge effects. *Journal of Applied Ecology*, **27**, 259-271.
- Entwistle, A., Harris, S., Hutson, A.M., Racey, P.A., Walsh, A.L., Gibson, S.D., Hepburn, I., & Johnston, J. (2001) *Habitat management for bats, a guide for land managers, land owners and their advisors* Joint Nature Conservation Committee.
- Entwistle, A.C., Racey, P.A., & Speakman, J.R. (1996) Habitat exploitation by a gleaning bat, *Plecotus auritus*. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **351**, 921-931.
- Entwistle, A.C., Racey, P.A., & Speakman, J.R. (1997) Roost selection by the brown long-eared bat *Plecotus auritus*. *Journal of Applied Ecology*, **34**, 399-408.
- Erickson, J.L. & West, S.D. (2003) Associations of bats with local structure and landscape features of forested stands in western Oregon and Washington. *Biological Conservation*, **109**, 95-102.
- Evin, A. & Tillon, L. (2005). Inventaire des chiroptères du Bois de Boulogne, Année 2005, Paris.
- Fauvel, B. (2007a). Inventaire des Chauves-souris, RBD de la Dent du Villard, Saint-Bon-en-Tarentaise. O.N.F., Couvignon.
- Fauvel, B. (2007b). Les Chauves-souris de la forêt domaniale du Mont Dieu (Ardennes) - Compte-rendu des suivis 2007. O.N.F., Couvignon.
- Fauvel, B. & Bécu, D. (2005) Développement d'une méthodologie pour mesurer l'activité des chauves-souris : Diverses applications et définition d'un protocole pour le suivi des Réserves de l'ONF. In *Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFPEM* (ed L. Tillon), Vol. 18, pp. 63-70. Tillon, L., Bergerie Nationale de Rambouillet (78).
- Favre, P. (1997a). Pré-inventaire des Chiroptères, Rive gauche de la Durance, Site Haute-Durance - Guil n°8. Office National des Forêts, Manosque.
- Favre, P. (1997b). Premier inventaire des Chiroptères pour l'aménagement pilote de la forêt communale de Clans (06). Office National des Forêts, Manosque.
- Favre, P. (2007). Inventaire des Chiroptères, Grand Coyer, Site Natura 2000 FR 9301547. Office National des Forêts.
- Favre, P. (2008). Inventaire des Chiroptères, Réserve Naturelle de la grotte du TM71 de la Haute-Vallée de l'Aude. Office National des Forêts.
- Fenton, M.B. (1997) Science and the conservation of bats. *Journal of Mammalogy*, **78**, 1-14.
- Fenton, M.B. (2003) Science and the conservation of bats: where to next? *Wildlife Society Bulletin*, **31**, 6-15.
- Ferris, R. & Humphrey, J.W. (1999) A review of potential biodiversity indicators for implication in British forests. *Forestry*, **72**, 313-328.
- Fiers, V. (2004) *Guide Pratique - Principales méthodes d'inventaire et de suivi de la biodiversité* Réserves Naturelles de France, Quétigny.
- Forestry Commission (2005) *Woodland management for bats* Forestry Commission for England and Wales, Wetherby, West Yorkshire.
- Furmankiewicz, J. (2005) Social calls and vocal activity of the brown long-eared bat *Plecotus auritus* in SW Poland. In *5th European Bat Detector Workshop* (ed M.e.c. Barataud), Forêt de Tronçais - Allier (France). *Le Rhinolophe*, **17**, 101-120.

- Giosa, P. & Fombonnat, J. (2002) Quelques données sur les gîtes arboricoles en forêt de Tronçais (Allier). *Symbioses*, **6**, 5-6.
- Godineau, F. & S.F.E.P.M., G.C. (2007). Plan de Restauration des Chiroptères 2008-2012 en France métropolitaine. Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, Bourges.
- Grindal, S.D. & Brigham, R.M. (1999) Impacts of forest harvesting on habitat use by foraging insectivorous bats at different spatial scales. *Ecoscience*, **6**, 25-34.
