

# Bilan des analyses approfondies des tendances d'évolution de l'activité des chauves-souris dans les forêts bretonnes

## Période 2014/2020

### Contexte et rappel du protocole

Afin de connaître les tendances d'évolution des populations de chauves-souris forestières, impossibles à dénombrer au gîte, le GMB et ses partenaires Bretagne Vivante, l'Office National des Forêts (ONF), le Centre National de la Propriété Forestière (CNPF) et le service des Espaces Naturels Sensibles (ENS) du département d'Ille-et-Vilaine réalisent un **suivi temporel** par une méthode indirecte **reposant sur l'enregistrement de leur activité acoustique en forêt**.

**Douze forêts ont été suivies en trois points d'enregistrement chacune, durant 7 ans de 2014 à 2020.** Chaque enregistrement a été réalisé durant trois nuits consécutives au sol et à hauteur des frondaisons. Une forêt est suivie par mois estival (juin, juillet, août) par département. Pour éviter des variations d'activité liées aux habitats, les stations forestières d'enregistrement choisies le sont dans des milieux stéréotypés et favorables aux chauves-souris forestières : peuplements matures (>80 ans) majoritairement de feuillus, de structure irrégulière, au sous-étage développé. Les 3 postes du même massif sont éloignés d'au moins 1km les uns des autres, et éloignés d'au moins 50m de toute lisière ou allée et d'au moins 250m de points ou cours d'eau.



Département	Forêt ENS	Forêt dom.	Forêt privée
Côtes d'Armor	Bois d'Avaugour	Coat an Noz	la Hunaudaye
Finistère	Bois de Chap	Cranou	Coatlosquet
Ille-et-Vilaine	Corbière	Villecartier	Paimpont
Morbihan	Bois de Trémelin	Pont Callek	Quénécan



De premières analyses de ce suivi temporel révèlent une activité significativement inférieure à hauteur des frondaisons pour 6 espèces à affinités forestières (seule la Pipistrelle commune a eu une activité plus importante en hauteur), seule a donc été traitée la mesure d'activité faite avec le micro en sous-bois [BARBOSA & DUBOS, 2022b]. Ces analyses révélaient également une augmentation de l'activité acoustique du Murin de Natterer en forêt, dont les effectifs ont pourtant diminué dans les gîtes suivis depuis 1988 [BARBOSA & DUBOS, 2022a], de la Barbastelle d'Europe, ou de la Pipistrelle commune, dont les tendances nationales révèlent un déclin

de 9 % de l'activité acoustique [BAS *et al.*, 2020]. L'importante variabilité de l'activité acoustique de ces espèces en dépit du choix de massifs, de peuplements forestiers et des postes d'enregistrements homogènes a souligné la nécessité d'une meilleure prise en compte du contexte paysager et d'autres paramètres environnementaux, au-delà des lisères de la forêt, afin d'aboutir à des tendances moins biaisées par ces facteurs externes. **Nous précisons ainsi les analyses de 2022 par une prise en compte du contexte environnemental de 500m à 5km autour des points d'écoute, dans le but d'affiner ces tendances d'évolution de l'activité forestière**, mais aussi afin d'obtenir de meilleurs résultats pour les espèces pour lesquelles les résultats n'étaient pas significatifs lors de ces premiers travaux. Nous intégrerons ainsi à nos analyses les effets de covariables comme l'occupation du sol, la densité des peuplements feuillus et résineux, l'ancienneté de la forêt, l'anthropisation de l'environnement ou la structure du bocage, construites sur la base de données cartographiques avec le logiciel Qgis [QGIS Development Team, 2023], conservant dans nos modèles les paramètres climatiques, météorologiques, saisonniers et stationnels, pour dissocier autant que possible la véritable tendance des différents biais affectant la mesure de l'activité.

