



Etude de la migration des chauves-souris en Bretagne

2013-2016

Rapport final

Mai 2017



Noctule commune – Photo Philippe Deférez





Etude de la migration des chauves-souris en Bretagne

2013-2016

Rapport final

Mai 2017

Thomas LE CAMPION¹ & Thomas DUBOS²

¹ Chargé de mission Etudes et conservation au Groupe Mammalogique Breton. Antenne Ille et Vilaine/Morbihan

² Chargé de mission Etudes et conservation au Groupe Mammalogique Breton. Antenne des Côtes d'Armor

Etude de la migration des chauves-souris en Bretagne – Rapport final – Mai 2017
LE CAMPION T & DUBOS T - Groupe Mammalogique Breton

Le Groupe Mammalogique Breton

Le Groupe Mammalogique Breton (GMB) est une association d'étude et de protection des mammifères qui travaille sur les chiroptères depuis sa création en 1988. Le GMB intervient sur les cinq départements de la Bretagne historique. Il conduit des programmes d'étude et de suivi, réalise des expertises et gère des réserves à chauves-souris. Au sein de l'association, quatre salariés sont spécialisés dans les chiroptères.



Remerciements

Nous remercions vivement l'ensemble des financeurs de ce projet sans qui cette étude n'aurait pu voir le jour : La Région Bretagne, le Conseil Général des Côtes d'Armor, le Conseil Général d'Ille et Vilaine, le Conseil Général du Morbihan, l'Institution d'Aménagement de la Vilaine et la Ville de Vannes.

Nous remercions également le Conseil Général d'Ille et Vilaine (M Duthion), le service espace vert de la Ville de Vannes (Mme Le Quintrec, M Le Toquin et les agents des parcs et jardins), la Ville de Redon (Mme Abran, M Granville et M Bourgeon) et le service Voies Navigables de la Région Bretagne (M Fauchon) pour leur appui technique et l'accessibilité aux différents sites.

Que soient également remerciés, Bas Yves, Julien Jean François et Kerbiriou Christian du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) ainsi que Vittier Julien pour leurs précieux conseils scientifiques et techniques.

Enfin nous remercions l'ensemble des membres du Groupe Mammalogique Breton et personnes qui ont participé à cette étude : Boireau Josselin, Boulanger Aymeric, Colin Célia, Defernez Lucie, Defernez Philippe, Dubessy Adrien, Faguet Yves, Gautier Sébastien, Guérin Stéphane, Max, Moulin Aline, Porcher Jean-Pierre, Rioualen Jean Marc, Robin Franck, Rochard Thomas, Roos Aly et Thibault Jacques.

Sommaire

1. Introduction	6
2. La migration des chauves-souris	7
2.1 Les déplacements chez les chauves-souris :	7
2.2 Les espèces migratrices et voies de migrations	8
2.3 Adaptations des chauves-souris à la migration	11
2.4 Phénologie et stratégie de migration	12
2.5 Les chauves-souris migratrices en Bretagne	13
2.5.1 La Pipistrelle de Nathusius	14
2.5.2 La Noctule de Leisler	15
2.5.3 La Noctule commune	16
3. Protocoles d'étude de la migration des chauves-souris en Bretagne	17
3.1 Protocole d'écoutes automatiques	17
3.1.1 Protocole de déploiement	17
3.1.2 Présentation des sites de déploiement	19
3.1.3 Succès d'enregistrement	24
3.1.4 Matériel utilisé	24
3.1.5 Traitement des données brutes	25
3.1.6 Analyse et traitement statistique des données	27
3.2 Protocole de suivi de nichoirs à chiroptères	28
3.2.1 Site de Vannes (56)	29
3.2.2 Site de Redon (35)	30
4. Résultats du protocole nichoirs :.....	31
5. Résultats du protocole d'écoutes automatiques	32
5.1 Différences entre sites:.....	32
5.2 Différences entre saisons :	33
5.3 Différence interannuelle.....	34

5.4 Effets de la météorologie	39
5.4.1 Effets de la pluviométrie nocturne.....	39
5.4.2 Effets des températures	39
5.4.3 Effets du vent	40
5.5 Distribution de l'activité au cours de la nuit :	40
6. Discussion	43
6.1 Différence entre sites:	43
6.2 Différences entre saisons :	44
6.3 Différences interannuelles :	44
6.4 Effets de la météorologie :	45
6.5 Distribution de l'activité au cours de la nuit :.....	48
6.6 Synthèse des résultats de l'étude :.....	49
7. Conclusions	50
Bibliographie	51

1. Introduction

La connaissance du phénomène migratoire chez les chiroptères est aujourd’hui encore parcellaire, même si elle fait l’objet d’une attention croissante partout en Europe. L’intérêt que suscitent les migrations est justifié d’une part, par les lacunes dans notre compréhension du phénomène et d’autre part, par l’émergence depuis quelques années, de l’activité de production éolienne. Les premiers parcs ont joué le rôle de révélateurs du phénomène ; les espèces migratrices étant très affectées par une mortalité due aux éoliennes lors de leurs déplacements saisonniers. Il apparaît désormais que le développement de la production d’énergie éolienne doit s’accompagner des précautions nécessaires à la conservation des chauves-souris, au premier rang desquelles figure la protection des espèces migratrices.

La Bretagne est fréquentée, de manière plus ou moins importante, par quatre espèces « grandes migratrices » : la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*), la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*), la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) et le Vespertilion Bicolore (*Vespertilio murinus*). D’autres espèces telles que la Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*), ou la Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*), au caractère migrateur moins certain, sont également recensées dans la région. La façade maritime du grand ouest semble notamment se situer sur une voie de migration privilégiée pour au moins l’une de ces espèces : la Pipistrelle de Nathusius (*Kurvitz et al, UNEP, 2011*). Il apparaît donc que le grand ouest et la Bretagne notamment portent une responsabilité importante dans la conservation des chauves-souris migratrices en France, et au-delà en Europe.

Initialement envisagée sur le quart nord-ouest de la France en lien avec les régions Pays de la Loire et Normandie suite à la définition d’un protocole commun (*Biegala et Rideau., 2009*), cette étude de la migration des chauves-souris a été lancée uniquement en Bretagne en 2013 (année de test) et s’est achevée en 2016. Son objectif principal était d’établir les premières bases d’une caractérisation des flux migratoires de chiroptères en Bretagne (existence des voies migratoires, caractère maritime et/ou côtier du phénomène, phénologie, conditions météorologiques de la migration...) par l’application d’un suivi de nichoirs et l’enregistrement automatique d’ultrasons sur plusieurs sites en Bretagne.

Le présent rapport établit le bilan final de cette étude et notamment l’analyse de trois années effectives de suivis.

2. La migration des chauves-souris

2.1 Les déplacements chez les chauves-souris :

Hormis lors de la phase d'hibernation, les chauves-souris se déplacent quotidiennement en vol pour rejoindre leurs gîtes ou leurs territoires de chasse. Ces comportements de vol sont très différents selon les espèces et le type de déplacement, ce qui induit une variabilité importante des aires géographiques de circulation des chiroptères.

On peut distinguer trois grands types de déplacements chez les chauves-souris :

- ↳ **Les transits d'animaux entre leur gîte diurne et leurs territoires de chasse** à la belle saison. Les distances parcourues vont de quelques centaines de mètres pour les espèces les moins mobiles à quelques dizaines de kilomètres pour des espèces de haut vol. Pour beaucoup d'espèces, ces transits s'effectuent le long d'éléments linéaires et structurés (haies, lisières, murs...) qui leur permettent de chasser en même temps même si des trajets beaucoup plus directs peuvent également exister.
- ↳ **Les déplacements d'animaux entre gîtes estivaux, hivernaux et de regroupement automnaux.** Pour rejoindre les sites qu'elles occupent aux différentes périodes de leur cycle biologique, les chauves-souris effectuent des déplacements généralement plus importants que pour rejoindre quotidiennement leurs territoires de chasse. En dehors des véritables migrations, ces déplacements varient suivant les espèces et la disponibilité en gîtes : de quelques kilomètres à quelques centaines de kilomètres.
- ↳ **Les migrations** sont des déplacements qu'effectuent quelques espèces de chiroptères en Europe entre leur zone de distribution estivale et leurs gîtes hivernaux sur de longues distances et de façon directionnelle, le plus souvent selon un axe Nord-Est / Sud-Ouest en Europe (*Hutterer et al., 2005*). *Rodrigues et al. (2008)* suggèrent que les espèces migratrices suivent les grands éléments linéaires du paysage (vallées fluviales, lignes de crêtes, littoral) dans ces déplacements au long court (de quelques centaines de kilomètres jusqu'à 2000 km).

La synthèse de *Hutterer et al. en 2005*, sur les migrations de chiroptères en Europe, permet de distinguer trois catégories de chauves-souris au regard de leurs capacités à se déplacer sur de longues distances :

- **les espèces sédentaires** ont un rayon de dispersion réduit, leurs plus importants déplacements, entre les différents gîtes saisonniers, ne dépassent pas quelques dizaines de kilomètres, exceptionnellement 100 kilomètres (Rhinolophidés, Oreillard et Murin de petite taille).
- **les migrants régionaux** effectuent des déplacements de moyenne distance (régulièrement au-delà de 100 km, occasionnellement quelques centaines de kilomètres). Ils peuvent être de véritables migrants locaux (mouvements coordonnés dans le temps et l'espace) ou des espèces avec un rayon de dispersion important, souvent en lien avec des aptitudes à un vol de croisière rapide. (la Barbastelle d'Europe, la Sérotine commune, la Pipistrelle commune,...).
- **les espèces migratrices** qui réalisent chaque année de véritables migrations longue distance (jusqu'à 2000 km aller : Noctules et la Pipistrelle de Nathusius).

2.2 Les espèces migratrices et voies de migrations

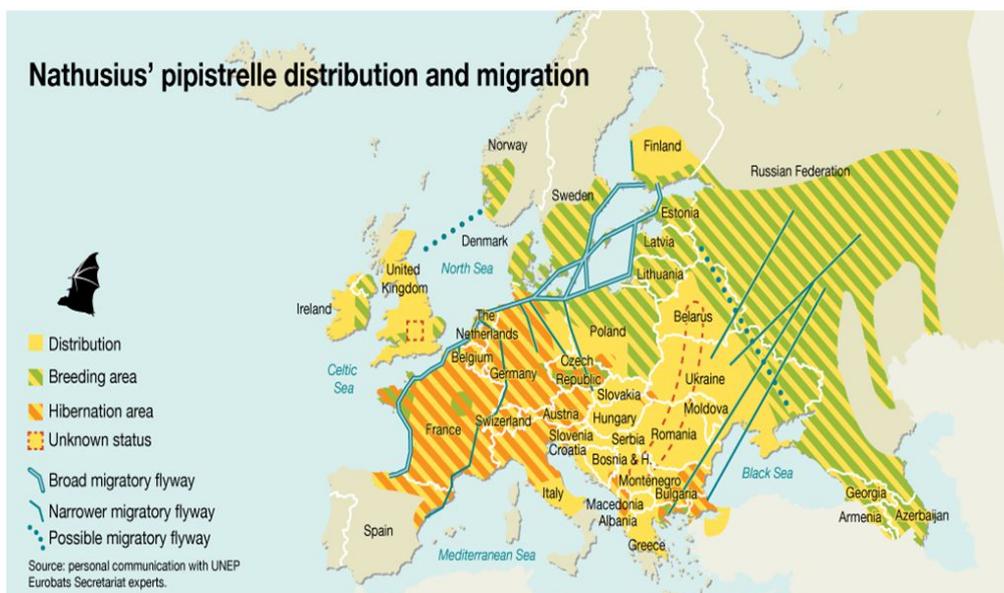
L'Europe compte quatre espèces de chauves-souris dites « grandes migratrices » :

- La Noctule commune (*Nyctalus noctula*) : record de distance 1546 km (*Strelkov, 1969*)
- la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) : record de distance 1567 km (*Olhendorf et al, 2000*)
- le Vespertilion bicolore (*Vespertilio murinus*) : record de distance 1780 km (*Markovets et al, 2004*)
- la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) : record de distance 1905 km (*Petersons, 1990*)

Deux autres espèces, la Pipistrelle pygmée et la Grande noctule, pourraient également être classées dans ces « grandes migratrices » sans que cela puisse être établi avec certitude actuellement notamment en raison d'une inconstance annuelle du phénomène et de l'absence d'axe préférentiel.

L'apparition de ce caractère migrateur chez ces espèces coïncide avec la reconquête de l'Europe et de l'Amérique du nord après les glaciations. L'expansion de ces chauves-souris vers le nord n'a été rendue possible qu'à la condition de pouvoir passer la mauvaise saison dans des régions plus chaudes en effectuant de grands déplacements entre leurs gîtes de mise-bas et d'hibernation. La sélection naturelle a sans nul doute amplifié ce caractère : les individus amenés à se sédentariser étaient particulièrement vulnérables aux vagues de grands froids. Ainsi, des sous populations sédentarisées ont pu s'éteindre à la suite de ces épisodes hivernaux sévères, ne laissant de chance de survie qu'aux sous populations migratrices.

Actuellement la direction des migrations automnales et printanières est principalement orienté selon un axe nord-est/sud-ouest (cf. carte ci-dessous : *Kurvitz et al, 2011*, représentant la distribution et la migration de la Pipistrelle de Nathusius). Comme pour les oiseaux, ces informations ont majoritairement été collectées grâce à des opérations de bagage menées en Europe du nord-est et des lectures de bagues dans le sud-ouest européen.



Ainsi la plupart des individus de ces espèces qui mettent bas en Europe du nord-est (Russie, Pays baltes, Nord est de l'Allemagne, Pologne,...) migrent en automne vers le sud-ouest (Ouest de l'Allemagne, France, Espagne, Italie,...) pour y hiberner et remontent au printemps suivant vers leurs sites de mise-bas.

Les couloirs de migrations sont très difficiles à mettre en évidence et ils diffèrent vraisemblablement d'une espèce à l'autre. Cependant ces flux sont ou seraient particulièrement concentrés sur trois types de sites :

- Le littoral : Le flux de migration de Pipistrelle de Nathusius se concentre particulièrement le long des rivages de la mer Baltique, du Nord, de la Manche et de l'océan Atlantique. En Lettonie des opérations de bagages particulièrement efficaces ont été menées grâce à une technique de capture originale : le piège Heligoland. Cette énorme nasse permet de capturer le flux d'individus spécifiquement concentré le long des dunes de la mer Baltique. Ainsi lors des mois d'août et septembre 2014, 2015 et 2016, plus de 8000 individus de Pipistrelles de Nathusius ont été bagués grâce à cette technique sur le site de Pape.



Photo: Jasja Dekker . Piège Heligoland sur le site de Pape en Lettonie

En France, le site éolien de Bouin en Vendée sur la côte Atlantique affiche une mortalité anormalement élevée de Pipistrelle de Nathusius depuis sa mise en service en 2003 (*Dulac, 2008*). Tous les ans, plusieurs cadavres de cette Pipistrelle sont retrouvés sous les éoliennes. Cette espèce est la chauve-souris la plus impactée au niveau de ce parc. Cette forte mortalité de Pipistrelle de Nathusius matérialise un flux de migration sur le trait de côte Atlantique. Ces observations de cadavres ont depuis été confortées par des observations crépusculaires de migration active de plusieurs dizaines voir centaines d'individus de Pipistrelle de Nathusius en flux continu le long des dunes de la côte vendéenne (*Ouvrard, com pers*) lors de nuits d'automne.