- Guérin, B. (2000). Etude des chauves-souris, Forêt communale de Colmar-niederwald, Série d'intérêt écologique particulier. Office National des Forêts, Colmar.
- Hervé, C. (2005) Le Murin d'Alcathoé (*Myotis alcathoe*) en Champagne-Ardenne : premiers éléments. *Naturelle*, **0**, 19-22.
- Humes, M.L., Hayes, J.P., & Collopy, M.W. (1999) Bat activity in thinned, unthinned, and old-growth forests in western Oregon. *Journal of Wildlife Management*, **63**, 553-561.
- Issartel, G. (2006) Nouvelles des Chiroptères en Ardèche. *Les Potins de la Chèvre*, **28**, 15.
- Jaberg, C., Bohnenstengel, T., Amstutz, R., & Blant, J.-D. (2006) Utilisation du milieu forestier par les chauves-souris (*Mammalia: Chiroptera*) du canton de Neuchâtel - implications pour la gestion sylvicole. *Schweiz. Z. Forstwes.*, **157**, 254-259.
- Jaberg, C. & Guisan, A. (2001) Modelling the distribution of bats in relation to landscape structure in a temperate mountain environment. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 1169-1181.
- Jarzebowski, T., Rymarzak, G., & Stepniewska, A. (1998) Forest habitat preferences of *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera, Vespertilionidae) in northern Poland. *Myotis*, **36**, 177-182.
- Jay, M. & Tupinier, Y. (2003) Chauves-souris et vergers. *Infos-Ctifl*, **193**, 24-28.
- Jenkins, E.V., Laine, T., Morgan, S.E., Cole, K.R., & Speakman, J.R. (1998) Roost selection in the pipistrelle bat, *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae), in northeast Scotland. *Animal Behaviour*, **56**, 909-917.
- Julien, J.-F. (2003). Inventaire des chauves-souris de la forêt de la Malmaison. Rapport d'étude, Antony.
- Jung, T.S., Thompson, I.D., Titman, R.D., & Applejohn, A.P. (1999) Habitat selection by forest bats in relation to mixed-wood stand types and structure in central Ontario. *Journal of Wildlife Management*, **63**, 1306-1319.
- Kalcounis, M.C. & Hecker, K.R. (1995) Intraspecific variation in Roost-site selection by Little brown bats (*Myotis lucifugus*). In Bats and Forests Symposium (ed M.o.F.R. Program), pp. 81-90, Victoria, British Columbia, Canada.
- Kapfer, G. & Rigot, T. (2005) Fidélité spatiale d'une population de Murins de Daubenton (*Myotis daubentonii*) en région bruxelloise et utilisation d'une hêtraie cathédrale. In Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFEPM (ed L. Tillon), Vol. 18, pp. 92. Tillon, L., Bergerie Nationale de Rambouillet (78).
- Keeley, B.W., Fenton, M.B., & Arnett, E. (2003) A North American partnership for advancing research, education, and management for the conservation of bats and their habitats. *Wildlife Society Bulletin*, **31**, 80-86.
- Kerth, G., Wagner, M., & König, B. (2001a) Roosting together, foraging apart: information transfert about food in unlikely to explain sociality in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteini*). *Behavioural and Ecological Sociobiology*, **50**, 283-291.
- Kerth, G., Weissmann, K., & König, B. (2001b) Day roost selection in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteini*): a field experiment to determine the influence of roost temperature. *Oecologia*, **126**, 1-9.
- Kronwiter, F. (1988) Population structure, habitat use and activity patterns of the noctule bat *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera: Vespertilionidae) revealed by radio-tracking. *Myotis*, **26**, 23-85.
- Krull, D., Schumm, A., Metzner, W., & Neuweiler, G. (1991) Foraging areas and foraging behavior in the notch-eared bat, *Myotis emarginatus* (Vespertilionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **28**, 247-253.
- Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (2003) *Bat ecology* The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Kunz, T.H. & Lumsden, L.F. (2003). Ecology of cavity and foliage roosting bats. In *Bat ecology* (eds T.H. Kunz & M.B. Fenton), pp. 3-89. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Lacki, M.J. (1995) The role of research in conserving bats in managed forests. In Bats and Forests Symposium (ed M.o.F.R. Program), pp. 39-48, Victoria, British Columbia, Canada.
- Le Bras, E. & Tillon, L. (2000) L'hivernage des chauves-souris en Eure et Loir. *Garzette spéciale d'Eure-et-Loir Nature*, **3**, 29-46.
- Le Houedec, A. (2007). Les chauves-souris de la forêt de Saint-Aubin du Cormier. Bretagne Vivante SEPNEB, Fougères.
- Le Mouël, A. & Farcy, O. (2004). Confirmation du statut reproducteur du murin de Bechstein (*Myotis bechsteini*) en Bretagne. Bretagne Vivante SEPNEB, Brest.
- Le Reste, G. (2006). Suivi de l'activité chiroptérologique dans les forêts domaniales de l'île d'Oléron. Office National des Forêts, Belle-Isle-en-Terre.

- Le Reste, G. (2008). Etude des Chiroptères du massif forestier de Perseigne (72) - Document de synthèse des suivis et inventaires pour l'année 2007. Office National des Forêts - Parc Naturel Régional Normandie Maine, Loc Envel.
- Lecoq, V. (2006) *Caractéristiques écologiques des rhinolophes (Chiroptera : Rhinolophidae) dans le Parc national des Cévennes et sa périphérie*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Université de Montpellier II, Montpellier.
- Lemaire, M. & Arthur, L. (2007) 20 ans de suivi d'un site d'hibernation à chauves-souris - Le complexe des cavités de Veaugues, département du Cher (1988 - 2007). *Symbioses*, **20**, 43-52.
- Lesinski, G. (1990) Changes in numbers of *Myotis daubentoni* (Kuhl, 1819) in autumn shelters and the effect of disturbance. *Acta Theriologica*, **35**, 364-368.
- Lesinski, G., Fuszara, E., Fuszara, M., Jurczynszyn, M., & Urbanczyk, Z. (2005) Long-term changes in the numbers of the *Barbastella barbastellus* in Poland. *Folia Zoologica*, **54**, 351-358.
- Lesinski, G., Fuszara, E., & Kowalski, M. (2000) Foraging areas and relative density of bats (Chiroptera) in differently human transformed landscapes. *Zeitschrift auf Säugetierkunde*, **65**, 129-137.
- Levinsky, I., Skov, F., Svenning, J.-C., & Rahbek, C. (2007) Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals. *Biodiversity Conservation*, **16**, 3803-3816.
- Levrel, A. (2007) *Quels indicateurs pour la gestion de la biodiversité ?* Institut Français de la Biodiversité, Paris.
- Limpens, H.J.G.A. & Bongers, W. (1991) Bats in dutch forests. *Myotis*, **29**, 129-136.
- Limpens, H.J.G.A., Twisk, P., & Veenbaas, G. (2005) *Bats and road construction* Rijkswaterstaat and the Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming.
- Lustrat, P. (2000) Les chauves-souris de la forêt de Port-Royal. *La voix de la forêt*, **1**, 32-35.
- Lustrat, P. (2001) Les territoires de chasse des chiroptères de la forêt de Fontainebleau (France). *Le Rhinolophe*, **15**, 167-173.
- Lutsch, C. & Muller, Y. (1988) Les avifaunes nicheuses de trois formations forestières âgées d'Alsace. Observations sur les peuplements de Pic mar et épeiche (*Dendrocopos medius* L. et *D. major* L.). *Ciconia*, **12**, 19-46.
- Malgouyères, F., Gonzalez, R.-M., Favre, P., & Gathelier, P. (2005) Cavités souterraines en forêt et maisons forestières... gîtes pour les chauves-souris : de l'inventaire aux actions de gestion. In Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFEPM (ed L. Tillon), Vol. 18, pp. 159-165. Tillon, L., Bergerie Nationale de Rambouillet (78).
