

**Master de Sciences De l'Univers, Environnement, Écologie
Master 1 : Écologie, Biodiversité et Évolution**

Soutenance : 8 et 9 juin 2009

Effet des conditions météorologiques sur l'activité de chasse des Chiroptères



Encadrants : KERBIRIOU Christian et JULIEN Jean-François
MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Département Écologie et Gestion de la Biodiversité
Unité Conservation des Espèces, Restauration et Suivi des Populations (CERSP)
Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux (CRBPO)
UMR 7202
55, rue Buffon
75005 Paris

Étudiante : SILVA Régina

Année 2008-2009

SOMMAIRE

Résumé.....	3
Abstract.....	3
Introduction.....	4
Matériels et méthodes	
1. Biologie des Chiroptères.....	6
2. Protocoles.....	7
3. Statistiques.....	8
Résultats	
1. Température absolue.....	9
2. Température relative.....	13
3. Tous les facteurs environnementaux.....	17
4. Différence entre les passages.....	20
5. Indices de spécialisation.....	21
Discussion	
1. Pipistrelle commune.....	25
2. Les Pipistrelles de nathusius et de khul.....	25
3. La Noctule de leisler.....	26
4. La Noctule commune.....	27
5. La Pipistrelle pygmée.....	27
6. La Barbastelle commune.....	28
Conclusion.....	29
Bibliographie.....	31
Annexes	
Annexe 1.....	32
Annexe 2.....	33
Annexe 3.....	34

RÉSUMÉ

Afin de réduire la perte de biodiversité et de respecter le compte à rebours 2010, des projets de recherche d'indicateurs pour évaluer l'évolution de l'état de la biodiversité ont été mis en place. Les chauves-souris semblent être, à première vue, un bon indicateur. On a testé les effets des conditions climatiques sur l'activité de chasse de différentes espèces de Chiroptères (température absolue, température relative à la normale saisonnière, vent, couverture nuageuse et humidité). Les résultats sont mitigés suivant les espèces mais on observe certaines tendances. En fait, certaines de ces variables climatiques sont corrélées : ce qui peut expliquer certains résultats différents. De plus, des indices de spécialisation à la température ont été établis et reflètent des corrélations positives avec l'indice de spécialisation à l'habitat. Ce qui atteste de l'existence d'espèces de chauves-souris très spécialisées pour un type particulier de niche écologique.

Mots-clés

Chiroptères, température, conditions climatiques, météorologie, spécialisation.

ABSTRACT

In order to reduce the loss of biodiversity and to respect the count-down 2010, research plans of indicators to evaluate the evolution of the biodiversity status have been established. Bats seem to be, at first sight, a good indicator. We tested the effects of climate conditions on hunting activity of different Chiroptera species (absolute temperature, temperature relative to seasonal norm, wind, cloudiness and humidity). Results are different depending on species but we notice some trends. Actually, some of these climatic parameters are correlated : which can explain some different results. Moreover, temperature specialization indexes have been established and show positive correlations with the habitat specialization index (Species Specialization Index SSI). Which demonstrates existence of extremely specialized bat species for a particular type of ecological niche.

INTRODUCTION

De nos jours, la biodiversité est de plus en plus menacée : le rythme d'extinction d'espèces est de 100 à 10000 fois plus rapide que lors du dernier siècle (Millenium Ecosystem Assessment, Annexe 1). C'est pour cela que l'activité humaine est souvent mise en cause dans le déclin des espèces. En 2002, à l'occasion du sommet mondial pour le développement durable de Johannesburg (Afrique du Sud), 163 pays se sont engagés à une réduction significative de l'appauvrissement de la biodiversité au niveau global, régional et national d'ici 2010. Par ailleurs, les pays européens, dont la France, ont fait un pas de plus : lors de la cinquième Conférence ministérielle « Un environnement pour l'Europe », qui s'est tenue à Kiev (Ukraine) en mai 2003, ils se sont engagés à stoppé la perte de biodiversité dans le même délai. Même si on sait dorénavant que cet engagement européen aura du mal à être tenu, plusieurs projets ont eu pour but la mise en place de plusieurs indicateurs permettant d'évaluer l'évolution de la biodiversité d'ici 2010 (Balmford, 2005) : ce qui a permis de prendre conscience de l'importance de suivre les tendances des populations et de disposer d'indicateurs compréhensibles et dont la mise en œuvre soit réaliste. Une des pistes envisagées est l'étude des variations de l'abondance moyenne de ces espèces : elles représentent en effet, un moyen efficace pour évaluer l'état de santé de la diversité biologique, car elles sont bien réparties sur l'ensemble du territoire, présentes dans de nombreux habitats et représentent une part importante de l'abondance et donc des fonctions écosystémiques (Jiguet & Julliard, 2005). A l'heure actuelle, en France, il n'existe qu'un seul indicateur d'évolution de la biodiversité à l'échelle nationale renouvelée annuellement, accessibles par tous et reconnus comme indicateur de développement durable : il s'agit du Suivi Temporel des Oiseaux Communs : le STOC, développé par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Ce programme permet d'établir l'évolution d'espèces d'oiseaux communs selon leur spécialisation. Depuis 2006, cinq nouveaux suivis sont en cours de développement (papillons des jardins, plantes communes, rhopalocères communs, chauves-souris communes et récemment orthoptères, amphibiens et escargots). Ces nouveaux suivis permettront une analyse plus diversifiée de la diversité biologique en intégrant d'autres groupes présentant des caractéristiques fonctionnelles différentes de celle des oiseaux (cycle de vie, position dans la chaîne trophique...). Ainsi, à court terme, la France disposera de ces huit programmes de suivi d'espèces communes, rassemblés au sein de l'observatoire « Vigie-Nature ».

Vigie-Nature a pour objectifs de surveiller l'évolution de la biodiversité, en diagnostiquant les causes de ces variations afin de proposer différents scénarios d'évolution et de synthétiser

l'information sous forme d'indicateurs. La mise en place de ce suivi de la biodiversité repose sur des réseaux d'observateurs-acteurs, c'est-à-dire toute personne voulant s'associer à ce projet de science participative. Les réseaux d'amateurs sont plus que jamais indispensables pour alimenter en informations les observatoires de la biodiversité, en étroite collaboration avec des scientifiques. L'objectif de ce stage au MNHN était de contribuer à l'amélioration des connaissances sur la spécialisation de l'activité de chasse des espèces. En effet, connaître la spécialisation, en d'autre terme, mieux appréhender la niche écologique (ici la niche climatique) des espèces est indispensable si on souhaite, à moyen terme, proposer des scénarios d'évolution de la biodiversité sous différents scénarios de changement d'aménagement du territoire et de changements climatiques. Ainsi, ce stage a permis, dans un premier temps, de compléter les données de terrain insuffisantes du point de vue des facteurs environnementaux (température, normale saisonnière, vent, couverture nuageuse, humidité) pour les années 2006, 2007 et 2008 grâce à des recherches météorologiques, puis de compiler les données et, enfin de constituer une base de donnée afin de pouvoir les analyser. Et, dans un second temps, d'évaluer l'impact de ces facteurs sur l'activité de chasse des chauves-souris. En effet, ce suivi repose sur l'hypothèse que l'activité de chasse est corrélée à l'abondance des espèces sur le site. Cependant, il est fort probable que les variables météorologiques influent sur cette activité de chasse biaisant ainsi les conclusions. Il apparaît donc nécessaire d'évaluer ce biais pour pouvoir l'intégrer plus tard dans les analyses de tendances des populations, c'est-à-dire l'élaboration d'un indicateur de biodiversité.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Biologie des chiroptères

Les espèces de chauves-souris communes, participant au programmes de suivi de la biodiversité ont été choisies car ce groupe d'espèce semble être un bon candidat pour constituer un bon indicateur de la diversité biologique. En effet, elles sont placées en haut de chaîne alimentaire, sont pour la plupart longévives (jusqu'à trente ans pour certaines espèces) et présentent un cycle complexe (hibernation-colonie de reproduction-migration). Ce sont des espèces idéales à suivre et connaître l'évolution de leurs effectifs pourra refléter certaines atteintes environnementales (modifications du climat, de la qualité de l'eau ou des pratiques agricoles, par exemple). Du fait du développement des activités humaines, les effectifs des chauves-souris sont en régression, et font de l'Homme la principale menace pour ces populations. C'est pourquoi, après l'Irlande (2003) et l'Angleterre (2005), la France (2006) a

mis en place le programme de suivi des Chiroptères à l'échelle nationale, de manière à mieux connaître les abondances de plusieurs espèces communes de chauves-souris et d'étudier l'évolution de leurs effectifs au cours du temps. Ces suivis ont été construits dès le début pour être compatibles et autoriser, à moyen terme, la création d'un indicateur européen.

Les chauves-souris sont des animaux nocturnes. Elles émettent des ultrasons qui leur servent à se déplacer, à chasser et à communiquer. Leur vue est insuffisante pour se repérer dans l'espace aérien, et encore moins pour permettre une chasse active. Elles ont donc développé un système sophistiqué d'écholocation, comme un sixième sens, qui leur permet de se repérer la nuit. Via une morphologie particulière du larynx et du pharynx, elles émettent des cris (des ultrasons), à des fréquences allant au-delà des sons audibles par l'homme : entre 20 et 120 KHz. L'oreille humaine est capable de percevoir des sons dont les fréquences se situent entre 20 et 18 000 Hz, soit 18 KHz. Au-delà de 18 KHz, on parle d'ultrasons. Chaque animal possède une fréquence qui lui est propre, et son système auditif est spécialement adapté. Chaque ultrason émit est répercuté sur un obstacle, et revient à l'oreille de l'animal. Ce système est tellement précis, qu'il lui permet de calculer la trajectoire de sa proie, mais aussi sa forme. C'est grâce à ce système d'écholocation que l'on peut, à l'aide d'appareils de détection ultrasonore, reconnaître, recenser et étudier les différentes espèces de chauves-souris communes.

