



Année universitaire: 2010-2011

Date de soutenance : 06 juin 2011

Mémoire de 1<sup>ère</sup> année Master Evolution, Patrimoine Naturel et Société (MNHN, Paris).

Spécialité: Ecologie, Biodiversité, Evolution (EBE)

## Sélection des habitats de chasse par les chiroptères, et ses variations pendant et après l'allaitement.

Gonzalo Ossa Gómez

Responsables du stage: Christian Kerbiriou et Jean-François Julien



**MUSÉUM NATIONAL  
D'HISTOIRE NATURELLE**

Conservation des Espèces Restauration et Suivi des Populations-UMR7204.

61 rue Buffon 75005 Paris.

## Sommaire

1. Introduction.....	3
2. Matériel et méthodes.....	4
2.1. Modèle Biologique.....	4
2.2. Le protocole Vigie Nature.....	5
2.3. Relevé et analyse des ultrasons .....	6
2.4. Site d'étude .....	6
2.5. Mise au point de la base de données 2006 - 2010.....	6
2.6. Analyses statistiques .....	7
2.6.1. Détermination des habitats de chasse des chauves souris. ....	7
2.6.2. Variation de l'activité de chasse selon l'habitat et la saison. ....	8
2.6.3. Variation des préférences d'habitat entre le 1 <sup>er</sup> et le 2 <sup>ème</sup> passage. ....	10
3. Résultats.....	11
3.1. Détermination des habitats de chasse des chauves souris. ....	11
3.2. Variation de l'activité de chasse selon l'habitat et la saison.....	15
3.3. Variation des préférences d'habitat entre le 1 <sup>er</sup> et le 2 <sup>ème</sup> passage.....	21
4. Discussion.....	22
4.1. Détermination des habitats de chasse des chauves souris. ....	22
4.2. Variation de l'activité de chasse selon l'habitat et la saison.....	23
4.3. Variation des préférences d'habitat entre le 1 <sup>er</sup> et le 2 <sup>ème</sup> passage.....	24
5. Conclusion .....	26
6. Bibliographie .....	27
7. Annexes .....	31

## 1. Introduction

La diminution des habitats naturels et leur fragmentation représentent une des principales causes de l'érosion de la biodiversité (Blandin, 2009). Ainsi la conversion des zones naturelles en terres agricoles intensives ou en zones urbaines hautement peuplées génèrent des habitats relativement homogènes et peu favorables à la biodiversité (Hourigan *et al.* 2010) et cela est particulièrement vrai pour les chiroptères car ces milieux sont pauvres en sources de nourriture (Loïs *et al.* 2010).

Cependant, dans le cas des chauves-souris, des études indiquent que certaines espèces pourraient bénéficier de la fragmentation des habitats car cela augmente les lisières qui sont des habitats de chasse privilégié des chiroptères (Hourigan *et al.* 2010, Ossa *et al.* en préparation).

En plus de la destruction des habitats ou de leur dégradation, d'autres activités humaines peuvent être dommageables aux chiroptères, comme les centrales éoliennes qui sont source de mortalité notamment lorsque celles-ci sont situées sur leurs routes migratoires (Rodrigues *et al.* 2008). A cela s'ajoute la destruction ou la dégradation de leurs gîtes de reproduction, comme les grottes, qui sont l'objet d'activités de loisir ou les cavités dans les arbres, qui sont de plus en plus rares suite à l'intensification des pratiques sylvicoles (Dietz *et al.* 2009). A la destruction des habitats, s'ajoute leur dégradation par des produits agrochimiques, avec des conséquences catastrophiques, comme l'effondrement des effectifs de *Myotis myotis* pendant les années 1950 et 1960 due à une augmentation de l'utilisation des pesticides organochlorés. (Steffens *et al.* 1989 in Steffens *et al.* 2007)

Au niveau français, toutes les espèces de chiroptères sont protégées (Annexe 1). Cependant, sur un total de trente-quatre espèces, quatre sont si mal connues qu'elles ont été placées dans la catégorie « Données insuffisantes » de la Liste Rouge française de l'UICN (*Myotis escaleraei*, *Nyctalus lasiopterus*, *Plecotus macrobullaris*, et *Vespertilio murinus*). Et, au niveau général, beaucoup de données manquent sur la biologie de ce groupe, notamment sur les habitats de chasse utilisés, les effets directs et indirects des traitements phytosanitaires et les routes migratoires. (EUROBATS, 2010).

Les populations de certaines espèces ont présenté une diminution très importante depuis une soixantaine d'années, (e.g. *Rhinolophus sp.*, *Miniopterus schreibersii*), due à des causes diverses, parmi lesquelles les plus importantes sont la perturbation ou la

destruction des gîtes d'hiver et d'été et la modification des habitats de chasse (Lustrat, 1994) qui diminue la quantité de proies disponibles pour ces espèces (Ransome, 1989). Néanmoins, une seule espèce sur 34 est en danger critique d'extinction (*Rhinolophus mehelyi*) et trois espèces sont classifiées comme vulnérables (UICN, 2011).

D'où l'importance de réaliser des études sur l'utilisation des habitats des chiroptères en France pour pouvoir les protéger efficacement au niveau des aires importantes pour leur reproduction et leur alimentation.

Les objectifs de ce travail sont donc : (1) Définir comment les différentes espèces de chauves-souris sont distribuées parmi les différents types d'habitats de chasse, puis analyser quels sont les habitats les plus représentatifs par espèce ; (2) explorer de manière plus fine la variation de l'abondance (corrélée à l'activité de chasse) dans des habitats donnés en fonction des deux périodes de suivi, l'allaitement et la phase d'émancipation des jeunes et de début de migration. et (3) Déterminer si le comportement de sélection des habitats, exprimé par un index de spécialisation, change entre ces deux périodes distinctes du cycle reproductif.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2.1. *Modèle Biologique***

En France métropolitaine 34 espèces de chauves-souris ont été répertoriées (Arthur & Lemaire, 2009). Leur distribution géographique est plus ou moins connue en France et en Europe (Dietz *et al.* 2009). Il reste encore de nombreuses questions à résoudre, surtout sur les relations entre populations au niveau génétique, les préférences d'habitats de chasse et les capacités migratoires (Arthur & Lemaire, 2009 ; Dietz *et al.* 2009). Ces 34 espèces, appartiennent à 4 familles : Rhinolophidés, Vespertilionidés, Minioptéridés et Molossidés (Arthur & Lemaire, 2009). Elles ont un régime alimentaire presque exclusivement insectivore et participent ainsi activement à la régulation des insectes nuisibles pour l'agriculture ou pour la santé publique (Federico *et al.* 2008). L'activité des chauves-souris, mesurées par des méthodes acoustiques (détection des ultrasons), peut être considérée comme un bon indicateur de la qualité des habitats (van Horne, 1983), puisque les taux d'activité de chasse des chauves-souris sont positivement corrélés avec la présence des insectes aériens (Racey & Swift, 1985).

Les espèces *Pipistrellus pipistrellus*, *Nyctalus noctula* et *Eptesicus serotinus* ne présenteraient pas de changement significatif d'activité entre les différents états reproductifs (Bartonicka & Zukal 2003). Par ailleurs, des études télémétriques sur *Nyctalus noctula* (Mackie & Racey, 2007) montrent que les individus en reproduction utilisent significativement moins certains habitats marginaux (landes et terres agricoles) en comparaison avec des individus non reproducteurs. Davidson-Watts & Jones (2006) ont également montré pour les espèces *Pipistrellus pipistrellus* et *Pipistrellus pygmaeus*, une augmentation du temps de vol pendant la période post-reproduction.

## **2.2. Le protocole Vigie Nature**

Pour pouvoir étudier les préférences des chiroptères en termes d'habitats, nous avons utilisé les données produites par le volet Chiroptères du suivi national de biodiversité « Vigie Nature » coordonné par le C.E.R.SP. au Muséum National d'Histoire Naturelle. Depuis 2006, ce programme vise à constituer une base de données ayant pour objectif d'évaluer les tendances d'évolution des populations, mais aussi de constituer un outil d'étude scientifique qui permettra de produire des indicateurs de biodiversité (Kerbirou *et al.* 2008).

Ce protocole est basé sur l'enregistrement des ultrasons produits par les chauves-souris en utilisant la technique de l'expansion de temps. La méthode utilisée consiste à enregistrer en voiture, à une vitesse constante de 20 km/h, les signaux d'écholocation émis par les chiroptères lors de leurs activités de chasse nocturne. L'enregistrement se fait sur 10 sections de 2 km alternant avec des sections de 1 km sans enregistrement. (Annexe 2) Ces circuits doivent être représentatifs des différents habitats du secteur étudié. Le choix du circuit est laissé à l'observateur, pour des raisons de connaissance du terrain (représentativité des habitats) mais aussi de sécurité (routes pouvant être fréquentées à faible vitesse la nuit). Cependant, pour limiter l'effet observateur au niveau du choix du circuit, le Muséum tire un point de départ aléatoire. Les premières analyses des habitats échantillonnés ne font pas apparaître de gros biais par rapport à la répartition à l'échelle nationale (Kerbirou *et al.* 2008). Deux sessions d'enregistrements sont réalisées chaque année : une entre le 15 Juin et le 31 Juillet (passage 1) qui correspond à la période d'allaitement de la plupart des espèces et une seconde : entre le 15 Août et le 31 Septembre (passage2), période où les jeunes de l'année volent déjà et où les espèces migratrices regagnent leur aire d'hivernage.

### ***2.3. Relevé et analyse des ultrasons***

Les enregistrements ultrasonores ont été réalisés avec deux types de détecteurs : le Tranquility Transect (Courtpan design Ltd. Cheltenham) et le Petersson D240x (Pettersson Electronik AB. Uppsala). Les deux modèles ont été utilisés en mode automatique, et en expansion de temps par 10. Les ultrasons, captés et transposés dans le domaine audible, ont été stockés sur un enregistreur numérique Edirol R09 ou Zoom H2, sous la forme de fichiers acoustiques sans compression (Format wav). L'analyse des ultrasons enregistrés est réalisée à l'aide du logiciel Syrinx – PC (J. Burt, Washington) qui permet de visualiser les sons après une transformée de Fourier rapide (FFT) sur des sonagrammes où trois paramètres sont représentés graphiquement : le temps (s) en abscisse, la fréquence (kHz) en ordonnée et l'intensité (dB) codée en niveaux de gris.

### ***2.4. Site d'étude***

Les données analysées dans notre étude, correspondent à des enregistrements acoustiques en France métropolitaine, où l'occupation des sols se répartit de la manière suivante : 32% de surfaces occupées par les forêts, 30% par les cultures, 27% par des prairies, 3% par des landes, 2% par des zones humides ou surfaces en eau, 5% par des zones bâties et 1% par du sol nu (Eurostat, 2010). La France se trouve sous la moyenne européenne en pourcentage de surface forestière et dans la moyenne pour les terres cultivées et bâties (Eurostat, 2010), avec une augmentation de 15% des terrains artificialisés dans les dernières 10 ans (Chevassus-au-Louis & Aubel, 2010).

Pour déterminer la préférence d'habitat, nous avons choisi 129 transects routiers (Annexe 3) réalisés entre les années 2006 et 2009 sur 32 départements, pour lesquels nous disposons en plus des identifications et des abondances des chiroptères pour les deux passages d'enregistrement (Annexe 4), des données d'habitat et météorologiques.

### **2.5. Mise au point de la base de données 2006 – 2009**

Les relevés habitats sont effectués par les observateurs participant au suivi, selon une typologie hiérarchique (Annexe 2). Les premiers niveaux de cette typologie reprennent les niveaux de la typologie européenne CORINE Land Cover (<http://www.eea.europa.eu/>). Cependant, pour quelques circuits (22,7%), les relevés

habitats ne nous avaient pas été transmis, il a été donc nécessaire de compléter ces données manquantes à l'aide du code CORINE Land Cover. Nous avons caractérisé l'utilisation des sols dans une aire de 150 m de diamètre autour des points centraux de chaque secteur (cinq secteurs par tronçon et 10 tronçons par circuit) en utilisant le logiciel ArcMap (<http://www.esrifrance.fr/>). Le diamètre de 150 m autour de chaque point nous permettra d'avoir une résolution suffisante et similaire à celle des observateurs au moins pour les deux premiers niveaux (Dufrêne, 2009).