- Marcot, B.G. (1995) An ecosystem context for bat management: a case study of the interior Columbia River Basin, USA. In Bats and Forests Symposium (ed M.o.F.R. Program), pp. 19-36, Victoria, British Columbia, Canada.
- Mayle, B.A. (1990a) A biological basis for bat conservation in British woodlands - a review. *Mammal Review*, **20**, 159-195.
- Mayle, B.A. (1990b) Habitat management for woodland bats. In Research information Note, pp. 4.
- McAney, C.M. (1994) The lesser Horseshoe bat in Ireland - past, present and future. *Folia Zoologica*, **43**, 387-392.
- McAney, C.M. & Fairley, J.S. (1988) Habitat preference and overnight and seasonal variation in the foraging activity of Lesser Horseshoe bats. *Acta Theriologica*, **33**, 393-402.
- Menzel, M.A., Owen, S.F., Ford, W.M., Edwards, J.W., Wood, P.B., Chapman, B.R., & Miller, K.V. (2002) Roost tree selection by northern long-eared bat (*Myotis septentrionalis*) maternity colonies in an industrial forest of the central Appalachian mountains. *Forest Ecology and Management*, **155**, 107-114.
- Meschede, A. & Heller, K.-G. (2003) Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier. *Le Rhinolophe*, **16**, 1-248.
- Miller, D.A., Arnett, E.B., & Lacki, M.J. (2003) Habitat management for forest-roosting bats of North America: a critical review of habitat studies. *Wildlife Society Bulletin*, **31**, 30-44.
- Mills, D.J., Norton, T.W., Parnaby, H.E., Cunningham, R.B., & Nix, H.A. (1996) Designing surveys for microchiropteran bats in complex forest landscapes - a pilot study from south-east Australia. *Forest Ecology & Management*, **85**, 149-161.
- Mitchell-Jones, A.J., Hutson, A.M., & Racey, P.A. (1993) The growth and development of bat conservation in Britain. *Mammal Review*, **23**, 139-148.
- Mitchell-Jones, A.J. & McLeish, A.P. (1999) *The bat workers' manual* Joint Nature Conservation Committee.
- Mitchell-Jones, T., Bihari, Z., Masing, M., & Rodrigues, L. (2007) *Protection et gestion des gîtes souterrains pour les chiroptères* PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany.
- Moriamé, J.-V. (2003) Quelques pistes d'actions pour la conservation des chauves-souris en forêt. *Forêt wallonne*, **66**, 22-28.
- Morrison, M.L. (2001) Invited paper: A proposed research emphasis to overcome the limits of wildlife-habitat relationship studies. *Journal of Wildlife Management*, **65**, 613-623.

- Motte, G. & Loibois, R. (2002) Etude comparée de l'écologie de deux espèces jumelles de Chiroptères en Belgique : l'Oreillard roux (*Plecotus auritus*) et l'Oreillard gris (*Plecotus austriacus*). *Premiers résultats. Symbioses*, **6**, 31-32.
- Némoz, M. & Brisorgueil, A. (2008) *Connaissance et conservation des gîtes et habitats de chasse de 3 chiroptères cavernicoles - Rhinolophe euryale - Murin de Capaccini - Minioptère de Schreibers* SFPEM, Paris.
- Néri, F. (2001). Etude préliminaire sur les chiroptères en forêt domaniale de Grésigne (Tarn). CREN de Midi Pyrénées, Office National des Forêts, Toulouse.
- Néri, F. (2002) Premières prospections sur les chiroptères en forêt domaniale de Grésigne (Tarn). *L'Envol des chiros*, **5**, 8.
- Neuweiler, G. (2000) *The biology of bats*, Oxford University Press edn. Oxford University Press, New York & Oxford.
- O'Shea, T.J., Bogan, M.A., & Ellison, L.E. (2003) Monitoring trends in bats populations of the United States and territories: status of the science and recommendations for the future. *Wildlife Society Bulletin*, **31**, 16-29.
