

L'évolution de l'état de conservation de la Noctule commune (*Nyctalus noctula*)

Christian KERBIRIOU* & Cyprian KAUFFMANN**

*Muséum national d'histoire naturelle, DEGB-CESCO,
43 rue Buffon CP135, 75005 Paris.
christian.kerbirou@mnhn.fr

**cypkauffmann@hotmail.fr

Résumé. - Le suivi national Vigie Chiro a permis de documenter un fort déclin de la Noctule commune (-88%) sur la période 2006-2019. Les causes de ce déclin restent à éclaircir et hiérarchiser finement. Les caractéristiques démographiques de cette espèce mettent en lumière la faible capacité de restauration de ses populations. Le déclin observé de 7 à 15 % par an est légèrement supérieur à la capacité maximale de l'espèce à restaurer sa population. Il est donc très probable que même si les conditions redevenaient favorables à cette espèce, il lui faudrait plusieurs dizaines d'années pour restaurer le niveau de ses populations. Au regard du taux de déclin annuel, il y a une très forte présomption pour que la survie adulte ait été impactée ou qu'il y ait eu une diminution d'arrivée d'individus dans la population. Une analyse de la tendance déclinée par saison a mis en évidence que le déclin serait uniquement détecté en période de printemps début d'été, rejetant ainsi l'hypothèse que le déclin global puisse être expliqué majoritairement par une baisse d'arrivée d'individus en fin d'été, en relation avec les changements de comportement en terme d'hivernage, comme observé dans le nord-est de son aire de répartition. Au vu de l'état de conservation actuel, il est très probable que les niveaux de mortalité liés à l'éolien contribuent à accentuer le déclin et donc menacer à moyen terme la viabilité de la population française.

INTRODUCTION

Plusieurs éléments suggèrent que l'état de conservation de la Noctule commune s'est fortement dégradé au cours des 15 dernières années.

Le dernier rapportage de l'Article 17¹ de la Directive Habitat disponible (2007-2012) faisait déjà apparaître une situation contrastée au niveau européen : dans certaines régions comme le nord de la Belgique, la Hollande, la Slovaquie, la Noctule commune y avait un statut de conservation « défavorable mauvais ». Dans la partie atlantique française, continentale allemande et une partie des pays de l'est de l'Europe, son statut était « défavorable inadéquat ». Enfin elle semblait en bon état de conservation en Angleterre, Suède, Tchéquie, et la partie continentale française [EEA 2021, BENSETTI & PUISSEAUVE 2015].

En France, la révision de la liste rouge des mammifères produite par l'IUCN fait apparaître une dégradation nette globale pour les mammifères. En 2009, 23 % des espèces de mammifères ont été évaluées comme menacées ou quasi menacées, en 2017 elles sont désormais 33 %.

¹ Les articles 11 et 17 de la directive «Habitat» exigent que les États membres surveillent les habitats et les espèces énumérés dans les annexes (notamment les espèces dans les annexes II, IV et V), soit l'ensemble des Chiroptères avec une période de rapportage de 6 ans.

Parmi les Chiroptères, certaines espèces ont vu leur statut de conservation s'améliorer, comme le Grand rhinolophe et le Rhinolophe euryale qui ne sont désormais plus considérés comme menacés. Notons que ces espèces ont connu un fort accroissement de leurs populations [KERBIRIOU *et al.* 2018], même si celles-ci restent sans doute très inférieures à leur niveau d'avant la seconde moitié du XX^e siècle. Cette embellie ne doit pas cacher une dégradation assez globale pour les Chiroptères car la liste des Chiroptères menacés ou quasi menacés s'est allongée passant de 9 espèces à 16 avec notamment l'entrée d'espèces pourtant considérées comme largement répandues sur le territoire : la Noctule commune, la Sérotine commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler.