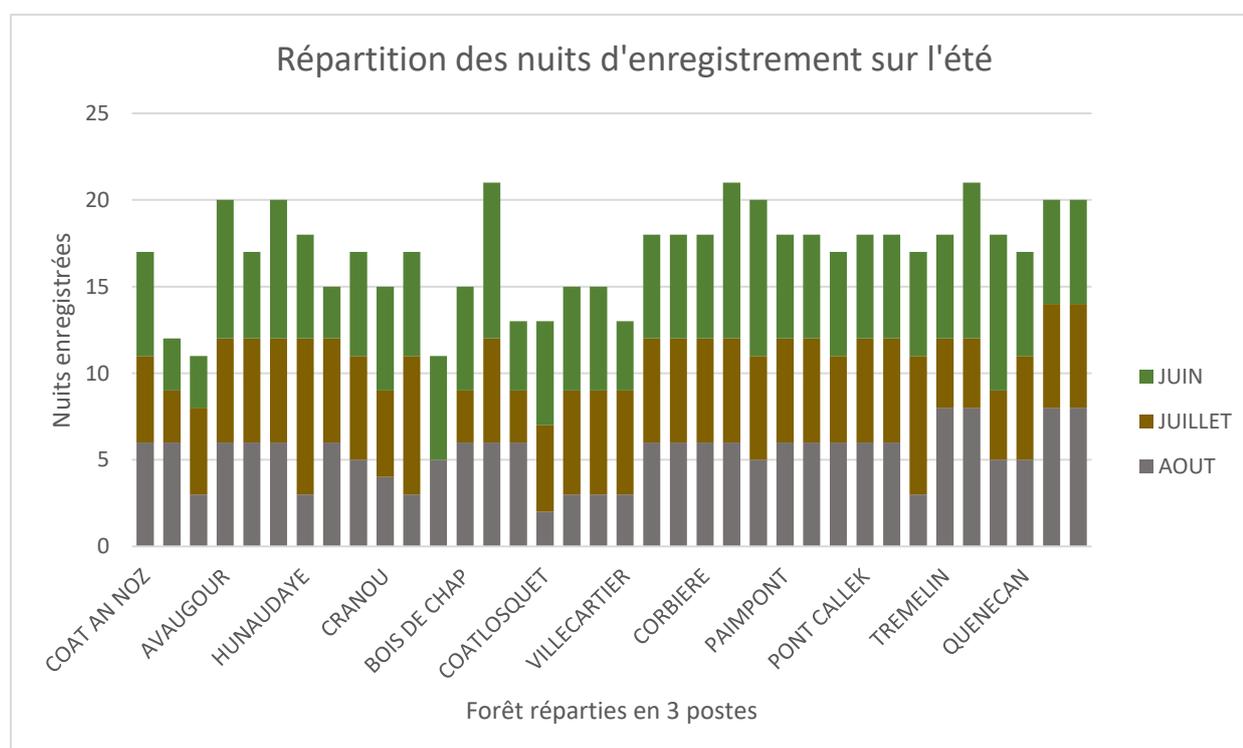
## Méthode d'analyse

### Espèces traitées

Nous analyserons les tendances d'activité de la **Barbastelle d'Europe** (*Barbastella barbastellus*), du **Murin de Natterer** (*Myotis nattereri*), de l'**Oreillard roux** (*Plecotus auritus*), du **Murin d'Alcathoe** (*Myotis alcathoe*) et de la **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*).

### Quantité d'enregistrements

Durant les 7 années de cette première période d'échantillonnage, **610 nuits complètes d'enregistrements ont été collectées depuis 36 postes dans 12 forêts** (pour un maximum théorique de 756 nuits sans aléas matériels ou autres), ce qui représente approximativement **10 000 heures cumulées d'enregistrement** en considérant la durée des nuits en été en Bretagne.



### Mesure de l'activité

La mesure de l'activité acoustique enregistrée consiste à dénombrer les contacts (tranches de 5 secondes avec détection d'au moins 1 cri sonar pour une espèce déterminée) au cours de la nuit. Au vu de la quantité d'ultrasons collectés durant la période, l'identification des espèces de chaque séquence a été faite de manière automatisée uniquement, grâce au logiciel Tadarida [BAS *et al.*, 2017] proposé par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) sur la plate-forme du protocole VigieChiro, ce qui implique un certain taux d'erreur sur les identifications. Ce taux d'erreur est minimisé par la méthode de dénombrement des contacts proposée par le MNHN [BARRE *et al.*, 2019], et comme il est constant, nous posons le postulat qu'il n'interfère pas sur l'évolution temporelle des activités. La méthode de dénombrement consiste ainsi à additionner, pour chaque nuit, toutes les séquences de 5 secondes (=1 contact) identifiées avec une probabilité supérieure à 50% à une espèce dès lors que cette espèce est au moins identifiée avec une probabilité supérieure à 90% au cours de la nuit.

### Analyse statistique

L'analyse de tendance consiste, pour l'activité de chaque espèce, en la construction d'un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) de loi négative binomiale qui supporte la structure spatiale imbriquée de notre échantillonnage (3 postes de mesures par forêt). En plus de l'effet de l'année sur l'activité, de l'effet du jour de l'enregistrement et son effet quadratique (étant donné que la relation entre l'activité et le jour de l'année est généralement avec une inflexion et non linéaire), sont intégrées les variables de biais, non corrélées entre elles, les plus significatives identifiées lors des études précédentes [Dubos, 2019] et/ou significatives lors des premières analyses [BARBOSA & DUBOS, 2022b] : le peuplement dans lequel sont effectués les enregistrements, approché par des variables décrivant la surface feuillue, résineuse, de forêt ancienne ou de coupe rase, mais aussi son environnement plus ou moins anthropique, approché par la naturalité ou la variance des écopaysages, la densité de haies et de surfaces agricoles aux environs, de prairie ou de culture, de gros élevages ICPE ou d'éoliennes, dans un environnement allant de 500m à 5km autour du point d'écoute.