- Parsons, K.N. & Jones, G. (2003) Dispersion and habitat use by *Myotis daubentonii* and *Myotis nattereri* during the swarming season: implications for conservation. *Animal Conservation*, **6**, 283-290.
- Parsons, K.N., Jones, G., Davidson-Watts, I., & Greenaway, F. (2003a) Swarming of bats at underground sites in Britain - implications for conservation. *Biological Conservation*, **111**, 63-70.
- Parsons, K.N., Jones, G., & Greenaway, F. (2003b) Swarming activity of temperate zone microchiropteran bats: effects of season, time of night and weather conditions. *Journal of Zoology*, **261**, 257-264.
- Pénicaud, P. (2000) Chauves-souris arboricoles en Bretagne (France): typologie de 60 arbres-gîtes et éléments de l'écologie des espèces observées. *Le Rhinolophe*, **14**, 37-68.
- Pénicaud, P. (2002) Les fissures étroites, des gîtes attractifs pour les chauves-souris arboricoles : résultats de sept années de prospection en Bretagne. *Symbioses*, **6**, 17-22.
- Pénicaud, P. (2003) Enquête nationale sur les arbres-gîtes à chauves-souris arboricoles : On avance, on avance... *Mammifères Sauvages*, **46**, 18-19.
- Pénicaud, P. (2006) Enquête nationale sur les arbres-gîtes à chauves-souris arboricoles. *Mammifères Sauvages*, **52**, 16-18.
- Petit, E. (2005) Colonisation et dispersion chez le Murin de Bechstein : Sensibilité à la fragmentation du milieu forestier. In *Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFPEM* (ed L. Tillon), Vol. 18, pp. 87-91. Tillon, L., Bergerie Nationale de Rambouillet (78).
- Piantanida, A. (1994). Gestion sylvicole pour la protection des chiroptères. Ministère de l'Environnement & Office National des Forêts.
- Popa-Lisseanu, A.G., Delgado-Huertas, A., Forero, M.G., Rodriguez, A., Arlettaz, R., & Ibanez, C. (2007) Bats' conquest of a formidable foraging niche: the myriads of nocturnally migrating songbirds. *PLoS ONE*, **2**, 205 (6p).
- Racey, P.A. & Entwistle, A.C. (2003). Conservation ecology of bats. In *Bat ecology* (eds T.H. Kunz & M.B. Fenton), pp. 680-743. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Rideau, C. (2003). Inventaire des Chiroptères en Forêt Domaniale du Perche et de la Trappe. Groupe Mammalogique Normand.
- Rideau, C. (2007). Suivi des populations de Chiroptères en Forêt Domaniale du Perche et de la Trappe, par contrôle de gîtes artificiels et recherche d'arbres-gîtes, années 2005 & 2006. Groupe Mammalogique Normand.
- Roué, S.Y. & Barataud, M.C. (1999) Habitats et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice. *Le Rhinolophe*, **Vol. Spéc. n°2**, 1-136.
- Ruczynski, I. (2004). Bats in trees. In *Essays on Mammals of Bialowieza forest* (ed P.A.o.S. Mammal Research Institute), pp. 121-128, Bialowieza.
- Ruczynski, I. & Bogdanowicz, W. (2005) Roost cavity selection by *Nyctalus noctula* and *N. leisleri* (Vespertilionidae, Chiroptera) in Bialowieza Primeval Forest, Eastern Poland. *Journal of Mammalogy*, **86**, 921-930.
- Russo, D., Cistrone, L., Jones, G., & Mazzoleni, S. (2004) Roost selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*, Chiroptera: Vespertilionidae) in beech woodlands of central Italy: consequences for conservation. *Biological Conservation*, **117**, 73-81.
- Russo, D., Jones, G., & Migliozi, A. (2002) Habitat selection by the Mediterranean horseshoe bat, *Rhinolophus euryale* (Chiroptera: Rhinolophidae) in a rural area of southern Italy and implications for conservation. *Biological Conservation*, **107**, 71-81.