Les premières tendances nationales produites par le suivi Vigie Chiro [KERBIRIOU *et al.* 2014] mettaient en lumière pour la première fois des déclinés prononcés sur des espèces communes et notamment un déclin de la Noctule commune sur les trois dernières années (2009-2011). La réactualisation des tendances nationales [BAS *et al.* 2020] indique désormais de forts déclinés pour quatre des six espèces évaluées et tout particulièrement pour la Noctule commune qui présente le plus fort déclin (-88 % sur la période 2006-2019, *Tableau 1*). Ce déclin correspond à une diminution annuelle de l'ordre de 7 à 15 % par an, en fonction de la période considérée, respectivement

(2006-2019) ou (2010- à 2019) ; il y a eu de fortes variations au début du suivi (2006-2009) qui pourraient en partie s'expliquer par la taille du dispositif de suivi Vigie Chiro lors de son lancement en 2006. Cependant, cette tendance à un fort déclin apparaît relativement robuste aux vues des recherches menées sur ce dispositif de suivi national pour évaluer de potentiels biais : (i) nous avons ainsi pu rejeter l'hypothèse de l'usure des microphones [KERBIRIOU *et al.* 2019], (ii) malgré un échantillonnage dépendant de la mobilisation de volontaires, nous avons pu mettre en évidence une bonne représentativité des habitats échantillonnés que ce soit à une échelle locale ou nationale [KERBIRIOU *et al.* 2018], et (iii) nous avons validé une procédure pour considérer les biais inhérents à la reconnaissance automatique [BARRÉ *et al.* 2019]. A noter que ces approches basées sur des suivis acoustiques standardisés pour documenter des tendances de populations sont désormais largement utilisées dans de nombreux pays [ROCHE *et al.* 2011, TUNEU-CORRAL *et al.* 2020, EVANS *et al.* 2021]. Si ce déclin semble donc avéré, les origines de celui-ci semblent peu documentées.

Espèces	Déclin cumulé sur la période 2006-2019	Intervalle de confiance du déclin
Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)	-88%	[-91%; -84%]
Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	-46%	[-61% ; -27%]
Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	-30%	[-41 %; -17%]
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	-9%	[-13%; -3%]
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	-8%	[-20%; +7%]
Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	-4%	[-27% ; + 28%]

Tableau 1. - Tendances des populations estimées à partir du suivi national Vigie Chiro (les tendances nationales significatives sont en gras)

TRAITS DÉMOGRAPHIQUES DE LA NOCTULE COMMUNE.

Dans un premier temps nous avons fait un point sur les contraintes démographiques de la Noctule commune, espèce relativement longévive, c'est-à-dire caractérisée par des survies adultes relativement élevées - et donc une durée de vie relativement longue, la longévité maximale connue est de 12 ans [WILKINSON & SOUTH 2002] et une faible fécondité (1 portée par an et rarement plus d'un jeune par femelle). Le taux de croissance populationnelle de ce type d'espèce dépend essentiellement du nombre d'individus par classe d'âge, de leur survie et de leur fécondité. Sans mouvement d'individus entre populations, le taux de croissance ne peut excéder 1.5 (si tous les individus survivent d'une année sur l'autre et si toutes les femelles produisent un jeune viable, la population augmentera au maximum de 50 % par an). Un modèle de dynamique de population a été élaboré à l'aide d'une modélisation matricielle pilotée par le logiciel ULM [LEGENDRE & CLOBERT 1995, KERBIRIOU *et al.* 2012]. Ne disposant pas d'estimation de survie par classe d'âge, nous avons construit un modèle en deux classes (jeune 1^{ère} année et adulte 2 ans et plus) et arbitrairement la survie juvénile a été fixée à 0,62 fois celle des adultes. Une étude publiée sur la Noctule de Leisler [SCHORCHT *et al.* 2009] trouve une survie juvénile égale à 0,62 fois celle des adultes. Ce rapport entre survie juvénile et survie adulte semblerait assez constant puisqu'une étude sur la Pipistrelle commune [SENDOR & SIMON 2003] trouve également un rapport de 0.62, une étude sur la chauve-souris néo-zélandaise *Chalinolobus tuberculatus* trouve un rapport de 0,64 [PRYDE *et al.* 2005] et une étude portant sur le Grand rhinolophe [SCHAUB *et al.* 2007] estime ce rapport à 0,54. Dans un second temps nous avons fait varier la survie adulte de 0.5 à 1/an et la fécondité de 0.1 à 1.2 pour estimer les variations du taux d'accroissement interannuel (Figure 1). En se focalisant sur une gamme de