Les vallées alluviales : La Pipistrelle de Nathusius et les deux espèces de Noctule classées grandes migratrices semblent également se concentrer le long des grandes vallées alluviales. Ces vallées (Danube, Loire, Rhin, Rhône, Seine,) pourraient constituer des guides linéaires dans le paysage. Elles constituent également des habitats particulièrement intéressants et vitaux pour l'alimentation. L'intérêt de ces zones humides serait également renforcé par la présence de gîtes sylvestres à proximité immédiate de sites très productifs en insectes. Les forêts alluviales pourraient constituer un chapelet de cavités favorables pour ces espèces aux mœurs arboricoles très marqués. Les estuaires pourraient par ailleurs jouer le rôle de connexion avec les routes de migration littorales et ainsi concentrer de nombreux individus. Les observations réalisées sur les estuaires français tous les ans confirment cette hypothèse et notamment dans l'estuaire de la Loire (Groupe Chiroptères des Pays de la Loire), de la Seine (Groupe Mammalogique Normand) et du Rhône en Camargue (Groupe Chiroptères de Provence).

Les cols de montagnes : Les observations chiroptérologiques menées dans les Alpes mettent également en évidence des concentrations d'espèces migratrices au niveau des cols (Cols de Bretolet et Jaman en Suisse et Col de la Bataille en France). La découverte de la migration des chauves-souris sur ces sites a en premier lieu été renseignée par des ornithologues en charge de l'étude de la migration des oiseaux. Comme pour ces derniers, les chauves-souris profiteraient de ces passages de plus basse altitude pour franchir les hautes crêtes des massifs montagneux et ainsi gagner leurs sites d'hibernation.

Outre ces flux concentrés, les informations collectées dans le reste de l'Europe font état de l'existence probable d'un front complémentaire de migration très large et plus diffus. Des espèces migratrices (baguées ou non) ont ainsi été contrôlées à distance du littoral et de vallées alluviales. En France, des cas de mortalité automnale de Pipistrelle de Nathusius, de Noctule commune et de Noctule de Leisler sont tous les ans référencés sous les parcs éoliens des plaines céréalières de Champagne Ardenne et de la Beauce.

La migration des chauves-souris en Europe se déroulerait donc selon sur un large front diffus orienté nord-est/sud-ouest au sein duquel des concentrations d'individus se formeraient au niveau des cols montagneux, des vallées alluviales et le long du littoral.

2.3 Adaptations des chauves-souris à la migration

La plupart des espèces migratrices possèdent des ailes longues et étroites particulièrement adaptées au vol rapide au dessus de la canopée (notamment les Noctules). Au cours d'une seule nuit elles peuvent ainsi parcourir des distances importantes (plusieurs dizaine de kilomètres) et donc opérer des migrations aux longs cours.

De plus les espèces de chauves-souris migratrices européennes ont régulièrement deux petits par an à la différence des espèces « sédentaires » qui, hormis quelques rares cas de gémeautés, ont majoritairement un seul petit par an. Ce fort taux de natalité chez les espèces migratrices serait une réponse au fort taux de mortalité engendré par les dangers inhérents à ces grands déplacements.

Enfin les chauves-souris migratrices ont une capacité d'orientation notable. Comme pour les oiseaux, les mécanismes qui permettent à ces animaux de s'orienter et d'effectuer de tels déplacements sont restés longtemps inexpliqués. Les hypothèses liées à l'orientation par l'écholocation pour se repérer sur d'aussi longues distances ont très vite été écartées car les capacités des sonars utilisés sont de trop faible portée. Aujourd'hui, plusieurs études tendent à confirmer l'hypothèse de l'orientation par le champ magnétique terrestre (*Tian et al, 2010 et Holland et al, 2006*). En effet le cerveau et l'œil des espèces de chauves-souris migratrices disposeraient d'une quantité de particules magnétiques beaucoup plus importantes que leurs cousines sédentaires. La particule à l'origine de cette capacité à détecter le champ magnétique terrestre serait de la magnétite. Cette magnéto-réception leur permettrait de trouver l'axe de migration et de le conserver jusqu'à destination. Elles pourraient compenser l'imprécision relative de cette boussole (outil ne fournissant qu'une seule information : l'axe de migration) grâce à des repères géographiques linéaires (vallées alluviales, côtes,) repérés grâce à la vue. L'acuité visuelle pourrait notamment aider la Pipistrelle de Nathusius car l'intensité de migration semble plus élevée lors de nuits de pleine lune (*Eklöf et al, 2014*). En effet en suivant uniquement l'axe de migration de sud-ouest, la plupart des chauves-souris des pays baltes pourraient se perdre au milieu de la mer Baltique. C'est certes le cas de certains individus que l'on retrouve affaiblis et posés sur divers supports (plateformes pétrolière, bateaux de pêche et éoliennes offshore), mais la plus grande part du flux longe cependant la côte balte orientée nord/sud.

Ce mécanisme ne permet par contre pas de répondre à la précision avec laquelle les jeunes individus d'espèces migratrices retrouvent tous les ans, après plusieurs centaines de kilomètres, les gîtes qui les ont vus naître. Cette faculté également présente chez les chauves-souris sédentaires volontairement déplacées pour tester leur capacité à se repérer, pourrait être innée et transmise génétiquement.

2.4 Phénologie et stratégie de migration

Les données issues du bagage ont permis d'établir avec une relative précision les phénologies de migration de ces espèces et particulièrement celle de la Pipistrelle de Nathusius. On observe chez cette Pipistrelle des pics de passages particulièrement bien échelonnés dans le temps et dans l'espace. Bien qu'il existe des variations interannuelles principalement liées aux conditions météorologiques, la migration automnale débute dès le début du mois d'août en Europe du nord avec un pic de passage généralement établi à la fin de ce mois voire début septembre. Ce pic est atteint plus tardivement en Europe centrale vers la mi-septembre. Enfin dans le sud-ouest de l'Europe, les individus arrivent dès le mois de septembre avec un pic de passage plus prononcé entre la mi-septembre et début octobre. Les données sont cependant plus lacunaires pour la migration printanière. Hormis à proximité des gîtes de mise-bas, grâce à l'observation des dates d'arrivées d'individus dans les nurseries et pour lesquels les maxima sont généralement atteints fin juin (arrivées possibles dès le mois de mai), cette migration printanière est beaucoup plus délicate à mettre en évidence dans le sud-ouest de l'Europe. Les mortalités importantes générées par la migration automnale et l'hibernation pourrait expliquer un flux de remontée moins dense en individus et donc moins facilement détectable. De plus, une partie des mâles ne remontent pas forcément jusqu'aux aires géographiques de mise-bas. Ces derniers restent en effet pour partie le long des voies de migration lors de la période estivale en attendant le retour automnal des femelles pour les accouplements.

A cette période les mâles postés à l'entrée d'un gîte de transit (cavités arboricoles ou bâtiments) utilisent des vocalises (cris sociaux) pour attirer des femelles et s'accoupler avec elles. Cette stratégie a le double avantage de permettre aux mâles de se reproduire avec de nombreuses partenaires mais également de permettre aux femelles de localiser facilement des gîtes de transit idéalement situés le long de leurs voies de migration. Ce gain de temps dans la recherche de gîte leur permet notamment d'économiser une énergie précieuse pour leurs déplacements.

Cette énergie utilisée lors des vols de migration provient en partie des réserves de graisses accumulées en fin d'été mais également d'insectes qui sont consommés pendant les vols de migration (Voigt *et al*, 2012). Cette adaptation qui mélange deux stratégies énergétiques permet à la fois aux chauves-souris migratrices d'éviter de consommer leurs réserves de graisse (et éventuellement de les augmenter) mais également d'utiliser ces réserves pour continuer à migrer en l'absence de ressources alimentaires suffisantes lors de conditions météorologiques défavorables ou dans des milieux pauvres en proies (Suba *et al*, 2012). Dès lors les chauves-souris migratrices n'effectueraient de rares et courtes haltes migratoires qu'à l'approche de difficultés (traversées de bras de mer ou milieux pauvres en insectes) ou lors de conditions météorologiques défavorables prolongées. Cette utilisation de l'énergie et la stratégie de migration est donc très différente de celle utilisée par les oiseaux insectivores. Ces derniers consomment uniquement l'adiposité (réserves de graisse) lors des vols de migration et reconstituent ces réserves lors de longues haltes migratoires.

De plus, les chauves-souris ne peuvent mécaniquement et énergétiquement pas parcourir de longues distances journalières. Les vitesses de migration sont variables d'une espèce à l'autre mais sont globalement très faibles par rapport à ce dont sont capables les oiseaux (plusieurs centaines de kilomètres par jour). Les distances parcourues par les chiroptères migrateurs sont donc restreintes et comprises entre 30 et 50 km par nuit. Des distances potentielles de 47.5 km par nuit sont envisagées pour la Pipistrelle de Nathusius (*Hedenström, 2009*).

Une disponibilité régulière en proies le long des voies de migration est donc primordiale et vitale pour les chauves-souris. Cette disponibilité est notamment maximale lors des premières heures de la nuit sur des habitats de zones humides qui seraient prioritairement exploitées par les chauves-souris migratrices. Chez la Pipistrelle de Nathusius, les proies consommées en migration sont relativement similaires à celles consommées lors de la période de mise-bas et d'élevage des jeunes. Les quelques différences notées pourraient plutôt être liées aux milieux de chasse utilisés et notamment à l'exploitation plus marquée des zones humides lors de la migration (*Kruger et al, 2013*).

2.5 Les chauves-souris migratrices en Bretagne

La Bretagne compte quatre espèces de chauves-souris grandes migratrices et deux espèces susceptibles de l'être. Parmi ces six espèces, trois (*Vespertilion bicolore*, *Pipistrelle pygmée* et *Grande noctule*) sont rares ou accidentelles en Bretagne. Pour cette raison nous ne détaillerons pas leurs situations dans la région. Les trois autres espèces (*Pipistrelle de Nathusius*, *Noctule de Leisler* et *Noctule commune*) sont beaucoup plus présentes et méritent que l'on s'attarde sur leur statut régional.

2.5.1 La Pipistrelle de Nathusius



Carte de répartition de la Pipistrelle de Nathusius en Bretagne : Atlas des Mammifères de Bretagne (Simonnet, 2015)

Depuis sa découverte en Bretagne en 1972 grâce à un individu bagué, la Pipistrelle de Nathusius a été contactée dans l'ensemble de la région (Simonnet, 2015 et Choquené, 2006). C'est une espèce fréquemment contactée au détecteur d'ultrasons au bord des grandes zones humides et cours d'eau de Bretagne surtout s'ils sont bordés de boisements. Elle est plus facilement contactée en période automnale et printanière, bien qu'elle soit à la fois présente en hiver et en été. Pour cette dernière période, les mâles sédentaires semblent constituer la majorité des contacts et captures. La découverte d'une colonie de mise-bas en mixité avec des Pipistrelle commune en juillet 2011 sur le littoral costarmoricain permet également d'attester de la présence ponctuelle de femelles et jeunes en été. Cette colonie a depuis déserté ce gîte, mais des femelles et jeunes ont été capturés en juillet sur d'autres secteurs (Forêt de Branguily (56) et Lac de Grand lieu (44)) prouvant que ce cas n'est pas isolé. Cette mise-bas à distance des zones géographiques habituelles (Europe du nord-est) pourrait se produire le long des voies de migration à la suite de conditions météorologiques défavorables à la remontée printanière des femelles ou lors de conditions météorologiques précocement favorables à la mise-bas. Les individus mettraient donc bas dans leur région d'hibernation ou le long de leurs voies de migration.

Ce statut de migrateur est de plus bien renseigné en Bretagne historique avec six données de bagages. Les six individus contactés provenaient tous d'Europe du nord (Guillas, 1973, Harouët et



Photo : Guy Luc Choquené. Pipistrelle de Nathusius baguée à Rostöck dans le nord est de l'Allemagne et retrouvée à Crévin (35) en 2010

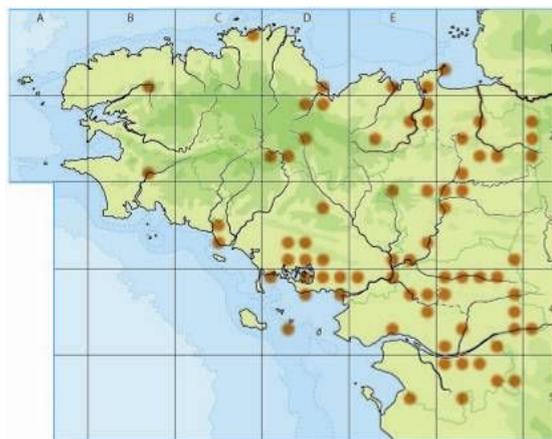
Montfort, 1995, Choquené, 2006 et 2010, Montfort, 2016) : nord de l'Allemagne (4 individus), Lituanie (1 individu) et Lettonie (1 individu). La découverte de deux cadavres sous des éoliennes de l'est morbihannais en septembre 2014 (Le Bris, com. pers.) et sa présence automnale en mer au large de la baie de Saint Brieuç (Ailes marines SAS, 2015) ou sur l'île d'Hoëdic (Jean-Baptiste com. pers.), confirment ce flux de migration.

La Pipistrelle de Nathusius classée quasi menacée sur les listes rouges régionale et nationale est présente toute l'année en Bretagne. Elle y est une migratrice régulière et peut également y hiberner et y mettre bas. Certains

individus, notamment des mâles y sont sédentaires.

2.5.2 La Noctule de Leisler

La Noctule de Leisler n'a été découverte qu'en 2000 en Bretagne, grâce à l'identification d'un cadavre dans un clocher d'église des Côtes d'Armor (Choquené, 2006). Depuis, grâce à l'utilisation croissante des détecteurs d'ultrasons, elle a été contactée sur la totalité des départements même si elle semble plus abondante en haute Bretagne. A l'heure actuelle, aucun gîte de mise-bas ou d'hibernation n'est connu. La seule colonie de mise-bas découverte en 2005 et qui était établie dans un arbre au sein du massif forestier de Saint-Aubin-du-Cormier (35) a déserté ce site. L'existence actuelle de colonies de parturition en Bretagne est cependant très probable car l'espèce est régulièrement contactée en juin et juillet sur les milieux qu'elle affectionne : massifs boisés et grandes vallées alluviales, de l'intérieur des terres jusqu'au littoral. De plus, des colonies de parturition sont ponctuellement découvertes dans le département voisin de la Loire Atlantique.



Carte de répartition de la Noctule de Leisler en Bretagne :
Atlas des Mammifères de Bretagne (Simonnet, 2015)

Aucune lecture de bague n'a été effectuée chez cette espèce classée quasi menacée sur les listes rouges régionale et nationale mais son caractère migrateur est supposé. L'instabilité des colonies de parturition, l'inventaire de l'espèce en automne sur l'île d'Hoëdic (Guérin, *com. pers.*) et la découverte d'un cadavre sous une éolienne de l'est morbihannais en septembre 2014 (*obs. pers.*) nous permettent d'envisager l'existence d'un flux migratoire en Bretagne.

2.5.3 La Noctule commune

La Noctule commune est principalement contactée en haute Bretagne essentiellement en Ille et Vilaine et dans l'est du Morbihan. Une petite population est cependant présente à la pointe du Finistère, dans les environs de Brest. Aucun gîte d'hibernation et de mise-bas n'est connu en Bretagne. Cependant l'existence de nurseries en Pays de la Loire et notamment en Loire Atlantique permet d'envisager la présence de gîtes de parturition dans notre région (Simonnet, 2015 et Choquené, 2006).



Carte de répartition de la Noctule commune en Bretagne : Atlas des Mammifères de Bretagne (Simonnet, 2015)

La Noctule commune fréquente régulièrement les plans d'eau, les fleuves et massifs forestiers de l'est de la région. Elle est principalement contactée grâce à l'utilisation de détecteur d'ultrasons au printemps jusqu'à l'automne, période où les contacts sont plus nombreux. Bien qu'il n'y ait aucune lecture de bagues en Bretagne, cette probable hausse du nombre de contacts avec l'espèce en période automnale pourrait traduire un mouvement de migration. Cette hypothèse est confortée par la découverte de cinq femelles dans un arbre abattu en plein mois d'octobre à Rennes (35)(Choquené, 2006), l'existence d'une place de chant automnale à Vannes (56) en 2010 et la découverte de deux cadavres au pied d'éoliennes implantées dans l'est morbihannais en octobre 2013 et septembre 2014 (*obs. pers.*).