Pour chaque espèce, l'activité fait donc l'objet d'un modèle initial complet avec les variables les plus significatives au sein de sous-modèles et non-corrélées entre elles, qui est réduit (méthode de réduction des valeurs d'AIC), pour ne conserver que la tendance annuelle et les covariables les plus explicatives.

Ces résultats sont, en définitive, exprimés pour chaque espèce par la valeur de la tendance sur la période, une représentation graphique de celle-ci, les éventuels effets des covariables (positif/négatifs et significativité) et éventuelles inflexions des effets de l'année ou du jour.

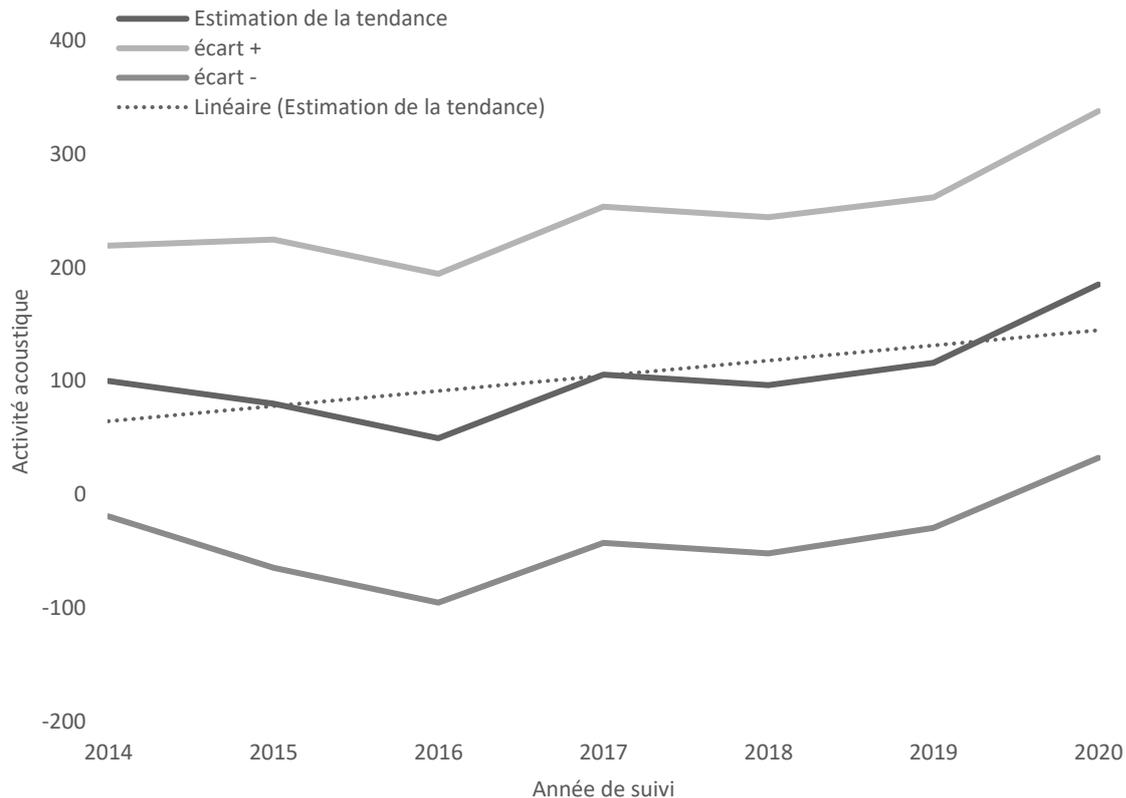


## Résultats

Pour les résultats présentés ci-après, la significativité des effets est classée selon les codes suivants :  
 \*\*\* :  $\alpha < 0,001$  ; \*\* :  $\alpha < 0,01$  ; \* :  $\alpha < 0,05$  ; - :  $\alpha < 0,1$  ; NS : non significatif

### Barbastelle d'Europe

Estimation de la tendance de l'activité acoustique de la Barbastelle d'Europe dans les forêts bretonnes de 2014 à 2020