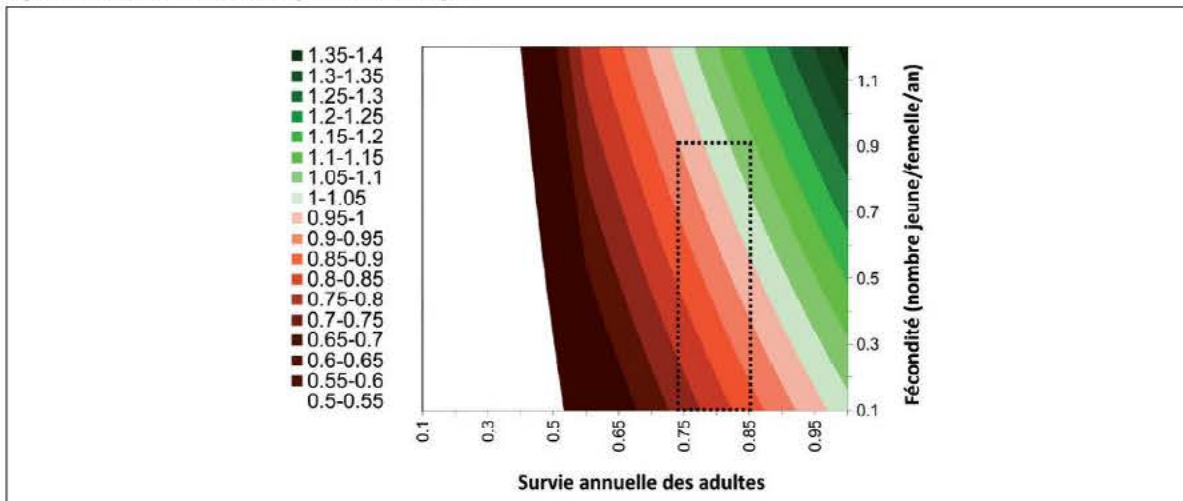


Figure 1. - Taux d'accroissement attendu en fonction de la variation de la survie adulte et de la fécondité. L'encadré pointillé visualise la gamme des valeurs réalistes attendues pour cette espèce

valeurs de survie et fécondité « plus proches de la réalité » [SCHORCHT *et al.* 2009, ANAGE², PANTHERIA³], les taux de croissance maximum attendus seraient de l'ordre de 5 à 10 % ($\lambda = 1.05$ à 1.10 , *Figure 1*).

Le premier point important à noter c'est que le déclin observé de 7 à 15 % par an ($\lambda = 0.93$ à 1.15 , *Figure 1*) est légèrement supérieur à la capacité maximale de l'espèce à restaurer sa population. Donc la dette démographique s'accumule pour cette espèce ! Si les conditions devenaient très favorables pour cette espèce et que celle-ci présentait un taux d'accroissement de 1.07 (7 %, c'est-à-dire la valeur médiane calculée précédemment pour le taux d'accroissement maximale 5 - 10 %), il faudrait au mieux 32 ans pour récupérer les 88 % de diminution de la population sur la période 2006-2019. Le deuxième point c'est qu'avec une telle diminution observée - de l'ordre de 15 % par an - il y a très peu de chance que ce déclin ne provienne que d'une baisse de la fécondité, car avec une survie adulte qu'on peut espérer être de l'ordre 0.74 à 0.85/an il faudrait alors une fécondité quasiment inférieure à 0,2 jeune/femelle/an pour observer une telle diminution (15 % par an). Dans le cadre d'une population « fermée », il y a donc une très forte présomption pour que la survie adulte ait été impactée ! Dans le cadre d'une population ouverte cela pourrait se traduire par exemple par une diminution d'arrivée d'individus dans la population.

HYPOTHÈSES CONCERNANT CETTE DIMINUTION DES POPULATIONS FRANÇAISES DE NOCTULE COMMUNE

Parmi les pressions suspectées impacter la Noctule commune on pourrait citer :

La destruction ou la dégradation de leurs habitats de chasse.