Lorsque les données météorologiques manquaient (14,4% des données de température et vent, et 36,5% des données de couverture nuageuse) elles ont été complétées, en utilisant la ville de référence associée à chaque circuit (la plus proche), et les bases de données disponibles sur internet (Infoclimat <http://www.infoclimat.fr/>; Wetterzentrale <http://www.wetterzentrale.de/>; Weather underground [www.wunderground.com/](http://www.wunderground.com/)).

Enfin tous les fichiers complets ont pu être importés dans une base de données (Access) à l'aide d'une importation assistée par un programme développé sous R<sup>1</sup>.

## **2.6. Analyses statistiques (Figure 1)**

### **2.6.1. Détermination des habitats de chasse des chauves-souris.**

L'activité de chasse des chiroptères est susceptible d'être influencée par de nombreuses variables autres que la nature de l'habitat échantillonné.

Ainsi pour connaître quelles sont les habitats les plus utilisés par chaque espèce, nous avons inclus dans les analyses les variables prédictives suivantes : température (°C), couverture nuageuse (%), vitesse du vent (degrés Beaufort), année, N° tronçon (indicateur horaire), passage (indicateur de date). Un modèle linéaire a été construit pour évaluer l'influence des habitats (ajusté aux autres variables) sur l'activité de chasse (Logan, 2010). Préalablement à la construction des modèles, nous avons testé la corrélation entre les différentes variables explicatives. Nous n'avons pas détecté de corrélation suffisamment forte pour poser problème (Annexe 5). Nos données de comptage sont bornées (uniquement positives), discrètes et présentent une distribution

---

<sup>1</sup> Programme d'importation réalisé par Romain Lorrillière, Doctorant au CERSP.

relativement éloignée d'une loi normale. Nous avons donc eu recours à une modélisation linéaire généralisée qui permet d'ajuster une loi de Poisson beaucoup plus adaptée à la nature de nos données (Faraway, 2006 ; Crawley, 2007). Ensuite, nous avons comparé l'ajustement de toutes les combinaisons additives des variables prédictives pour sélectionner le modèle le plus parcimonieux sur la base du critère d'information Akaike (AIC) (Logan, 2010).

Nous avons vérifié les conditions d'applications de ces modélisations avec une représentation graphique des résidus suivant l'approche préconisée par Azaïs & Bardet (2005). Nous avons utilisé les packages *Companion to Applied Regression* (car) pour fabriquer les graphiques qui nous permettraient d'explorer l'assomption de (multi)colinéarité, et *Multiple Smoothing Parameter Estimation by GCV or UBRE* (mgcv) pour sélectionner le modèle le plus parcimonieux basé sur l'AIC.

#### 2.6.2. Variation de l'activité de chasse selon l'habitat et la saison.

Après avoir identifié les variations de l'activité de chasse entre les habitats nous avons voulu explorer les différences d'utilisation des habitats entre le passage 1 et le passage 2. Pour cela, nous avons sélectionné uniquement les espèces qui ont fourni plus de 30 contacts (*B. barbastellus*, *M. daubentonii*, *E. serotinus*, *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. kulhii*, *P. nathusii/kulhii*, *P. pygmaeus* et *P. pipistrellus*). Concernant les habitats nous avons retenus ceux qui sont les plus représentés dans les relevés (forêts de feuillus , forêts de résineux , forêt mixte de feuillus , forêts mixtes de résineux , grandes cultures , prairies et cultures , prairies non cultivées , vergers et vignes , milieux ruraux , milieux suburbains , milieux urbains , et pelouses et rochers). Comme pour les analyses précédentes, l'effet habitat a été ajusté aux variables météorologiques (température, vent, nuage), heure et année. Nous avons inclus l'interaction entre l'habitat et le passage. Etant donné que nous évaluons l'activité de chasse entre deux périodes de l'année mais sur les mêmes tronçons, nous avons eu recours à un modèle mixte où, en plus des effets fixes (variables énoncées précédemment), nous avons inclus l'identité du tronçon (variable codeSIG qui est une chaîne de caractère unique incluant l'identité du circuit et du tronçon) en variable aléatoire. Nous avons utilisé le package *Linear mixed-effects models using Eigen and S4 classes* (lme4) et la fonction *glmer* qui permet d'utiliser une loi de Poisson.



Un point important a consisté à définir les dates limite entre le passage 1 et le passage 2. Dans un souci de simplicité pour les observateurs le protocole Vigie Nature prévoit en effet deux sessions d'enregistrements (l'une réalisée entre le 15 Juin et le 31 Juillet (passage 1) et une seconde entre le 15 Août et le 31 Septembre (passage2)). Nous avons cependant cherché à évaluer la pertinence de ces dates pour chacune des espèces, pour éventuellement proposer une autre sélection dans le cas d'inadéquation avec la phénologie. Nous avons ainsi exploré la phénologie de l'activité de chasse au cours de l'ensemble de la période d'étude du 15 juin au 31 Septembre à l'aide de modèles additifs généralisées (GAM). Dans ces modèles GAM, au lieu d'avoir à estimer une fonction en dimension m, il est plus simple d'estimer m fonctions univariées (Charpentier, 2009). Nous avons alors confronté nos résultats avec l'écologie de chaque espèce (Tableau 1). Le premier passage devant coïncider avec une étape de la reproduction (période de lactation) et le second passage correspondre globalement à un mois après la naissance, période où les juvéniles commencent à voler et arrivent sur les territoires de chasse (Arthur & Lemaire, 2009).

Dans la suite du document nous nommerons sous le vocable « d'effet négatif du passage » une diminution de l'activité de chasse d'une espèce entre le passage 1 et le passage 2, et un « effet positif du passage » à une augmentation de l'abondance entre le passage 1 et 2.

Tableau 1 : Dates de reproduction des espèces de chauves souris retenues pour les analyses. (Arthur & Lemaire, 2009 ; Dietz *et al.* 2009 ; Bogdanowicz, 1994 et Rydell & Bogdanowicz, 1997)

Espèces	Accouplement	Formation de la colonie	Naissance	Premier vol
<i>Barbastella barbastellus</i>	-	Avril	fin Juin	-
<i>Myotis daubentonii</i>	Aout – Avril	Mai - Juin	mi-Juin	-
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sept - Oct.	Avril	mi-Juin	mi-Juillet
<i>Nyctalus leisleri</i>	fin Juillet - Sept	mi-Mai	mi-Juin -Juillet	-
<i>Nyctalus noctula</i>	début Aout	mi-Mai	mi-Juin	Juillet
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Aout – Sept	-	mi-Mai - Juin	-
<i>Pipistrellus nathusii/kuhlii</i>	Aout – Sept	-	mi-Mai - Juin	mi-Juillet
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Aout – Sept	-	mi-Juin - Juillet	-
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	-	-	Juin	-

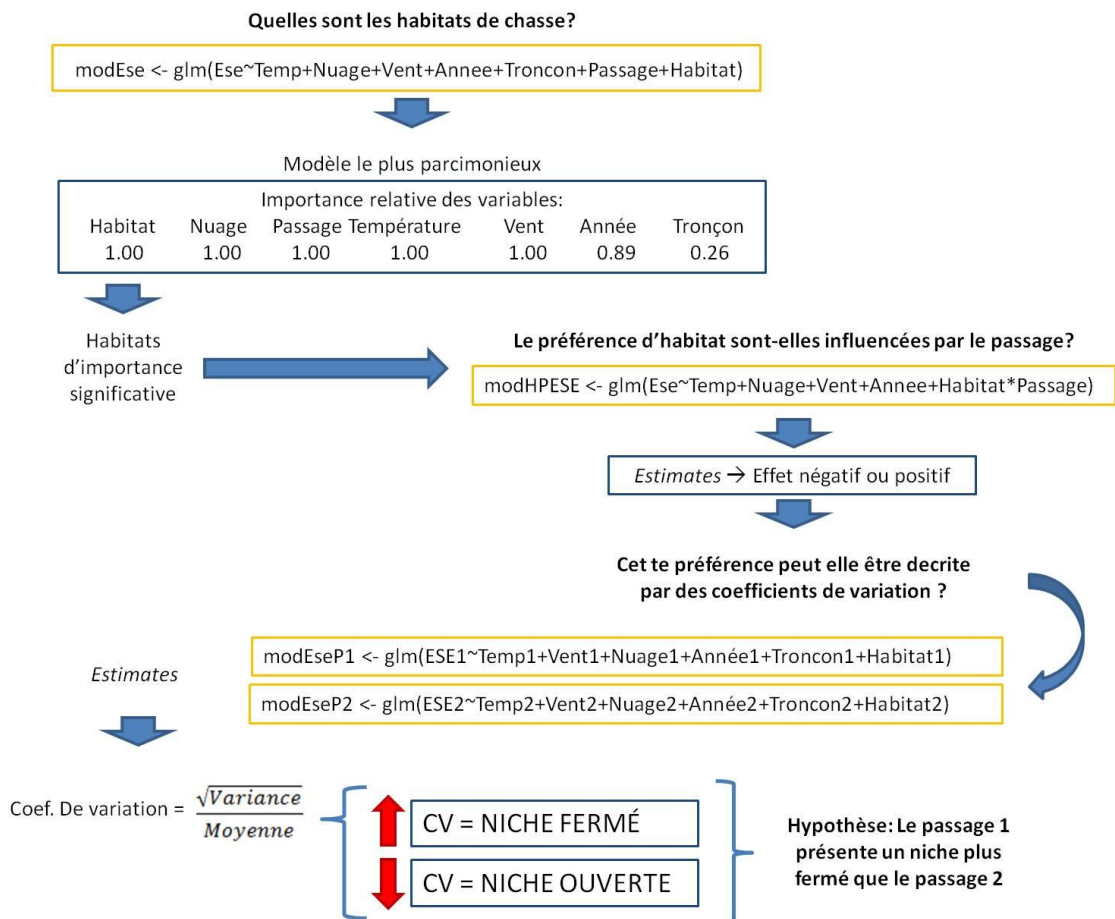
2.6.3. Variation des préférences d'habitat entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> passage.

Après avoir évalué la variation d'abondance entre les deux passages et l'interaction passage\*habitat nous avons réalisé pour chaque passage un modèle de régression linéaire multiple pour obtenir l'abondance moyenne (corrige par les biais, comme les conditions météorologiques) pour chaque habitat. Pour évaluer une potentielle modification de la sélection entre le 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> Passage nous avons calculé le coefficient de variation (Equation 1) de la distribution des abondances dans les habitats. .

Equation 1 :            Coefficient de variation =  $\frac{\sqrt{\text{Variance}}}{\text{Moyenne}}$

Ces coefficients de variation nous permettent de comparer l'utilisation des habitats pendant chaque passage. Une haute valeur correspond à une niche fermée (faible variance) et une basse valeur coïncide avec une niche ouverte (forte variance). *A priori*, nous nous attendons à trouver une sélection plus forte pour le premier passage, période à laquelle les femelles sont contraintes par la lactation.