- Rydell, J., Entwistle, A., & Racey, P.A. (1996a) Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *Oikos*, **76**, 243-252.

- Rydell, J., Natuschke, G., Theiler, A., & Zingg, P.E. (1996b) Food habits of the barbastelle bat *Barbastella barbastellus*. *Ecography*, **19**, 62-66.
- Sachanowicz, K. & Ruczynski, I. (2001) Summer roost sites of *Myotis brandtii* (Evermann, 1845) (Chiroptera, Vespertilionidae) in eastern Poland. *Mammalia*, **65**, 531-535.
- Sané, F.A. (2008). Inventaire des Chiroptères de la réserve biologique intégrale du Marquaires (Lozère - 48). ALEPE - ONF - PNC, Mende.
- Schnitzler-Lenoble, A. (2002) *Ecologie des forêts naturelles d'Europe, Biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires*, Tec & Doc edn. Lavoisier, Paris.
- Schunger, I., Dietz, C., Merdschanova, D., Merdschanov, S., Christov, K., Borissov, I., Staneva, S., & Petrov, B. (2004) Swarming of Bats (Chiroptera, Mammalia) in the Vodnite Dupki Cave (Central Balkan National Park, Bulgaria). *Acta Zoologica Bulgarica*, **56**, 323-330.
- Sedgeley, J.A. (2001) Quality of cavity microclimate as a factor influencing selection of maternity roosts by a tree-dwelling bat, *Chalinolobus tuberculatus*, in New Zealand. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 425-438.
- Sendor, T. & Simon, M. (2003) Population dynamics of the pipistrelle bat: effects of sex, age and winter weather on seasonal survival. *Journal of Animal Ecology*, **72**, 308-320.
- Shiel, C.B., McAney, C.M., & Fairley, J.S. (1991) Analysis of the Diet of Natterers Bat *Myotis nattereri* and the Common Long-Eared Bat *Plecotus auritus* in the West of Ireland. *Journal of Zoology*, **223**, 299-305.
- Shiel, C.B., Shiel, R.E., & Fairley, J.S. (1999) Seasonal changes in the foraging behaviour of Leisler's bats (*Nyctalus leisleri*) in Ireland as revealed by radio-telemetry. *Journal of Zoology*, **249**, 347-358.
- Sierro, A. (1999) Habitat selection by barbastelle bat (*Barbastella barbastellus*) in the Swiss Alps (Valais). *Journal of Zoology*, **248**, 429-432.
- Sierro, A. & Arlettaz, R. (1997) Barbastelle bats (*Barbastella* spp.) specialize in the predation of moths: implications for foraging tactics and conservation. *Acta Oecologica*, **18**, 91-106.
- Southwood, T.R.E. (1961) The number of species of insect associated with various trees. *Journal of Animal Ecology*, **30**, 1-8.
- Taylor, R.J. & Savva, N.M. (1988) Use of roost sites by four species of bats in State forest in south-eastern Tasmania. *Australian Wildlife Research*, **15**, 637-645.
- Thomas, D.W. (1988) The distribution of bats in different ages of Douglas-fir forests. *Journal of Wildlife Management*, **52**, 619-626.
- Tillon, L. (2001) Impact de la tempête du 26 décembre 1999 sur la forêt domaniale de Rambouillet, exemple des chiroptères. *Revue Forestière Française*, **53**, numéro spécial, 83-90.
- Tillon, L. (2002a) Etude du comportement des chauves-souris en forêt domaniale de Rambouillet dans un but de gestion conservatoire. *Symbioses*, **6**, 23-30.
- Tillon, L. (2002b). Les chauves-souris du Bois de Vincennes (ville de Paris), état des lieux des connaissances et réactualisation de l'inventaire, année 2002. ONF-Cellule d'Appui Ecologique, Poigny-la-Forêt.