- L'intensification des pratiques de foresterie (plantation de résineux, raccourcissement des cycles de coupe...) pourrait par exemple impacter cette espèce. La Noctule commune gîte très majoritairement dans des cavités d'arbres tout particulièrement les vieux feuillus [RUCZYŃSKI & BOGDANOWICZ 2008]. La dégradation de l'état des ripisylves [DUDGEON *et al.* 2005], habitat d'importance pour la Noctule commune, pourrait être une pression supplémentaire. La pollution lumineuse pourrait affecter cette espèce même si celle-ci ne semble pas être une pression majeure pour cette espèce tant que des corridors d'obscurité avec de la végétation sont conservés [ARTHUR & LEMAIRE 2015, VOIGT *et al.* 2020]. En relation avec cette dégradation des habitats, on pourrait citer le corollaire du déclin des populations d'insectes. Ainsi, même dans les aires protégées allemandes ces populations d'insectes volant pourraient avoir chuté d'environ 76 % en

moyenne [HALLMANN *et al.* 2017]. Les causes de ces déclin des populations d'insectes sont nombreuses : (i) la pollution lumineuse [OWENS *et al.* 2020], (ii) le fonctionnement des éoliennes : en Allemagne c'est de l'ordre de 1,2 trillion d'insectes qui sont impactés par les éoliennes [VOIGT 2021]. Le caractère multifactoriel ne doit pas masquer le fait que la cause principale de ce déclin des insectes est bien documentée et réside dans l'intensification des pratiques agricoles et son corollaire d'usage massif de pesticides [SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS 2019, BRÜHL *et al.* 2021, JACTEL *et al.* 2021]. Notons que ce groupe de pressions liées à la dégradation des habitats de chasse est a priori plutôt susceptible, chez une espèce longévive, d'impacter la fécondité que la survie. Il est donc peu probable que ce soit la principale raison du déclin rapide observé.

Le changement climatique.

- La Noctule commune étant quasiment en limite d'aire de répartition sud en France, un réchauffement du climat pourrait rendre moins favorable le territoire français, et tout particulièrement le sud, pour cette espèce. On pourrait s'attendre à une diminution plus forte des populations au fur et à mesure qu'on s'approche du bassin méditerranéen. Des études seront à mener en ce sens prochainement. Mais là aussi, on s'attendrait plutôt à une diminution moins drastique car altérant en premier lieu la fécondité. Une deuxième facette du changement climatique pourrait concerner la diminution progressive du caractère migratoire de la Noctule commune dans le nord de l'Europe. C'est ce qu'une étude récente [KRAVCHENKO *et al.* 2020] a mis en lumière en Ukraine, en lien probablement avec des hivers plus doux [GODLEVSKA 2015]. De plus en plus d'individus, notamment les jeunes mâles, resteraient sur place à la fin de l'été pour hiberner. La zone d'hibernation pourrait avoir, ainsi, glissé de plus de 500 km vers le nord de l'Europe par rapport à avant 1990. Ce changement du caractère migratoire pourrait avoir impacté la proportion d'individus migrants venant hiberner en France, et arrivant dès août. Dans l'hypothèse où la baisse d'activité mesurée sur les quinze dernières années serait largement liée à une diminution des arrivées d'individus du nord-est de l'Europe à la fin de l'été, alors on s'attendrait à détecter une baisse plus importante des niveaux d'activités en fin d'été-début d'automne plutôt qu'au printemps-début d'été. Les données de Vigie Chiro (trois protocoles routier, pédestre, point-fixe [KERRIRIOU *et al.* 2014]) ont été mobilisées pour tenter de répondre à cette hypothèse. Préalablement, un filtre des données a été opéré, pour écarter les sites suivis qu'une seule année ou les quelques suivis s'éloignant trop du cadre des protocoles nationaux, au final c'est 173 circuits routiers, 110 circuits pédestres et 339 points fixes qui ont été mobilisés sur la période 2006 et 2019. Une modélisation de la tendance a été réalisée pour deux périodes de l'année : une