Figure 1 : Schéma des analyses statistiques utilisées



### 3. Résultats

#### 3.1. Détermination des habitats de chasse des chauves souris.

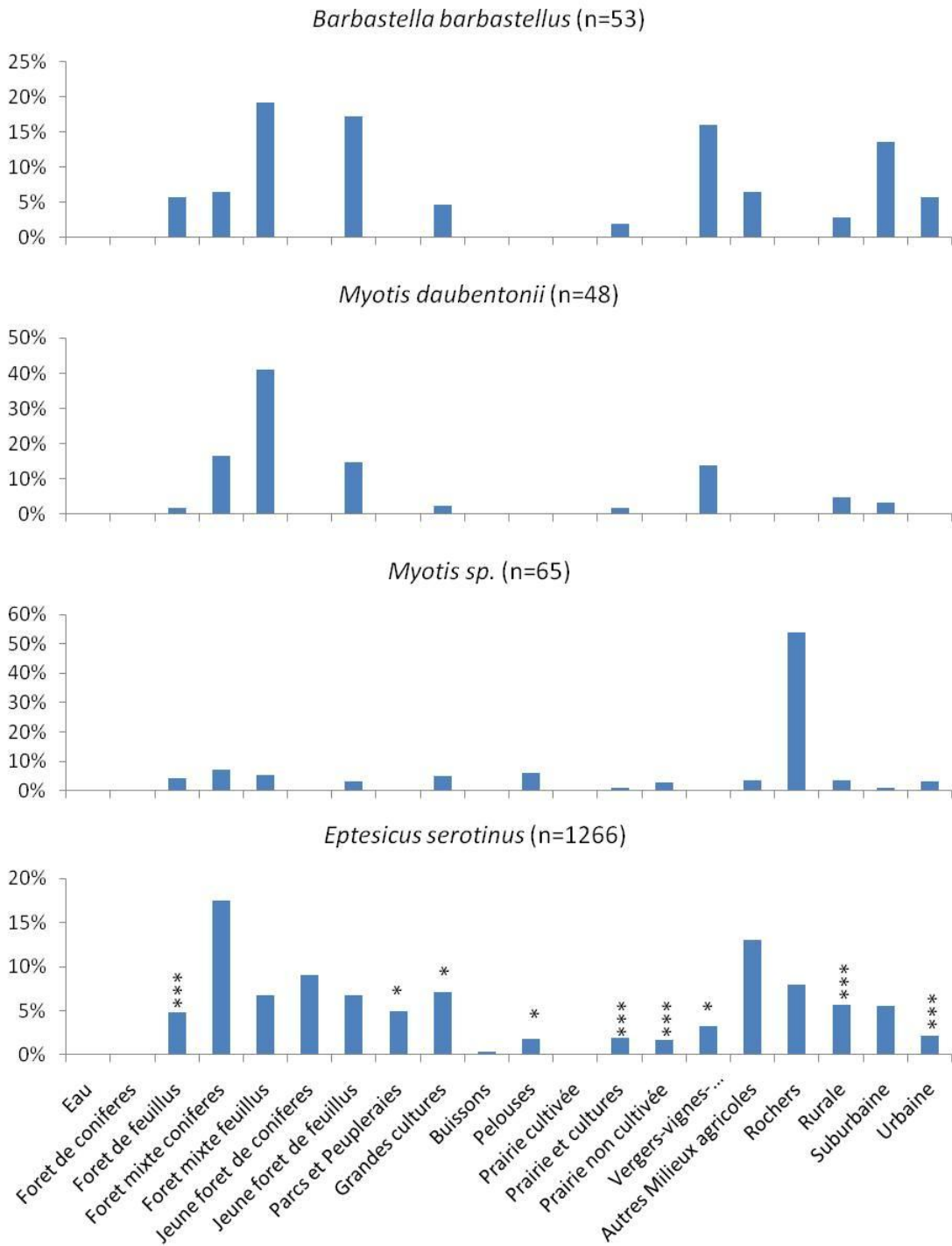
L'ajustement de toutes les combinaisons additives des variables prédictives nous a permis de définir les variables relativement les plus importantes pour l'activité de chaque espèce (Annexe 6).

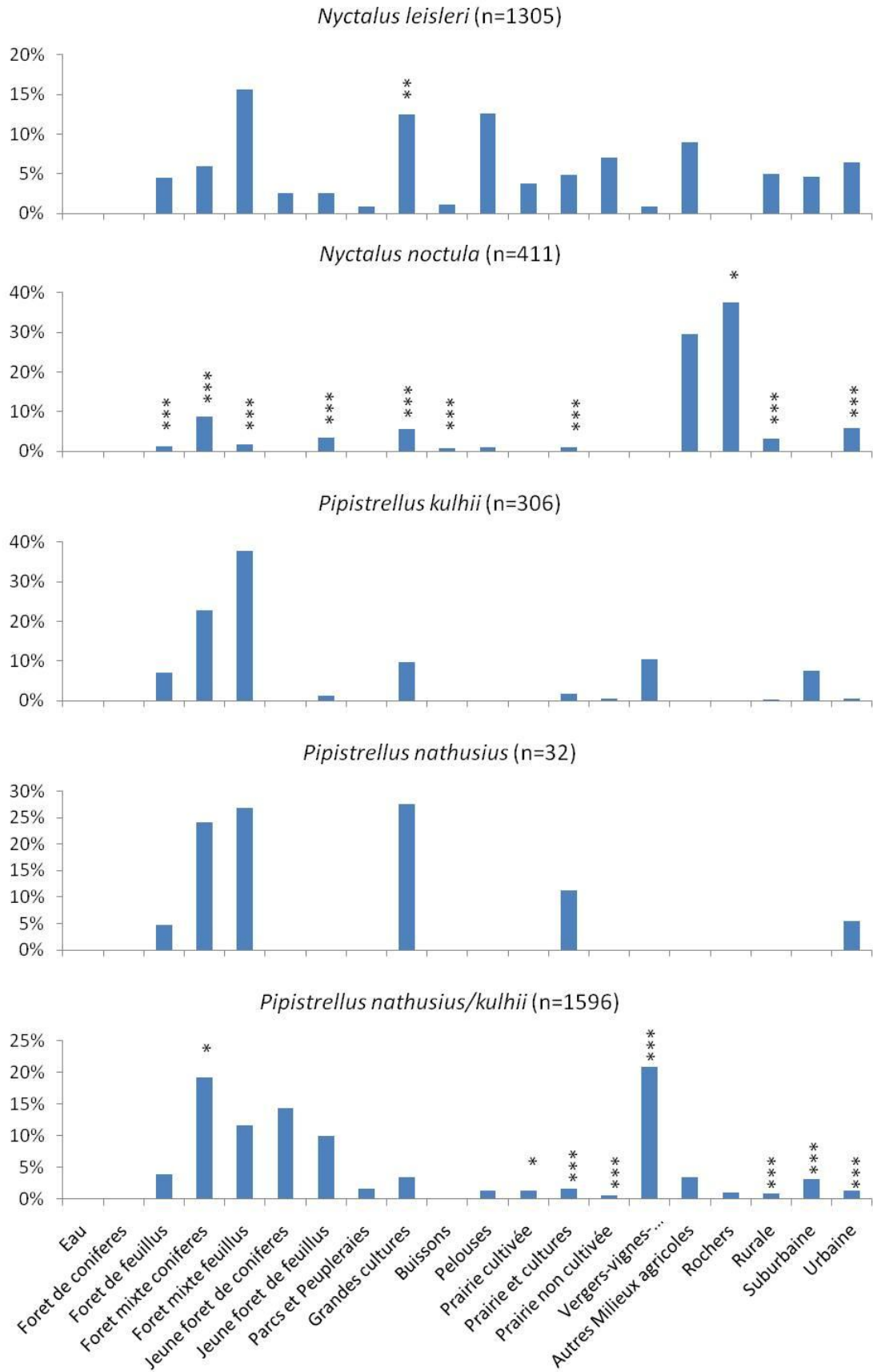
Ainsi, nous avons pu observer que les variables « habitat » et « couverture nuageuse » présentent une importance relative pour l'activité de chacune des espèces, suivies de la variable « température » pour sept espèces (*E. serotinus*, *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. kulhii*, *P. nathusii*, et *P. nathusii/kulhii*). Ensuite les variables « tronçon », qui représente l'horaire d'échantillonnage, et « passage », qui représente l'époque d'échantillonnage, ont montré une importance relative pour six espèces : deux pour « tronçon » (*N. leisleri* et *P. pygmaeus*), deux pour « passage » (*M. daubentonii* et *E. serotinus*), et quatre pour les deux variables (*N. noctula*, *P. kulhii*, *P. nathusii*, et *P. pipistrellus*). Puis la variable « année d'échantillonnage » a montré une importance relative pour cinq espèces (*N. leisleri*, *N. noctula*, *P. kulhii*, *P. nathusii*, et *P. pipistrellus*). Finalement la variable « vent » est celle qui présente une importance relative pour le moins d'espèces, quatre seulement (*E. serotinus*, *P. nathusii/kulhii*, *P. pygmaeus*, et *P. pipistrellus*).

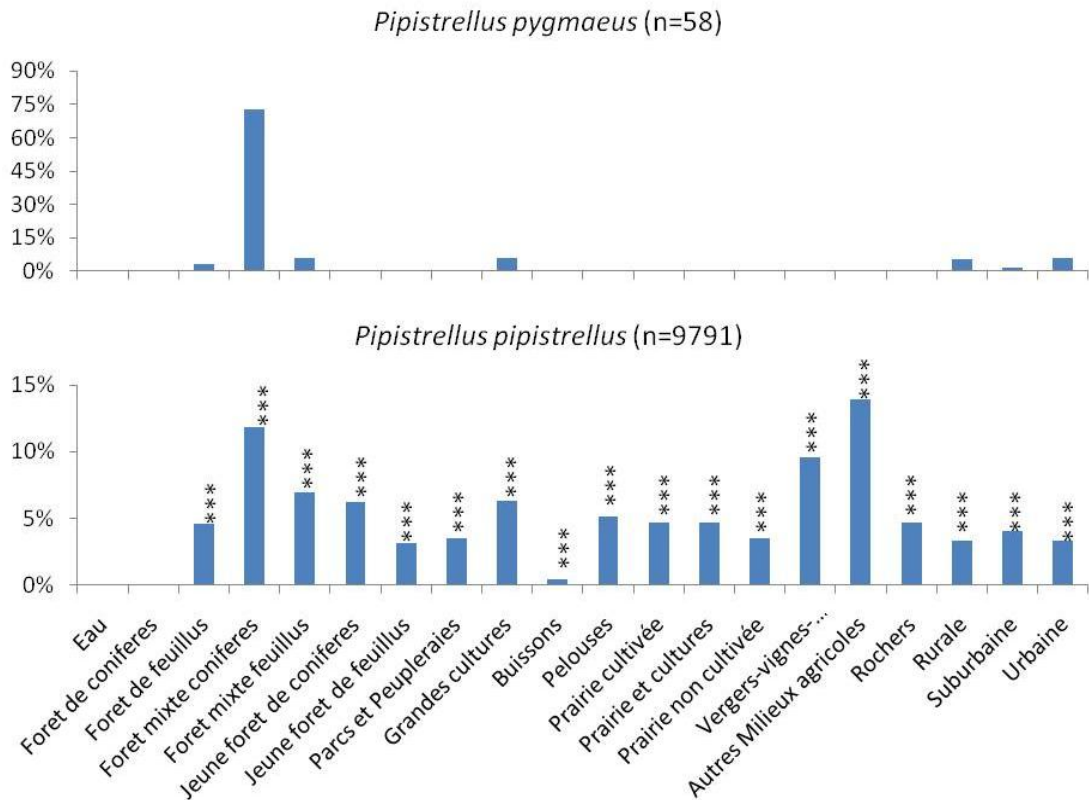
Nous avons également détecté des différences d'abondance entre habitats pour plusieurs espèces (Figure 2, Tableau 2). A noter que pour les espèces suivantes : *M. daubentonii*, *Myotis sp.*, *P. kulhii*, *P. nathusii* et *P. pygmaeus* aucun habitat n'a présenté une p-value significative.

Le cas de *B. barbastellus* est assez différent. Bien qu'elle ne présente pas de valeurs significatives, certaines erreurs standards sont très faibles (Forêt de feuillus des trois types, pur, mixte et jeune), ce que traduisent les graphiques (figure 2), qui donnent une forte importance aux habitats de forêt de feuillus pour cette espèce.

Figure 2 : Abondances relatives des espèces par habitat, et significativités obtenues du modèle de régression linéaire multiple. (\* 0,1 ; \*\* 0,01 ; \*\*\* 0,001). Valeurs de l'erreur standard pour chaque habitat/espèce dans l'annexe 7.







Pour les espèces pour lesquelles nous avons vu des différences entre habitats (Figure 2) on peut noter que *E. serotinus*, présente un comportement plutôt généraliste, avec une préférence pour les habitats de forêt (feuillus et résineux), parcs, habitats ruraux et finalement prairies agricoles. *N. noctula* présente également un pattern assez généraliste, avec une préférence pour les forêts mixtes, et ensuite pour les prairies et les milieux urbanisés (ruraux, suburbains et urbains). *N. leisleri* a montré une préférence pour des habitats de type grandes cultures pour la chasse, puis pour les forêts de feuillus purs et mixtes et pour les parcs. Le groupe *P. nathusii/kulhii*, paraît plus spécialisé sur les habitats anthropiques, ruraux et de prairie. Enfin l'espèce *P. pipistrellus* montre une préférence pour les milieux agricoles (prairies, grandes cultures, vignes).