- Tillon, L. (2002c). Les chiroptères de la Forêt Régionale des Vallières (77): inventaire des espèces, étude des territoires de chasse et capacité d'accueil du milieu, addenda au rapport final du 08 octobre 2001. ONF-Cellule d'Appui Ecologique, Poigny-la-Forêt.
- Tillon, L. (2005a). Biodiversité, dynamique et conservation des petits mammifères cavicoles en France. In *Bois mort et à cavités, une clé pour des forêts vivantes* (eds D. Vallauri, J. André, B. Dodelin, R. Eynard-Machet, D. Rambaud & (coord.)), pp. 145-155. Lavoisier, Paris.
- Tillon, L. (2005b) *Gîtes sylvestres à chiroptères en forêt domaniale de Rambouillet (78) : Caractérisation dans un objectif de gestion conservatoire*, Ecole Pratique des Hautes Etudes (Laboratoire de Biogéographie et d'Ecologie des Vertébrés), Montpellier.
- Tillon, L. (2006) Etude des gîtes sylvestres en forêt domaniale de Rambouillet. *Symbioses*, **15**, 11-14.
- Tillon, L. (2007) Statut des chauves-souris peuplant le massif forestier de Rambouillet (78), état des lieux après 8 années de suivis et d'inventaire. *Symbioses*, **20**, 53-59.
- Tillon, L., Moutou, F., Butet, A., Aulagnier, S., & Jacques, H. (2007) *Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFEPM, Bergerie Nationale de Rambouillet (78)*, Office National des Forêts edn., Paris.
- Tillon, L., Rouy, Q., Vialle, S., & Dufrêne, L. (2008) Bilan des connaissances françaises sur le Murin d'Alcathoe *Myotis alcathoe* *L'Envol des chiros*, in press, 6p.
- Tillon, L., Témoin, J.-L., & Moutou, F. (2005) Gestion forestière et conservation des Mammifères. In *Les Mammifères Forestiers, Actes du XXVIIIème colloque francophone de mammalogie de la SFEPM* (ed L. Tillon), Vol. 18, pp. 9-23. Tillon, L., Bergerie Nationale de Rambouillet (78).
- Vallauri, D., André, J., Dodelin, B., Eynard-Machet, R., Rambaud, D., & (coord.) (2005) *Bois mort et à cavités, une clé pour des forêts vivantes*, Editions Tec & Doc edn. Lavoisier, Paris.
- Vallauri, D.c. (2003) *Livre blanc sur la protection des forêts naturelles en France, forêts métropolitaines*, Tec & Doc edn. Lavoisier.

- Van der Wijden, B., Verkem, S., Lust, N., & Verhagen, R. (2002) L'importance du type de cavité et de la structure forestière pour la sélection de gîtes par des chauves-souris arboricoles. *Symbioses*, **6**, 11-16.
- von Helversen, O., Heller, K.-G., Mayer, F., Nemeth, A., Volleth, M., & Gombkőto, P. (2001) Cryptic mammalian species: a new species of whiskered bat (*Myotis alcathoe* n. sp.) in Europe. *Naturwissenschaften*, **88**, 217-223.
- Vonhof, M.J. (1995) Roost-site preferences of Big brown bats (*Eptesicus fuscus*) and Silver-haired bats (*Lasionycteris noctivagans*) in the Pend d'Oreille Valley in Southern British Columbia. In *Bats and Forests Symposium* (ed M.o.F.R. Program), pp. 62-80, Victoria, British Columbia, Canada.
- Waldien, D.L. & Hayes, J.P. (2001) Activity areas of female Long-eared Myotis in coniferous forests in Western Oregon. *Northwest Science*, **75**, 307-314.
- Wilson, D.E., Cole, F.R., Nichols, J.D., Rudran, R., & Foster, M.S. (1996) *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for Mammals*, Smithsonian Institute Press edn., Washington and London.
- Zimmerman, G.S. & Glanz, W.E. (2000) Habitat use by bats in eastern Maine. *Journal of Wildlife Management*, **64**, 1032-1040.