1.2. Protocoles

Deux protocoles ont été établis pour permettre le suivi temporel des chauves-souris. Les conditions sont sensiblement les mêmes pour les deux : à partir de trente minutes après le coucher du soleil, il faut effectuer les enregistrements des ultrasons entre le 15 juin et le 15 juillet pour le premier passage (période d'allaitement des jeunes) et du 15 août à fin septembre pour le deuxième passage (période où les jeunes sont émancipés). Cette période a été choisie afin de réduire le biais induit par la migration de certaines espèces et du fait que l'activité de la plupart des espèces soit à leur optimum. La méthode retenue (enregistrement en expansion de temps) est basée sur une transformation des ultrasons en sons audibles par l'oreille humaine. Cette transformation conserve les caractéristiques sonores du signal original et permet une analyse informatique des sonagrammes (graphes de la fréquence en fonction du temps qui permettent de visualiser un son). Cette approche permet de limiter les effets observateurs et, surtout, permet une compilation de données réutilisables. De plus, des facteurs météorologiques sont à respecter : les enregistrements se font par une température

supérieure à douze degrés et la pluviosité doit être nulle (dans la mesure du possible). Le premier protocole correspond au « protocole voiture ». Il s'agit d'effectuer dix tronçons de 2 km sur des circuits de 30 km préalablement choisis en passant par différents habitats et dont le point de départ est tiré aléatoirement par le MNHN afin de pouvoir le suivre chaque année. Les enregistrements s'effectuent en conduisant à une vitesse de 25 km/h. Le deuxième protocole correspond au « protocole pédestre ». Il s'agit d'enregistrements de six minutes sur dix points dans un carré de 2 km dont cinq sont représentatifs des différents habitats du carré et cinq correspondent à des habitats favorables aux chauves-souris. Ces derniers sont tirés aléatoirement. Ces deux protocoles s'effectuent en France depuis 2006 et le réseau de circuits et de points d'écoute s'étend d'année en année. De plus, ces protocoles sont sensiblement les mêmes dans plusieurs pays d'Europe depuis 2003, ce qui contribue à avoir des résultats à un niveau plus important que national. Ensuite, grâce au logiciel Syrinx, les espèces enregistrées sont déterminées grâce aux formes que prennent les sonagrammes et comptabilisées afin que des analyses puissent être faites à partir des relevés météorologiques dans ce cas présent.

Les analyses suivantes ont été réalisées sur 8 espèces de chauves-souris qui, en grande partie, ont été détectées le plus souvent afin d'éviter les biais dus au faible échantillonnage : la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Noctule de leisler (*Nyctalus leisleri*), la Noctule commune (*Nyctalus noctula*), la Pipistrelle pygmée (*P. pygmaeus*), la Barbastelle commune (*Barbastella barbastellus*), la Pipistrelle de nathusius (*P. nathusii*), la Pipistrelle de khul (*P. khulii*) et la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*). Ces deux dernières ayant été sommées dans les analyses car elles sont difficilement différenciables sur le sonagramme. Cependant, on sait que 90% de cette abondance correspond à la Pipistrelle de khul.

1.3. Statistiques

Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R Version 2.2.1. Les modèles présentés seront soumis à des analyses de variance de type Anova. Les modèles utilisés sont des Modèles Linéaires Généralisés (GLM). Pour les analyses de l'influence de la température des Modèles Additifs Généralisés (GAM) ont aussi été utilisés pour évaluer l'importance des effets non linéaires. On peut en effet s'attendre à ce que l'influence de la température ne soit pas uniquement linéaire mais qu'il puisse y avoir des effets d'optimum ou de plateau. Le test de significativité utilisé, est le test de Fischer (test F). On réalise aussi des tests de corrélations de variables de Pearson.

2. RÉSULTATS

Tout d'abord, on teste la corrélation entre les différents paramètres météorologiques que l'on a pris en compte pour la suite des tests réalisés. Les facteurs climatiques sont testés deux à deux avec une corrélation de Pearson (Tab.1):

		Température absolue	Différence à la normale	Vent	Couverture nuageuse	Humidité
Température absolue	Pente	-	-	-	-	-
	Pvalue	-	-	-	-	-
Différence à la normale	Pente	0.906	-	-	-	-
	Pvalue	<0.05 ***	-	-	-	-
Vent	Pente	NS	NS	-	-	-
	Pvalue	NS	NS	-	-	-
Couverture nuageuse	Pente	NS	NS	-0.202	-	-
	Pvalue	NS	NS	<0.05 ***	-	-
Humidité	Pente	-0.219	-0.16	NS	0.277	-
	Pvalue	<0.05 ***	<0.05 ***		<0.05 ***	

Tableau 1 : Pentes et Pvalues associées pour les corrélations significatives entre les facteurs météorologiques (NS = non significatif)

On constate que différentes variables sont corrélées donc on aurait pu faire les tests avec tous les facteurs environnementaux avec interaction des variables ici corrélées.

2.1 Température absolue :

Le premier facteur météorologique qui semblerait affecter la présence des Chiroptères lors des enregistrements est la température. En effet, tout d'abord, la température pourrait affecter la présence d'insectes : source principale d'alimentation pour les Chiroptères. Les insectes sont ectothermes : ils ne peuvent donc pas la réguler et leur corps suit donc la température ambiante. Et leur physiologie doit avoir un optimum pour être en activité. Donc, pour éviter d'aller chasser en vain, les Chiroptères ont tout intérêt à sortir lorsque la température est optimale pour la sortie des insectes. Ensuite, même si les Chiroptères sont homéothermes, ils peuvent avoir un optimum de chasse aussi. D'après la figure 1, on observe que la plupart des espèces ont été contactées le plus souvent dans une certaine gamme de température. On note donc bien une abondance d'espèces en chasse plus importante pour certaines températures. Cependant, on constate que la gamme est plus ou moins étendue en fonction des espèces. Par exemple pour la Pipistrelle commune, on observe une gamme de température plus importante que pour les autres espèces (entre 9 et 3 degrés Celsius). Les Pipistrelles de nathusius et de khul semblent suivre la même tendance malgré un pic d'abondance pour 10 degrés.

Cependant, les autres espèces semblent être présentes pour certaines températures exclusivement. La Barbastelle commune privilégie les températures de 15 et 25 degrés, la Noctule commune 23 degrés, la Pipistrelle pygmée 9 et 21 degrés et la Noctule de leisler 21-23 degrés.

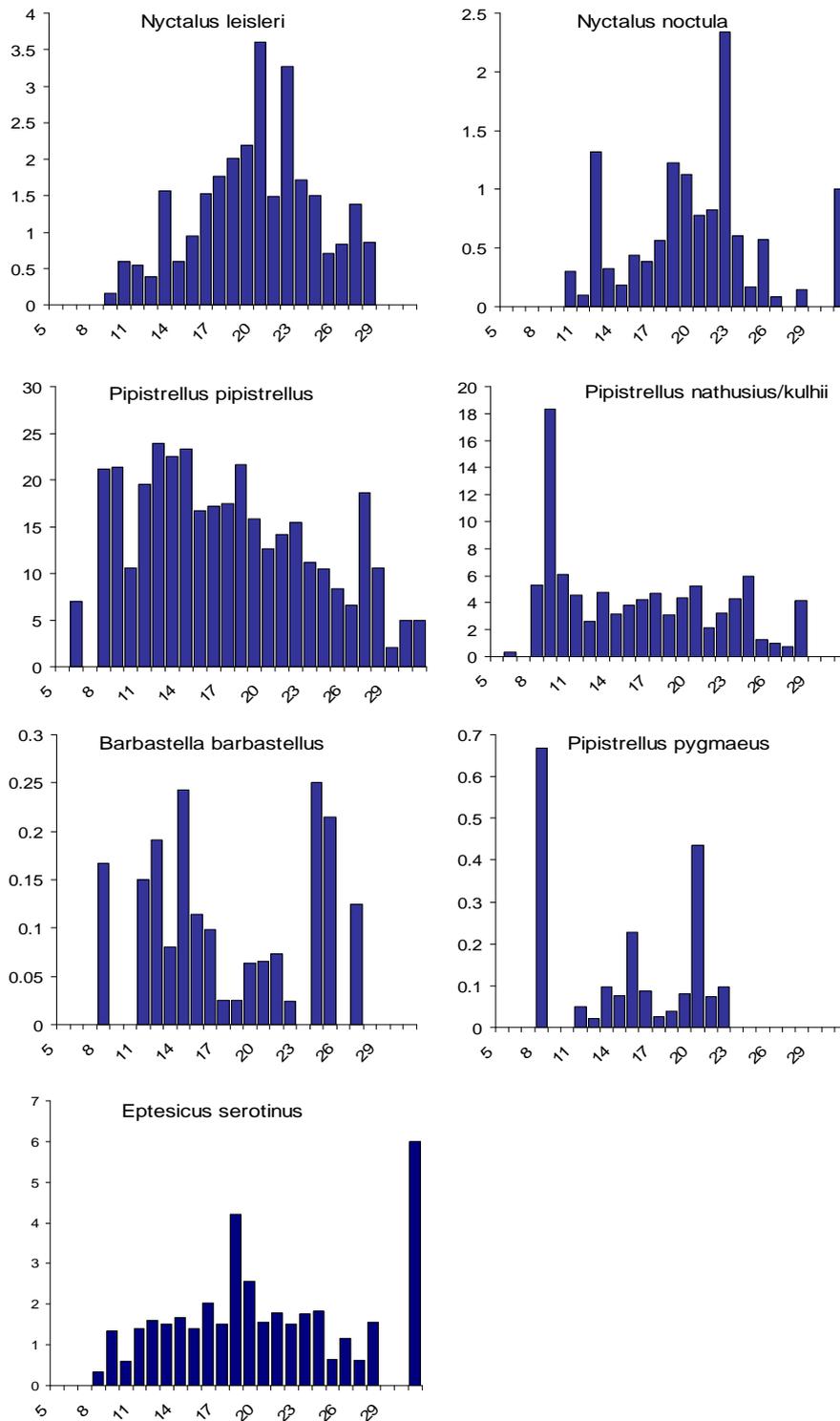


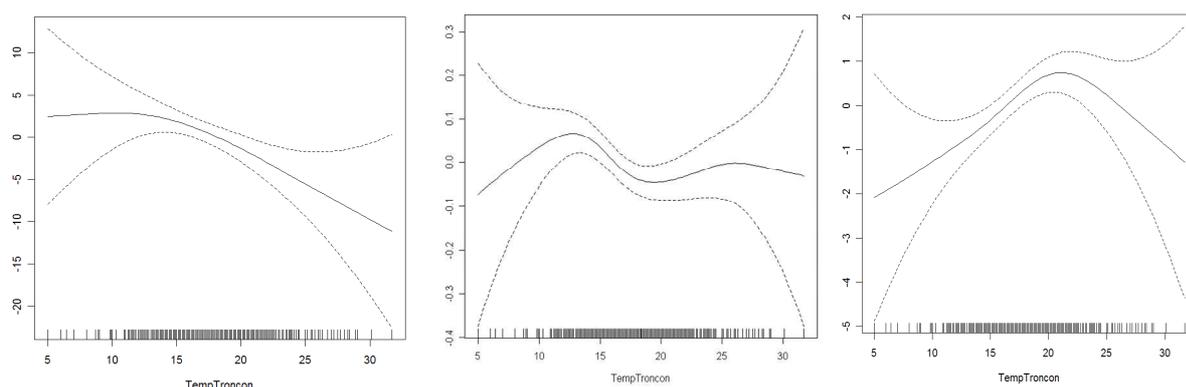
Figure 1 : Abondance d'individus contactés par espèce en fonction de la température absolue.

Un modèle linéaire généralisé est effectué afin de vérifier ces tendances (Tab.2) :

Espèce	Pente	Pvalue
Noctule commune	0.056	<0.05 ***
Pipistrelle de nathusius et de khul	0.197	<0.05 ***
Pipistrelle pygmée	-0.022	0.42
Pipistrelle commune	-0.035	<0.05 ***
Noctule de leisler	0.066	<0.05 ***
Barbastelle commune	-0.0739	0.01 *

Tableau 2 : Pente estimée et P-value associée pour chaque espèce contactée en ce qui concerne la température absolue.