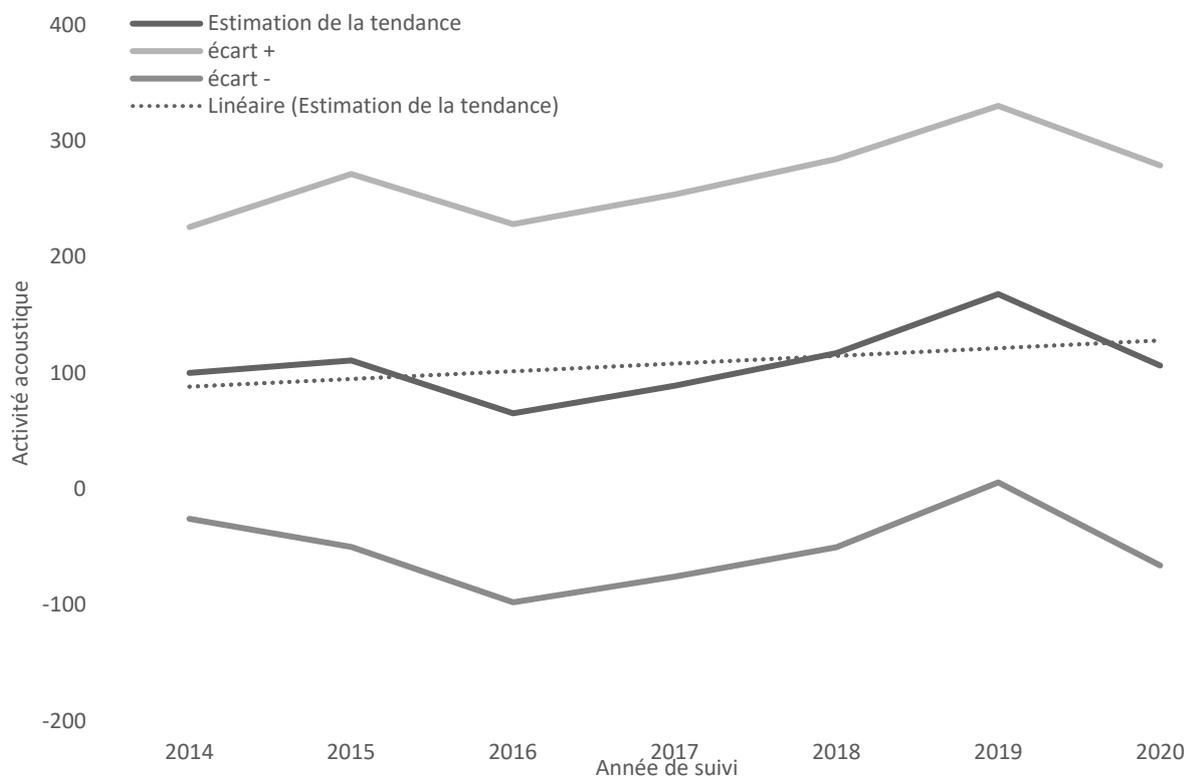


Pour la **Barbastelle d'Europe**, on constate en forêt une croissance annuelle de **10,77 % (\*\*\*)** de l'activité, ainsi qu'un effet positif du jour d'enregistrement (\*\*\*) avec une inflexion négative (\*\*\*) au cours de l'été. On remarque un effet de la température moyenne annuelle : l'activité est plus forte dans les zones les plus froides de la région (\*\*\*) . La Barbastelle est significativement plus active lorsque la densité de feuillus augmente dans un rayon de 500m (\*\*\*) , mais aussi quand celle des résineux augmente dans un rayon de 2km (\*) . Une surface importante de forêt ancienne dans un rayon d'1km lui serait favorable (\*\*). Son activité semble également influencée positivement par la taille des bois et la quantité de bois mort (\*\*\*) , et négativement lorsque le recouvrement du sous-étage se densifie (\*\*\*) . On constate une activité plus forte quand les surfaces de culture (\*\*\*) et de prairie (\*\*) recensées dans un rayon de 500m augmentent, et une activité réduite à mesure que l'on s'éloigne d'un écotone arboré (\*\*\*) . En revanche, l'activité acoustique de l'espèce semble être impactée négativement par la densité des gros élevages ICPE dans un rayon de 2 km (\*\*\*) . L'activité de la Barbastelle est plus faible lorsqu'augmente la variance des écopaysages dans un rayon de 2km (\*\*\*) , et plus forte en forêt à mesure que grandit le nombre d'éoliennes dans un rayon de 5km (\*\*\*) .



## Murin de Natterer

Estimation de la tendance de l'activité acoustique du Murin de Natterer dans les forêts bretonnes de 2014 à 2020



Pour le **Murin de Natterer**, on estime en forêt une croissance annuelle de **7,85 % (\*)** de l'activité, sans influence notable du jour de l'été, qui s'accroît avec l'humidité potentielle du sol (\*\*\*) et l'amplitude thermique annuelle moyenne (\*\*\*). A l'inverse, les précipitations moyennes annuelles montrent un effet négatif sur l'activité (\*). Concernant l'habitat forestier, on constate un effet négatif du recouvrement arboré de la strate dominante (\*\*\*), de la surface de plantation feuillue dans un rayon de 1km et résineuse à 2km (\*\*), et de la densité de lisières dans un rayon de 500m (\*\*\*). Les surfaces des zones ouvertes dans les 500m environnants ou même des coupes forestières dans un rayon de 2km ont en revanche un effet positif sur l'activité acoustique de l'espèce en forêt (\*), tout comme la densité de gros élevages ICPE dans un rayon de 2km (\*\*\*).