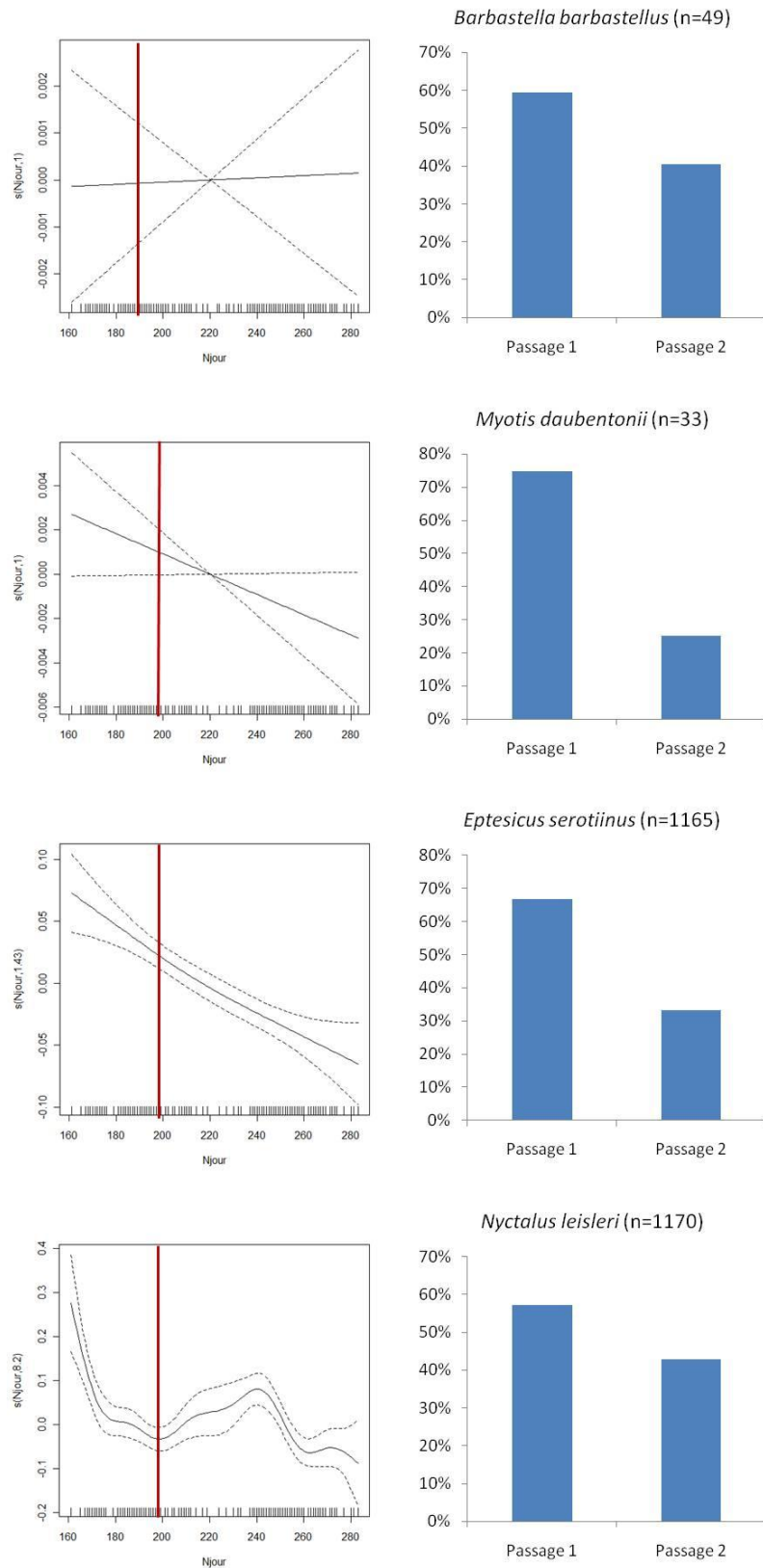
Tableau 2 : Valeur de p-value pour les espèces qui ont des valeurs significatives d'utilisation des habitats de chasse. Les valeurs significatives sont en gras.

Habitat	<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Pipistrellus nathusii / kuhii</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Eau	0,958	0,975	0,989	0,958	0,886
Forêt de conifères	0,975	0,984	0,993	0,976	0,936
Forêt de feuillus	<b>P &lt; 0,001</b>	0,066	<b>P &lt; 0,001</b>	0,081	<b>P &lt; 0,001</b>
Forêt mixte de conifères	0,333	0,802	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>0,038</b>	<b>P &lt; 0,001</b>
Forêt mixte de feuillus	0,053	0,489	<b>P &lt; 0,001</b>	0,802	<b>P &lt; 0,001</b>
Jeune forêt conifères	0,547	0,499	0,994	0,982	<b>P &lt; 0,001</b>
Jeune forêt feuillus	0,445	0,187	<b>P &lt; 0,001</b>	0,884	<b>P &lt; 0,001</b>
Parcs et Peupleraies	<b>0,034</b>	0,082	0,992	0,274	<b>P &lt; 0,001</b>
Grandes cultures	<b>0,012</b>	<b>0,003</b>	<b>P &lt; 0,001</b>	0,473	<b>P &lt; 0,001</b>
Buissons	0,959	0,974	<b>P &lt; 0,001</b>	0,963	<b>P &lt; 0,001</b>
Pelouses	<b>0,014</b>	0,272	0,989	0,963	<b>P &lt; 0,001</b>
Prairies cultivées	0,966	0,979	0,990	<b>0,049</b>	<b>P &lt; 0,001</b>
Prairies et cultures	<b>P &lt; 0,001</b>	0,567	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>
Prairies non cultivées	<b>P &lt; 0,001</b>	0,599	0,977	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>
Vergers et vignes	<b>0,025</b>	0,978	0,990	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>
Rochers	0,538	0,987	<b>0,013</b>	0,124	<b>P &lt; 0,001</b>
Milieux Ruraux	<b>P &lt; 0,001</b>	0,945	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>
Milieux Suburbaines	0,095	0,951	0,977	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>
Milieux Urbaines	<b>P &lt; 0,001</b>	0,711	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>	<b>P &lt; 0,001</b>

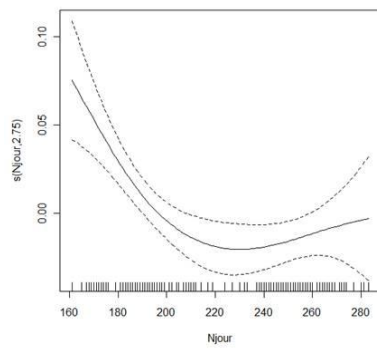
### 3.2. Variation de l'activité de chasse selon l'habitat et la saison

Nous avons observé que pour certaines espèces, l'abondance augmente du passage 1 au passage 2 (*P. nathusii/kuhii*, *P. pygmaeus*, et *P. pipistrellus*), alors qu'elle diminue pour d'autres (*B. barbastellus*, *M. daubentonii*, *E. serotinus*, *N. leisleri*, *N. noctula*, et *P. kuhii*), ce qui correspond à une certaine diversité dans l'écologie des différentes espèces (Figure 3).

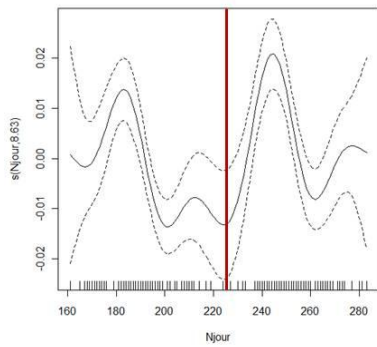
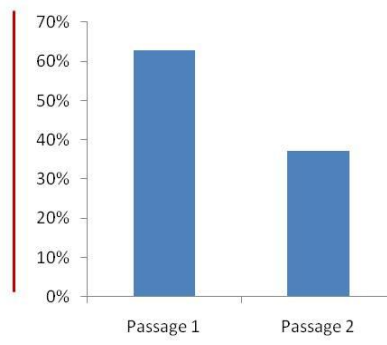
Figure 3 : Graphiques des modèles additifs généralisés (gauche) et proportion d'enregistrements cumulés dans le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> passage (droit) pour chaque espèce. La ligne rouge marque la limite entre le passage 1 et le passage 2.



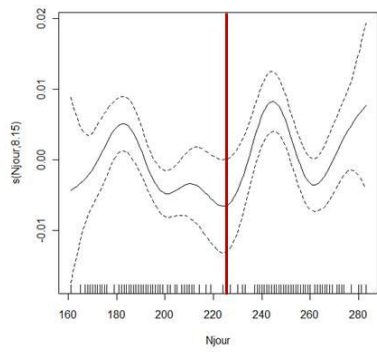
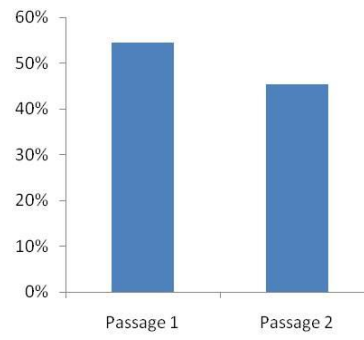




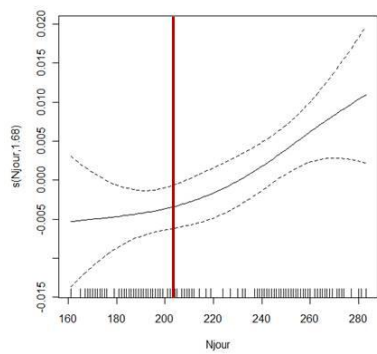
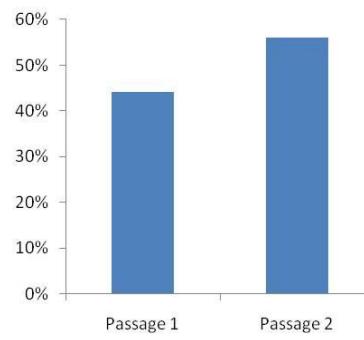
*Nyctalus noctula* (n=343)



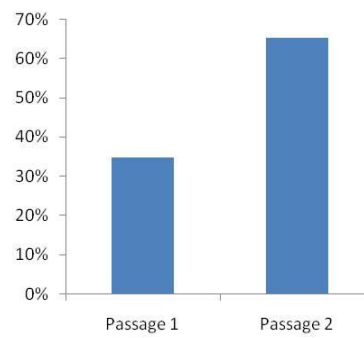
*Pipistrellus kuhii* (n=238)

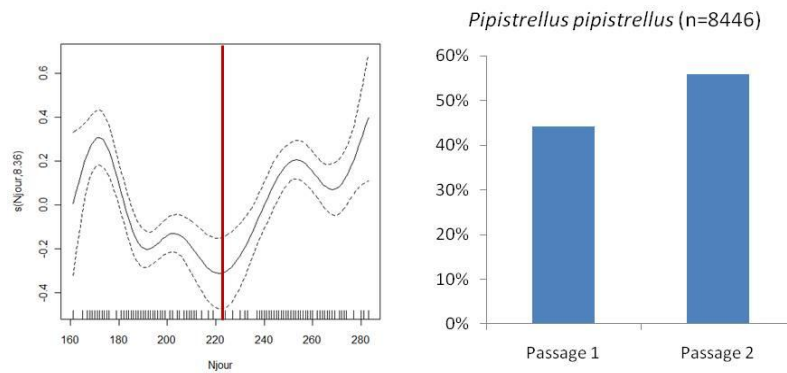


*P. nathusius / kuhii* (n=1442)