² <https://genomics.senescence.info/species/index.html>

³ <https://esapubs.org/archive/eol/E090/184/>

première période du 15 mai au 31 juillet couvrant la période de gestation et une seconde période du 15 août au 31 octobre où on s'attend à enregistrer les individus migrants. Un modèle mixte généralisé GLMM à distribution négative binomiale incluant des effets 'random' sur le type de détecteur et les sites a été construit. Les résultats de cette analyse semblent suggérer (Tableau II) que le déclin de la Noctule commune serait détecté uniquement en période de printemps / début d'été, donc en période de mise bas et que le déclin global ne serait donc pas expliqué par une baisse d'arrivée d'individus en fin d'été, ce qui semble suggérer que les changements de comportement en terme d'hivernage observé dans le nord-est de son aire de répartition ne puissent pas être à l'origine du déclin observé en France (attention il s'agit à ce stade d'analyses préliminaires qui demandent à être consolidées).

Période	Pente du modèle (\pm SE)	Significativité au seuil $\alpha < 0.05$	Taux d'accroissement annuel
15 Mai - 31 Juillet	-0.213 \pm 0.076	Significatif	0.81 (-19%)
15 Août - 31 Octobre	-0.078 \pm 0.071	Non Significatif	-

Tableau II. - Tendance de population calculée par "saison"

L'impact des éoliennes.

- L'impact en terme de mortalité suite à des collisions avec les pales ou par barotraumatisme (lésion tissulaire provoquée par une variation de pression) est largement documenté chez les Chiroptères [ARNETT *et al.* 2016]. La Noctule commune fait partie des espèces les plus régulièrement en tête de classement du nombre de cadavres de chauve-souris des parcs éoliens européens [GEORGIAKAKIS *et al.* 2012, GOISLOT 2021, MĂNTOIU *et al.* 2020, RYDELL *et al.* 2010]. En 2016, elle représentait ainsi 15 % des cas de mortalité dus à l'éolien rapportés dans les pays ayant signé l'Accord relatif à la Conservation des Populations de Chauves-Souris d'Europe (EUROBATS) [RODRIGUES *et al.* 2016]. Cela est en partie lié à deux caractéristiques : (i) leur caractère migratoire et (ii) leur temps passé à chasser/se déplacer en altitude (c'est-à-dire à hauteur de pales) [ROEMER *et al.* 2017, ROELEKE *et al.* 2016]. Cette espèce figure parmi les espèces les plus sensibles aux collisions [ROEMER *et al.* 2017], l'indice de sensibilité étant ici défini comme le rapport entre le nombre de collisions et la densité relative des populations. Cet impact est d'autant plus préoccupant au regard des prédictions faites pour *Lasiurus cinereus*, une espèce nord-américaine partageant de nombreux traits communs avec la Noctule Commune (espèces toutes deux migratrices, de haut vol, longévité 14 et 12 ans respectivement pour *L. cinereus* et *N. noctula*). Dans le scénario démographique « le plus probable » à savoir un nombre de chauves-souris tuées par les

éoliennes en Amérique du Nord estimé à 196 000 - 395 000/an, dont 38 % de *L. cinereus*, une taille de population estimée à 2,5 millions d'individus et un taux d'accroissement annuel de $\lambda = 1,015$, les modélisations prédisent une réduction de 90 % de la taille de population projetée après 50 ans et une probabilité d'extinction à l'échelle continentale estimée à 22 % [FRICK *et al.* 2017]. Or si on compare avec la Noctule commune, on a déjà une proportion de 33 % de cadavres de Noctule commune parmi les 300 000 cas de mortalité de chauves-souris/an rien qu'en Allemagne [LEHNERT *et al.* 2014, VOIGT *et al.* 2012], soit déjà le niveau de mortalité constaté à l'échelle nord-américaine pour *L. cinereus*. La proportion de Noctules communes retrouvées mortes varie entre régions (14 % au niveau EU [RODRIGUES *et al.* 2016], 6,2 % grand ouest, [GOISLOT 2021]). La taille de la population européenne « sensu union européenne » est estimée selon le rapportage de l'article 17 à seulement 0,6 million d'individus (soit inférieur à la population de *L. cinereus*). Quant au taux d'accroissement il est estimé en France à $\lambda = 0.85$ à 0.93 [2006-2019] et à $\lambda = 1.015$ [1999-2012] au Royaume-Uni [BARLOW *et al.* 2015], soit là aussi une valeur égale ou inférieure à l'étude menée sur *L. cinereus*. Si un travail rigoureux d'estimation de l'impact éolien sur la Noctule commune reste à faire en France/Europe, au vue des similitudes entre les deux espèces (traits biologiques, niveaux d'impact éolien, taille et dynamique des populations) et les conclusions sur l'impact éolien sur *L. cinereus*, il est cependant très probable que les prélèvements occasionnés par les éoliennes impactent la viabilité des populations de Noctule commune.