Il est actuellement difficile d'évaluer avec précision le statut de la Noctule commune en Bretagne. Des travaux complémentaires doivent être menés afin de statuer sur cette espèce classée quasi menacée sur les listes rouges régionale et nationale.

3. Protocoles d'étude de la migration des chauves-souris en Bretagne

3.1 Protocole d'écoutes automatiques

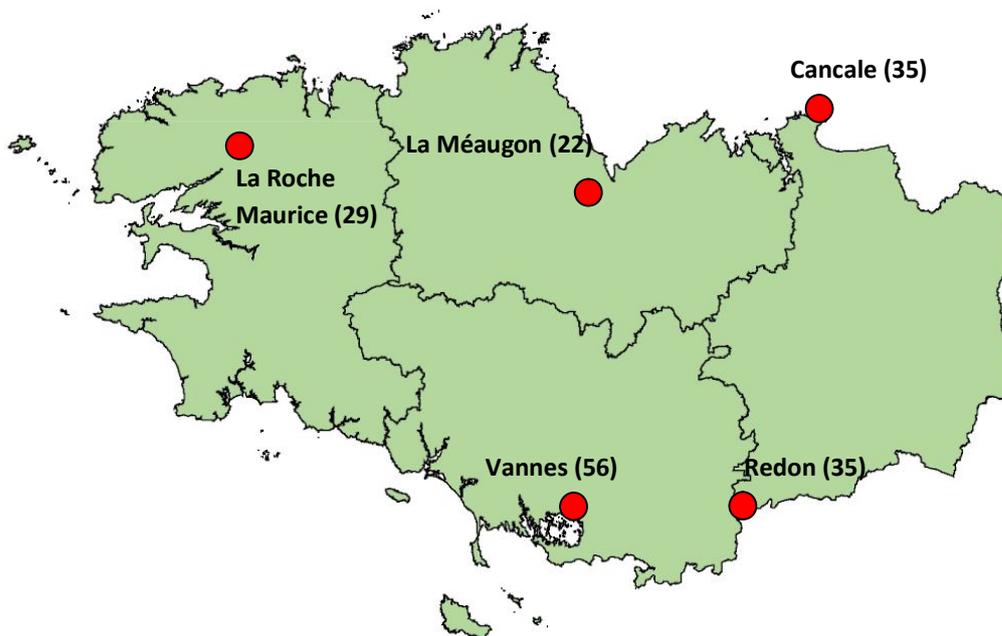
3.1.1 Protocole de déploiement

Cinq enregistreurs passifs ont été déployés pendant 3 années consécutives (2014-2016) pour une durée de 3 mois chacun, lors de trois périodes distinctes :

- Printemps : 1 mois de déploiement en avril-mai ;
- Eté : 2 semaines de déploiement en juin-juillet ;
- Automne : 1 mois et demi de déploiement en septembre –octobre.

Le site de la Roche Maurice (29) n'a été déployé que lors des deux dernières années (2015-2016).

Localisation des sites de déploiement en Bretagne :



Sites	Mise en œuvre
Cancale (35)	Structure : Département d'Ille et Vilaine Responsable : Guillaume Duthion
La Méaugon (22)	Structure : Groupe Mammalogique Breton Responsable : Thomas Dubos
Redon (35)	Structure : Groupe Mammalogique Breton Responsable : Thomas Le Campion
La Roche Maurice (29)	Structure : Groupe Mammalogique Breton Responsable : Josselin Boireau
Vannes (56)	Structure : Groupe Mammalogique Breton et Ville de Vannes Responsable : Thomas Le Campion

Les chauves-souris migratrices migreraient à des altitudes supérieures à 30 mètres du sol (hormis le cas des migrations rampantes par vents forts). En conséquence, nous avons placé les enregistreurs sur des points surélevés du paysage à des hauteurs comprises entre 10 et 40 mètres au dessus du sol. De plus, une attention particulière a été portée à la hauteur des sites d'enregistrement pour éviter d'avoir trop de contacts de chauves-souris dites « sédentaires » (évoluant la plupart du temps entre 0 et 10 m du sol).

Ce choix a été fait dans un souci d'autonomie plus importante des enregistreurs (batteries et cartes mémoire), mais avant tout afin de mieux capter les flux migratoires parmi le bruit de fond de l'activité des espèces « sédentaires » au sol.

Le choix des cinq sites émane d'un compromis entre plusieurs critères :

- La localisation géographique permettant de couvrir l'ensemble des départements de la région, tout en échantillonnant des sites du littoral et de l'intérieur des terres.
- Un site permettant une pose optimale des enregistreurs en altitude et notamment l'obligation d'avoir des microphones protégées placés à l'extérieur et déportés au maximum de toutes structures dans le but de limiter les phénomènes d'échos et donc d'obtenir des sons de qualité.
- Une autorisation de pose du dispositif par les propriétaires du site.
- Une pose et une relève aisée du matériel liée entre autre aux conditions d'accès du site et à la localisation géographique des salariés de l'association missionnés pour cette étude.

3.1.2 Présentation des sites de déploiement

Site de Cancale (35) :

La commune de Cancale est située à l'est de la ville de Saint-Malo sur le littoral de la Manche au nord du département de l'Ille et Vilaine (35). Le point d'enregistrement est situé sur la pointe du Grouin qui « ferme » la bordure ouest de la baie du Mont Saint-Michel. Cette pointe littorale est située à 17 km au sud de l'archipel Anglo-normand de Chausey et à 20 km à l'ouest des falaises de Carolles sur la presqu'île du Cotentin.



L'enregistreur est placé en haut de l'ancien sémaphore à 10 m de hauteur et est orienté au nord – nord est. Il domine des milieux de landes maritimes, des falaises et les eaux de la Manche.



Dispositif d'enregistrement et panorama littoral



Dispositif d'enregistrement et sémaphore

Espèces inventoriées sur le site (**en gras** les espèces migratrices):

Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, **Pipistrelle de Nathusius**, **Pipistrelle pygmée**, **Noctule de Leisler**, Séroline commune, Grand murin, Murin à oreilles échanquées, Murin de Natterer, Murin de Daubenton, Grand rhinolophe, Barbastelle d'Europe, Oreillard gris et Oreillard roux.

Site de la Méaugon (22) :

La commune de la Méaugon est située à l'ouest de la ville de Saint-Brieuc, le long de la vallée du Gouet. Cette vallée débouche dans le fond de la baie de Saint-Brieuc à environ 9 km de la Méaugon. Le point d'enregistrement jouxte le plan d'eau de Saint-Barthélemy. Ce plan d'eau est bordé de coteaux boisés, dominés par les feuillus.



L'enregistreur est placé sur un promontoire rocheux qui domine la vallée et la retenue d'eau. Afin de gagner en hauteur et de dominer la canopée, le micro est déporté au bout d'une canne télescopique de 10 m de haut.



Micro et dispositif de protection placé au bout d'une perche de 10 mètres



SM2 Bat+ positionné au sol

Espèces inventoriées sur le site (**en gras** les espèces migratrices):

Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, **Pipistrelle de Nathusius**, Sérotine commune, Grand rhinolophe, Petit rhinolophe, Murin à oreilles échancrées, Murin de Daubenton, Murin de Natterer, Barbastelle d'Europe, Oreillard roux et Oreillard gris.

Site de la Roche Maurice (29) :

La commune de la Roche Maurice est située dans le nord ouest du département du Finistère, au sud du pays du Léon. Le bourg est situé le long de la vallée de l'Elorn qui prend sa source dans les monts d'Arrées et se jette dans la rade de Brest. Ce cours d'eau propose en moyenne et basse vallée un axe nord-est-sud-ouest d'une distance de 30 km environ bordé de coteaux boisés marqués se terminant par une vaste partie estuarienne (Rade de Brest). Le point d'enregistrement est situé sur un piton rocheux qui domine le village et la vallée de l'Elorn.



L'enregistreur à été placé sur une tour qui surplombe la vallée. Le micro est situé à une hauteur de 20m et est orienté plein est.



Eperon rocheux et tour de la Roche Maurice



L'Elorn en amont de la Roche Maurice

Espèces inventoriées sur le site (**en gras** les espèces migratrices):

Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, **Pipistrelle de Nathusius**, **Noctule de Leisler**, Grand rhinolophe, Barbastelle d'Europe et Oreillard gris.

Site de Redon (35) :

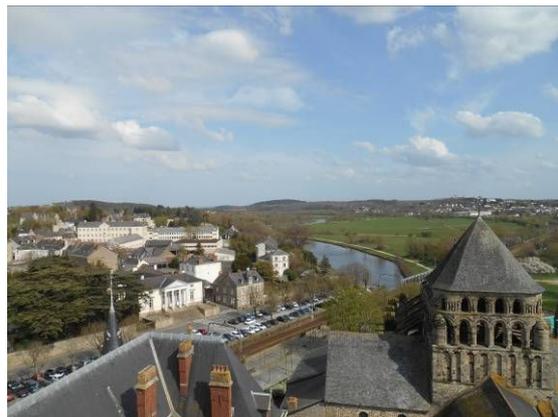
La ville de Redon est située dans le sud ouest du département de l'Ille et Vilaine (35). C'est un carrefour fluvial qui est traversé par deux cours d'eau majeur : L'Oust à l'ouest et la Vilaine à l'est. Cette ville est située à 30 kilomètres au nord est de l'estuaire de la Vilaine, à 26 kilomètres au nord des marais de Brière et 40 kilomètres au nord de l'estuaire de la Loire. Le point d'enregistrement est situé en plein centre ville et jouxte les marais de Vilaine qui ceinturent Redon sur plusieurs centaines d'hectares.



L'enregistreur a été placé au niveau du clocher de la tour gothique qui domine la ville. Le clocher n'a pas été éclairé pendant la durée des enregistrements. Le micro est situé à l'extérieur du clocher à une hauteur de 35m et est orienté plein est.



Micro et dispositif de protection qui domine la ville de Redon



Paysage urbain à l'est du clocher, avec en arrière plan, la Vilaine et ces marais

Espèces inventoriées sur le site (**en gras** les espèces migratrices):

Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, **Pipistrelle de Nathusius**, **Noctule commune**, **Noctule de Leisler**, Murin sp, Barbastelle d'Europe et Oreillard gris.

Site de Vannes (56) :

La ville de Vannes est située dans le sud du département du Morbihan, le long du littoral de l'Atlantique et plus particulièrement le long du Mor Braz, une petite mer ouverte cloisonnée par la presqu'île de Quiberon, les îles morbihannaises (Belle île et Hoedic) et la presqu'île guérandaise. Vannes est une ville située au nord du Golfe du Morbihan, à environ 30 kilomètres à l'est de la Ria d'Étel, 30 kilomètres au nord ouest de l'estuaire de la Vilaine et 50 km à l'ouest des Marais de Redon. Le point d'enregistrement est situé en plein centre ville et jouxte l'étang au Duc et les parcs arborés de la Préfecture et de la Garenne.



L'enregistreur a été placé dans le clocher de l'église Saint-Patern qui domine la ville. Le clocher n'a pas été éclairé pendant la durée des enregistrements. Le micro est situé à l'extérieur du clocher à une hauteur de 35m et orienté plein nord.



Dispositif de protection du micro qui domine la ville, avec l'Étang au Duc en arrière plan



Clocher de Saint-Patern avec dispositif d'enregistrement

Espèces inventoriées sur le site (**en gras** les espèces migratrices):

Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, **Pipistrelle de Nathusius**, **Noctule commune**, **Noctule de Leisler** et Oreillard gris

3.1.3 Succès d'enregistrement

En dépit d'une année 2013 (année de test) principalement consacrée à tester la détection d'espèces migratrices en haut de deux clochers (Méaugon (22) et Chapelle de Brains (35)), nous avons rencontré quelques problèmes d'enregistrement lors des trois années de déploiement et notamment en 2014. Malgré la pose des enregistreurs, certaines périodes ont été échantillonnées partiellement à la suite de problèmes de saturation de cartes mémoires ou d'autonomie des batteries. Le site Finistérien de la Roche Maurice n'a lui été échantillonné que lors de deux années (2015/2016). Le tableau suivant présente les phases d'enregistrement effectives en vert et les phases défaillantes en rouge :

	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Cancale												
2014												
2015												
2016												
Meaugon												
2014												
2015												
2016												
Roche Maurice												
2014												
2015												
2016												
Redon												
2014												
2015												
2016												
Vannes												
2014												
2015												
2016												
Enregistrement effectif ■ Enregistrement défaillant ■												

3.1.4 Matériel utilisé

Les enregistreurs passifs utilisés sont des SM2 Bat + avec micro SMX-US déporté à minimum 1 mètre de toute structure (Wildlife acoustic). Les réglages pratiqués sont les suivants et correspondent à un compromis entre la capacité de l'enregistreur à détecter des sons de chiroptères (Trigger) et à la qualité de ces derniers pour une analyse et une identification ultérieure (Gain).

- Echantillonnage : 384 KHz - Gain : 48 Db - Trigger : 6

Les enregistreurs passifs sont alimentés par des batteries Greenalyte de 60 ou de 90 Ampères d'une autonomie de 30 à 45 jours. Les données sont centralisées dans quatre cartes mémoire de 32 Mo de capacité maximale.

Pour éviter une usure rapide des micros soumis aux aléas météorologiques (altération mise en évidence lors de l'année test de 2013), un dispositif de protection a été construit pour équiper chaque station d'enregistrement. Le micro dirigé vers le bas est protégé dans un tube PVC et capte les ultrasons de chiroptères qui ricochent contre une plaque de *plexiglas* carré (24 cm de côté). Ainsi le micro enregistre normalement (avec une légère perte de sensibilité et de qualité des signaux) tout en étant protégé des infiltrations d'eau dommageables pour la membrane.