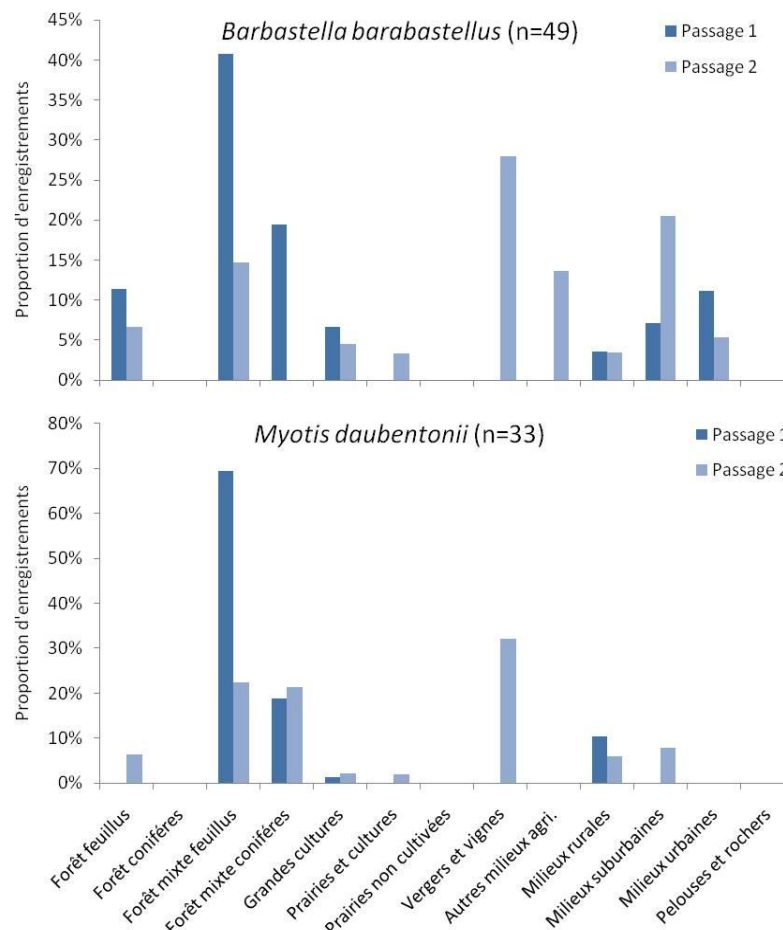
*Pipistrellus pygmaeus* (n=35)

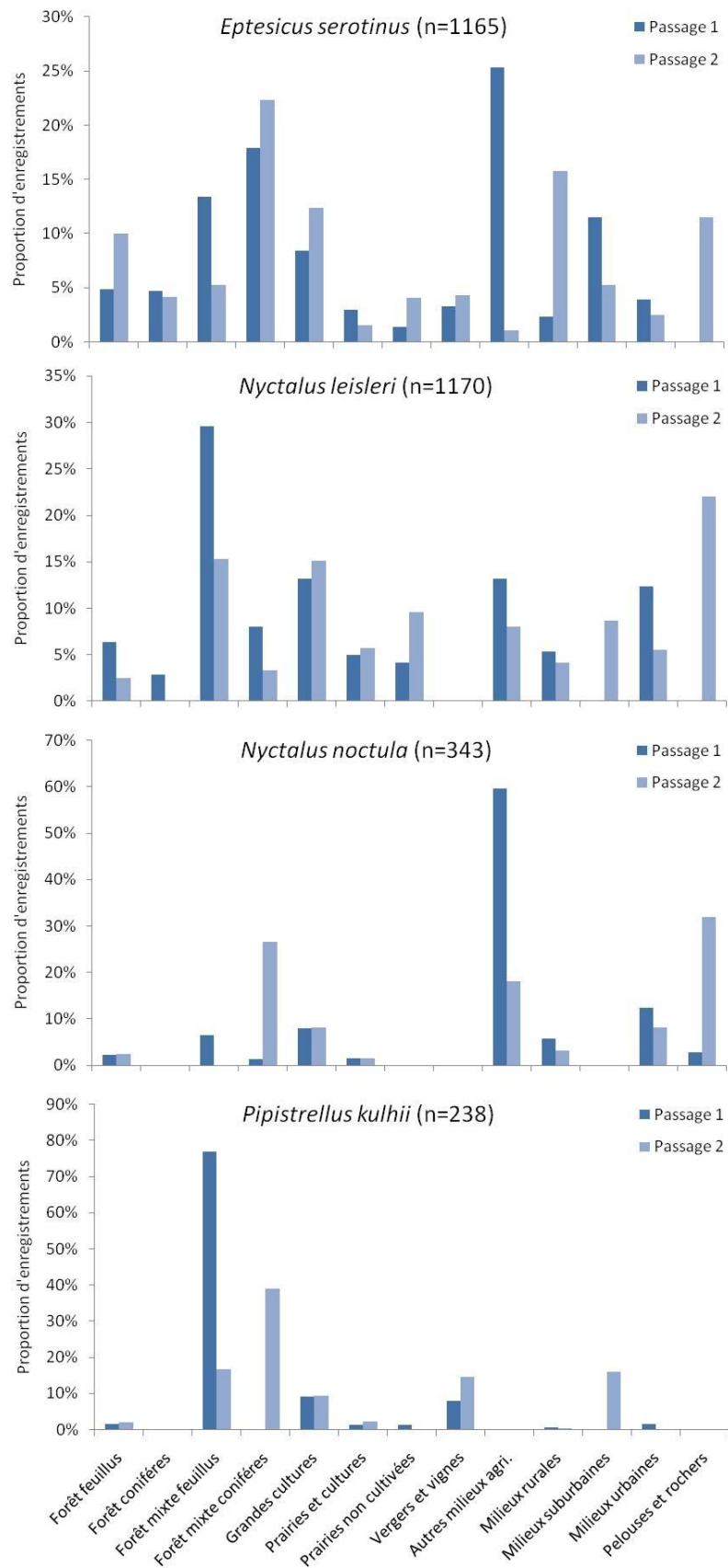


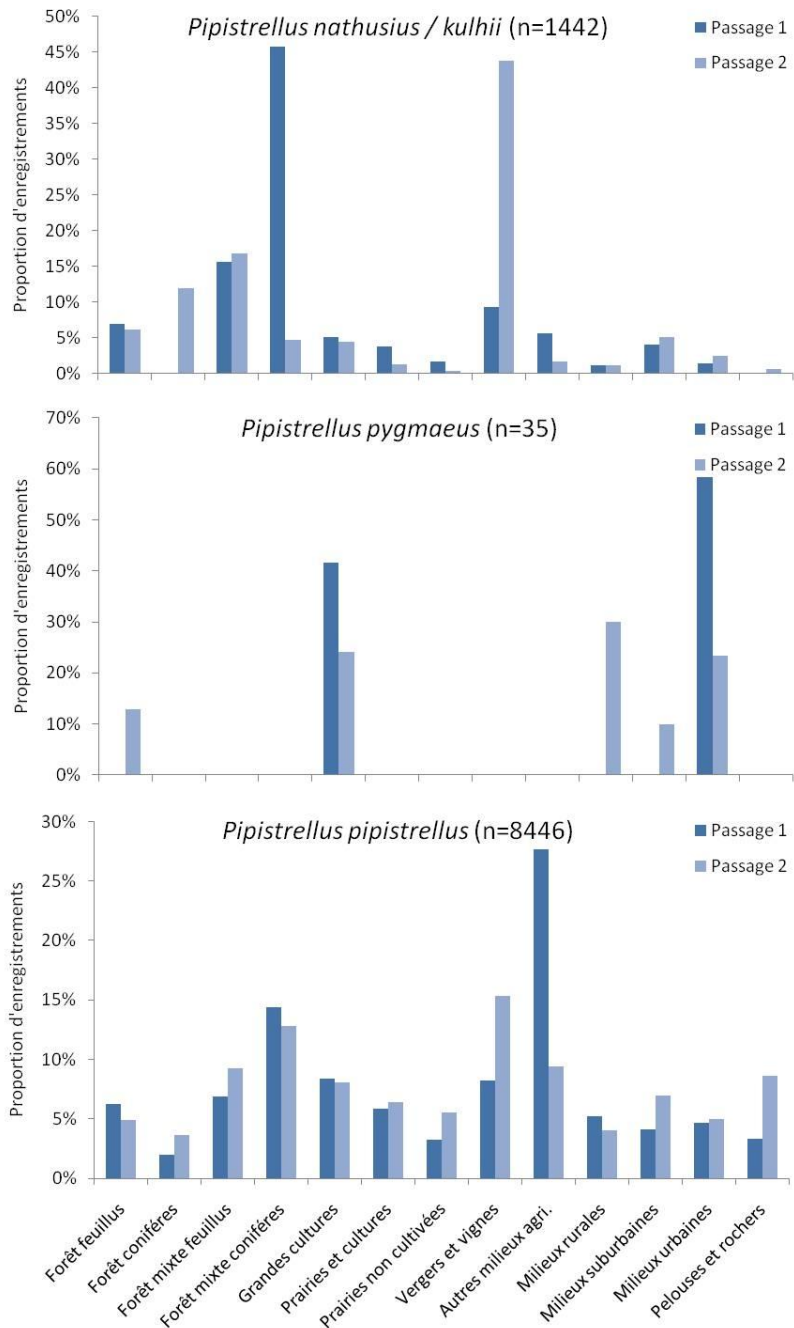


Les analyses issues des modèles mixtes nous ont permis de mettre en évidence des différences d'activité entre passage et habitat (Figure 4). A part *P. pipistrellus*, qui présente des différences significatives pour tous les habitats (à l'exception des forêts mixtes de feuillus ( $p$ -value = 0,08) et des forêts de conifères pures ( $p$ -value = 0,07)), aucune espèce n'a présenté de différences significatives d'activité de chasse entre les deux passages au sein des différents habitats.

Figure 4: Proportion de contacts obtenus par passage dans chaque habitat.







De la même façon que dans les analyses des préférences globales d'habitat, certaines espèces montrent une valeur d'erreur standard très élevée, qui ne permet pas d'analyser l'influence du passage sur leurs préférences d'habitats. C'est le cas de *B. barbastellus*, *M. daubentonii*, et *P. pygmaeus*, lesquelles ont fourni un nombre de contacts très faible en comparaison des autres espèces.

Pour le reste des espèces, nous observons des comportements variés : Pour *E. serotinus*, nous avons trouvé un effet négatif du passage dans les forêts mixtes de feuillus, dans les milieux agricoles, et dans les milieux urbains (Figure 4). Ces habitats

étant les plus représentés pour cette espèce, cela traduit une diminution générale de son abondance. Dans les cas de *N. leisleri*, nous avons observé une diminution dans les forêts mixtes et dans les forêts de feuillus, et, en revanche, une augmentation forte dans les milieux urbains. Pour *N. noctula*, l'effet négatif se manifeste dans les habitats agricoles et urbains (ruraux, suburbains et urbains), et un effet positif dans les forêts de conifères. Finalement, pour les deux espèces de *Pipistrellus*, dont l'abondance augmente lors du second passage, nous avons trouvé des variations assez contrastées : pour *P. nathusii/kulhii* un effet positif dans prairies et milieux agricoles et négatif dans forêts et zones urbanisées, alors que pour *P. pipistrellus* tous les habitats présentent un effet positif du second passage, sauf quelques milieux agricoles.

### 3.3. Variation des préférences d'habitat entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> passage.

La variation de la sélection de l'habitat au cours de la saison estivale abordée à travers le coefficient de variation correspond à une plus forte sélectivité en début de saison (1<sup>er</sup> passage, Tableau 3, p-value < 0.001), par rapport à la période post-allaitement.

Tableau 3 : Coefficients de variation des estimates pour le passage 1 et 2 de chaque espèce. (Les espèces *P. pygmaeus* et *P. pipistrellus* ont été éliminées du modèle linéaire car elles présentent des valeurs extrêmes)

Espèces	Coefficient de variation			Coefficients (glmer)*	P-value
	Passage 1		Passage 2		
<i>Barbastella barbastellus</i>	1,39	>	-0,95	18,68	0,999
<i>Myotis daubentonii</i>	1,54	>	1,05	20,43	1
<i>Eptesicus serotinus</i>	-2,10	>	-11,86	-0,54	0,833
<i>Nyctalus leisleri</i>	-1,72	>	-2,66	-0,75	0,696
<i>Nyctalus noctula</i>	-0,90	>	-1,11	-1,69	0,099
<i>Pipistrellus kulhii</i>	1,22	>	1,07	NA	NA
<i>Pipistrellus nathusii/kulhii</i>	-1,87	>	-2,48	0,37	0,735
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	-49,8	<	1,18	-250,7	1
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	-0,51	>	-6,71	-1,12	P < 0,001

\* Un coefficient positif indique une augmentation de l'abondance entre le passage 1 et le passage 2, et une valeur négative de ce coefficient, représente une diminution de l'abondance entre le passage 1 et le passage 2.