## Oreillard roux

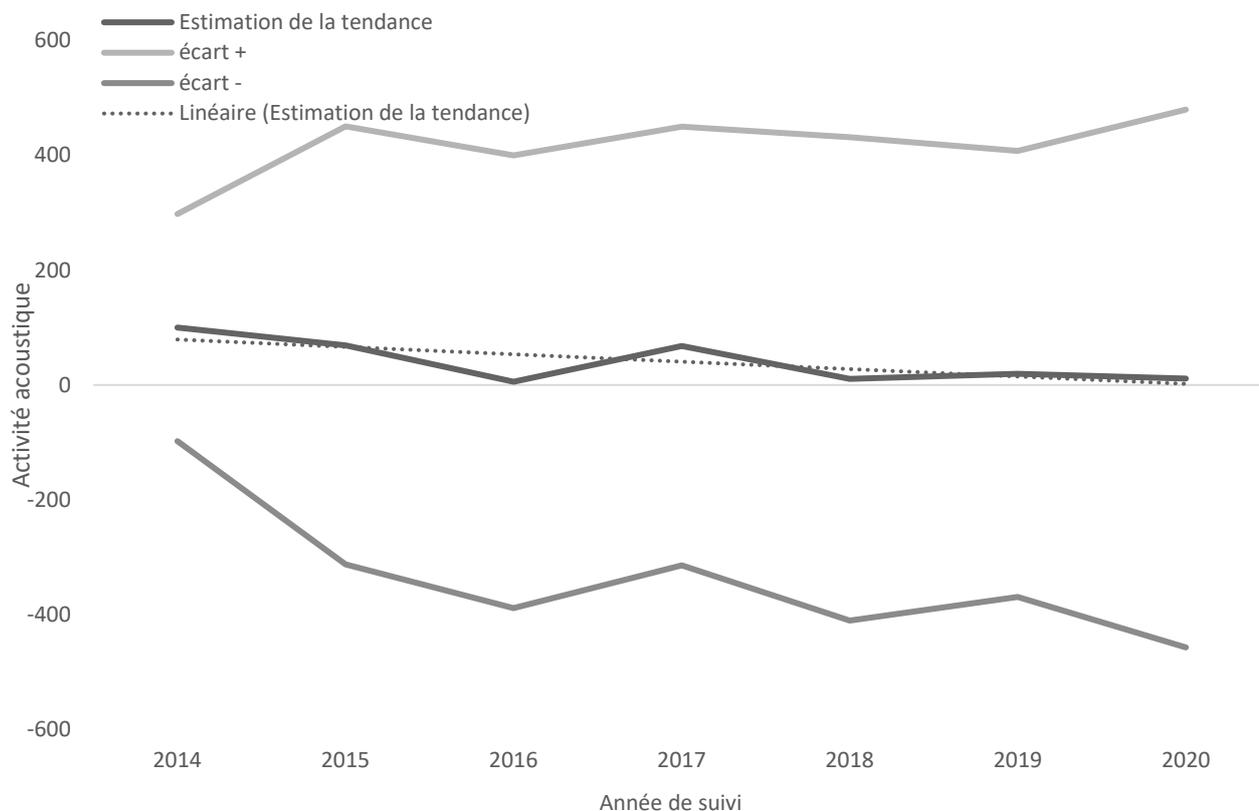
*Pour cette espèce, l'échantillonnage semble insuffisant pour détecter de manière robuste la tendance. Un allongement de la période de suivi nous permettra d'obtenir plus d'informations sur l'évolution de l'activité de cette espèce.*

Nos modèles révèlent néanmoins un effet positif du jour d'enregistrement (\*\*\*) sur l'activité de l'**Oreillard roux**, avec une inflexion négative (\*) au cours de l'été. L'activité mesurée de l'espèce est plus forte à mesure que l'on s'éloigne du littoral (\*\*). Son activité semble aussi réduite par les températures moyennes annuelles trop douces et les précipitations moyennes annuelles (\*), mais surtout par la distance à l'eau (\*) ou à l'écotone arboré (\*\*\*). Elle est en revanche plus forte lorsqu'augmentent la quantité de bois mort au niveau du poste d'enregistrement, la surface de plantation feuillue et de forêt ancienne dans un rayon d'1km (\*\*). Le nombre d'éoliennes (dans un rayon de 5km) a un effet positif sur l'activité acoustique de l'Oreillard roux (\*\*).