Dispositif d'enregistrement : Batterie longue durée en noir et enregistreur SM2 Bat + en gris sur le site de La Méaugon (22)

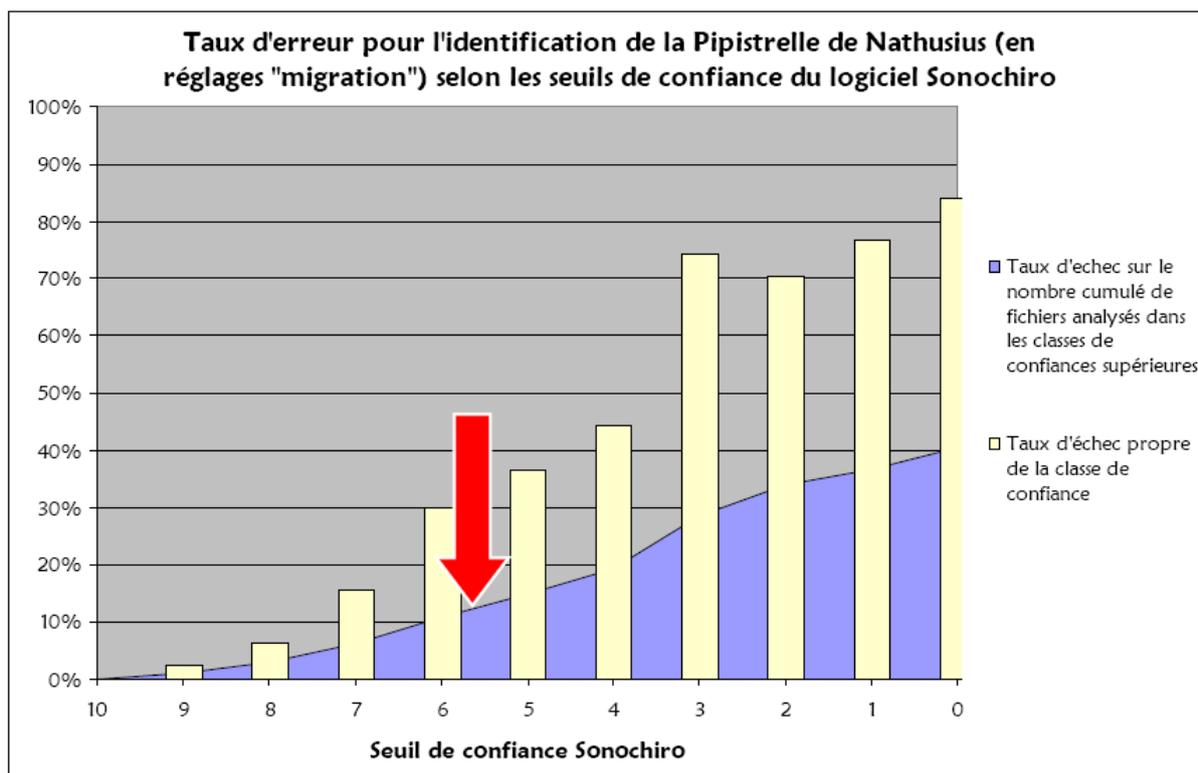


Micro et dispositif de protection en PVC sur le site de Redon (35)

3.1.5 Traitement des données brutes

Le nombre important de séquences de chauves-souris enregistré par les SM2 BAT + et qui plus est sur de longues périodes (3 mois) implique un traitement et une analyse automatisée de ces signaux. Dans le cadre de cette étude, ils ont été analysés grâce au logiciel Sonochiro (©Biotope, version 3.3.2). Ce logiciel d'analyse automatique, qui offre de bonnes capacités de détermination interspécifiques, propose cependant des niveaux de fiabilité de détermination pour chaque séquence et non une identification certaine. Les résultats analysés dans ce rapport sont donc des résultats validés en partie manuellement pour quatre espèces (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Nathusius, Noctule de Leisler et Noctule commune) et dont le taux d'erreur d'identification a été évalué. Au total 930 séquences, sélectionnées au hasard, ont été validées manuellement pour ces quatre espèces.

Pour la Pipistrelle de Nathusius, l'analyse manuelle de 590 séquences (réparties entre 40 et 66 séquences par classe de confiance) a permis d'identifier les taux d'erreurs d'identification automatique de cette espèce par le logiciel Sonochiro.



Ainsi il nous est possible d'obtenir le taux d'erreur pour les classes de confiance que nous allons conserver pour notre traitement des données. Pour la Pipistrelle de Nathusius nous avons retenu les classes de confiances supérieures à 5, pour un taux d'erreur d'identification estimé à 10%.

Malgré un nombre de séquences vérifiées moins important, nous avons procédé de la même manière pour identifier les classes à retenir pour la Noctule de Leisler (classes supérieures à 3 pour 147 séquences analysées), la Noctule commune (classes supérieures à 7 pour 30 séquences analysées) et pour la Pipistrelle commune (toutes les classes pour 146 séquences analysées). Le tableau suivant synthétise l'ensemble de ces résultats. En vert, apparaissent les classes de confiances fiables pour chacune de quatre espèces retenues pour l'analyse de données :

Espèce	Indice de confiance du logiciel Sonochiro											Nombre de séquences validées sur lesquelles porte l'évaluation de fiabilité
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pipistrelle de Nathusius (moins de 10 % d'erreur)	Chauve-souris sp					Pipistrelle de Nathusius						590
Noctule de Leisler (moins de 10 % d'erreur)	Chauve-souris sp			Noctule de Leisler								158
Noctule commune (moins de 10 % d'erreur)	Chauve-souris sp							Noctule commune				36
Pipistrelle commune (moins de 10 % d'erreur)	Pipistrelle commune											146

3.1.6 Analyse et traitement statistique des données

Analyse des données :

L'analyse principale des données est basée sur la comparaison entre les rythmes d'activité par espèce en période de migration (printemps et automne) avec la période estivale. La période estivale correspond à la période de mise-bas et donc à l'absence de déplacement migratoire (saison témoin).

De plus, nous comparons également les rythmes d'activité de la Pipistrelle de Nathusius et de la Noctule de Leisler avec ceux de la Pipistrelle commune. Cette dernière est en effet considérée comme « sédentaire » (espèce témoin) et plus abondante localement.

Pour les autres espèces migratrices recensées en Bretagne (Noctule commune, Vespertilion bicolore et la Pipistrelle pygmée), il n'y a pas eu ou trop peu de contacts pour qu'elles figurent dans les analyses.

L'ensemble des résultats est exprimé en minute positive. Ce choix, au détriment d'un dénombrement de contacts (séquences de 5 secondes), permet notamment de lisser l'importance de l'activité de la Pipistrelle commune qui peut, notamment par des comportements de chasse spécifiques, faire augmenter considérablement ses rythmes d'activités (cas d'un individu qui chasse constamment durant plusieurs minutes devant l'enregistreur). Au contraire, la minute positive permet de faire émerger plus facilement les pics d'activités d'espèces migratrices en déplacement (passages très furtifs devant l'enregistreur).

Enfin, une majorité des données a été traitée uniquement sur les sites présentant une activité significative d'espèces migratrices. Ainsi la majorité des analyses ont été réalisées pour la Pipistrelle de Nathusius sur les sites de Cancale (35) et Redon (35).

Traitement statistique et robustesse des données :

Les données ont été analysées statistiquement grâce à des Modèles Globaux Linéarisés (GLM) de lois négative binomiale ou binomiale suivant les cas. Ceux-ci nous permettent de déterminer les effets de différentes variables : années, saisons, durée de la nuit, localisation des sites, et météo : force du vent, direction du vent, température nocturne minimale, température diurne maximale, pluviométrie nocturne par nuit.

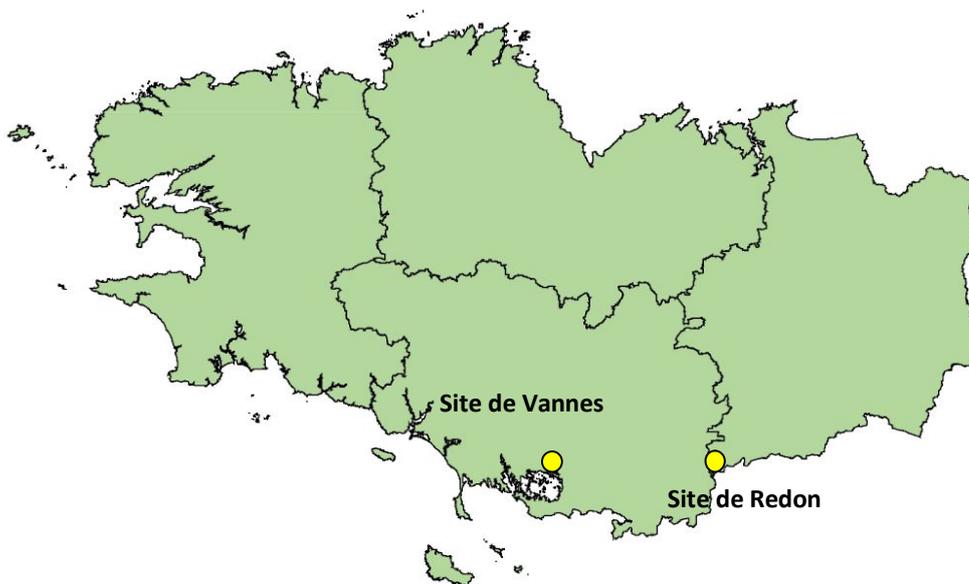
Ces différentes variables ont été testées pour la Pipistrelle commune (espèce témoin), la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler.

Les variables corrélées ou non significatives (températures maximales, durée de la nuit) ont été écartées de l'analyse des résultats. Les autres variables notamment les plus significatives et celles présentant des différences marquées entre la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius ont été conservées et seront présentées et discutées en détail.

3.2 Protocole de suivi de nichoirs à chiroptères

Il s'agit, par l'installation de 100 nichoirs sur deux sites différents (Redon et Vannes), de caractériser la phénologie des individus en migration en suivant la fréquentation de ces gîtes artificiels. L'espèce plus particulièrement visée ici est la Pipistrelle de Nathusius, chauve-souris migratrice la plus emblématique de Bretagne et qui semble particulièrement apprécier les nichoirs le long de ses routes de migrations.

Les nichoirs installés sont des nichoirs avec ouverture permettant la capture des individus de chauves-souris. Cette capture des individus au gîte permet l'identification des espèces de Pipistrelles (identification certaine uniquement en main), de réaliser des mesures biométriques, d'appréhender l'état sanitaire des animaux, d'identifier le sexe et si possible l'âge des individus, et d'effectuer des prélèvements de poils en vue d'éventuelles analyses isotopiques pour définir la provenance géographique des individus.



Les 100 nichoirs installés ont fait l'objet d'un suivi de trois ans. Chaque année, six sorties de contrôle des nichoirs ont été organisées comme suit :

- 2 contrôles au printemps (avril-mai)
- 1 contrôle en période estivale (juillet)
- 3 contrôles en période automnale (septembre-octobre)

3.2.1 Site de Vannes (56)

La ville de Vannes (56) a été équipée en 2013 d'une cinquantaine de nichoirs. Deux types de nichoirs ont été posés :

- 20 nichoirs arboricoles de type D de l'association Faune et Espace René Boulay
- 30 nichoirs bois (Douglass) fabriqués en série



Nichoirs bois en Douglass (Taille loge intérieure H 40 cm, L 20 cm, profondeur = 2 cm)



Nichoir Faune et Espace du type D posé sur les Rives du Vincin

Ces nichoirs ont été posés en juin et août 2013 grâce à la participation du service Espaces verts de la ville de Vannes. Ils ont été déployés sur quatre sites différents, propices ou potentiellement propices à la Pipistrelle de Nathusius :

- site de l'Etang au Duc rive droite. Allée de peupliers, bouleaux, aulnes glutineux en bordure du Lac au Duc. Présence de Pipistrelle de Nathusius avérée sur ce site lors d'inventaires précédents ;
- site du parc de la Garenne. Allée de chênes, tilleuls, robiniers dominant la vallée des douves du château dans lesquelles s'écoule un ruisseau ;
- site du maille de la Rabine. Allée de platanes et de tilleuls le long du chenal d'accès au port de Vannes ;
- site des Rives du Vincin. Allée et boisement de pins maritimes le long des vasières du Vincin (Anse de Clisouët). Présence de Pipistrelle de Nathusius et de Noctule de Leisler avérée sur ce site lors d'inventaires précédents.

3.2.2 Site de Redon (35)

La ville de Redon (35) a été équipée en 2014 d'une cinquantaine de nichoirs en Douglas (taille loge intérieure H 40 cm, L 20 cm, profondeur = 2 cm) fabriqués en série similaires à ceux posés sur Vannes en 2013.



Journée de fabrication des nichoirs avec les bénévoles de l'association



Nichoir posé sur l'allée de Platane sur le Halage de la Vilaine

Ces nichoirs ont été déployés sur cinq sites différents et propices à l'espèce cible (Pipistrelle de Nathusius). Ces sites sont des alignements d'arbres bordant le cours de la Vilaine en milieu urbain et en bordure de marais. La pose a été facilitée par l'accord de la Ville de Redon et l'appui technique du Service Voies Navigables de la Région Bretagne.

- site de La croix des marins. 10 nichoirs installés principalement sur des peupliers bordant la vilaine sur une ancienne friche portuaire. Site très fréquenté par la Pipistrelle de Nathusius;
- site du Chemin de Halage au bord du Boulevard Bonne nouvelle. 10 nichoirs installés sur des platanes en bord de Vilaine ;
- site du Chemin de Halage sous la rue Paul Feval : 10 nichoirs installés sur des chênes, frênes, peupliers, érables en bord de Vilaine ;
- site du Chemin de Halage sous la rue du Val : 10 nichoirs installés sur des chênes, frênes, peupliers, érables en bord de Vilaine ;
- site du Chemin de Halage de la belle anguille : 10 nichoirs installés sur des chênes et frênes.

4. Résultats du protocole nichoirs :

Ce protocole d'étude n'a pas apporté les résultats espérés. Sur les cents nichoirs posés, un seul a accueilli une Pipistrelle commune lors du printemps 2015. Ces résultats sont très décevants au regard de l'énergie déployée pour leur fabrication et leur relevé, alors même que des vérifications attestent de la présence d'individus de Pipistrelle de Nathusius en vol devant ces nichoirs et que ce protocole donne des résultats très intéressants sur d'autres estuaires (baie de seine et en Camargue).

L'explication ne réside probablement pas dans le type de nichoirs utilisés, car ils ont déjà fait leurs preuves par le passé et accueilli plusieurs espèces de chauves-souris y compris des espèces « migratrices ». Plusieurs hypothèses peuvent cependant être émises pour expliquer l'absence de colonisation de ces nichoirs :

- le nombre de gîtes anthropophiles et arboricoles sont probablement trop élevés à proximité des nichoirs. Les sites de poses sont situés dans ou à proximité immédiate de centres urbains où les gîtes sont légions (anfractuosités de bâtiments). La concurrence de ces gîtes « bâtis » a sûrement annihilé toute chance de colonisation de nos nichoirs.
- La hauteur de fixation des nichoirs n'est sans doute pas non plus des plus judicieuse. La plupart ont été placés entre 4 et 5 mètres de hauteur pour des raisons de praticité de relève et de capture des animaux indispensable à la détermination des individus du genre *Pipistrellus*. Même si cette hauteur est suffisante (cas de nichoirs colonisés à 2 m de hauteurs), elle pourrait ne pas être optimale dans le cas de sites régulièrement fréquentés par le public (parcs, chemins de halage, sentier littoral...).
- Le flux de migration qui touche la Bretagne est trop atténué pour permettre une colonisation importante des nichoirs par les Noctules et par la Pipistrelle de Nathusius.



Si une telle expérience doit être reconduite en Bretagne, nous conseillerions de la réaliser dans des milieux naturels vastes présentant un très faible nombre de gîtes anthropophiles et arboricoles existants afin d'éviter l'effet concurrence. Les sites de pose devront être les plus éloignés possibles de la fréquentation du public. Enfin, ces sites devront être prioritairement établis en Haute Bretagne afin d'être placés sur le flux de migration le plus marqué de la région (voir résultats protocole d'écoutes automatiques). En tenant compte de ces recommandations, seul un véritable site se dégage : la baie du mont Saint-Michel et ses marais. Dans une moindre mesure, les marais de Redon (hors proximité urbaine) et l'estuaire de la vilaine pourraient également être des sites favorables.