## 4. Discussion

### 4.1. Détermination des habitats de chasse des chauves-souris.

Nous avons observé dans la figure 2, qui présente le nombre de contacts de chaque espèce dans chaque type d'habitat, que les habitats les plus fréquentés (qui peuvent être interprétés comme les habitats les plus importants pour chaque espèce), ne sont pas souvent les plus significatifs au niveau statistique. Cela est dû à l'influence des variables environnementales qui ont été prises en compte pour la création des modèles linéaires.

Par exemple les nuits nuageuses permettent aux animaux de chasser sans trop de risque dans des espaces ouverts comme les cultures et prairies, parce que l'obscurité plus profonde limite leur prédation par d'autres animaux comme les rapaces nocturnes (Ossa, 2010). La vitesse du vent peut aussi jouer un rôle important, dans la mesure où les proies sont beaucoup moins abondantes et le vol beaucoup plus difficile par vent fort, ce qui incite les chiroptères à se cantonner à des milieux fermés comme les forêts (Ossa, 2010).

Dans cette partie de l'étude, les préférences d'habitat de quelques espèces n'ont pas pu être interprétées à cause de leur faible représentation dans l'échantillonnage (*M. daubentonii* (n=48), *Myotis sp.* (n=65), et *P. pygmaeus* (n=58)), ou à cause de la difficulté que présente leur détermination acoustique (*P. kulhii* et *P. nathusii*, J.F. Julien, com. pers.). Le modèle nous a donc donné des erreurs standard fortes, ce qui ne permet pas d'obtenir une interprétation valide.

Pour les espèces *B. barbastellus*, *E. serotinus*, *N. noctula*, *P. nathusii / kulhii*, et *P. pipistrellus* nous avons trouvé que les habitats de chasse correspondent bien avec ceux qui ont été décrits dans la littérature (Annexe 8). Pour *B. barbastellus* nous avons observé une forte représentativité des forêts de feuillus (pures, mixtes et jeunes forêts). Tous les habitats agricoles ont présenté en revanche une forte erreur standard, suggérant soit une activité occasionnelle soit simplement du transit dans ce type d'habitat. Pour *N. noctula*, nous retrouvons le comportement généraliste qui est décrit dans la littérature, et une préférence pour les forêts mixtes, mais avec une abondance assez forte en milieux agricoles et urbains. Le groupe *P. nathusii/kulhii*, contient deux espèces distinctes qui

présentent une abondance très marquée dans les habitats agricoles, de la même manière que *P. pipistrellus*.

L'espèce pour laquelle l'habitat de chasse observé s'écarte le plus des données de la littérature, est *N. leisleri*, pour laquelle nous avons trouvé une préférence pour les habitats agricoles, puis les parcs et finalement les forêts de feuillus et mixtes. Les études publiées indiquent en effet que cette espèce a une préférence pour les habitats forestiers supérieure à celle qu'elle manifeste pour les habitats agricoles (Simon *et al.* 2004). Il faut cependant noter que d'après Kanuch *et al.* (2008), les espèces de *Nyctalus* ont leurs colonies dans la forêt, mais elles chassent à l'extérieur ce qui pourrait corroborer nos observations.

De manière générale, nous avons trouvé une bonne correspondance entre ce qui est décrit et nos analyses. La faiblesse des effectifs de certaines espèces comme *M. daubentonii*, et *P. pygmaeus*, dans notre jeu de donnée s'explique en partie parce que, dans le protocole Vigie Nature, les circuits routiers ne passent que très rarement près de leurs habitats de prédilection que sont les milieux aquatiques (J. F. Julien, com. pers).

Le fait que ce type d'habitat soit sous-représenté à cause de la nature même du protocole routier a cependant permis d'augmenter la précision au niveau du choix des habitats de chasse, en limitant l'effet des points d'eau, où toutes les espèces (Annexe 8), passent une ou plusieurs fois par nuit pour s'abreuver.

#### **4.2. Variation de l'activité de chasse selon l'habitat et la saison**

Dans cette partie, comme dans la première, nous avons éprouvé des difficultés dans l'interprétation des résultats de certaines espèces et notamment de celles qui présentent de faibles effectifs (*B. barbastellus* (n=49), *M. daubentonii* (n=33), et *P. pygmaeus* (n=35)).

Les différences d'abondances observées chez les espèces « analysables » entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> passage (Figure 3) peuvent s'expliquer pour différentes raisons.

Pour les espèces qui ont montré une diminution de leur abondance au deuxième passage (*E. serotinus*, *N. leisleri* et *N. noctula*), l'explication peut être que, à l'époque du premier passage (période de lactation) les chauves-souris allaitantes ont de grands besoins alimentaires et chassent donc toutes de manière très intensive. Lors du

deuxième passage (période post lactation / accouplement), en revanche, les besoins alimentaires sont plus réduits, et on trouvera ainsi moins d'individus en chasse, certains ne quittant même pas leur gîte de la nuit. (J. F. Julien, com. pers.). Ces facteurs reproductifs se combinent avec l'effet des migrations pour les espèces de *Nyctalus* qui ont été capturées entre mi-août et mi-septembre, donc à la période du second passage sur les cols de Jaman et Bretolet qui sont des points de basse altitude entre la Suisse et la France (Oppliger, 2004).

Dans le cas des espèces qui ont montré une augmentation de leur abondance entre le passage 1 et le passage 2 (*P. nathusii/kulhii* et *P. pipistrellus*), cela pourrait s'expliquer par l'arrivée des juvéniles principalement, les trois espèces de *Pipistrellus* comprises peuvent avoir des jumeaux (Dietz *et al.* 2009), ce qui fait augmenter leur abondance. Dans le groupe de *P. nathusii/kulhii*, les deux espèces ont des écologies assez différentes : *P. nathusii* est une espèce qui fait des migrations saisonnières entre août et le début de septembre (Oppliger, 2004), par contre *P. kulhii* est sédentaire et resterait sur place après la mise-bas (Arthur & Lemaire, 2009) (Annexe 8). Cela peut avoir une influence sur le changement des habitats de chasse, parce que pour certaines espèces, les habitats de chasse utilisés pendant le premier passage pourraient être moins bien représentés dans les transects que les habitats de chasse du deuxième passage. C'est le cas de l'espèce *P. pygmaeus*, qui, comme nous l'avons mentionné plus haut, chasse de préférence près de l'eau en première partie d'été, donc dans un milieu sous-représenté dans notre échantillonnage, alors qu'elle fréquente des habitats plus divers, comme les milieux agricoles, après la lactation (J. F. Julien, com. pers.).

Chez les espèces qui présentent une baisse globale de leur abondance au second passage, la diminution est surtout importante dans les habitats « préférés » de la section 3.1 alors que, au contraire, leur abondance tend à augmenter dans les autres habitats. Chez les espèces dont l'abondance augmente au second passage, l'accroissement se répartit plus uniformément sur les habitats fréquentés au premier passage décrits dans la section 3.1.

#### **4.3. Variation des préférences d'habitat entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> passage.**

Finalement, nous avons comparé l'utilisation des habitats entre le passage 1 et le passage 2 à l'aide un coefficient de variation (CV), qui correspond au degré d'ouverture



des niches occupées par les espèces aux périodes considérées. Normalement, nous nous attendions à observer un CV supérieur (niche plus étroite, spécialisation plus élevée) pour le premier passage par rapport au second pour deux raisons : un comportement erratique ou exploratoire des jeunes en phase d'émancipation et, surtout, une moindre pression alimentaire sur les mères, une fois la lactation terminée. Les valeurs de CV observées montrent effectivement une valeur au passage 1 supérieure à celle du passage 2 pour toutes les espèces, sauf pour *Pipistrellus pygmaeus*. Ce résultat indique que la niche de chasse de toutes les espèces analysées dans cette section (*E. serotinus*, *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. nathusii/kulhii*, et *P. pipistrellus*) s'est élargie au passage 2, leur conférant donc des traits moins spécialisés après la lactation.

Il faut souligner que le fait que la majorité des espèces voient leur activité diminuer (Figure 3) et que les échantillons-contacts soient donc moins nombreux, aurait dû automatiquement augmenter ce coefficient de variation. Or nous avons obtenu une valeur plus faible, ce qui renforce la portée de nos résultats sur le fait que les habitats de chasse sont exploités de manière plus généraliste en deuxième partie d'été pour l'ensemble des espèces. Bien que lors du second passage, *P. pipistrellus* ait augmenté son activité dans les milieux agricoles, qui étaient « préférés » au premier passage, elle l'a aussi augmentée dans d'autres habitats qui étaient peu exploités pendant la lactation.

## 5. Conclusion

De manière générale, nous n'avons pas observé d'incompatibilité entre les habitats utilisées pour les espèces de chiroptères analysées et la littérature existante.

Nous pouvons cependant séparer les espèces étudiées en deux groupes, en fonction du sens de variation de leur activité entre le premier et le second passage. Un premier groupe, composé de deux espèces migratrices (*Nyctalus*) et d'*Eptesicus serotinus*, dont l'activité diminue de façon marquée sur les habitats les plus fréquentés au premier passage alors qu'elle augmente ou apparaît dans d'autres habitats, présente une diminution globale d'activité. Un second groupe formé par les Pipistrelles (*P. nathusii/kulhii* et *P. pipistrellus*), accroît son activité globale lors du second passage au niveau des habitats préférés au premier passage comme au niveau d'autres habitats, ce qui pourrait en partie s'expliquer par l'arrivée des jeunes, au comportement moins spécialisé et en réponse à une compétition intra-spécifique avec les adultes.

Ces deux résultats sont bien traduits par les valeurs des coefficients de variation calculés à partir des résidus du modèle linéaire pour chaque habitat, lesquels montrent une valeur plus élevée pour le premier passage, donc une niche plus étroite, due à une spécialisation sur des habitats les plus « productifs » pour la chasse pendant la période de lactation.

Ces résultats sont intéressants car ils confirment le changement d'utilisation des habitats avant et après l'envol des jeunes, déjà décrit par van Toor *et al.* (2011) pour des individus femelles suivis par radiopistage. Il est encourageant que nous ayons obtenu ici un résultat analogue alors que la méthode utilisée ne nous permet pas de distinguer le sexe et l'état reproductif des individus et que le signal dû au femelles allaitantes se trouve donc dilué par l'activité des mâles et des femelles non reproductrices.

Les mesures de conservation et de protection des espaces nécessaires aux chauves-souris devraient prendre en compte des résultats de ce type en protégeant les habitats les plus importants dans un cadre dynamique accordé à leurs histoires de vie et à leur cycle annuel.

## 6. Bibliographie

- Arthur, L. & M. Lemaire 2009. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope. Mèze (Collection Parthénope) : Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris, France. 544 p.
- Azaïs, J.M. & J.M. Bardet. 2005. Le modèle linéaire par l'exemple. Dunod. Paris, France. 326 p.
- Brtonicka, T. & J. Zupal. 2003. Flight activity and habitat use of four bat species in a small town revealed by bat detectors. *Folia Zoologica*. 52(2): 155-166.
- Blandin, P. 2009. De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité. Editions Quae. Versailles, France. 124 p.
- Bogdanowicz, W. 1994. *Myotis daubentonii*. *Mammalian species*. 475: 1-9.
- Charpentier, A. 2009. GAM – Generalized additive models avec R. <http://blogperso.univ-rennes1.fr/arthur.charpentier/> [Consulté le 03 Mai 2011]
- Chevassus-au-Louis, B & C. Aubel. 2010. Œuvrer pour la diversité et la qualité des habitats naturels. Note de cadrage de l'atelier « Habitats ». Conférence française pour la biodiversité. 10-12 Mai 2010.
- Crawley, M.J. 2007. *The R Book*. John Wiley & Sons. Chichester, UK. 942 p.
- Davidson-Watts, I. & G. Jones. 2006. Differences in foraging behaviour between *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) and *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825). *Journal of Zoology*. 268: 55-62.
- Dietz, C., O. von Helversen & D. Nill. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du nord Biologie, Caractéristiques, Protection. Delachaux et Niestlé. Lonay, Suisse. 400 p.
- Dufrene, L. 2009. Influence de l'habitat sur l'abondance des chiroptères communs en activité de chasse. Mémoire de stage Master 1 EBE. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. 40 p.