CONCLUSION

Ces dernières années la population française de Noctule commune a subi un fort déclin. Les causes de ce déclin restent à éclaircir/quantifier/hierarchiser. Mais au vu (1) de l'ampleur du déclin actuel ; (2) de la faible capacité de restauration de ses populations et (3) de la faiblesse des effectifs des populations, tout prélèvement (=mortalité) d'individus est susceptible de contribuer à accentuer le déclin et donc menacer à moyen terme la viabilité de la population française. L'impact éolien est préoccupant pour cette espèce.

REMERCIEMENTS

Cet état des lieux a bénéficié du soutien de la Team Chiro impliquée sur les aspects Chiroptères et éolien et tout particulièrement Kévin Barré, Charlotte Roemer, Yves Bas, Julie Marmet, Jeremy Froidevaux, Camille Leroux, Jean-François Julien, Isabelle Le Viol, Corentin Goislot et Fabien Claireau. Ce travail s'est poursuivi via un stage de Master 2 (Cyprian Kaufmann) co-encadré par Christian Kerbiriou et Laurent Tillon (ONF) avec le

soutien financier de l'OFB, avec comme objectif d'approfondir les causes des variations spatio-temporelles de l'activité de la Noctule commune, en intégrant notamment la densité d'éoliennes dans le paysage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARNETT E.B., BAERWALD E.F., MATHEWS F., RODRIGUES L., RODRÍGUEZ-DURÁN A., RYDELL J., VILLEGAS-PATRACA R., & VOIGT C.C., 2016. - Impacts of Wind Energy Development on Bats : A Global Perspective. *Bats in the Anthropocene : Conservation of Bats in a Changing World*, 295323. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_11
- ARTHUR L., & LEMAIRE M., 2015. - *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse* (2^e éd.). Biotope.
- BARLOW K., BRIGGS P., HAYSOM K., HUTSON A., LECHIARA N., RACEY P., WALSH A., & LANGTON S., 2015. - Citizen science reveals trends in bat populations : The National Bat Monitoring Programme in Great Britain. *Biological Conservation*, 182 : 1426. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.022>
- BARRÉ K. LE VIOL I., JULLIARD R., PAUWELS J., NEWSON S.E., JULIEN J.F., CLAIREAU F., KERBIRIOU C. & BAS Y., 2019. - Accounting for automated identification errors in acoustic surveys. *Methods in Ecology and Evolution*, 10 : 1171-1188.
- BAS Y., KERBIRIOU C., ROEMER C & JULIEN J.F., 2020. - Bat population trends. Muséum national d'Histoire naturelle. <https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/population-trends>
- BENSETTITI F. & PUISSAUVE R., 2015. - *Résultats de l'état de conservation des habitats et des espèces dans le cadre de la directive Habitats-Faune-Flore en France. Rapportage "Article 17". Période 2007-2012*. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 204 p. <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/rapportage-directives-nature>
- BRÜHL C.A., BAKANOV N., KÖTHE S. ET AL., 2021. - Direct pesticide exposure of insects in nature conservation areas in Germany. *Scientific Report* 11 : 24144. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03366-w>
- DUDGEON D., ARTHINGTON A.H., GESSNER M. O., KAWABATA Z.I., KNOWLER D. J., LÉVÊQUE C., NAIMAN R.J., PRIEUR-RICHARD A.H., SOTO D., STIASSNY M.L.J., & SULLIVAN C.A., 2005. - Freshwater biodiversity : importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(02) : 163. <https://doi.org/10.1017/s1464793105006950>
- EEA, 2021. - European Environment Agency <https://eunis.eea.europa.eu/species/Nyctalus%20noctula>