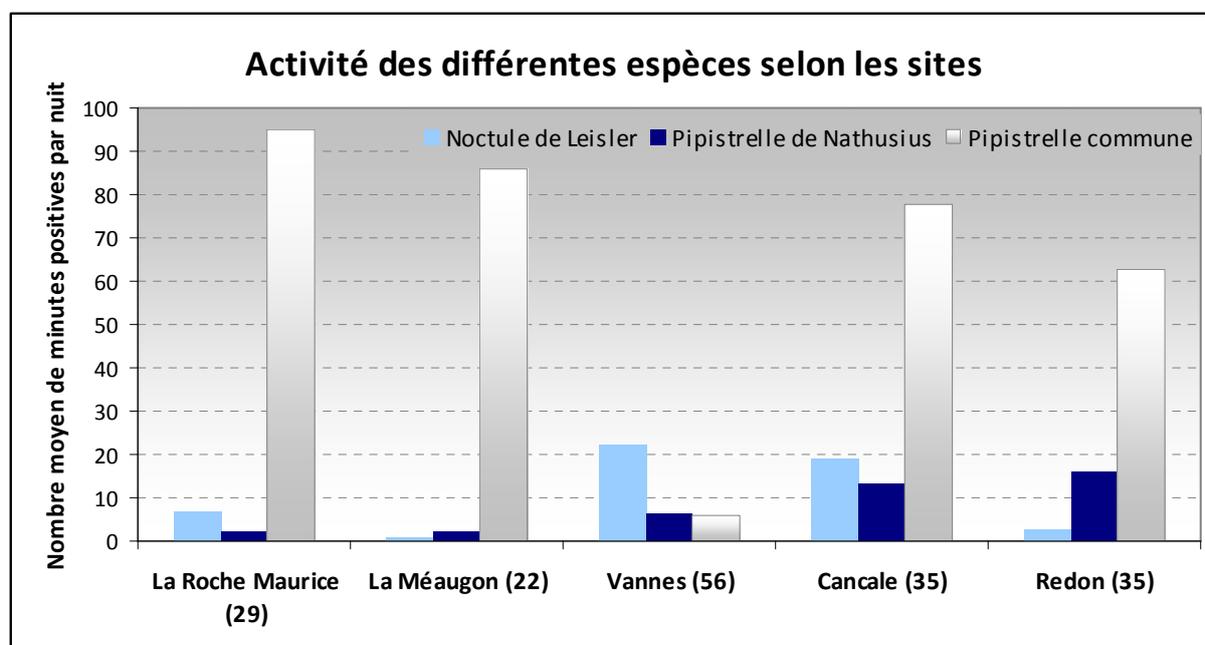
5. Résultats du protocole d'écoutes automatiques

L'ensemble des déploiements effectués sur cinq sites pendant trois années consécutives à raison de trois mois d'enregistrement par an a permis d'enregistrer 461596 séquences de chauves-souris (séquences de 5 secondes) et l'équivalent de 158279 minutes positives dont 10829 pour les trois espèces migratrices qui nous concernent (Pipistrelle de Nathusius, Noctule de Leisler et Noctule commune) à un seuil de validité fiable (taux d'erreur potentiel inférieur à 10%). L'ensemble de ces séquences a été validé, analysé et traité statistiquement (page 27). Les résultats présentés ci-après sont donc ceux qui sont les plus robustes.

5.1 Différences entre sites:

Les analyses pour chaque site montrent une différence d'activité notable chez l'ensemble des espèces. Seule la Noctule commune n'apparaît pas dans les résultats car le nombre de séquences enregistrées est trop faible.

Pour la Pipistrelle de Nathusius l'activité moyenne semble nettement plus élevée en Haute Bretagne (site de Redon (35) et de Cancale(35)), alors qu'elle semble particulièrement faible en Basse Bretagne (site de la Roche Maurice (29) et de la Méaugon (22)). Le site de Vannes se situerait à un niveau intermédiaire. Les sites de Cancale et de Redon ont un effet très significatif ($\alpha < 0,001$) sur l'activité de cette espèce.



Nous n'observons pas ce même gradient géographique pour les deux autres espèces migratrices.

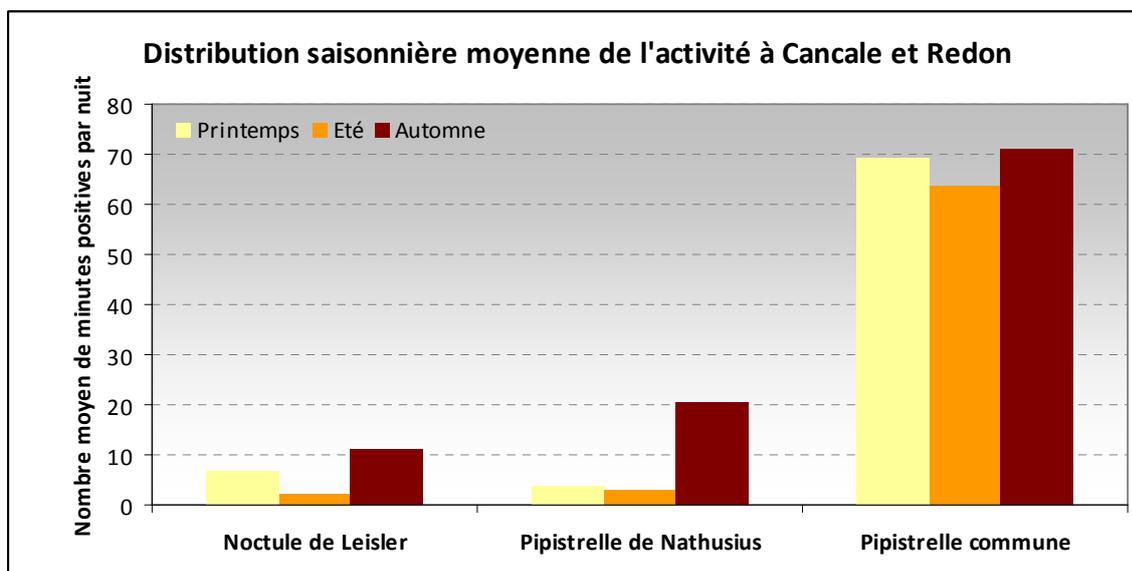
L'activité de la Pipistrelle commune semble plus élevée en Basse Bretagne avec des résultats anormalement bas sur le site de Vannes.

La Noctule de Leisler est principalement présente à Vannes et Cancale et peu contactée sur les autres sites.

Ces premiers résultats nous ont permis d'isoler les deux sites de plus forte activité de la Pipistrelle de Nathusius : Redon et Cancale. La suite de l'analyse s'est essentiellement concentrée sur cette espèce et sur ces deux sites en particulier afin de faire émerger des résultats plus facilement interprétables.

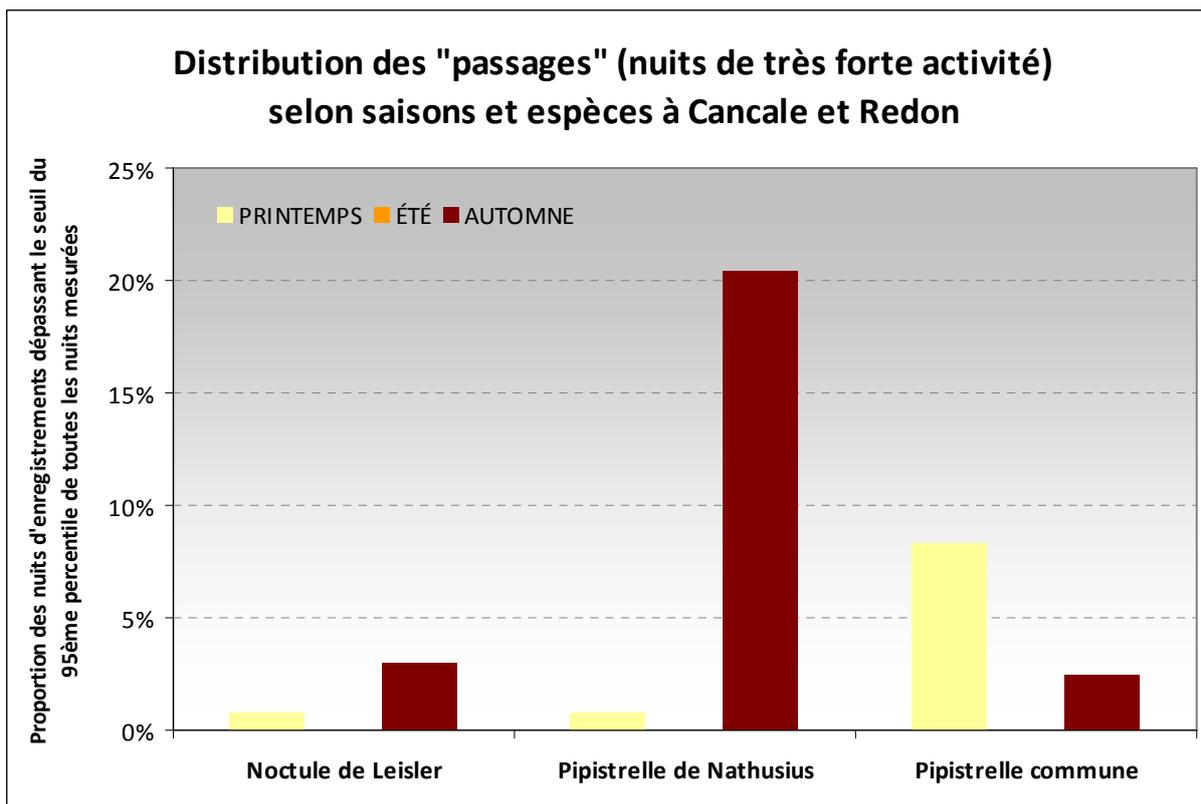
5.2 Différences entre saisons :

La distribution saisonnière de l'activité moyenne à Cancale et Redon montre que la Pipistrelle commune (espèce témoin) a une activité particulièrement élevée par rapport à la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler. Cette activité est cependant relativement similaire selon les trois saisons échantillonnées, ce qui n'est clairement pas le cas pour les autres espèces et plus particulièrement pour la Pipistrelle de Nathusius. Cette dernière montre en effet une activité printanière et estivale restreinte qui augmente clairement en période automnale (effet positif significatif de l'automne sur l'activité). Ce constat peut également être dressé pour la Noctule de Leisler avec une activité printanière un peu plus sensible.



Grâce à l'analyse de la distribution des nuits de très forte activité (calcul du 95^{ème} percentile) pour ces trois espèces à Cancale et Redon, nous faisons un constat similaire. En effet le nombre de nuit de très fortes activités pour la Pipistrelle de Nathusius est particulièrement élevé en automne alors qu'il est particulièrement faible pour le printemps et nul pour la période estivale.

Il est également intéressant de noter le nombre de nuit de forte activité plus sensible au printemps pour la Pipistrelle commune. Ce résultat assez étonnant mériterait d'être étudié plus finement pour en affiner les causes.



5.3 Différence interannuelle

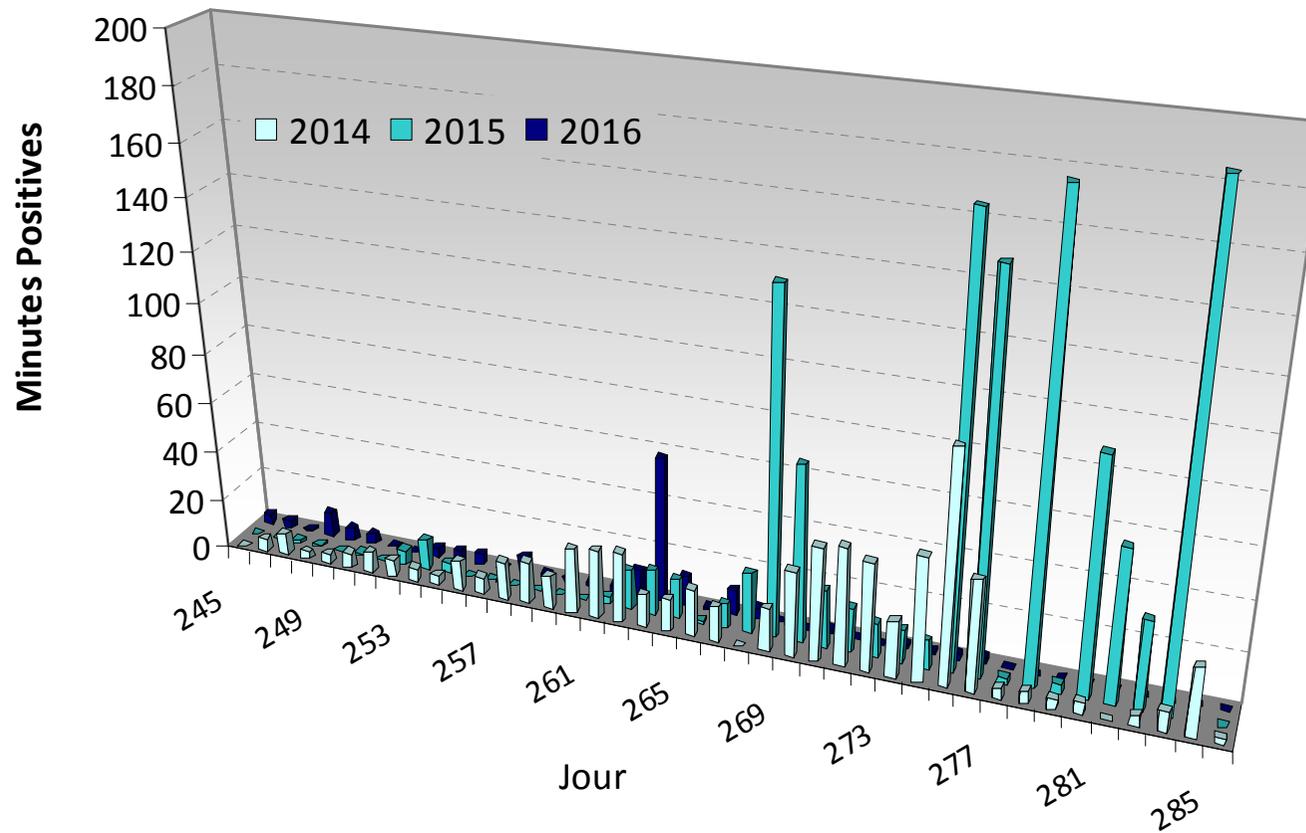
L'année a un impact significatif pour la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle commune. Il n'existe pas de différence marquée entre ces deux espèces.

Cependant, pour un site donné et une espèce donnée, la répartition du nombre de minutes positives est très variable d'une année à l'autre. Pour la Pipistrelle de Nathusius, les graphiques suivants permettent notamment de noter une activité moyenne à forte en 2014 et 2015 alors qu'elle semble particulièrement faible en 2016 hormis pour Vannes. Pour les années 2014 et 2015 les pics d'activités sont principalement concentrés sur la fin du mois de septembre et début octobre dans tous les sites.

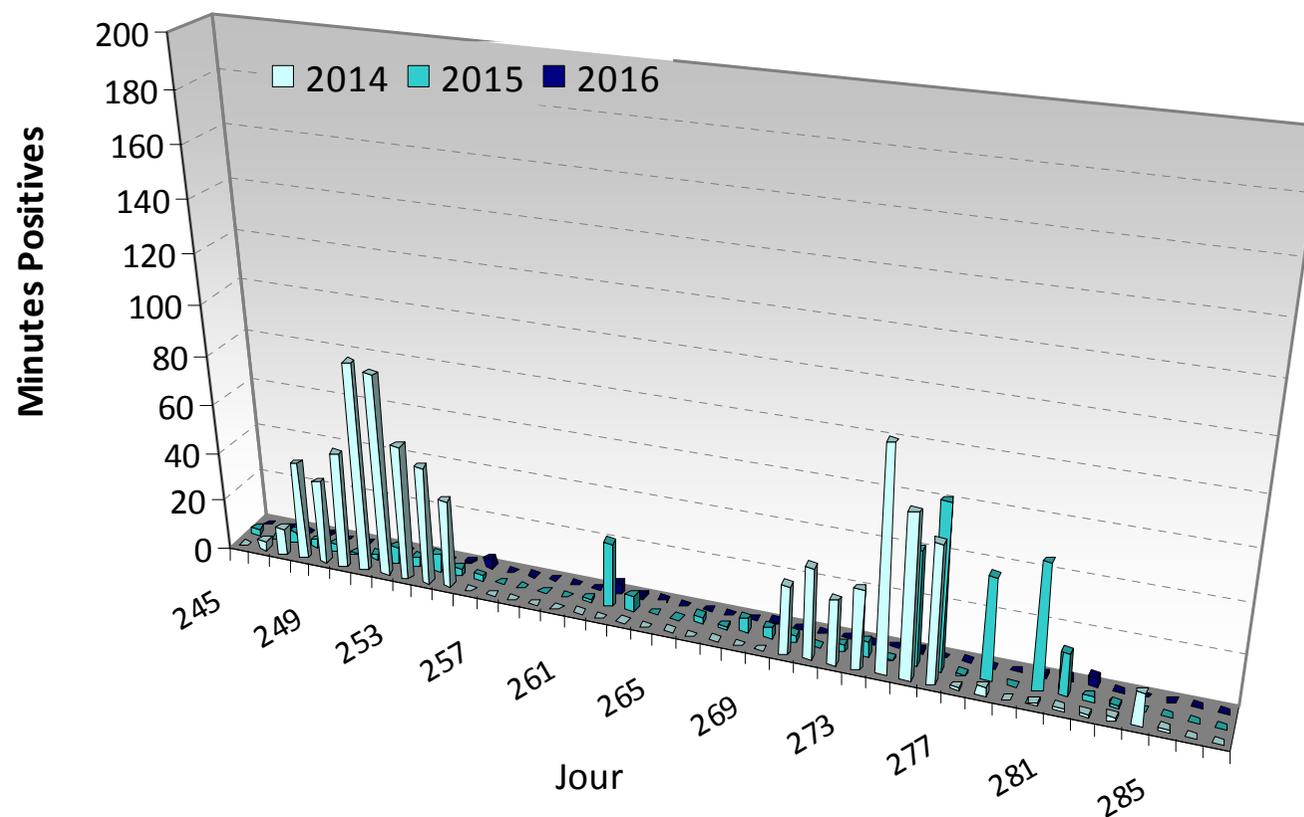
Ce constat peut également être établi chez la Noctule de Leisler à Cancale. Cette espèce est surtout contactée sur ce site en 2015 avec des pics d'activité concentrés fin septembre et début octobre. A *contrario*, les résultats de Vannes ne sont pas présentés pour cette espèce car ils sont très similaires d'une année à l'autre et sans grande différence d'activité entre la période estivale et automnale. Ils n'apportent donc rien à la problématique d'explication du phénomène de migration.