On constate que pour la Pipistrelle pygmée la température n'explique pas significativement l'abondance d'individus contactés car la P-value est supérieure à 0,05. Cependant, pour d'autres, l'abondance est positivement corrélée à la température (Noctule commune, Pipistrelle de nathusius et de khul et Noctule de leisler) alors que les autres le sont négativement (Pipistrelle commune et Barbastelle commune). On note néanmoins que, malgré la significativité, les pentes sont faibles. En effet, on peut s'attendre à ce que l'influence de la température ne soit pas uniquement linéaire mais qu'il puisse y avoir des effets d'optimum ou de plateau. C'est pour cela que, pour confirmer la linéarité ou non des modèles, l'utilisation de Modèles Additifs Généralisés (GAM) est nécessaire. C'est ce que l'on peut voir dans la figure suivante (Fig. 2) :



Pipistrelle commune (P=0.0174)

Barbastelle commune (P=0.0546)

Noctule de leisler (P=0.00558)

Figure 2 : GAM des trois espèces ayant une Pvalue inférieure ou égale à 0,05.

Les lignes en pointillés correspondant à l'intervalle de confiance, on ne peut interpréter les courbes qu'au niveau où cet intervalle est le plus réduit. Pour la Pipistrelle commune, on note qu'entre 14 et 22 degrés, la température a un impact négatif sur l'abondance d'individus des

espèces contactées. Pour la Barbastelle commune, le résultat est le même entre 13 et 18 degrés, puis il semble y avoir un effet de plateau pour des températures supérieures et un optimum aux alentours de 13 degrés. A l'inverse, pour la Noctule de Leisler, on observe clairement un optimum aux alentours des 21 degrés. Pour les autres espèces les GAM ayant des P-values strictement supérieures à 0.05, on considère que l'effet linéaire seul est suffisant.

2.2. Température relative

La température absolue peut ne pas être la seule raison aux différences d'abondances d'individus des espèces contactées. En effet, si toute une saison de chasse est contrainte par une mauvaise température, les Chiroptères peuvent choisir de sortir chasser lorsque cette dernière est la moins défavorable de la saison alors que qu'ils ne sortiraient pas pour cette même température, lors d'une saison plus favorable. Il se trouve, par exemple, que l'année 2007 a été beaucoup plus froide que l'année 2006 au moment des enregistrements (Annexe 2). C'est pour cette raison que des recherches de normales saisonnières ont été effectuées et soustraites aux températures absolues. Cette soustraction ainsi réalisée, les tests précédents ont été faits de nouveau afin de pouvoir les comparer. Ainsi, on étudie l'abondance d'individus contactés en fonction de la différence à la normale saisonnière pour chaque espèce étudiée (Fig.3). De cette manière, la partie négative du graphe correspond à des températures en dessous de la normale saisonnière et la partie positive à des températures au dessus de la normale.

Dans ce cas, la Pipistrelle commune, la Noctule de Leisler, et les Pipistrelles de Nathusius et de Khul sont présentes sur une large gamme de températures que les trois autres espèces (Fig.3). Cependant, les Pipistrelles de Nathusius et de Khul, leurs abondances se répartissent plus dans la partie négative alors que celle de la Noctule de Leisler se répartit plus dans la partie positive. En ce qui concerne les trois autres, leurs abondances sont moins étalées. Elles se concentrent sur une faible portion du graphe. En effet, par exemple, pour la Barbastelle commune, on constate qu'une grande partie de l'abondance se situe dans la partie négative et en particulier, lorsque la température est de 2 et 7 degrés en dessous de la normale. Il en est de même pour la Pipistrelle pygmée, qui se concentre sur la partie négative et essentiellement lorsque la température correspond à la normale et lorsqu'elle lui est inférieure de 4 degrés. Par contre, l'abondance d'individus contactés est plus importante du côté positif pour la Noctule commune et surtout quand la température est de 3 et 6 degrés supérieure à la normale saisonnière.

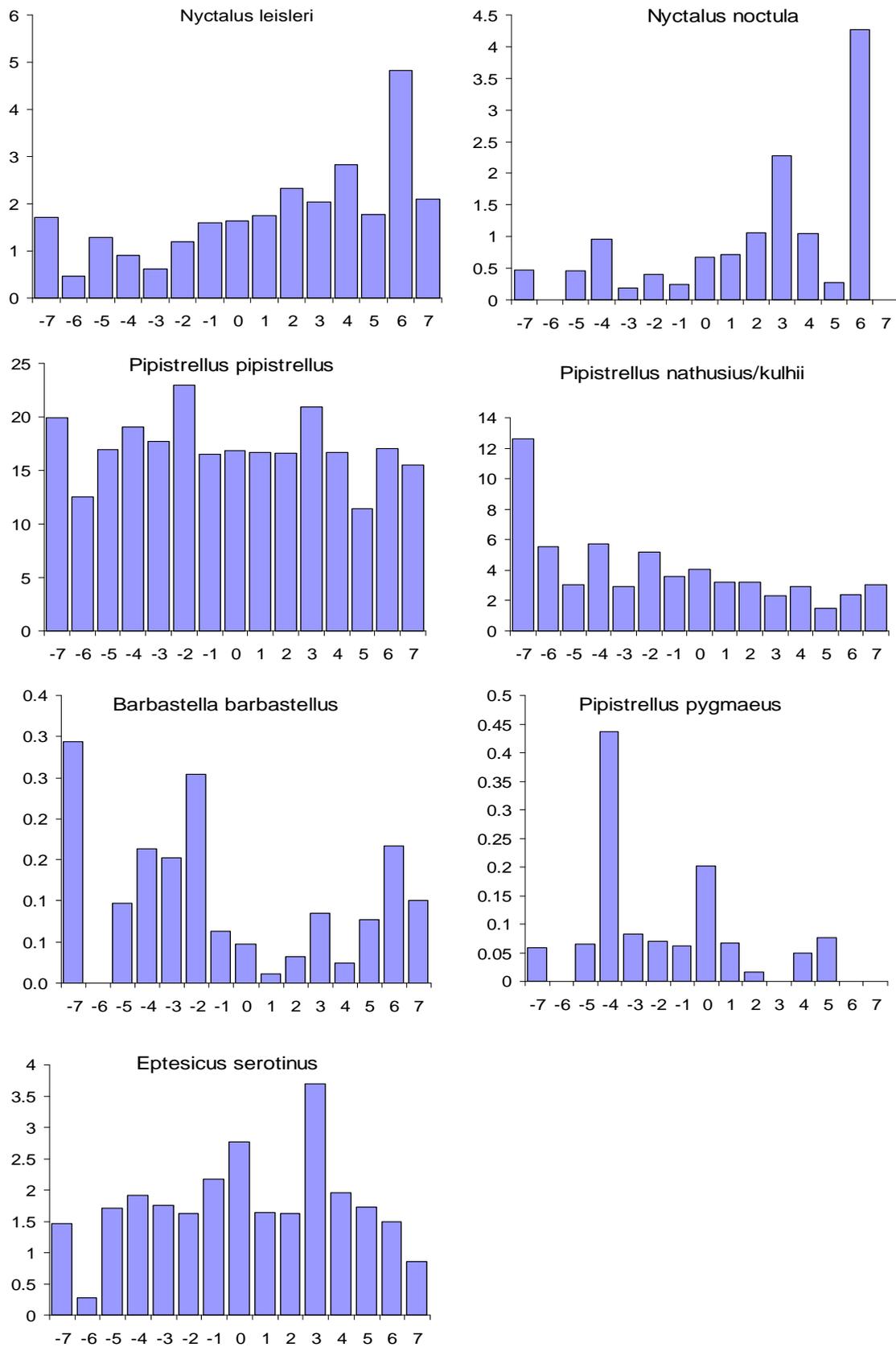


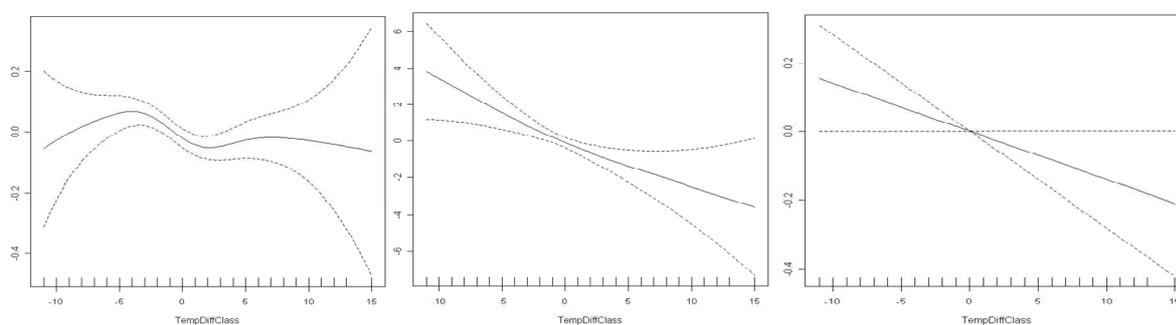
Figure 3 : Abondance d'individus contactés par espèce en fonction de la différence température absolue-normale saisonnière.

On doit malgré tout vérifier la significativité de ces tendances grâce à un Modèle Linéaire Généralisé (GLM). On obtient les résultats qui suivent dans la Figure 6 :

Espèce	Pente	Pvalue
Noctule de leisler	0.063	<0.05 ***
Pipistrelle commune	-0.006	<0.05 **
Noctule commune	0.079	<0.05 ***
Barbastelle commune	-0.088	< 0.05 *
Pipistrelle de nathusius et de khul	-0.079	<0.05 ***
Pipistrelle pygmée	-0.006	< 0.05 ***

Tableau 4 : Pente estimée et P-value associée pour chaque espèce contactée en ce qui concerne la température relative.

On observe que la température relative à la normale explique plus ou moins significativement l'abondance d'individus de chaque espèce contactée. Pour la Noctule de leisler et la Noctule commune, la pente est positive, c'est-à-dire que ces deux espèces sont plus présentes lorsque la température est au dessus de la normale saisonnière. Cependant, on observe tout l'inverse pour les autres même si le seuil de significativité n'est pas très important pour la Pipistrelle commune et la Barbastelle commune et que la pente est presque nulle pour la Pipistrelle commune et la Pipistrelle pygmée. De même que précédemment, on peut s'attendre à ce que l'influence de la température ne soit pas uniquement linéaire mais qu'il puisse y avoir des effets d'optimum ou de plateau. C'est pour cela que, pour confirmer la linéarité ou non des modèles, l'utilisation de Modèles Additifs Généralisés (GAM) est nécessaire. C'est ce que l'on peut voir dans la figure suivante (Fig. 4) :



Barbastelle commune (P=0.05) Pipistrelle de nathusius/khul (P=0.05) Pipistrelle pygmée (P=0.04)

Figure 4 : GAM des trois espèces ayant une Pvalue inférieure ou égale à 0.05.