Eurobats, 2010. Implementation of the agreement on the conservation of populations of European bats. National report of France. [http://www.eurobats.org/documents/pdf/National\\_Reports/nat\\_rep\\_Fr\\_2010.pdf](http://www.eurobats.org/documents/pdf/National_Reports/nat_rep_Fr_2010.pdf) [Consulté le 25 Mai 2011].

Eurostat, 2010. Enquête sur la couverture et l'utilisation des sols : Données sur la couverture et l'utilisation des sols dans l'UE publiées pour la première fois. <http://ec.europa.eu/eurostat> [Consulté le 27 Avril 2011].

Faraway, J.J. 2006. *Extending the Linear Model with R*. Taylor and Francis. New York, USA. 302 p.

Federico, P., T. Hallam, G. McCracken, S. Purucker, W. Grant, A. Correa-Sandoval, J. Westbrook, R. Medellín, C. Cleveland, C. Sansone, J. López Jr., M. Betke, A. Moreno-Valdez & T. Kunz. 2008. Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. *Ecological Applications*, 18(4): 826-837.

Hourigan, C.L., C. Catterall, D. Jones & M. Rhodes. 2010. The diversity of insectivorous bat assemblages among habitats within a subtropical urban landscape. *Austral Ecol.* 35(8): 849-857.

Hutterer, R., T. Ivanova, C. Meyer-Cords & L. Rodrigues. 2005. *Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature*. Federal agency of nature conservation. Bonn, Germany. 162 p.

Kanuch, P., S. Danko, M. Celuch, A. Kristín, P. Pjencak, S. Matis & J. Smidt. Relating bat species presence to habitat features in natural forests of Slovakia (Central Europe). *Mammalian Biology*. 73: 147-155.

Kerbiriou, C., J.F. Julien, K. Ancrenaz, A.S. Gadot, G. Lois, F. Jiguet & R. Julliard. 2008. Suivi des espèces communes après les oiseaux... les chauves-souris? *Symbioses*. 21 : 23-28.

Lois, G., C. Kerbiriou & J.F. Julien. 2010. Anthropogenic impacts on bat communities: demography and biotic homogenization. Paper presented at: 15th International Bat Research Conference; Prague, Czech Republic.

- Logan, M. 2010. Biostatistical design and analysis using R: A practical guide. Wiley-Blackwell. Oxford, UK. 546 p.
- Lustrat, P. 2001. Les territoires de chasse des chiroptères de la forêt de Fontainebleau (France). *La Rhinolophe*. 15 : 167-173
- Lustrat, P. 1994. Régression des populations de Rhinolophes (genre *Rhinolophus*) en Seine et Marne. *Mammalia*. 58(4): 672-674.
- Mackie, I. & P.A. Racey. 2007. Habitat use varies with reproductive state in noctule bats (*Nyctalus noctula*): Implications for conservation. *Biological conservation*. 140: 70-77.
- Neubaum, D.J., T.J. O'Shea & K.R. Wilson. 2006. Autumn Migration and Selection of Rock Crevices as Hibernacula by Big Brown Bats in Colorado. *Journal of Mammalogy*. 8(3): 470-479.
- Oppliger, J. 2004. La migration des chiroptères aux cols de Jaman et de Bretolet. *Bulletin de la société des enseignants neuchâtelois de sciences*. 27 : 1-27.
- Ossa, G. 2010. Métodos bioacústicos: una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las eco-regiones mediterránea y el bosque templado de Chile. Mémoire pour obtenir de degré d'ingénieur agronome. Pontificia universidad Católica de Chile. 143 p.
- Racey, P.A. & S.M. Swift. 1985. Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation. 1. Foraging behaviour. *Journal of Animal Ecology*. 54: 205-215.
- Ransome, R.D. 1989. Population changes of Greater horseshoes bat studied near Bristol over the past twenty-six years. *Biological Journal of the Linnean Society*. 38: 71-82.
- Rodrigues, L., L. Bach, M.J. Dubourg-Savage, J. Goodwin & C. Harbusch. 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series N° 3. PNUE/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Germany, 55 p.

Rydell, J. & W. Bogdanowicz. 1997. *Barbastella barbastellus*. Mammalian species. 557:1-8.

Simon, M., S. Hüttenbügel & J. Smit-Viergutz. 2004. Ecology and conservation of bats in villages and towns. Federal agency of nature conservation. Bonn, Germany. 263 p.

Steffens, R., U. Zöphel & D. Brockmann. 2007. 40th Anniversary bat marking centre Dresden – Evaluation of methods and overview of results. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Dresden, Denmark. 130 p.

UICN, 2011. Liste rouge mondiale des espèces menacées. <http://www.uicn.fr/La-Liste-Rouge-des-especes.html> [Consulté le 25 Mai 2011].

van Horne, B. 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management*. 47 : 893-901.

van Toor, M.L., C. Jaberg & K. Safi. 2011. Integrating sex-specific habitat use for conservation using habitat suitability models. *Animal Conservation*. [In press].

## **7. Annexes**

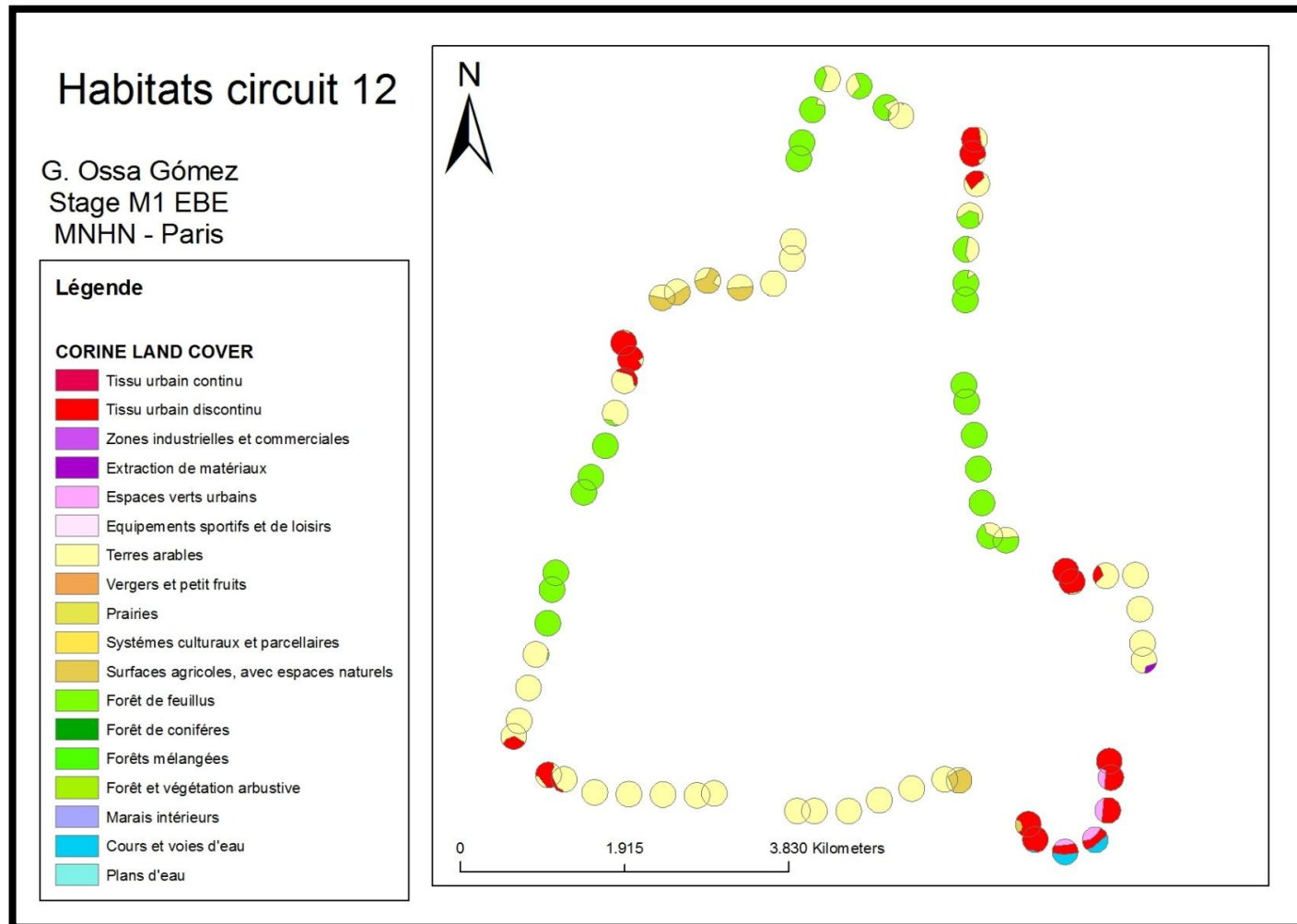
Annexe 1 : Classification des différentes espèces de chauves-souris dans la législation internationale.

Espèces	Réglementation internationale				
	Directive Habitats Faune – Flore <sup>2</sup>	Convention de Berne <sup>3</sup>	Convention de Bonn <sup>4</sup>	UICN Redlist <sup>5</sup>	
				Statut	Tendance des pop.
<i>Barbastella barbastellus</i>	Annexe 2 et 4	Annexe 2	Annexe 2	Quasi menacé	Décroissant
<i>Eptesicus serotinus</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Pas connue
<i>Myotis daubentonii</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Croissant
<i>Myotis myotis</i>	Annexe 2 et 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Stable
<i>Myotis blythii</i>	Annexe 2 et 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Décroissant
<i>Myotis brandtii</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Stable
<i>Myotis mystacinus</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Pas connue
<i>Myotis alcathoe</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Données insuffisantes	Pas connue
<i>Myotis emarginatus</i>	Annexe 2 et 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Stable
<i>Myotis nattereri</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Stable
<i>Myotis bechsteini</i>	Annexe 2 et 4	Annexe 2	Annexe 2	Quasi menacé	Décroissant
<i>Nyctalus leisleri</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Pas connue
<i>Nyctalus noctula</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Pas connue
<i>Pipistrellus kuhli</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Pas connue
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Pas connue
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Annexe 4	Annexe 2	Annexe 2	Préoccupation mineure	Pas connue
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Annexe 4	Annexe 3	Annexe 2	Préoccupation mineure	Stable

<sup>1</sup>Lustrat, 2001 ; <sup>2</sup><http://droitnature.free.fr> ; <sup>3</sup><http://www.coe.int/> ; <sup>4</sup><http://www.cms.int/> ; <sup>5</sup><http://www.iucnredlist.org>

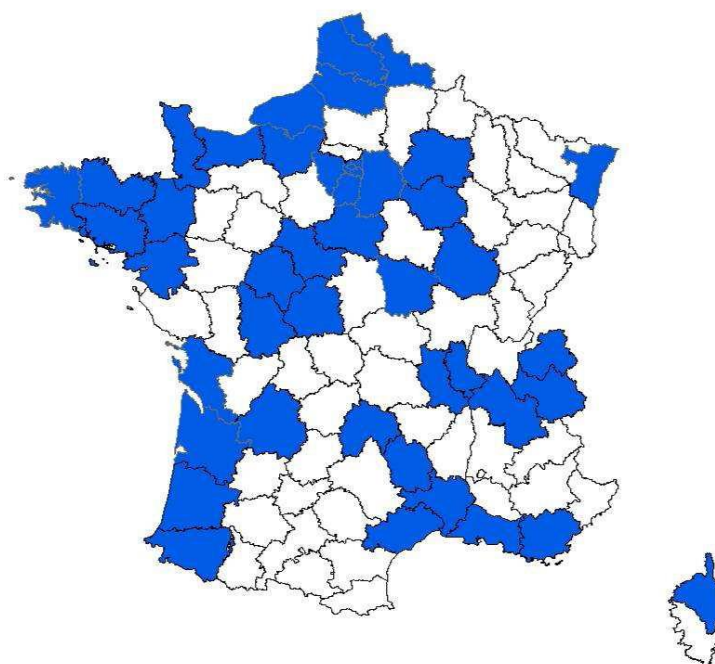


Annexe 2: Carte d'utilisation des sols dans le circuit N°12, en utilisant le code CORINE Land Cover.



Annexe 3 : Nombre des circuits routiers de prélèvement des données acoustiques réalisées par Département en France et carte avec les départements avec circuits.