## Murin d'Alcathoe

Estimation de la tendance de l'activité acoustique du Murin d'Alcathoe dans les forêts bretonnes de 2014 à 2020



Nos modèles révèlent une chute annuelle de **23,57 % (\*\*)** de l'activité acoustique du **Murin d'Alcathoe** en forêt bretonne, sans effet notable du jour de l'été. Cette dernière est croissante avec la température moyenne annuelle (\*\*\*) , mais plus faible dans les zones de forte amplitude thermique annuelle (\*\*\*) . La surface de plantation résineuse dans un rayon de 500m impacte négativement l'activité du murin (\*\*\*) , de même que le nombre d'éoliennes dans les 5km environnants (\*\*). On remarque, comme pour le Murin de Natterer, une activité plus faible (\*\*) lorsque qu'augmente la surface de forêt ancienne dans un rayon d'1km.

## Pipistrelle commune

*Pour cette espèce, l'échantillonnage semble insuffisant pour détecter de manière robuste la tendance. Un allongement de la période de suivi nous permettra d'obtenir plus d'informations sur l'évolution de l'activité de cette espèce.*

Nos modèles révèlent une inflexion positive du jour d'enregistrement au cours de l'été (\*) sur l'activité de la **Pipistrelle commune** en forêt bretonne. Celle-ci croît en fonction de l'amplitude thermique annuelle (\*\*), de l'exposition aux vents dominants (\*\*) et de l'humidité potentielle des sols (\*). Le recouvrement de la strate dominante et du sous-étage influencent négativement l'activité (\*\*\*) de l'espèce. Au contraire des variables comme celles de la surface de forêt ancienne (\*\*) ou de naturalité moyenne (\*\*\*) dans un rayon d'1km ont un effet positif sur celle-ci. En termes agricoles, la pipistrelle commune présente une activité croissante sous l'effet de la surface de culture (\*\*\*) et de prairie (\*\*) dans un rayon de 500m, et de la densité d'écotones arborés (\*\*\*) et de la surface de culture (\*) dans un rayon de 5km.



## Discussion

La **Barbastelle d'Europe** n'est que très peu affectée par des conditions météorologiques médiocres [DUBOS, 2020], on la sait également plus fréquemment contactée dans cette zone d'influence atlantique qu'est la Bretagne, donnant une responsabilité régionale plus forte à tout l'ouest de la France vis-à-vis de l'espèce classée vulnérable en France et quasi-menacée en Europe [TAPIERO, 2013]. Comme observé par ailleurs, l'activité acoustique de la Barbastelle est favorisée par la taille du bois et la quantité de bois mort, lui offrant le gîte et le couvert. La densité des environnements feuillus à 500m comme résineux à 2km favorise également l'activité de la Barbastelle, qui chasse en forêts structurées et productives [RYDELL *et al.*, 1996 ; SIERRO, 1999]. Le domaine vital d'une colonie recouvrant moins d'1 km<sup>2</sup>, on peut supposer que l'activité de la Barbastelle d'Europe se concentre dans l'habitat feuillu où les enregistrements sont effectués, d'autant plus qu'il y a une plus grande densité résineuse dans un rayon plus large. Son activité est réduite dans un sous-étage dense, et favorisée par la proximité des lisières, correspondant à son écologie [LANGRIDGE & TILLON, 2017]. Son activité est ainsi plus importante dans la forêt quand le bocage est abondant aux alentours, l'agriculture intensive lui est en revanche défavorable dans un rayon de 2km. On retrouve en effet l'espèce fréquemment dans les milieux agricoles traditionnels bordés de haies hautes ou épaisses [ARTHUR & LEMAIRE, 2009], on suppose de fait que l'espèce souffre des pratiques agricoles intensives.

L'activité acoustique du **Murin de Natterer** s'accroît en forêt avec l'humidité du sol et l'amplitude thermique, à l'inverse, les précipitations moyennes annuelles montrent un effet négatif sur l'activité, il pourrait s'agir là d'un corollaire de l'effet péninsule constaté sur les populations de Murins *spp* moins abondants dans l'Ouest, plus arrosé, de la région [SIMONNET *et al.*, 2015]. Concernant l'habitat forestier, on constate un effet négatif du recouvrement des houppiers, l'espèce dépend en effet, afin de glaner dans le feuillage, d'une luminosité importante permettant le développement des strates inférieures [SHIEL *et al.*, 1991]. Les surfaces feuillues dans un rayon de 1km et résineuses à 2km semblent expliquer une plus faible activité du Murin de Natterer, comme la densité de lisières dans un rayon de 500m. L'hypothèse adoptée est celle de la dilution de l'activité du Murin de Natterer dans un environnement feuillu, l'espèce étant fortement liée aux arbres [ARTHUR & LEMAIRE, 2009]. La proportion de zones ouvertes semble toujours favoriser l'activité du Murin de Natterer, de même que les coupes forestières ou la densité des gros élevages ICPE dans un rayon de 2 km. Une première hypothèse serait celle d'un report de l'activité du murin, dans les paysages dégradés, vers les zones forestières favorables où sont réalisés nos enregistrements, l'espèce prospectant de 2 à 6km du gîte [ARTHUR & LEMAIRE, 2009]. L'espèce serait alors moins dépendante de la qualité des milieux périphériques que la Barbastelle d'Europe. Une autre hypothèse serait celle d'une préférence de l'espèce pour les milieux ouverts et le cortège de proies associées aux pâturages et prairies de fauche [SWIFT, 2009].