De la même manière, on peut interpréter ces graphes qu'à l'endroit où l'intervalle de confiance est le plus faible. Pour la Barbastelle commune, on note qu'entre -2 et +1 degrés, l'abondance d'individus contactés diminue. Une température sous la normale saisonnière semble donc avoir un impact positif sur l'activité de chasse des Barbastelles communes avec un optimum lorsqu'elle lui est inférieure de 4 degrés. En ce qui concerne les Pipistrelles de nathusius et de khul, on observe que plus la température relative à la normale augmente, plus l'abondance d'individus contactés diminue. Ainsi, une température sous la normale a un effet positif sur l'activité des Pipistrelles de nathusius et de khul. Pour la Pipistrelle pygmée, on ne peut pas interpréter quant à l'effet de la température relative à la normale puisque les courbes d'intervalle de confiance se recoupent au niveau du point 0 où la température est égale à la normale. Pour les trois autres espèces les GAM ayant des P-values strictement supérieures à 0.05, on considère que l'effet linéaire seul est suffisant.

2.3. Tous les facteurs environnementaux

La question des autres facteurs environnementaux s'est ensuite posée. En effet, il est possible que les autres conditions environnementales pouvaient avoir un impact tout comme la température. Cependant certaines variables étant corrélées entre elles, (par exemple : la température absolue et la différence à la normale des températures) nous avons pour chaque espèce construit 2 modèles :

Un premier modèle avec la température absolue et le vent, la couverture nuageuse et l'interaction Vent/Couverture nuageuse.

Un second modèle avec la différence à la normale des températures et le vent, la couverture nuageuse, l'humidité et les interactions vent/couverture nuageuse, interaction : différence à la normale/humidité, humidité/Couverture nuageuse

Pipistrelle commune

Modèle 1 : Température absolue

Facteur	Pente	Pvalue
Température absolue	-0.046527	0.007447 *
Vent	0.337037	0.078844 .
Couverture nuageuse	0.266528	0.075985 .
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	-0.081500	0.227974

Modèle 2 : Différence à la normale

Facteur	Pente	Pvalue
Humidité	Positif	0.024863 *
Vent	Positif	0.072895 .
Couverture nuageuse	<i>Pas d'effet</i>	0.291555
Interaction : Différence à la normale/Humidité	Négatif	0.005886 **
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	<i>Pas d'effet</i>	0.202096
Interaction : Humidité/Couverture nuageuse	<i>Pas d'effet</i>	0.760454

Modèle différence à la normale a plus petit AIC

Tableau 5 : Pente estimée et P-value associée pour la Pipistrelle commune

Noctule de leisler

Modèle 1 : Température absolue

Facteur	Pente	Pvalue
Température absolue	0.066225	0.04809 *
Vent	0.366042	0.08681 .
Couverture nuageuse	0.276381	0.03830 *
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	-0.027219	0.83449

Modèle 2 : Différence à la normale

Facteur	Pente	Pvalue
Humidité	<i>Pas d'effet</i>	0.15232
Vent	<i>Pas d'effet</i>	0.07075 .
Couverture nuageuse	<i>Pas d'effet</i>	0.10811
Interaction : Différence à la normale/Humidité	<i>Pas d'effet</i>	0.39360
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	<i>Pas d'effet</i>	0.89409
Interaction : Humidité/Couverture nuageuse	Négatif	0.01353 *

Modèle différence à la normale a le plus petit AIC

Tableau 6 : Pente estimée et P-value associée pour la Noctule de Leisler

Noctule commune

Modèle 1 : Température absolue

Facteur	Pente	Pvalue
Température absolue	0.04591	0.3767
Vent	-0.64405	0.5334
Couverture nuageuse	-0.17039	0.2901
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	0.19241	0.4043

Modèle 2 : Différence à la normale

Facteur	Pente	Pvalue
Humidité	<i>Pas d'effet</i>	0.436787
Vent	<i>Pas d'effet</i>	0.468798
Couverture nuageuse	<i>Pas d'effet</i>	0.309946
Interaction : Différence à la normale/Humidité	Négatif	0.040930 *
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	<i>Pas d'effet</i>	0.189829
Interaction : Humidité/Couverture nuageuse	Négatif	0.001882 **

Modèle différence à la normale a le plus petit AIC

Tableau 7 : Pente estimée et P-value associée pour la Noctule commune

Barbastelle d'Europe

Modèle 1 : Température absolue

Facteur	Pente	Pvalue
Température absolue	-0.074572	0.11087
Vent	-0.558256	0.05129 .
Couverture nuageuse	0.170634	0.24434
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	0.007931	0.97072

Modèle 2 : Différence à la normale

Facteur	Pente	Pvalue
Différence à la normale	0.252110	0.09003 .
Humidité	0.003405	0.99353
Vent	-0.516017	0.05732 .
Couverture nuageuse	0.567643	0.21330
Interaction : Différence à la normale/Humidité	-0.004879	0.18902
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	-0.001895	0.99307
Interaction : Humidité/Couverture nuageuse	-0.004805	0.66818

Modèle température absolue a le plus petit AIC

Tableau 8 : Pente estimée et P-value associée pour la Barbastelle d'Europe

Pipistrelle de nathusius/khulii

Modèle 1 : Température absolue

Facteur	Pente	Pvalue
Température absolue	-0.052228	0.024281 *
Vent	-0.393782	0.003597 **
Couverture nuageuse	-0.179861	0.026990 *
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	-0.013530	0.917460

Modèle 2 : Différence à la normale

Facteur	Pente	Pvalue
Différence à la normale	-0.1447977	0.001876 **
Humidité	-0.0022679	0.326160
Vent	-0.3714209	0.005621 **
Couverture nuageuse	0.0207568	0.068839 .

Interaction : Différence à la normale/Humidité	0.0009939	0.593558
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	-0.0156391	0.906223
Interaction : Humidité/Couverture nuageuse	-0.0022445	0.763791

Modèle différence à la normale a le plus petit AIC

Tableau 9 : Pente estimée et P-value associée pour Pipistrelle de nathusius/khulii

Pipistrelle pygmée

Modèle 1 : Température absolue

Facteur	Pente	Pvalue
Température absolue	-0.001084	0.98855
Vent	0.233081	0.03833 *
Couverture nuageuse	1.061919	0.51182
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	-0.619182	0.15341

Modèle 2 : Différence à la normale

Facteur	Pente	Pvalue
Différence à la normale	0.175118	0.04742 *
Humidité	0.006257	0.25260
Vent	0.435691	0.01667 *
Couverture nuageuse	2.742792	0.22838
Interaction : Différence à la normale/Humidité	-0.004739	0.36396
Interaction : Vent/Couverture nuageuse	-0.720137	0.05728 .
Interaction : Humidité/Couverture nuageuse	-0.019938	0.21454

Modèle différence à la normale a le plus petit AIC

Tableau 10 : Pente estimée et P-value associée pour Pipistrelle pygmée

Le facteur qui semble avoir le plus d'effet sur l'activité de chasse est globalement la Température.

2.4. Différence entre les passages

Dans ce protocole d'enregistrement, deux passages sont effectués. Les contraintes n'étant pas les mêmes pour les espèces entre le premier et le deuxième passage, on peut se demander si la température a le même effet pour ces deux passages. En effet, lors du premier passage, entre la mi-juin et la mi-juillet, les Chiroptères sont en pleine période d'allaitement des jeunes alors qu'au deuxième passage, entre la mi-août et la fin septembre, les jeunes sont émancipés. Cette différence semble tendre vers l'hypothèse que la sortie pour la chasse est bien plus nécessaire, et donc plus indifférentes à la température, au premier passage qu'au deuxième car il y a plus de bouches à nourrir au premier. Le test des températures relatives à la normale a donc été effectué pour le premier, puis pour le deuxième passage.

Espèce	Passage 1		Passage 2	
	Pente	Pvalue	Pente	Pvalue
Pipistrelle commune	0.3805596	0.71257	0.1729260	0.458558
Noctule de leisler	0.413462	0.007662 **	0.220681	0.86174
Noctule commune	0.681994	0.018291 *	0.451768	0.1189953
Barbastele commune	0.259330	0.4938	-0.0883938	0.08746 .
Pipistrelle de nathusius/khul	0.4806720	0.005555 **	-0.5304662	0.044802 *
Pipistrelle pygmée	0.325846	0.10722	-0.021375	0.069148 .

Tableau 11: Pente estimée et Pvalue associée pour chaque espèce contactée en ce qui concerne la température relative pour le premier et le deuxième passage.

L'hypothèse n'est pas confirmée avec nos données. En effet, on note que les pentes estimées sont plus fortes en valeur absolue au premier passage qu'au deuxième alors que si l'hypothèse était validée, la pente estimée au premier passage devrait tendre plus vers 0 (c'est-à-dire pas d'effet de la température) que celle au deuxième passage. On s'aperçoit tout de même que pour trois des espèces la tendance de l'effet de la température sur l'abondance d'individus contactés s'inverse entre le premier et le deuxième passage.

2.5 Indices de spécialisation

Après tout ces tests et afin de déterminer si certaines des espèces de Chiroptère étudiées ont plus de préférences vis-à-vis de certaines conditions météorologiques et en particulier pour la température, on peut calculer l'indice de spécialisation des espèces. Il s'agit de pouvoir comparer les différentes espèces vis-à-vis de la contrainte thermique. En effet, plus leur indice de spécialisation (Julliard & Clavel, 2006) est élevé, moins les individus de cette espèce chassent pour de grandes gammes de température. Pour estimer cet indice de spécialisation de

l'espèce selon la température, on calcule le coefficient de variation C de l'abondance des espèces selon les classes de températures de la manière suivante :

$$C = \text{écart type/moyenne}$$

Ces calculs ont été effectués pour chaque espèce : pour la température absolue, d'où l'Indice de Spécialisation à la Température Absolue (ISTA), pour la différence à la normale, d'où l'Indice de Spécialisation à l'écart à Température Normale (ISTN) et pour l'habitat (Léa Dufrene Master EBE 1 2009), d'où l'Indice de Spécialisation à l'Habitat (ISH).

Après ces calculs, on trouve les résultats présentés pour chaque espèce étudiée dans le tableau suivant (Tab.12) :

Espèce	ISTA	ISTN	ISH
Pipistrelle pygmée	1,48	1,41	1,79
Noctule commune	0,93	1,27	0,54
Barbastelle d'Europe	0,86	0,83	2,04
Noctule de leisler	0,60	0,58	0,95
Sérotine commune	0,50	0,43	1,49
Pipistrelle de nathusius/khul	0,44	0,65	0,75
Pipistrelle commune	0,33	0,17	1,58

Tableau12 : Indice de Spécialisation à la Température Absolue (ISTA), Indice de Spécialisation à l'écart à la Température Normale (ISTN) et Indice de Spécialisation à l'Habitat (ISH) pour chaque espèce.