Pour une bonne lecture des graphiques suivants il est nécessaire de se reporter au tableur des succès d'enregistrement présenté en page 24 avec notamment deux phases sans enregistrements : du 12 au 25 septembre 2014 sur Cancale et du 02 au 15 octobre 2016 sur Redon.

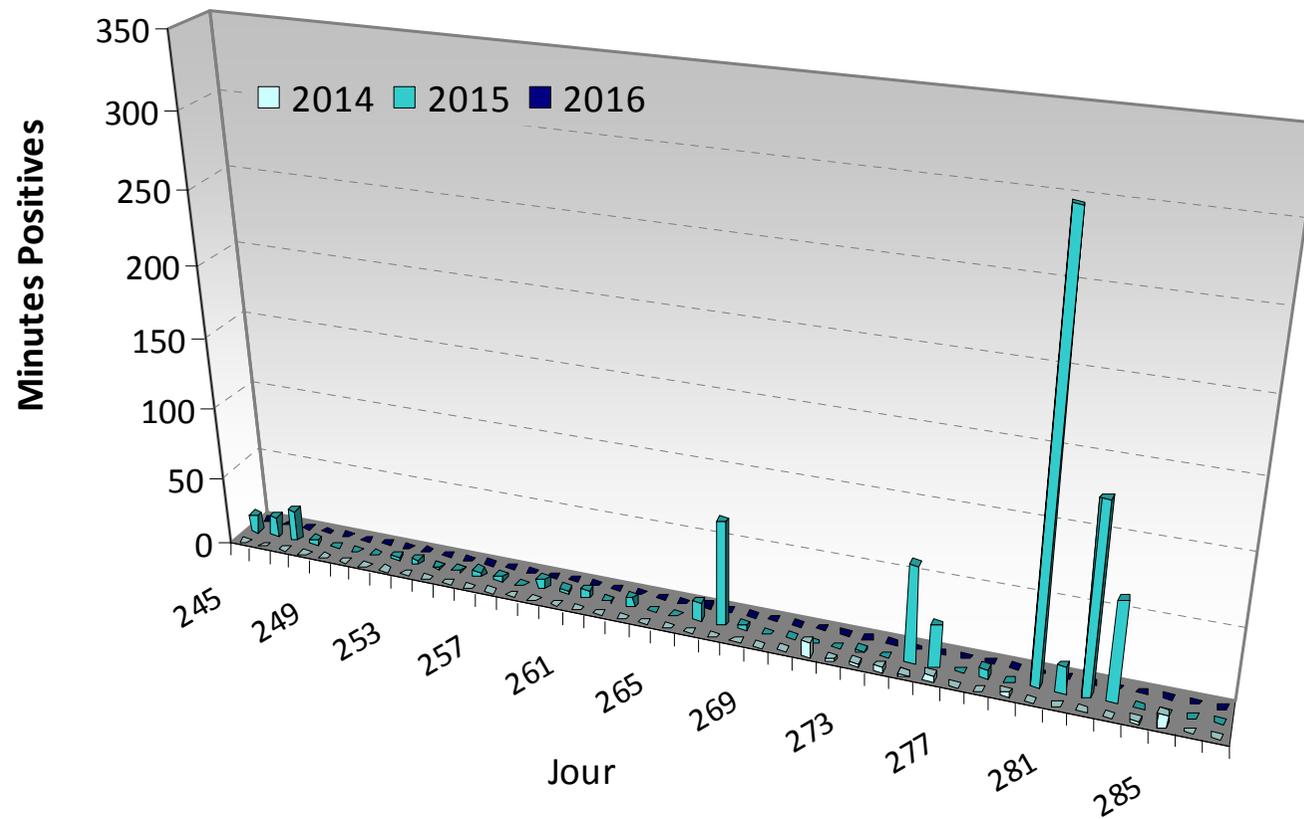
Activité de la Pipistrelle de Nathusius en Automne à Redon



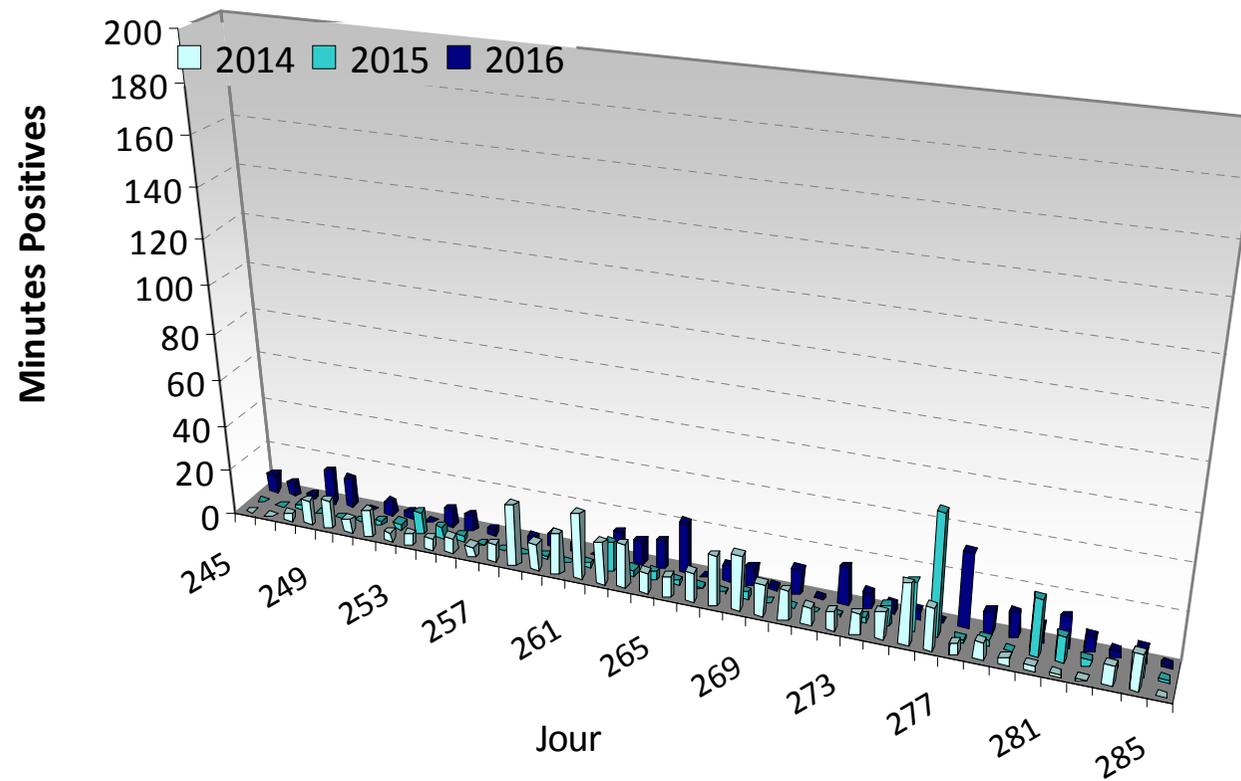
Activité de la Pipistrelle de Nathusius en Automne à Cancale



Activité de la Noctule de Leisler en Automne à Cancale



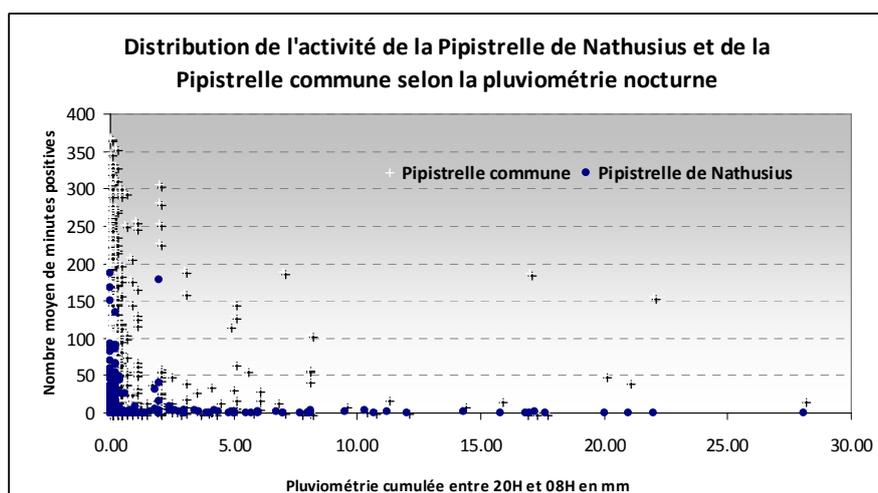
Activité de la Pipistrelle de Nathusius en Automne à Vannes



5.4 Effets de la météorologie

5.4.1 Effets de la pluviométrie nocturne

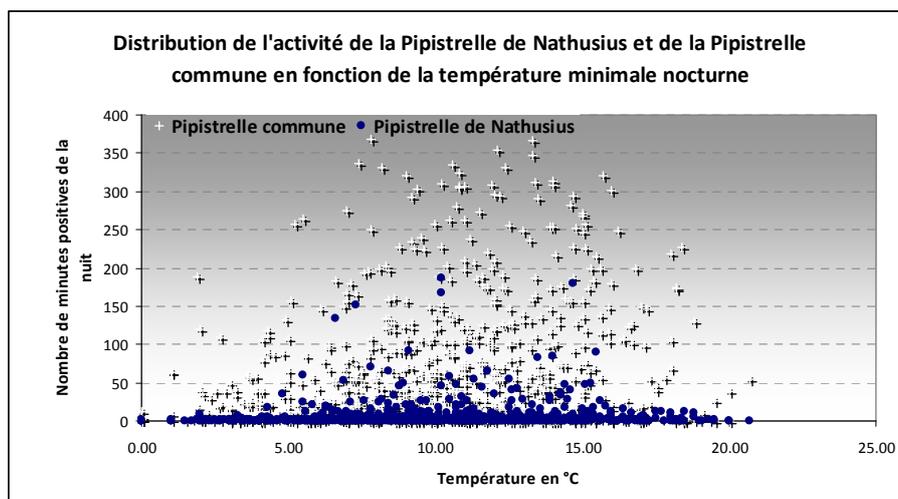
La pluviométrie a un effet négatif marqué et significatif sur la distribution de l'activité chez la Pipistrelle de Nathusius alors que cet effet n'est pas significatif chez la Pipistrelle commune.



La Pipistrelle commune présente en effet une activité qui peut être élevée malgré des cumuls importants, alors que l'activité de la Pipistrelle de Nathusius est anecdotique à très faible au delà de 2mm de pluviométrie nocturne.

5.4.2 Effets des températures

Les températures ont un effet positif significatif sur l'activité de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Nathusius. Les résultats sont relativement similaires et ne montrent pas de différence marquée entre ces deux espèces pour cette variable thermique.

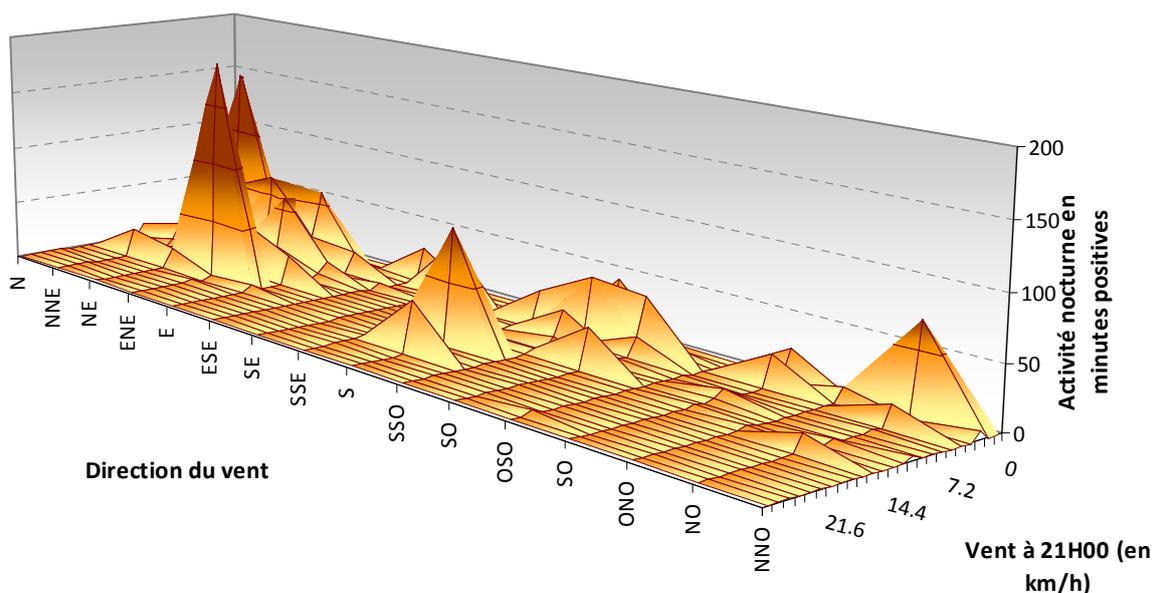


5.4.3 Effets du vent

La force du vent a un effet très marqué (négatif) sur l'activité des chiroptères. Régulièrement mentionné dans la bibliographie qui traite des problématiques liées à l'éolien, cet effet a également été mesuré lors de cette étude. Ainsi pour la Pipistrelle de Nathusius, un vent supérieur à 20 km/h (5.5 m/s) limite considérablement l'activité de cette espèce. Ce constat peut également être dressé pour la Pipistrelle commune.

Nous avons également noté un effet très important de la direction du vent. En effet, les pics d'activité de Pipistrelle de Nathusius sont globalement concentrés lors de vents provenant d'une origine « Nord-Est ». Cet élément est très intéressant car la distribution de l'activité de la Pipistrelle commune n'est pas influencée par ce facteur de direction du vent.