Département	N° de circuits	Département	N° de circuits
Haute Corse (2B)	2	Lot (46)	2
Aveyron (12)	1	Manche (50)	10
Cher (18)	13	Marne (51)	4
Côte d'or (21)	1	Nord (59)	2
Finistère (29)	5	Pyrénées atlantiques (64)	1
Gard (30)	1	Bas Rhin (67)	1
Gironde (33)	2	Haute Savoie (74)	3
Hérault (34)	1	Seine Maritime (76)	3
Ile et Vilaine (35)	6	Seine et Marne (77)	5
Indre (36)	5	Yvelines (78)	11
Indre et Loire (37)	3	Somme (80)	1
Isère (38)	1	Vienne (86)	5
Landes (40)	1	Yonne (89)	2
Loire (42)	1	Essonne (91)	14
Loire Atlantique (44)	1	Seine Saint Denis (93)	2
Loiret (45)	3	Val de Marne (94)	15



Annexe 4: Nombre de détection par espèce dans chaque habitat (Basse de données Vigie Nature).

Habitats	<i>Barbastella barbastellus</i>	<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Myotis sp.</i>	<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Pipistrellus kuhlhi</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>P. nathusii /kuhlhi</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Total
Autres milieux agricoles	1	49	0	1	24	53	0	0	25	0	423	576
Buissons	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	10	14
Eau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forêt de conifères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forêt de feuillus	9	183	3	12	121	22	50	2	288	6	1410	2106
Forêt mélangée de conifères	1	67	3	2	16	16	16	1	138	14	365	639
Forêt mélangée de feuillus	8	70	20	4	114	9	72	3	227	3	577	1107
Grandes cultures	14	524	8	26	649	193	133	22	493	22	3750	5834
Jeune forêt de conifères	0	5	0	0	1	0	0	0	15	0	28	49
Jeune forêt de feuillus	3	29	3	1	8	7	1	0	81	0	111	244
Parc et Peupleraie	0	8	0	0	1	0	0	0	5	0	46	60
Pelouses	0	4	0	1	20	1	0	0	6	0	94	126
Prairie cultivée	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	57	65
Prairie et cultures	2	46	2	2	85	11	8	3	78	0	937	1174
Prairie non cultivée	0	16	0	2	47	0	1	0	10	0	266	342
Rochers	0	4	0	2	0	9	0	0	1	0	19	35
Rurale	3	147	6	7	92	41	2	0	46	7	709	1060
Suburbaine	7	71	2	1	42	0	18	0	75	1	414	631
Urbaine	4	37	0	4	78	48	2	1	43	5	456	678
Vergers et vignes	1	5	1	0	1	0	3	0	61	0	119	191
Total	53	1266	48	65	1305	411	306	32	1596	58	9791	14931

Annexe 5 : Corrélations pour les différentes variables étudiées, toutes les valeurs de p-value ont été significatives

R <sup>2</sup>	Température	Couverture Nuage	Vent	Passage	Tronçon	Secteur
Température	1					
Couverture Nuage	0,02251	1				
Vent	-0,01154	0,2219	1			
Passage	-0,2818	-0,007722	-0,01108	1		
Tronçon	0,01385	-0,00551	0,00487	0,00967	1	
Secteur	0,00018	-0,00014	-0,00056	0,00063	0,00108	1

Annexe 6 : Importance relative dans le modèle d'ajustement de toutes les combinaisons d'additifs des variables prédictives.

Espèces	Importance relative des variables						
	Année	Habitat	Nuage	Passage	T°	Tronçon	Vent
<i>Barbastella barbastellus</i>	0,23	1	1	0,21	0,29	0,25	0,76
<i>Myotis sp.</i>	0,21	1	1	0,21	0,77	0,23	0,3
<i>Myotis daubentonii</i>	0,27	1	1	1	0,33	0,23	0,23
<i>Eptesicus serotinus</i>	0,89	1	1	1	1	0,26	1
<i>Nyctalus leisleri</i>	1	1	1	0,27	1	1	0,59
<i>Nyctalus noctula</i>	1	1	1	1	1	1	0,3
<i>Pipistrellus kuhii</i>	1	1	1	1	1	1	0,33
<i>Pipistrellus nathusii</i>	1	1	1	1	1	1	0,58
<i>Pipistrellus nathusii / kuhii</i>	0,27	1	1	0,42	1	0,94	1
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	0,37	1	1	0,3	0,46	1	1
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1	1	1	1	1	1	1

Annexe 7 : Erreur standard obtenue du modèle linéaire (glm) pour l'abondance de chaque espèce dans les habitats étudiées.

Habitat	<i>Barbastella barbastellus</i>	<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Myotis sp.</i>	<i>Nyctalus leisleri</i>	<i>Nyctalus noctula</i>	<i>Pipistrellus kuhlhi</i>	<i>Pipistrellus nathusii</i>	<i>Pipistrellus nathusii / kuhlhi</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error	St. Error
Eau	3792,15	294,92	4968,52	3037,15	498,74	1322,37	4764,23	7668,00	300,14	4647,04	112,80
Forêt de conifères	6664,25	504,61	7264,13	4470,22	809,30	2193,89	7013,96	11090,00	513,92	7104,28	195,70
Forêt de feuillus	1,08	0,21	3230,76	1974,85	0,30	0,29	3293,11	5200,00	0,24	3031,43	0,07
Forêt mixte de conifères	3106,65	0,24	3230,76	2718,33	0,40	0,73	4252,15	6785,00	0,33	3031,43	0,08
Forêt mixte de feuillus	1,08	0,23	3230,76	1974,85	0,33	0,47	3102,71	5888,00	0,27	3662,09	0,08
Jeune forêt conifères	8727,23	0,48	9152,12	5570,09	1,03	2984,52	8770,74	13870,00	665,32	8571,99	0,27
Jeune forêt feuillus	1,16	0,27	3230,76	1974,85	0,48	0,47	4380,86	6980,00	0,31	4350,10	0,15
Parcs et Peupleraies	5465,59	1,02	6233,75	3866,08	1,04	1901,35	5682,44	8841,00	0,75	5391,04	0,18
Grandes cultures	1,05	0,18	3230,76	1974,85	0,26	0,17	3102,71	4892,00	0,23	3031,43	0,06
Buissons	4049,25	307,17	5156,71	3133,26	493,92	1,02	4900,33	7690,00	318,35	4779,99	0,38
Pelouses	4157,35	0,61	5229,72	3184,35	0,57	1416,62	4922,18	7895,00	326,14	4650,20	0,14
Prairies cultivées	4835,19	371,41	5727,00	3515,43	613,47	1636,17	5503,64	8795,00	0,55	5533,22	0,15
Prairies et cultures	1,23	0,34	3230,76	1974,85	0,29	0,52	3102,71	4892,00	0,26	3241,59	0,07
Prairies non cultivées	2027,42	0,35	3799,01	1974,85	0,32	676,22	3102,71	5711,00	0,39	3546,38	0,09
Vergers et vignes	1,42	0,53	3230,76	3328,78	565,44	1496,32	3102,71	8197,00	0,26	5112,36	0,11
Rochers	7706,09	0,53	8200,65	1974,85	982,94	0,38	7766,09	12260,00	1,03	8101,12	0,24
Milieux Ruraux	1386,89	0,24	3230,76	1974,85	0,29	0,23	3102,71	5273,00	0,30	3031,43	0,07
Milieux Suburbaines	1,13	0,23	3784,38	1974,85	251,61	661,59	3629,13	5758,00	0,29	3578,46	0,09
Milieux Urbaines	1562,00	0,27	3573,94	1974,85	0,30	0,25	3102,71	4892,00	0,28	3031,43	0,09

Annexe 8 : Habitats de chasse et activité migratrice des espèces de chauves-souris selon Arthur & Lemaire (2009), Dietz *et al.* (2009), Hutterer *et al.* (2005), Oppliger (2004), et Simon *et al.* (2004). xxx = haute préférence ; x = basse préférence.

Espèces	Mobilité (distance max.)	Date de migration (Migrateurs)	Habitats de chasse						
			Forêt		Haie	Pâturage	Milieu d'eau	Plaine agricole	Milieu urbain
			Feuillus	Conifères					
<i>Barbastella barbastellus</i>	Régionale (290 km)		xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	-
<i>Eptesicus serotinus</i>	Régionale (330 km)		-	-	x	xxx	xxx	xxx	xx
<i>Myotis daubentonii</i>	Régionale (416 km)		xx	x	xx	-	xxx	-	-
<i>Myotis myotis</i>	Régionale (436 km)		xxx	x	x	x	xx	-	-
<i>Myotis blythii</i>	Régionale (488 km)		-	-	x	xxx	-	x	-
<i>Myotis brandtii</i>	Régionale (618 km)		xx	-	-	xx	-	xx	xx
<i>Myotis mystacinus</i>	Régionale (240 km)		xx	x	xx	xx	xx	x	xx
<i>Myotis alcathoe</i>	?		xxx	x	xx	-	xxx	-	-
<i>Myotis emarginatus</i>	Sédentaire (105 km)		xxx	X	xx	xx	x	x	
<i>Myotis nattereri</i>	Sédentaire (327 km)		xxx	xx	x	x	x	x	x
<i>Myotis bechsteini</i>	Sédentaire (148 km)		xxx	x	x	xx	xx	x	x
<i>Nyctalus leisleri</i>	Migratrice (3136 km)	mi-août / mi-sept.	xxx	x	xx	xx	xxx	xx	xx
<i>Nyctalus noctula</i>	Migratrice (1546 km)	mi-août / mi-sept.	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
<i>Pipistrellus kuhli</i>	Sédentaire (5 km)		x	x	x	x	xxx	x	xxx
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Migratrice (1961 km)	août / début sept.	xxx	-	xx	-	xxx	-	-
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Sédentaire (6 km)		xxx	xx	xx	-	xxx	-	-
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Régionale (410 km)		xx	xx	xx	x	xxx	x	xxx

## Résumé

La gestion des habitats est un des principaux facteurs déterminants pour la conservation d'espèces. Nous avons étudié les habitats utilisées par différentes espèces de chauves-souris en France métropolitaine pendant deux périodes reproductives : Lactation (P1) et arrivées des jeunes (P2). Les données utilisées proviennent du programme Vigie Nature du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris et concernent les années 2006 à 2009. Nous avons observé dans un premier temps (sans influence du passage) une correspondance forte entre les habitats utilisées par les différentes espèces, et la littérature. Postérieurement, nous avons observé deux groupes d'espèces selon leur variation d'abondance entre le P1 et le P2. Un premier groupe qui diminuait son abondance au P2, composé des deux espèces de *Nyctalus* et de *E. serotinus*, présente une diminution sur ses habitats les plus importants, et une notable augmentation sur des habitats nouveaux ou peu préférés en P1. Et un deuxième groupe composé de *P. nathusii/kulhii* et *P. pipistrellus*, dont l'activité augmente au P2 sur les habitats prédominants au P1 aussi bien que sur d'autres habitats, ce qui peut être expliqué par une compétition intra spécifique avec les adultes et pour l'exploration de divers milieux par les jeunes. Ces deux résultats ont été traduits par des coefficients de variation pour chaque passage, lesquels ont montré une valeur plus élevée pour le P1, donc une niche plus étroite, due à une spécialisation sur les habitats les plus « productifs » pour la chasse pendant le période de lactation.

## Abstract

One of the most important factors in species conservation is habitat management. We have conducted a study with the aim to know the different habitats used by bats in metropolitan France, between two reproductive periods: milking (P1) and offspring arrival (P2). Data were obtained from the *Vigie Nature* program of the National Museum of Natural History of Paris and concern the years 2006 to 2009. In a first analysis, we observed a good correspondence between the habitats used by bats and the bibliography sources (without passage influence). Then we defined two groups of species according to their P1 or P2 abundance. The first group composed by two *Nyctalus* species and *E. serotinus*, decreased their abundance in P2, and showed this decrease of abundance in their key habitats, and a consequent increase in other less important habitats. The second group, composed by *P. Nathusii/kulhii* and *P. Pipistrellus* showed an increase in their individual's abundance in P2. This group preferred their key habitats and also some new habitats, this observation could be explained by intraspecific competition between adults and young. The results showed by this two groups, were described by a variation coefficient for each period. This Coefficient was higher for the P1, showing a narrow niche because of a specialization in the best habitats to forage during the milking period.