Ces résultats donnent un classement de l'espèce la plus spécialiste à la moins spécialiste pour les trois cas. On constate que les espèces les plus spécialistes, en ce qui concerne la température absolue, sont la Pipistrelle pygmée et la Noctule commune alors que la Pipistrelle commune est plutôt généraliste vis-à-vis de la température absolue. Il en est de même pour la différence à la normale. En ce qui concerne l'habitat, l'espèce la plus spécialiste est la Barbastelle commune alors que la plus généraliste est la Noctule commune. La relation entre les indices semblait intéressante. On a donc établi les trois relations possibles entre ces trois indices de spécialisation dans la figure suivante (Fig. 5a,b,c).

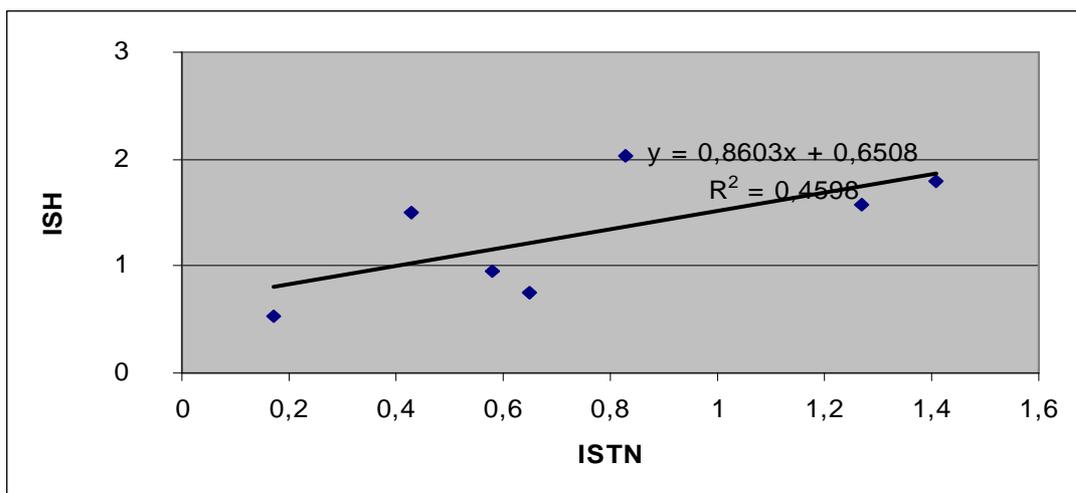
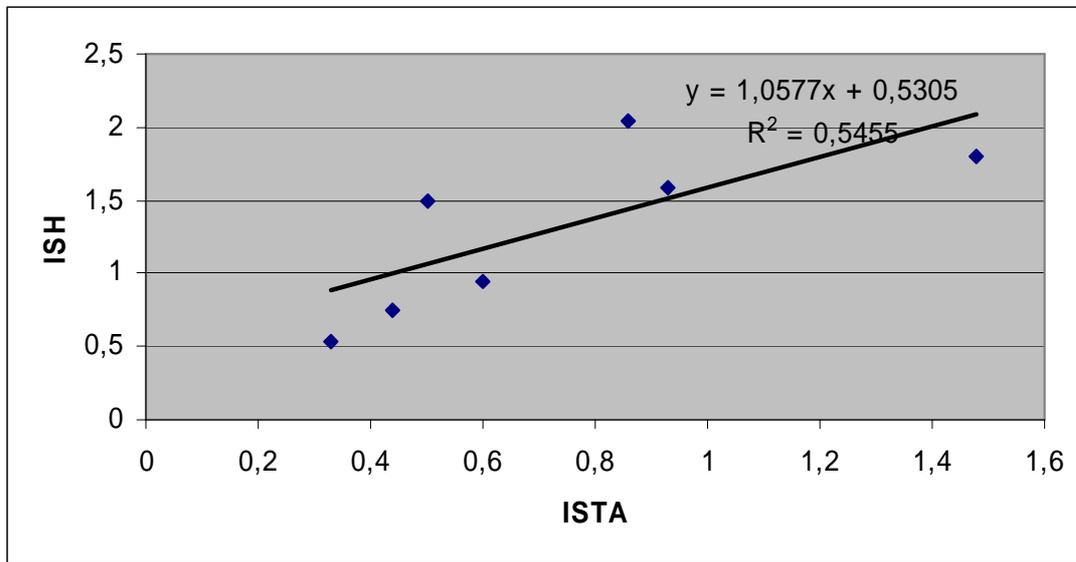
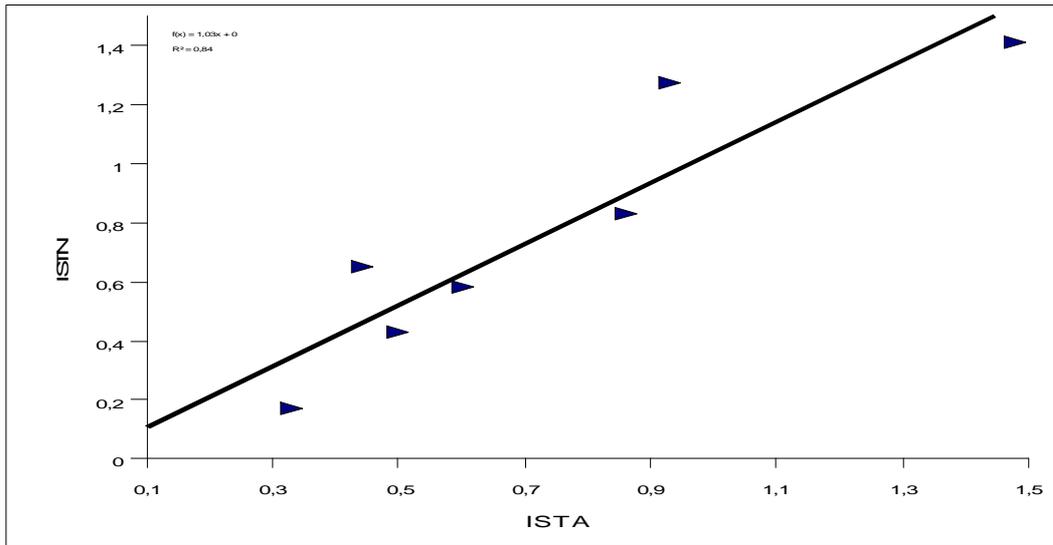


Figure 5 : a. Relation entre ISTA et ISTN, b. Relation entre ISTA et ISH et c. Relation entre ISTN et ISH.

On observe des relations positives entre tous ces indices. Cependant, des tests de corrélation de Pearson ont été réalisés pour le prouver significativement. Les résultats sont regroupés dans le tableau (Fig. 5) qui suit :

	Pente	Pvalue
Corrélation ISTA/ISTN	0.917	0.004 **
Corrélation ISTA/ISH	0.739	0.058 .
Corrélation ISTN/ISH	0.678	0.099 .

Tableau 13 : Pentés et Pvalues pour les corrélations entre les trois indices.

On observe une corrélation positive très nette et significative entre l'Indice de Spécialisation à la Température Absolue (ISTA) et l'Indice de Spécialisation à l'écart à la Température Normale (ISTN). Pour les deux autres corrélations (avec l'Indice de Spécialisation à l'Habitat (ISH)), les valeurs sont à la limite de la significativité au seuil de 0.05 mais attestent, néanmoins, d'une tendance positive.

3. DISCUSSION :

3.1. Pipistrelle commune

Son abondance a été détectée sur une large gamme de température et elle est significativement expliquée par la température absolue de manière négative. Le Modèle Additif Généralisé vient ajuster ce résultat en montrant qu'elle l'est particulièrement entre 14 et 22 degrés. Et lorsque l'on soustrait la normale saisonnière à ces températures, on constate que l'abondance d'individus contactés est plus importante quand la température passe sous la normale. Ainsi, on montre que la Pipistrelle préfère chasser à une température plus basse que la moyenne. Le test statistique vient prouver cette conclusion. Le vent, la couverture nuageuse et l'humidité ont un impact positif sur l'abondance d'individus contactés : ce qui peut paraître contradictoire car le vent nuit à la transmission et à la réception des cris d'écholocation c'est-à-dire à la précision et donc à l'efficacité de chasse (Ciechanowski, M., *et al*, 2007). La couverture nuageuse peut être un moyen de se cacher des prédateurs en cas de pleine lune. Par contre, on ne peut conclure quant à la différence entre les deux passages puisque pour le deuxième, l'effet de la température n'est pas significatif. L'indice de spécialisation de la Pipistrelle commune est le plus faible : cela fait d'elle une espèce de Chiroptère relativement

généraliste en ce qui concerne la température. C'est d'ailleurs parfaitement expliqué par sa large répartition dans toute l'Europe (Annexe 3).

3.2. Les Pipistrelles de nathusius et de khul

On rappelle que leurs abondances sont sommées car elles sont difficilement distinguables l'une de l'autre par les observateurs peu expérimentés. En ce qui concerne la température absolue, ces Pipistrelles chassent sur une large gamme de température. De plus, statistiquement, l'abondance d'individus contactés est positivement expliquée par la température. Cependant, lorsque l'on soustrait la normale à la température, on s'aperçoit d'une plus forte abondance détectée dans la partie négative et donc lorsque la température est inférieure à la normale. Ce qui est prouvé par le test statistique. Cela atteste du fait que de températures en dessous de la normale leur sont bénéfiques. Lorsque l'on prend toutes les données météorologiques disponibles pour le modèle : on retrouve les résultats précédents pour la température absolue et la différence à la normale. On constate notamment que le vent, la couverture nuageuse et l'humidité ont un impact négatif sur l'abondance détectée. Cela peut s'expliquer par le fait que le vent diminue l'efficacité de chasse de ces Chiroptères et que l'humidité diminue la sortie des insectes dont ils se nourrissent (Zahn, A., *et al*, 2007). Lorsque l'on considère les deux passages séparément, on constate que l'effet est le même, c'est-à-dire que la température relative explique négativement l'abondance détectée. Cependant, l'hypothèse selon laquelle le premier passage est plus contraint par l'allaitement des jeunes et donc oblige les Chiroptères à chasser même si les conditions sont défavorables, n'est pas vérifiée. En effet, la pente n'est pas moins forte au premier passage qu'au deuxième. Il semblerait donc que l'allaitement n'est pas plus contraignant que la période où les jeunes sont émancipés. Certains articles montrent que cette hypothèse n'est vérifiée (Ciechanowski, M., *et al*, 2007.). En ce qui concerne leur indice de spécialisation, on note qu'il est assez faible en comparaison avec celui des autres : ce sont donc des espèces peu spécialistes pour la température. Cependant, leur répartition, de l'une quant à l'autre, est relativement restreinte. En effet, la Pipistrelle de nathusius est localisée en Europe centrale (hors nord et Péninsule Ibérique) et on retrouve la Pipistrelle de khul dans la partie sud de l'Europe (Annexe 3). On peut certainement l'expliquer par le fait que les deux soient prises en compte ensemble.