Distribution de l'activité automnale de la Pipistrelle de Nathusius à Cancale et Redon selon la force et la direction du vent



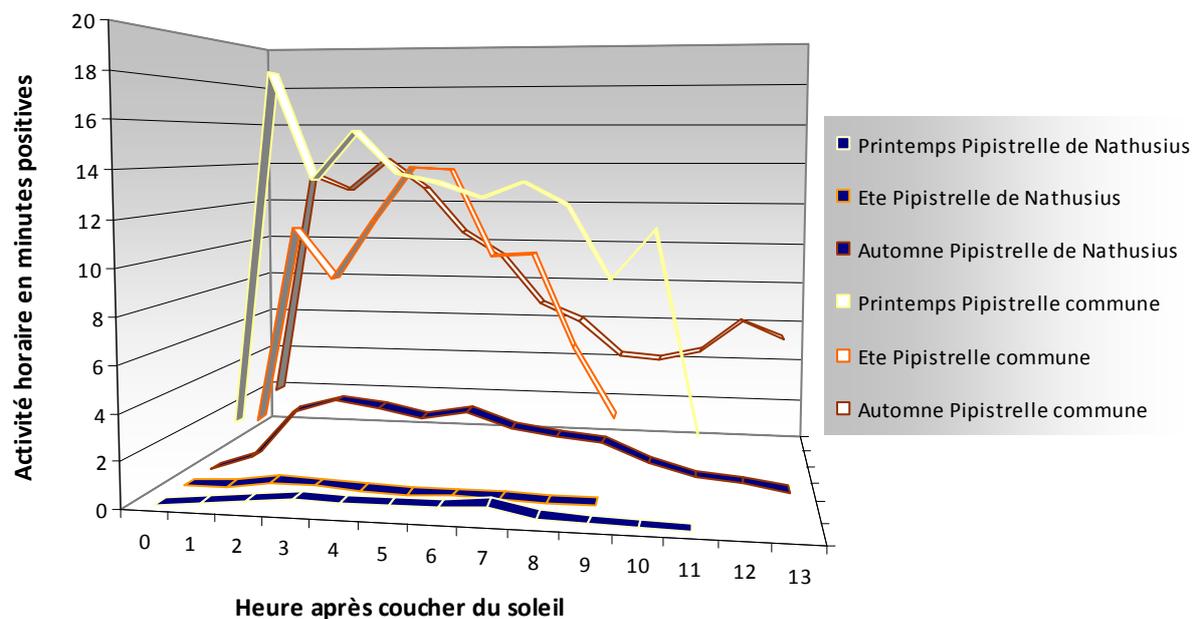
5.5 Distribution de l'activité au cours de la nuit :

La répartition du nombre de minutes positives au cours de la nuit entre la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius est assez différente. Cette différence difficilement appréciable au printemps et en été (activité de la Pipistrelle de Nathusius trop réduite) est plus facilement détectable en période automnale.

La Pipistrelle commune montre un pic d'activité automnal entre une et quatre heures après le coucher du soleil avant une baisse importante jusqu'à la fin de nuit où une légère reprise de l'activité est notée.

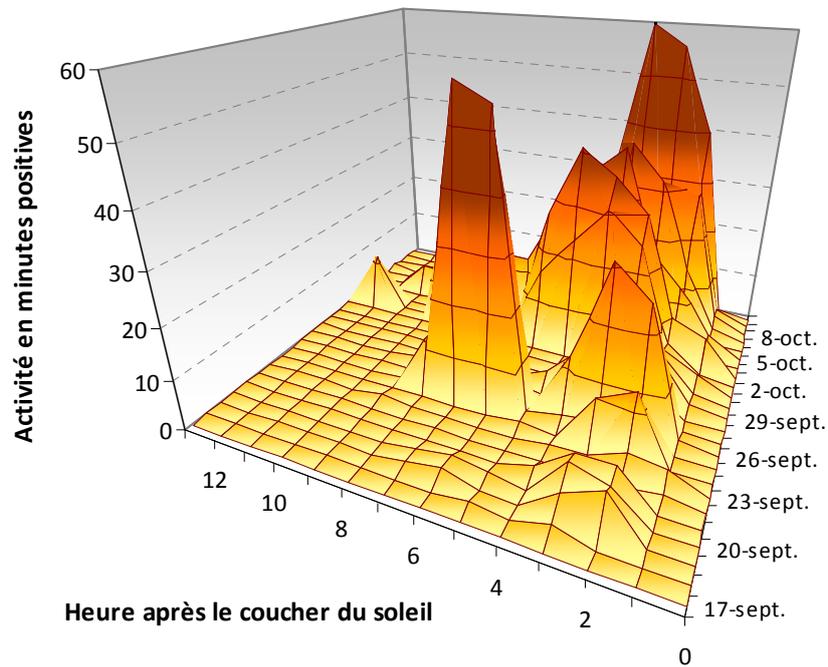
Pour la Pipistrelle de Nathusius, le pic d'activité semble plus tardif (plutôt centré entre quatre et six heures après le coucher du soleil). De plus cette activité semble se prolonger jusqu'à huit heures après le coucher du soleil avec une baisse régulière mais sans l'effondrement noté chez la Pipistrelle commune.

Distribution horaire de l'activité des Pipistrelles de Nathusius et commune à Cancale et Redon

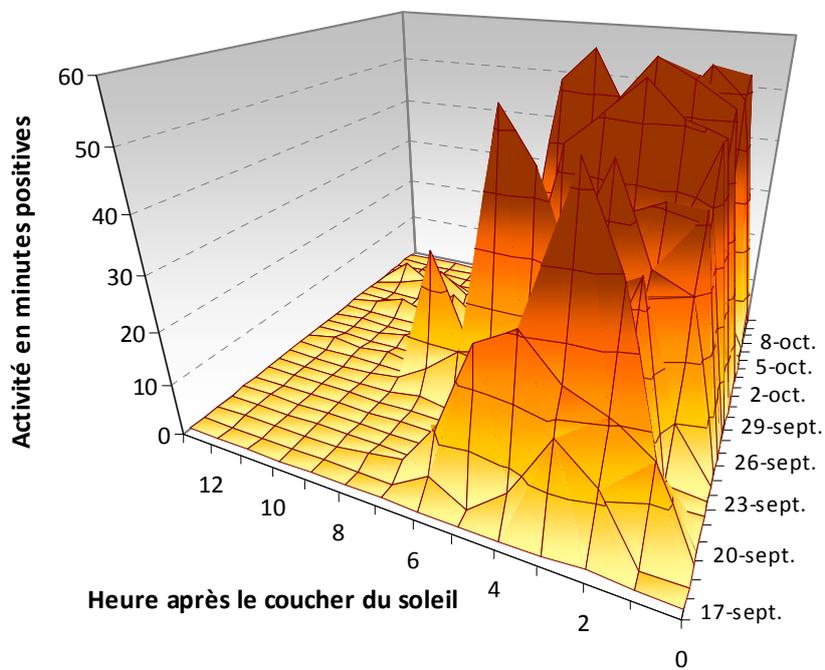


Ce constat peut également être dressé par site. Par exemple, le site de Redon permet d'apprécier plus finement ces différences lors de l'automne 2015 et d'apporter quelques compléments notamment sur le début d'activité. L'activité de la Pipistrelle commune augmente très rapidement lors de la première heure pour atteindre un pic vers deux et trois heures après le coucher du soleil et baisse fortement six heures après le crépuscule. L'activité de la Pipistrelle de Nathusius monte plus progressivement une à deux heures après le coucher du soleil pour atteindre un pic plus tardif après quatre ou cinq heures. Cette activité peut se prolonger ou exploser jusqu'à sept à huit heures après le crépuscule, voir même montrer un pic marqué en seconde partie de nuit.

Activité de la Pipistrelle de Nathusius au cours des nuits d'automne 2015 à Redon



Activité de la Pipistrelle commune au cours des nuits d'automne 2015 à Redon



6. Discussion

6.1 Différence entre sites:

Concernant la Pipistrelle commune, les différences de rythme d'activité semblent plutôt s'expliquer par la hauteur du micro (effet significatif démontré statistiquement) par rapport aux éléments structurants du paysage. En effet les trois sites d'activité les plus élevées chez cette espèce sont les sites dont les enregistreurs sont placés les moins hauts (10 à 20 m environ). A l'inverse, les postes d'enregistrement de Redon et surtout celui de Vannes sont beaucoup plus élevés par rapport au sol ou aux supports de vols de chiroptères. Pour Redon, le micro est situé environ à 40 m au dessus du sol mais l'environnement urbain offre quelques supports de vol proches (toitures d'église, mairie, lycée,...). A Vannes par contre, le micro est situé à 35 m au dessus du sol et à environ 20 m au dessus des toitures de la ville. Il est donc complètement déconnecté de toutes structures de déplacements de chiroptères et expliquerait la très faible activité de la Pipistrelle commune sur ce site particulier.

La répartition de l'activité de la Noctule de Leisler semble plus liée à une différence de statut de l'espèce au niveau de chacun des sites. Comme dans la majorité de la région, sa répartition sur les sites de Redon, La Roche Maurice et La Méaugon serait le reflet de sa situation en Bretagne, c'est-à-dire une espèce peu commune. Pour Vannes, les résultats élevés obtenus permettent d'envisager la présence d'une colonie de mise-bas à proximité du site d'enregistrement. Cette étude vient compléter les contacts réguliers avec cette espèce en période estivale autour du Golfe du Morbihan. L'augmentation du nombre de contacts au printemps et à l'automne pourrait correspondre à des transits locaux et/ou à des modifications de zones de chasse. Enfin, pour le site de Cancale, l'espèce est anecdotique en été et au printemps. De plus, la majorité des contacts automnaux a été obtenue lors de la seule année 2015 lors de pics d'activités subites et très marqués. Cette répartition sur Cancale suggère une activité liée à des individus migrateurs.

Pour la Pipistrelle de Nathusius, il existe clairement un gradient est/ouest marqué. C'est une indication précieuse pour la compréhension du phénomène de migration en Bretagne. Il s'agit d'un premier indice sur l'intensité du flux de migration selon la situation géographique. La migration de la Pipistrelle de Nathusius serait beaucoup plus marquée dans l'est de la région (sites de Redon et Cancale) alors qu'elle serait relativement faible à l'ouest d'une ligne Saint-Brieuc/Vannes. L'ouest de la Région et notamment le nord de la Basse Bretagne serait éloignée du flux principal et la migration y serait anecdotique (site de la Roche Maurice et de la Méaugon).

6.2 Différences entre saisons :

Les différents résultats suggèrent une activité très stable entre les saisons pour la Pipistrelle commune et donc un pattern conforme à son statut supposé d'espèce « sédentaire ».

Ce n'est clairement pas le cas de la Pipistrelle de Nathusius pour qui l'activité dans l'est de la région est principalement concentrée à l'automne et se fait visiblement par à coup ou vagues de forte activité. L'activité printanière y est très faible, similaire à l'activité estivale et sans pics majeurs.

Ces résultats évoquent une activité principalement migratoire en période automnale. La migration de printemps serait plus difficile à mettre en évidence. Elle serait probablement moins concentrée dans le temps, moins imposante en nombre d'individu (impact de la mortalité hivernale) et insuffisamment couverte par notre protocole de déploiement (un mois au printemps) alors qu'elle peut logiquement selon les années s'étendre du mois de février au mois de juin.

Pour la Noctule de Leisler, l'activité est très faible mais les différences entre saisons restent marquées avec notamment une activité plus marquée en automne et quelques pics d'activités marqués notamment à Cancale. Ces résultats pourraient illustrer un probable phénomène de migration très variable d'une année à l'autre.

6.3 Différences interannuelles :

Les patterns annuels de répartition de l'activité automnale de la Pipistrelle de Nathusius sur les sites de Cancale et de Redon permettent d'envisager un fonctionnement assez similaire sur ces deux sites.

L'automne 2014 serait une période proposant une activité relativement régulière de Pipistrelle de Nathusius durant la totalité de l'enregistrement. L'espèce est cependant contactée plus tôt à Cancale. A Redon, l'activité augmente progressivement jusqu'à un maximum d'activité entre fin septembre et début octobre alors qu'il ne semble pas y avoir ce même pic d'activité marqué à Cancale.

L'automne 2015 est assez différent et présente une activité plus tardive et principalement concentrée lors de la fin septembre et début octobre. L'activité est particulièrement marquée sur Redon (très supérieure à 2014) et plus timide sur Cancale (légèrement inférieure à 2014).

Comme pour l'ensemble des espèces, **l'automne 2016** est caractérisé par une activité très faible de Pipistrelle de Nathusius dans les deux sites. Une activité résiduelle est cependant palpable en début de période à Redon (un pic d'activité à la mi-septembre) alors qu'elle est totalement absente à Cancale. Ces résultats 2016, suggèrent une absence de migration de cette espèce en 2016 en Bretagne. Les relevés effectués en écoute active à Redon ont permis de confirmer cette observation puisqu'aucune place de chant ou aucun contact avec la Pipistrelle de Nathusius n'ont pu être établies en 2016 tandis qu'ils étaient réguliers en 2014 et 2015.

Ces importantes différences interannuelles pourraient être principalement liées à la météorologie automnale.

6.4 Effets de la météorologie :

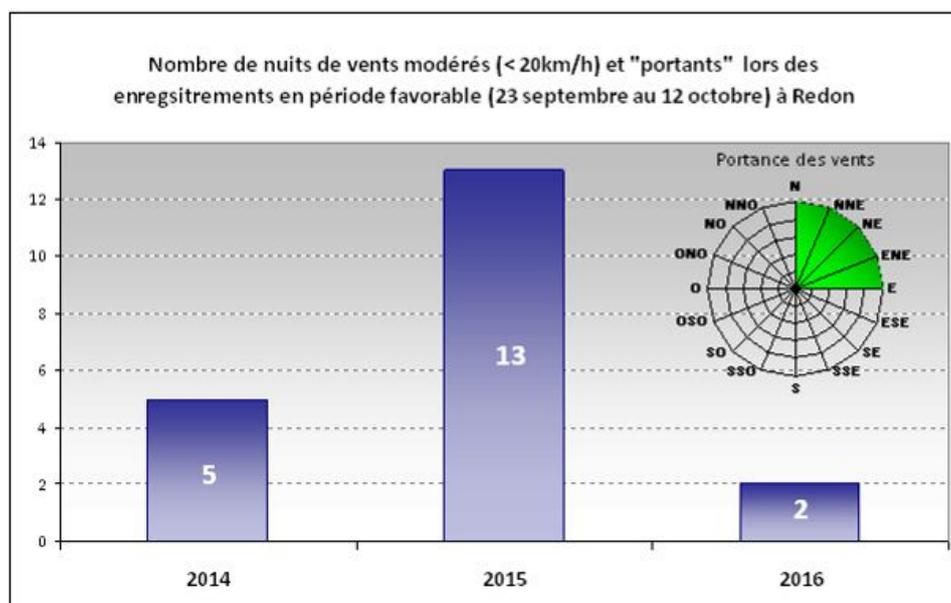
Bien que les conditions météorologiques de température et de force du vent impactent fortement l'activité de la Pipistrelle de Nathusius à Cancale et Redon, ces deux paramètres influencent de façon similaire la Pipistrelle commune. A l'inverse, les effets de la direction du vent et des précipitations nocturne sur ces deux Pipistrelles sont très différents et méritent d'être détaillés.