La baisse d'activité constatée du **Murin d'Alcathoe** durant la période d'étude peut s'expliquer par l'environnement des points d'écoute : nous supposons un effet direct de l'enrésinement sur la disponibilité en gîtes et proies, l'espèce chassant jusqu'à 800m autour de son gîte. Les éoliennes impactent l'activité des chauves-souris, pour tous les groupes et quelle que soit la saison considérée [MILLON *et al.*, 2015], expliquant d'après nos hypothèses l'effet négatif de leur nombre dans le paysage sur l'activité du Murin d'Alcathoe. En effet, les chauves-souris spécialistes des forêts évitent les éoliennes sur des distances de plusieurs centaines de mètres [ELLERBROK *et al.*, 2022], au contraire les éoliennes situées loin d'écotones arborés dans des zones ouvertes pourraient les attirer, accroissant ainsi la mortalité [LE ROUX *et al.*, 2022].



## Synthèse

La synthèse des résultats présentés en détail plus haut est proposée dans le tableau suivant :

Espèce	Affinité forestière	Tendance 2014-2020	Effet du jour	Effets positifs les plus significatifs	Effets négatifs les plus significatifs
Barbastelle d'Europe	très forte	↗ (***)	↻ (***)	Taille des bois, densité de bois mort, surface feuille (500m), densité de culture (5km), nbr éoliennes (5km)	Recouvrement du sous-étage, distance aux haies/lisières, temp. moy. ann., variance des écopaysages, densité d'ICPE
Murin de Natterer	très forte	↗ (*)	↻ (***)	Amplitude thermique annuelle, densité d'ICPE (2km)	Recouvrement du houppier, surface de forêt ancienne (500m), densité de lisières
Murin d'Alcathoe	très forte	↘ (**)	Pas d'effet	Température moyenne annuelle	Amplitude thermique annuelle, surface résineuse (500m)
Oreillard roux	très forte	NS	↻ (***)	Densité de bois mort, distance au littoral, surface feuillue (1km), nombre d'éoliennes (5km)	Distance au premier écotone arboré et à l'eau
Pipistrelle commune	moyenne	NS	↻ (*)	Recouvrement du houppier, surface de culture (500m), naturalité (1km), densité d'écotones arborés (5km)	Recouvrement du sous-étage

Significativité des résultats : \*\*\* :  $\alpha < 0,001$  ; \*\* :  $\alpha < 0,01$  ; \* :  $\alpha < 0,05$  ; - :  $\alpha < 0,1$  ; NS : non significatif

Nos analyses confirment les tendances modélisées en 2022 concernant la Barbastelle d'Europe et le Murin de Natterer, espèces typiquement forestières pour lesquelles nous assistons à une augmentation de l'activité acoustique en forêt de 2014 à 2020. L'ajout de covariables environnementales à nos modèles n'a en revanche pas suffi à préciser les tendances d'activité de la Pipistrelle commune ou de l'Oreillard roux, ou de statuer quant à une réelle démographie positive de ces espèces ou à un report de l'activité des milieux dégradés en forêt. Nos résultats ont également mis en évidence une chute annuelle alarmante de 23,57 % de l'activité acoustique du Murin d'Alcathoe, constituant un point de vigilance pour la conservation des chauves-souris forestières.

## Perspectives

**Nos résultats démontrent l'intérêt de poursuivre et reconduire le protocole de suivi de l'activité des chauves-souris forestières en Bretagne.** L'augmentation significative de l'activité de la Barbastelle d'Europe et du Murin de Natterer de 2014 à 2020 en forêt pourrait s'expliquer par un report de l'activité de chasse vers nos sites d'enregistrement dans des paysages se dégradant. Cette hypothèse nous amène à proposer des compléments de suivi dans des milieux moins favorables de ces mêmes forêts, et à terme à l'extérieur des massifs avec le déploiement des suivis Vigie-Chiro dans toute la région. Nous adaptions ainsi le protocole qui est redéployé sur la Bretagne l'été 2023, par l'ajout de points d'écoute dans des parcelles enrésinées, fraîchement exploitées ou moins matures, représentatives de la sylviculture globale de ces forêts. La comparaison de l'activité acoustique dans ces différents contextes nous permettra de statuer sur cette hypothèse, et donc d'avoir une appréciation plus robuste de la démographie de ces espèces.

Par ailleurs, les analyses montrent un effet du jour de l'enregistrement sur l'activité de la plupart des espèces mais aussi du mois de l'été (activité plus réduite en juin). Le prolongement du suivi forestier s'effectuera donc sur les mois de juillet et août.