3.3. La Noctule de leisler

L'abondance de cette espèce a été détectée sur une gamme de température relativement importante. Les tests statistiques montrent une corrélation positive entre cette abondance et la température absolue. D'ailleurs, un Modèle Additif Généralisé vient ajuster le modèle et confirme un optimum aux alentours des 21 degrés. Lorsque la normale saisonnière est soustraite, le maximum d'abondance est détecté pour des températures plus élevées que la normale. Ce qui est prouvé significativement par les tests statistiques. Ainsi, la présence probable d'un plus grand nombre d'insectes lors de températures plus chaudes peut expliquer ce phénomène. Lorsque toutes les variables météorologiques sont prises en compte, l'effet de la température absolue est confirmé alors que l'on perd la significativité de la différence à la normale. Les autres facteurs expliquent significativement, et de manière positive, l'abondance détectée de cette espèce. Ce qui est contradictoire avec l'efficacité d'écholocation. Certains insectes seraient agglomérés grâce au vent (Ciechanowski, M., *et al*, 2007). Par ailleurs, l'hypothèse du premier passage contraint n'est pas validée par cette espèce. En effet, même si la pente est positive pour les deux passages, elle n'est pas moindre pour le premier passage pour autant. Concernant l'indice de spécialisation, sa valeur est moyenne et atteste bien de sa répartition : elle se trouve partout en Europe sauf en Bretagne et une partie de l'Espagne.

4. La Noctule commune

Cette espèce semble ne privilégier que quelques températures (13 et 23 degrés). Cependant, les tests statistiques confirment un effet positif de la température absolue sur l'abondance détectée. Lorsque l'on confronte cette température à la normale, on constate qu'un maximum d'abondance se situe du côté positif et donc où la température est supérieure à la normale. La pente du test significatif prouve cette tendance. De même, une présence plus importante de nourriture à ces températures peut être à l'origine de ce résultat. Cependant, même si le résultat sur la différence à la normale est confirmé par le modèle intégrant tous les facteurs climatiques, celui sur la température absolue ne l'est pas (tests avec interactions nécessaires). De plus, la couverture nuageuse explique positivement l'abondance alors que le vent l'explique négativement. La couverture nuageuse peut être, dans un certain sens, positif à la chauve-souris pour éviter une éventuelle prédation (clair de lune par exemple) alors que le vent diminue son efficacité d'écholocation. Au sujet de la différence entre les deux passages, on trouve bien une différence mais elle ne réside pas dans le fait que le premier passage est plus contraint mais dans le fait que le signe de l'effet de la température s'inverse entre les

deux : il se peut éventuellement qu'une autre contrainte s'y ajoute. La Noctule commune a un assez fort indice de spécialisation : ce qui montre que c'est une espèce spécialisée quant à la température. Malgré cela, elle se retrouve dans une grande partie de l'Europe (hors Péninsule Ibérique). On peut certainement l'expliquer par son indice de spécialisation à l'habitat assez moyen.

5. La Pipistrelle pygmée

L'abondance de cette espèce semble se détecter en grande majorité, lors de température égale à 9 et 21 degrés. Cependant, le test statistique ne montre pas de tendance significative quant à la distribution de l'abondance détectée vis-à-vis de la température : cette espèce serait donc indifférente aux variations de température. Lorsque la différence à la normale est effectuée, on note un effet significatif et négatif de la température relative. Seulement, la pente est presque nulle. Cependant, lorsque le modèle prend en compte tous les facteurs climatiques, cette pente augmente un peu en valeur absolue : cela voudrait donc dire qu'elle part chasser pour des températures un peu inférieures à la normale. De plus, le vent a un impact significativement négatif, la couverture nuageuse un impact positif et il n'y a pas de significativité pour l'humidité. On peut donner les mêmes explications pour l'impact négatif du vent et celui positif de la couverture nuageuse. On ne peut toujours pas valider l'hypothèse de la moindre influence de la température pour le premier passage car la pente n'est pas inférieure pour le premier passage. En ce qui concerne l'indice de spécialisation, on constate qu'il est le plus fort de toutes les espèces : c'est donc la plus spécialiste vis-à-vis de la température mais aussi au niveau habitat. En effet, elle est très localisée sur certaines régions de l'Europe, notamment l'Angleterre, la Péninsule Ibérique et l'Europe de l'Est (Annexe 3).

6. La Barbastelle d'Europe

Cette espèce a été le moins contactée au cours des trois années d'enregistrements et elle est menacée dans la catégorie vulnérable sur la Liste Rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). C'est pour cela que malgré les effets significatifs de certains paramètres, on peut émettre une réserve à cause du faible échantillonnage.

La Barbastelle d'Europe semble être détectée le plus abondamment pour la température de 15 et 25 degrés. Cependant, le test statistique montre significativement l'effet négatif de la température vis-à-vis de l'abondance d'individus détectés. Mais, un Modèle Additif Généralisé, qui ajuste avec des effets d'optimum et de plateau, désigne un optimum aux

alentours de 13 degrés puis un plateau pour des températures bien supérieures. Le test de la différence à la normale montre de manière peu significative que la température relative explique négativement l'abondance détectée. Le Modèle Additif Généralisé atteste de la faible diminution de l'abondance mais pas suffisamment pour en être sûr. Lorsque l'on prend en considération tous les facteurs météorologiques, on n'observe pas de significativité sauf peut-être le vent qui a un impact négatif sur l'abondance détectée. Certainement par le fait que l'écholocation est moins efficace. En ce qui concerne la différence entre les deux passages, cette espèce est la seule qui semble valider l'hypothèse de la contrainte du premier passage mais les effets de la température n'étant pas significatif pour le premier passage et peu pour le deuxième : l'hypothèse n'est pas validée. Par contre, on note que cette espèce a un fort indice de spécialisation : elle est donc spécialiste de la température. Elle est pourtant assez bien répartie en Europe mais toujours sur une même latitude (Annexe 3). Elle est, notamment la plus spécialiste au niveau habitat.

6. CONCLUSION

Selon la bibliographie, l'importance des paramètres climatiques autres que la température, reste peu claire et requiert d'autres études. En effet, il ya beaucoup de contradictions quant à l'effet du vent, de la couverture nuageuse, de l'humidité, etc. entre les publications. Dans cette étude, on s'est aperçu que chaque espèce semblait réagir différemment à ces conditions climatiques mais les raisons de ces réactions à ces facteurs restent à élucider. Est-ce une réaction physiologique? Une anticipation de l'abondance d'insectes pour éviter des pertes d'énergies inutiles?

De même, l'hypothèse des contraintes liées à l'allaitement ne se confirme pas pour aucune des espèces étudiées. Les articles sont aussi contradictoires à ce sujet.

Par contre, en ce qui concerne la spécialisation des espèces, les résultats sont intéressants du point de vue de la conservation. En effet, chaque espèce occupe dans l'habitat une niche écologique qui lui est propre et qui définit la place et le rôle unique qu'elle a dans l'écosystème. La niche représente un ensemble de facteurs (habitat, conditions climatiques, régime alimentaire) qui délimitent les conditions optimales de survie dans le long terme pour l'espèce donnée. Selon l'étendue de leur niche, les espèces sont qualifiées de spécialiste ou de généraliste. Les espèces spécialisées sont adaptées à des conditions particulières et ont une niche étroite. Elles sont donc plus sensibles aux modifications du milieu. Tandis que les

espèces généralistes sont moins exigeantes pour leurs conditions de vie. On peut donc imaginer que les plus spécialistes sont des bons indicateurs de la biodiversité de par leur sensibilité au milieu. Ainsi, pour analyser les tendances dans le temps, il faut prendre en compte l'effet de la température sur l'activité de chasse et donc faire un modèle de la variation d'abondance en fonction de la température et de l'évolution au cours des années. Il faut donc poursuivre le programme de suivi des Chiroptères.

Cependant, notre indice de spécialisation est effectué en fonction de l'abondance totale (en France) des espèces de Chiroptères. On peut se demander si le fort indice de spécialisation à la température de la Pipistrelle pygmée ne vient pas du fait qu'elle est présente en France qu'en région méditerranéenne et donc se poser la question de faire un indice de spécialisation régional qui pourrait mieux attester de la spécialisation des espèces.

Enfin, au sujet du réchauffement climatique, on peut se poser la question de l'habitat pour les Chiroptères. En effet, il a été montré que le chêne vert (*Quercus ilex*) progressait avec le réchauffement climatique et qu'à l'inverse le hêtre commun (*Fagus sylvatica*) régressait. Ce possible changement d'habitat pourrait être problématique pour les espèces de chauves-souris forestières qui n'auront plus de gîtes puisque les arbres jeunes en seront dépourvus.

Ainsi, plusieurs angles d'études sont possibles pour établir des indices de biodiversité.

BIBLIOGRAPHIE

Sites consultés :

<http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/ema/species>

<http://www2.mnhn.fr/vigie-nature>

<http://www.infoclimat.fr>

<http://www.actualites-news-environnement.com/19280-count-down-2010-an-preserver-biodiversite.html>

http://www.inra.fr/presse/quelles_forets_en_france_en_2100

http://abiris.snv.jussieu.fr/chiropteres/cle/cle_genre.html

Références bibliographiques :

Balmford, A., P. Crane, A.P. Dobson, R.E. Green & G.M. Mace. (2005). The 2010 challenge: data availability, information needs, and extraterrestrial insights. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 360: 221-228.

Ciechanowski, M., Zajac, T., Bilas, A. & Dunajski, R., (2007). Spatiotemporal variation in activity of bat species differing in hunting tactics : effects of weather, moonlight, food abundance and structural clutter. *Canadian Journal of Zoology*, 85(12) : 1249-1263

Jiguet, F. & Julliard, R. (2005). Inferences from Common Species Communities for Selecting Conservation Areas. *Biodiversity and Conservation*.