Direction du vent :

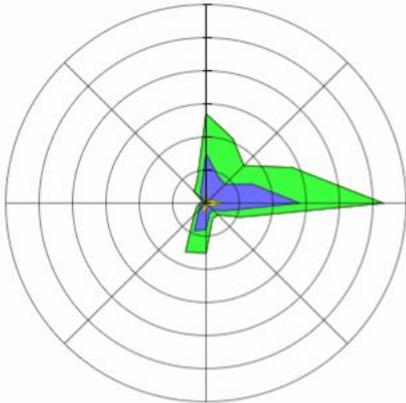
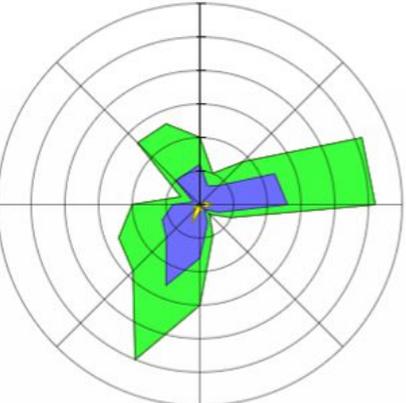
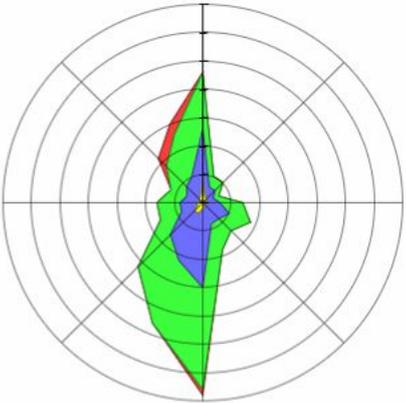
La direction du vent n'influence pas l'activité automnale de la Pipistrelle commune. Par contre, elle influence clairement celle de la Pipistrelle de Nathusius. En effet la majorité de l'activité pour cette espèce a été enregistrée lors de vents orientés au du Nord-Est (vents de nord à est). Eu égard à l'axe prioritaire de migration orienté au nord-est/sud-ouest et à la dépense énergétique engendrée par les migrations, les pipistrelles de Nathusius pourraient profiter de vents « portants » pour leur permettre d'économiser une énergie précieuse (observations similaires chez les oiseaux). De plus, ces vents « portants » pourraient permettre d'augmenter sensiblement leur vitesse de vol et donc la distance parcourue par nuit.

En regardant de plus près les répartitions d'activités automnales annuelles sur Redon et Cancale et les conditions de vents sur ces périodes, nous obtenons des résultats intéressants susceptibles d'expliquer les variations interannuelles.

En effet sur le site de Redon l'importance de l'activité de la Pipistrelle de Nathusius est une traduction presque directe du nombre de jour de vents « portants » entre le 23 septembre et le 12 octobre 2014, 2015 et 2016 (se reporter au graphique page 35. (Activité moyenne en 2014, forte en 2015 et très faible en 2016)



Sur le site de Cancale nous avons également comparé cette importance de l'activité automnale de la Pipistrelle de Nathusius (se reporter au graphique page 36) avec les roses de vents des mois de septembre 2014, 2015 et 2016 (source : site Internet Météo Bretagne station de Pleurtuit-Saint-Malo). Les vents de secteurs nord à est sont globalement favorables à la migration alors que les vents d'autres directions semblent défavorables.

Roses des vents	Commentaires	Activité Pipistrelle de Nathusius	
2014		<p>Rose dominée par des vents de secteurs nord à est sur la majorité du mois de septembre bien que principalement concentré jusqu'au 20 septembre</p>	<p>Moyenne et régulière sur la période avec début d'activité précoce (début septembre)</p>
2015		<p>Rose dominée par des vents des secteurs sud à ouest et est. Les principaux vents « portants » se sont concentrés à la fin du mois (à partir du 26 septembre)</p>	<p>Moyenne mais concentrée sur la fin du mois de septembre et début du mois d'octobre</p>
2016		<p>Rose dominée par des vents de sud et de nord ouest. Absence de vents « portants »</p>	<p>Très faible à inexistante</p>

Il semble donc bien exister un lien important entre l'intensité de migration et le nombre de nuits avec vents « portants ».

Ces vents « portants » impliquent deux phénomènes qui pourraient agir de façon concomitante sur l'intensité de la migration en Bretagne :

- L'augmentation du nombre de nuits avec des vents « portants » et donc l'augmentation du nombre de jour favorable à la migration pourrait faire considérablement augmenter le nombre d'individus de Pipistrelle de Nathusius migratrices à arriver en Bretagne.
- Une dominance de vents « portants » engendrerait un décalage du flux de migration vers la façade ouest de la France et donc vers la Bretagne.

Suite à une analyse fine des vents lors des pics de passages sur Redon et Cancale, on s'aperçoit que les pics d'activité de la Pipistrelle de Nathusius ne semblent jamais observer lors des premiers jours d'une période météorologique favorable. De plus, les derniers pics d'activité de Pipistrelle de Nathusius observés après une période de météo favorable peuvent néanmoins se produire lors de vents ne provenant pas du secteur nord à est. Ces observations suggèrent un décalage temporel entre l'apparition de conditions météorologiques favorable et l'arrivée réelle de pipistrelles de Nathusius. Ce flux pourrait se maintenir pendant une à deux nuits supplémentaires malgré des conditions de vents « non portants ». Une succession de plus de trois nuits avec vents « non portants » finirait cependant par limiter voir stopper le flux de migration.

Précipitations nocturnes :

La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius ne réagissent pas de la même façon à la pluviométrie nocturne. Si les cumuls importants ne semblent pas trop affecter la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius semble beaucoup plus sensible à ce paramètre. Une hypothèse peut-être avancée : La Pipistrelle commune, espèce « sédentaire » ayant une parfaite maîtrise de son environnement et notamment une connaissance du réseau de gîtes secondaires pourrait profiter des quelques accalmies pour chasser au cours de nuits pluvieuses. La Pipistrelle de Nathusius espèce migratrice ayant une activité principalement axée sur le déplacement migratoire serait tributaire de conditions météorologiques idéales lors de nuits complètes et ne prendrait pas le risque énergétique de se déplacer lors de conditions variables et pluvieuses. L'absence de connaissance de l'environnement de migration et notamment des gîtes de repli en cas de pluie pourrait renforcer cette absence d'activité de la Pipistrelle de Nathusius lors de nuits pluvieuses.

6.5 Distribution de l'activité au cours de la nuit :

La distribution de l'activité d'alimentation des chiroptères au cours de la nuit est principalement liée aux rythmes d'activité de leurs proies. Généralement, l'activité des populations d'insectes est maximale lors des premières heures de la nuit et décroît rapidement avec la baisse des températures nocturnes. La répartition des périodes d'activité alimentaires des chiroptères est donc logiquement identique à cette dernière.

Les résultats de cette étude montrent que la répartition de l'activité de la Pipistrelle commune est effectivement calquée sur ce modèle. Par contre la répartition de l'activité de la Pipistrelle de Nathusius présente des différences importantes :

- un pic d'activité de trois à quatre heures après le coucher du soleil
- une activité qui semble se prolonger jusqu'à sept à huit heures après le crépuscule.

Cette répartition ne correspondrait donc pas à une activité d'alimentation et de chasse mais plus à une activité de déplacements automnaux et donc à une activité de migration.

Les premières heures de la nuit seraient principalement utilisées par la Pipistrelle de Nathusius pour s'alimenter et s'abreuver sur des sites de chasse très « rentables » comme les zones humides afin de répondre à la nécessité énergétique imposée par la migration. Cette période d'alimentation n'a selon toute vraisemblance pas été captée par nos enregistreurs qui sont situés en hauteur et qui ne sont pas situés au droit de zones de chasse « rentables ». Une fois que les populations d'insectes régresseraient au cours de la nuit, les pipistrelles de Nathusius rentreraient alors dans une phase de déplacement. Cette phase de transit pourrait cependant conduire à des captures opportunistes d'insectes ou à des émissions de cris sociaux comme le suggère la bibliographie et les quelques séquences analysées parmi les 590 enregistrements validés manuellement pour cette espèce.

6.6 Synthèse des résultats de l'étude :

Les différentes variables testées ont permis de mettre en évidence des similitudes mais également de nombreuses différences entre l'activité de la Pipistrelle commune (espèce témoin « sédentaire ») et la Pipistrelle de Nathusius (espèce migratrice). En effet les variables de saisonnalité, l'existence de pics d'activités marqués et la distribution horaire de l'activité nous permettent de confirmer le statut de sédentaire de la Pipistrelle commune et le statut de migratrice de la Pipistrelle de Nathusius.

Au final, la combinaison de ces différentes variables (répartition géographique, répartition saisonnière, répartition annuelle, répartition selon la météorologie et répartition horaire) avec les éléments de bibliographie et de connaissances de ces espèces en Bretagne nous permettent de conclure que :

- **la Bretagne est bel et bien située sur un axe de migration de Pipistrelle de Nathusius et probablement de Noctule de Leisler.**
- **la migration de ces espèces a principalement lieu en Haute Bretagne. Le flux de migration en Basse Bretagne serait plus atténué et probablement diffus.**
- **la migration automnale est plus intense et plus concentrée dans le temps que la migration printanière qui semble plus délicate à mettre en évidence.**
- **la migration de la Pipistrelle de Nathusius en Bretagne intervient principalement entre le 20 septembre et le 10 octobre lors de nuits sans pluie et de vents faibles (inférieurs à 20km/h) orientés aux secteurs nord à est.**

Un doute persiste sur le devenir des individus migrants qui arriveraient en Bretagne. Sont-ils simplement de passage et continuent-ils leur route vers le Sud-ouest de la France ou s'arrêtent-ils pour hiberner en Bretagne ? La période d'enregistrement automnale s'arrêtant à la mi-octobre ne nous permet pas de répondre à cette question mais les observations effectuées en Bretagne et sur la côte atlantique suggèrent que la Bretagne serait une aire d'hibernation pour certains individus alors que la route serait encore longue pour d'autres.

7. Conclusions

L'étude de la migration des chauves-souris en Bretagne a permis de mieux cerner ce phénomène particulièrement méconnu. Les différents résultats obtenus permettent d'avancer des certitudes notamment pour la Pipistrelle de Nathusius et de soulever de nombreuses hypothèses qui devront être explorées dans le futur.

Cette étude apporte également les premiers éléments pour une prise en compte nécessaire des migrations de chauves-souris dans les politiques d'aménagements du territoire et notamment dans l'implantation et l'exploitation des parcs éoliens bretons. Cette étude a d'ailleurs comme vocation d'amender à court terme les recommandations régionales de prise en compte des chiroptères dans le développement de l'énergie éolienne terrestre et offshore en Bretagne.

Gageons que ce travail serve également la mise en œuvre des trames vertes et bleues au niveau régional et bien au delà. Cette étude a en effet été menée sur une échelle restreinte comparée aux déplacements effectués par ces espèces aux statuts de conservations précaires. Ces études à plus larges échelles (inter régionales, nationales voir internationales) doivent nécessairement être mises en œuvre pour une meilleure compréhension de ces déplacements aux longs cours.

Localement, il y a une nécessité d'aller plus loin dans cette étude et notamment de mettre en place un suivi interannuel de cette migration et de mettre en évidence des couloirs de migration prioritaires pour la traversée de la Haute Bretagne. Une meilleure compréhension de la migration printanière serait également très intéressante.

Ces différents objectifs, bien que nécessitant des protocoles chronophages et coûteux, pourraient être mise en œuvre dans les prochaines années si les politiques publiques nous en offrent les moyens. En attendant, un réseau très dense de sites potentiellement supports d'un suivi de la migration existe déjà en Bretagne, en France et en Europe. Il s'agit des parcs éoliens (en projet ou en fonctionnement) qui pour la plupart sont ou seront équipés à plus au moins long terme d'enregistreurs automatiques d'ultrasons et font l'objet de suivi de mortalité de chiroptères. Ces nombreuses études, pour peu qu'elles soient réellement bien menées, standardisées et accessibles pour en synthétiser les résultats, pourraient nous permettre d'obtenir une vision plus large et précise de la migration des chauves-souris européennes.

Bibliographie

Ahlen I., Baagoe H., J Bach L, 2009. Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy*, 90(6): 1318-1323

Arthur L., Lemaire M., 2009. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze ; MNHN, Paris.

Biegala L et Rideau C, 2009. Comment étudier la migration de la Pipistrelle de Nathusius et des autres Chiroptères, dans l'Ouest de la France ? 3ème rencontres Chiroptères Grand Ouest en Vendée 2009.

Bontadina F(Coord), 2014. Massive bat migration across the Alps: Implications for wind energy development. XIIIth European Bat Research Symposium – Sibenik – Croatia.

Choquené G.-L.(coord.), 2006. Les Chauves-souris de Bretagne. Penn ar Bed n°197-198.

Dietz c, Von Hellersen O, Nill D, 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord.

Dulac P., 2008. Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris - Bilan des 5 années de suivi. Rapport, LPO, La Roche-sur-Yon, 90 p. + annexes.

Eklöf J, Šuba J, Petersons G, Rydell J, 2014. Visual acuity and eye size in five European bat species in relation to foraging and migration strategies. *Environmental and Experimental Biology* 12: 1–6

Flemming T H et Eby P, 2003. Ecology of bat migration

Guillas D, 1973. Migration d'une chauve-souris. Penn ar Bed n°75.

Harouet M. & Montfort D,1995. La Protection des chauves-souris. Bulletin de la Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France, 17.

Hedenström A, 2009. Optimal migration strategies in bats. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1298–1309, 2009

Hill R. & Huppopp O, 2007. Birds and bats: automatic recording of flight calls and their value for the study of migration. Institute of Avian Research Vogelwarte Helgoland, Helgoland, Germany.

Hutterer R., IVANOVA T., Meyer-cords C. & Rodrigues L, 2005. Bat Migrations in Europe, a review of banding data and literature. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn 2005.

Jarzebowski T, 2003. Migration of the Nathusius' pipistrelle *Pipistrellus nathusii* (Vespertilionidae) along the Vistula Split. *Acta Theriologica* 48 (3) : 301 - 308.

Kurvits, T., Nellemann, C., Alfthan, B., Kühl, A., Prokosch, P., Virtue, M., Skaalvik, J. F. (eds), 2011. Living Planet: Connected Planet – Preventing the End of the World's Wildlife Migrations through Ecological Networks. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal.

Markovets, M. J., Zelenova, N. P. & Shapoval, A. P., 2004. Beringung von Fledermausen in der Biologischen Station Rybachy, 1957-2001. *Nyctalus* 9.

Ohlendorf B., Hecht B., Stassburg D., Agirre-Mendi P.T., 2000. Fernfund eines Kleinabendseglers (*Nyctalus leisleri*) in Spanien. *Nyctalus* 7.

Ouvrard E., Gouret L, 2012. Bilan de la première année du programme « La Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) en Pays de la Loire, statuts et méthodes d'inventaire pour une action régionale », Gazette des chiros n°8.

Petersons G., 2004 - Distribution patterns and seasonal migrations of the bat (Chiroptera) populations in Latvia. Summary of the thesis for doctoral degree in Biology (Specialty – Zoology). Latvijas Universitāte. Riga.

Petit E et Mayer f, 2000. Population genetic analysis of migration: the case of the noctule bat (*Nyctalus noctula*) *Molecular Ecology* (2000)9, 683–690

Popa-Lisseanu A et Voigt C, 2009. Bats on the move *Journal of Mammalogy*, 90(6):1283–1289

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Goodwin J. & Harbush C, 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No. 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany.

Simonnet F.(coord.), 2015. Atlas des Mammifères de Bretagne

Strelkov P. P, 1969. Migratory and stationary bats (Chiroptera) of the European part of the Soviet Union. *Acta Zoologica Cracoviensia* 14

Šuba J, Petersons G et Rydell J, 2012. Fly-and-forage strategy in the bat *Pipistrellus nathusii* during autumn migration *Acta Chiropterologica*, 14(2):379-385

Tian L, Lin W, Zhang S et Pan Y, 2010. Bat head contains soft magnetic particles: Evidence From Magnetism- Wiley InterScience

Voigt C, Sörgel K, Suba J, Keiss O and Petersons G, 2012. The insectivorous bat *Pipistrellus nathusii* uses a mixed-fuel strategy to power autumn migration. *Proceeding of the Royal Society of science*. 279, 3772-3778