Enfin, afin de gagner en précision lors des prochaines analyses, l'évolution des variables environnementales (occupation du sol et bocage en périphérie, peuplements des massifs et habitats des stations d'enregistrement, climat...) serait à comparer aux évolutions de l'activité des différentes espèces.



## Références

- ARTHUR L. & M. LEMAIRE, 2009. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope), Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 544p
- BARBOSA E. & T. DUBOS, 2022a. Synthèse des analyses d'évolution des populations de chiroptères dénombrées au gîte en Bretagne - période 1988/2020 (Observatoire des Mammifères de Bretagne). Rapport, Groupe Mammalogique Breton, Sizun, 11 p.
- BARBOSA E. & T. DUBOS, 2022b. Synthèse des analyses d'évolution de l'activité des chauves-souris dans les forêts bretonnes - période 2014/2020 (Observatoire des Mammifères de Bretagne). Rapport, Groupe Mammalogique Breton, Sizun, 9 p.
- BARRE K., I. LE VIOL, R. JULLIARD, J. PAUWELS, S.E. NEWSON, J.F. JULIEN, F. CLAIREAU, Y. BAS & C. KERBIRIOU, 2019. Accounting for automated identification errors in acoustic surveys. *Methods in Ecology and Evolution*
- BAS Y., D. BAS & J. F. JULIEN, 2017. Tadarida: a toolbox for animal detection on acoustic recordings. *Journal of open research software*, 5(1).
- BAS Y., C. KERBIRIOU, C. ROEMER & J-F. JULIEN, 2020. « Bat population trends ». [en ligne], Muséum National d'Histoire Naturelle, <https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/population-trends> (page consultée le 5 juin 2023)
- CATEAU E., L. LARRIEU, D. VALLAURI, J-M. SAVOIE, J. TOUROULT, H. BRUSTEL, 2015. Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. *Comptes Rendus Biologies*, 338 (1) : 58-73, ISSN 1631-0691, <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2014.10.004>
- DUBOS T., in SIMONNET F., coord. (2019). Observatoire des Mammifères de Bretagne - Bilan d'activité 2018. Groupe Mammalogique Breton, Sizun, 18 p. + annexes.
- DUBOS T., 2020. Pourquoi la Barbastelle (*Barbastella barbastellus*) se plaît-elle en Bretagne? et autres questions étudiées grâce au référencement des enregistrements acoustiques passifs. *Symbioses*, n.s., 38 : 37 – 52
- ELLERBROK, J. S., A. DELIUS, F. PETER, N. FARWIG & C.C. VOIGT, 2022. Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites. *Journal of Applied Ecology*, 59, 2497–2506. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14249>
- LANDGRIDGE J., L. TILLON, 2017. Relation entre les chiroptères et la forêt : analyse nationale issue de la détection ultrasonore. Office National des Forêts, 137p.
- LEROUX C., C. KERBIRIOU, I. LE VIOL, N. VALET & K. BARRE, 2022. Distance to hedgerows drives local repulsion and attraction of wind turbines on bats: Implications for spatial siting. Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Paris, France, *Journal of Applied Ecology*, DOI: 10.1111/1365-2664.14227
- MILLON L., J.-F. JULIEN, R. JULLIARD & C. KERBIRIOU, 2015. Bat activity in intensively farmed landscapes with wind turbines and offset measures. *Ecol. Eng.* 75, 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.050>.
- QGIS Development Team, 2023. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.org>
- RYDELL J., G. NATUSCHKE, A. THEILER, & P.E. ZINGG, 1996b. Food habits of the barbastelle bat *Barbastella barbastellus*. *Ecography*, 19, 62-66
- SHIEL C.B., C.M. MCANEY & J.S. FAIRLEY, 1991. Analysis of the Diet of Natterers Bat *Myotis nattereri* and the Common Long-Eared Bat *Plecotus auritus* in the West of Ireland. *Journal of Zoology*, 223, 299-305.
- SIERRO A., 1999. Habitat selection by barbastelle bat (*Barbastella barbastellus*) in the Swiss Alps (Valais). *Journal of Zoology*, 248, 429-432.
- SIMONNET F. (coord.), 2015. Atlas des Mammifères de Bretagne, Volume 1 (1ère éd), Locus Solus (Zoologie, Patrimoine Naturel), Châteaulin, 303p.
- SWIFT S., 2009. Roosting and foraging behaviour of Natterer's bats (*Myotis nattereri*) close to the northern border of their distribution. *Journal of Zoology*, 242(2): 375 – 384 <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb05809.x>
- TAPIERO A., 2013. – Guide méthodologique de hiérarchisation des sites protégés et à protéger à Chiroptères. Fédération des Conservatoires d'Espaces naturels, Besançon, 13 p.
- TILLON L., 2015. Utilisation des gîtes et des terrains de chasse par les Chiroptères forestiers, propositions de gestion conservatoire. Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III.