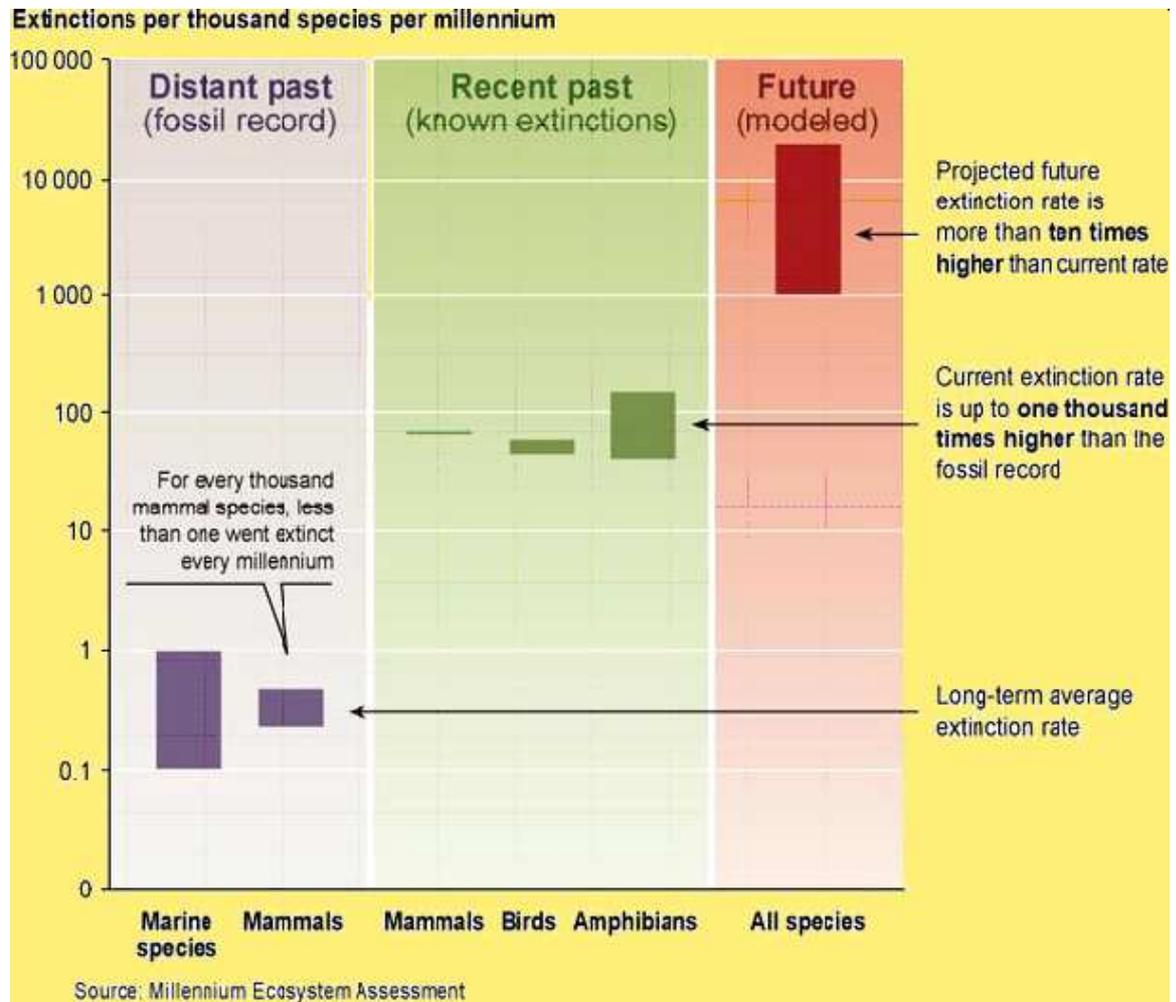
Julliard, R., Clavel, J., Devictor, V., Jiguet, F. & Couvet, D. (2006). Spatial segregation of specialists and generalists in bird communities. *Ecology Letters*, 9: 1237-1244.

Zahn, A., Rogrigues, L., Rainho, A. & Palmerim, J. M., (2007). Critical times of the year for *Myotis myotis*, a temperate zone bat : roles of climate and food resources. *Acta Chiropterologica*, 9(1) : 115-125.

ANNEXES

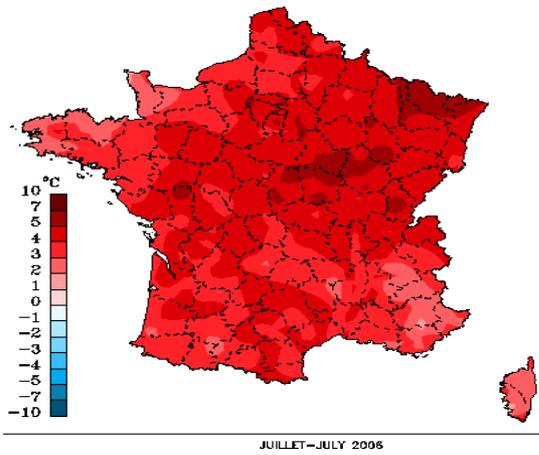
Annexe 1

Taux d'extinction d'espèces passé, présent et prédictions :

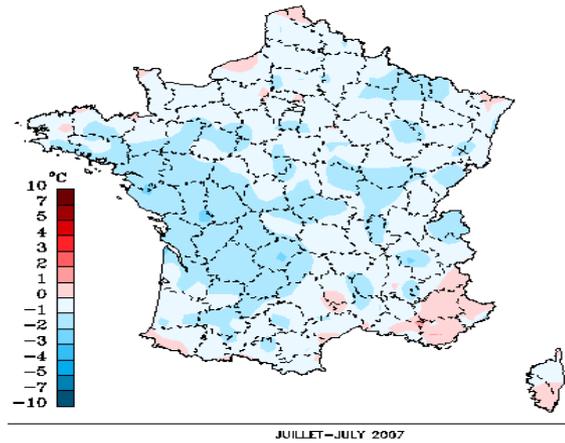


Annexe 2

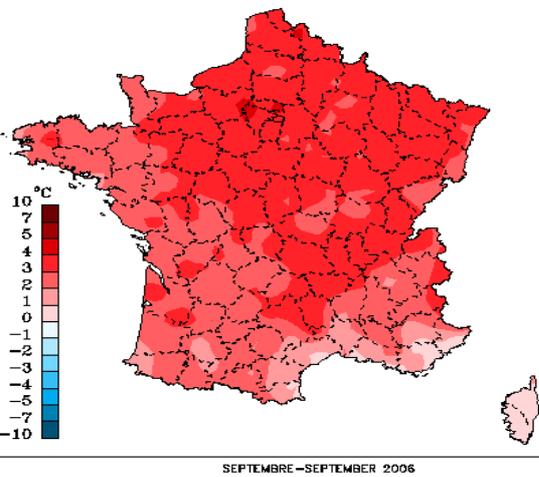
Cartes de températures de juillet et septembre 2006 et 2007 :



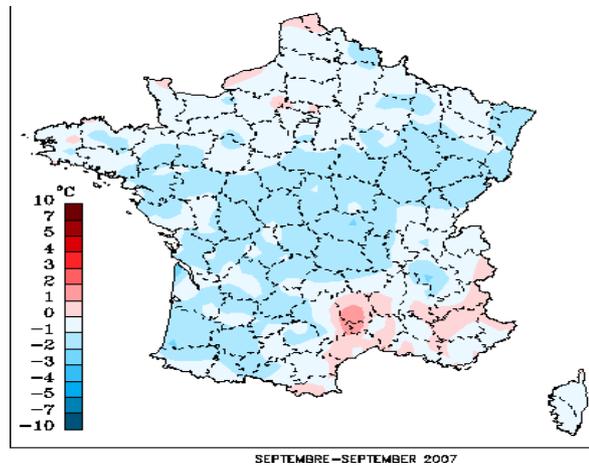
Juillet 2006



Juillet 2007



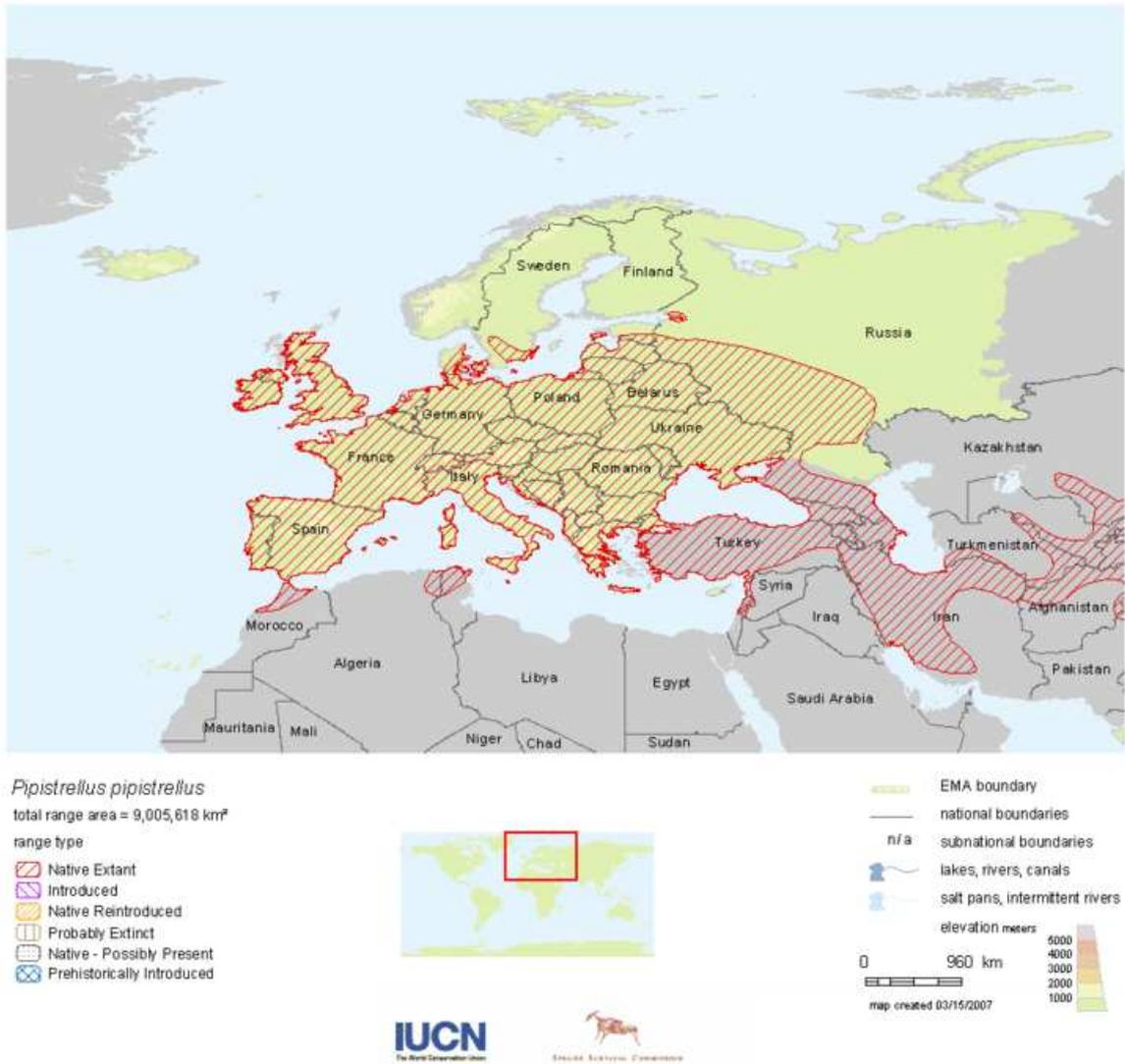
Septembre 2006



Septembre 2007

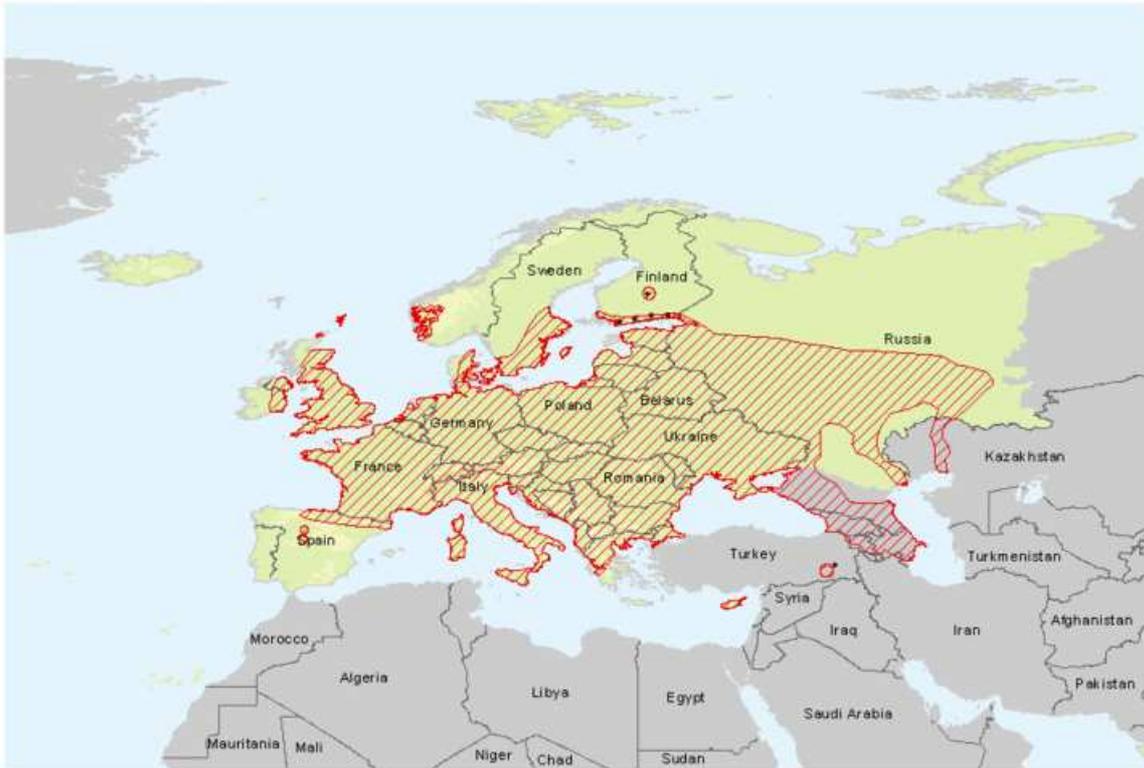
Annexe 3

Répartition des espèces :



Répartition de la Pipistrelle commune





Pipistrellus nathusii
 total range area = 5,905,508 km²
 range type

- Native Extant
- Introduced
- Native Reintroduced
- Probably Extinct
- Native - Possibly Present
- Prehistorically Introduced



- EMA boundary
- national boundaries
- subnational boundaries
- lakes, rivers, canals
- salt pans, intermittent rivers

elevation meters

0 1,000 km

map created 03/14/2007



Répartition de la Pipistrelle de nathusius





Pipistrellus kuhlii
 total range area = 9,370,831 km²
 range type
 Native Extant
 Introduced
 Native Reintroduced
 Probably Extinct
 Native - Possibly Present
 Prehistorically Introduced



EMA boundary
 national boundaries
 n/a subnational boundaries
 lakes, rivers, canals
 salt pans, intermittent rivers
 elevation meters
 0 1,000 km
 5000
 4000
 3000
 2000
 1000
 map created 03/14/2007



Répartition de la Pipistrelle de khul





Nyctalus leisleri
 total range area = 5,075,279 km²
 range type

- Native Extant
- Introduced
- Native Reintroduced
- Probably Extinct
- Native - Possibly Present
- Prehistorically Introduced



- EMA boundary
- national boundaries
- subnational boundaries
- lakes, rivers, canals
- salt pans, intermittent rivers

elevation meters

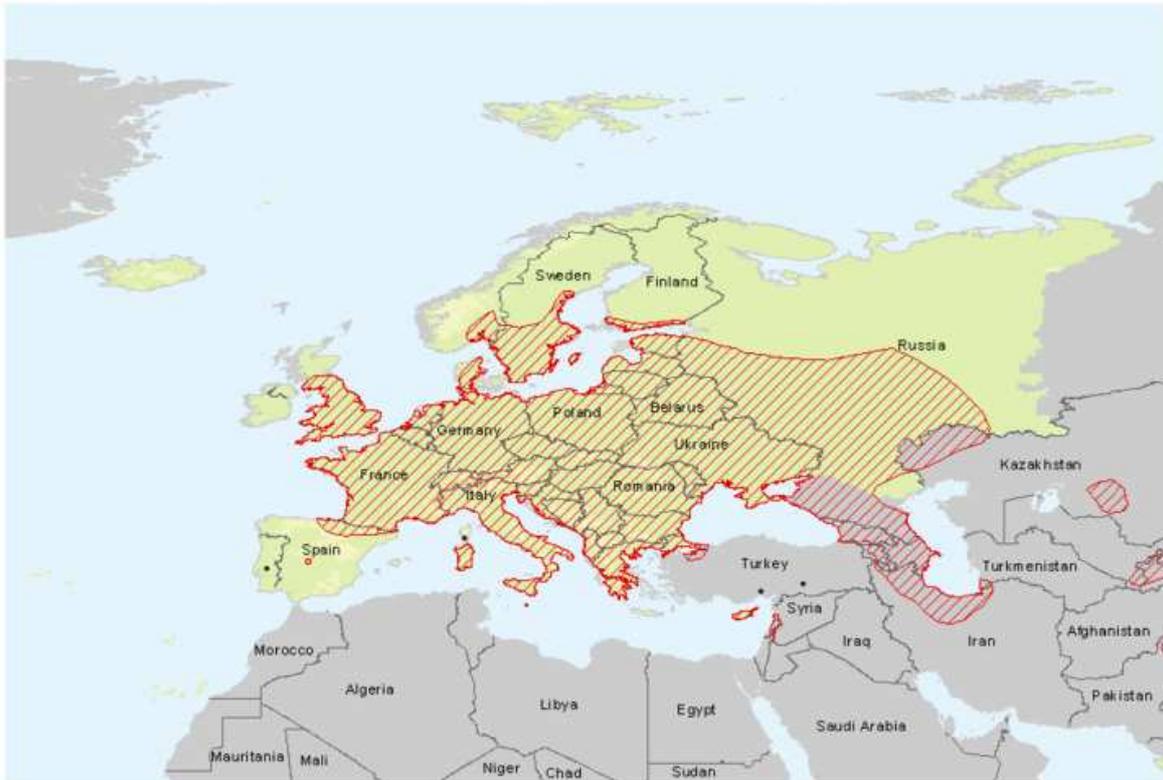
0 1,000 km

map created 03/14/2007



Répartition de la Noctule de leisler





Nyctalus noctula
 total range area = 7,838,905 km²
 range type

- Native Extant
- Introduced
- Native Reintroduced
- Probably Extinct
- Native - Possibly Present
- Prehistorically Introduced



- EMA boundary
- national boundaries
- subnational boundaries
- lakes, rivers, canals
- salt pans, intermittent rivers

elevation meters

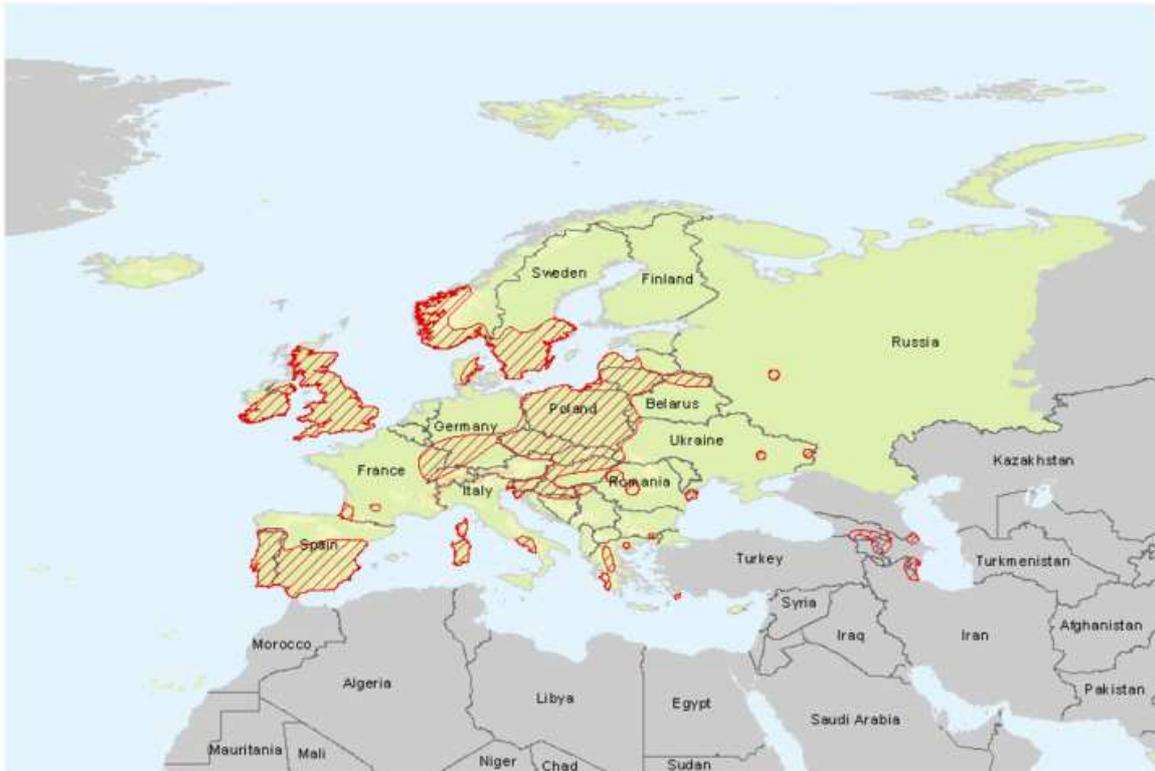
0 1,000 km

map created 03/14/2007



Répartition de la Noctule commune





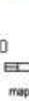
Pipistrellus pygmaeus

total range area = 1,940,819 km²

range type

-  Native Extant
-  Introduced
-  Native Reintroduced
-  Probably Extinct
-  Native - Possibly Present
-  Prehistorically Introduced



-  EMA boundary
 -  national boundaries
 -  n/a subnational boundaries
 -  lakes, rivers, canals
 -  salt pans, intermittent rivers
 -  elevation meters: 5000, 4000, 3000, 2000, 1000
- 0 960 km
- map created 03/15/2007

IUCN
The World Conservation Union



Répartition de la Pipistrelle pygmée



© Jeroen van der Kooij



Barbastella barbastellus

total range area = 3,647,876 km²

range type

- Native Extant
- Introduced
- Native Reintroduced
- Probably Extinct
- Native - Possibly Present
- Prehistorically Introduced



- EMA boundary
 - national boundaries
 - subnational boundaries
 - lakes, rivers, canals
 - salt pans, intermittent rivers
 - elevation meters
 - 6000
 - 4000
 - 3000
 - 2000
 - 1000
- 0 1,000 km
- map created 03/14/2007

IUCN
The World Conservation Union



Répartition de la Barbastelle commune



© Jeroen Van der Keef