- EVANS K.O., SMITH A.D & RICHARDSON D., 2021. - Statistical power of mobile acoustic monitoring to detect population change in southeastern U.S. bat species, a case study. *Ecological Indicators*, 125 : 107524. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107524>
- FRICK W., BAERWALD E., POLLOCK J., BARCLAY R., SZYMANSKI J., WELLER T., RUSSELL A., LOEB S., MEDELLIN R. & MCGUIRE, L., 2017. - Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 209 : 172177. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.023>
- GEORGIAKAKIS,P., KRET E., CÁRCAMO B., DOUTAU B., KAFKALETOU-DIEZ A., VASILAKIS D., & PAPADATOU E., 2012. - Bat Fatalities at Wind Farms in North-Eastern Greece. *Acta Chiropterologica*, 14(2) : 459-468. <https://doi.org/10.3161/150811012x661765>
- GODLEWSKA L.V., 2015. - Northward expansion of the winter range of *Nyctalus noctula* (Chiroptera : Vespertilionidae) in Eastern Europe. *Mammalia*, 79(3) : 315-324. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2013-0178>
- GOISLOT C., 2021. - Mortalité des Chiroptères induite par les éoliennes dans le nord-ouest de la France : nombre de cas et distribution spatio-temporelle des espèces concernées. *Plume de Naturalistes*, 5 : 101-122.
- HALLMANN C.A., SORG M., JONGEJANS E., SIEPEL H., HOFLAND N., SCHWAN H., STENMANS W., MÜLLER A., SUMSER H., HÖRREN T., GOULSON D., & DE KROON H., 2017. - More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- JACTEL H., IMLER J.L., LAMBRECHTS L., FAILLOUX A.B., LEBRETON J.D., LE MAHO Y., DUPLESSY J.C., COSSART P. & GRANDCOLAS P., 2021. - Le déclin des insectes : il est urgent d'agir ; Insect decline: immediate action is needed. *Comptes Rendus Biologies*, 343(3) 267-293. <https://doi.org/10.5802/crbio.37>
- KERBIRIOU C., MARMET J., MONSARRAT S., ROBERT A., LEMAIRE M., ARTHUR L., HAQUART A., JULIEN J.F., 2012. - Eléments de réflexion sur le suivi des gîtes de Chiroptères. *Symbioses*, 28 : 1-4.
- KERBIRIOU C., JULIEN J.-F., BAS Y., MARMET J., LE VIOL I., LORILLIERE R., AZAM C., GASC A. & LOIS G., 2014. - Vigie-Chiro : 9 ans de suivi des tendances des espèces communes. *Symbioses*, 35 : 34-38.
- KERBIRIOU C., BAS Y., JULIEN J-F & LES GROUPES CHIROPTÈRES DE LA SFPEM., 2018. - Estimations des tendances des populations de Chiroptères à partir des suivis de gîtes hivernaux *Symbioses* 37 : 7-15.
- KERBIRIOU C., AZAM C., TOUROULT J., MARMET J., JULIEN J.F. & PELLISSIER V., 2018. - Common bats are more abundant within Natura 2000 areas. *Biological Conservation* 217: 66-74.
- KERBIRIOU C., BAS Y., LE VIOL I., LORILLIERE R., MOUGNOT J. & JULIEN J.-F., 2019. - Potentiality of the bat pass duration measure for studies dealing with bat activity. *Bioacoustic* 28(2) : 177-192.
- KRAVCHENKO K.A., VLASCHENKO A.S., LEHNERT L.S., COURTIOL A. & VOIGT C., 2020. - Generational shift in the migratory common noctule bat : first-year males lead the way to hibernacula at higher latitudes. *Biology Letters*, 16(9) : 20200351. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0351>
- LEHNERT L. S., KRAMER-SCHADT S., SCHÖNBORN S., LINDECKE O., NIERMANN I., & VOIGT C.C., 2014. - Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and

- Far. *PLOS ONE*, 9(8) : e103106.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103106>
- MĂNTOIU D.T., KRAVCHENKO K., LEHNERT L.S., VLASCHENKO A., MOLDOVAN O.T., MIREA I.C., STANCIU R. C., ZAHARIA R., POPESCU-MIRCENI R., NISTORESCU M.C. & VOIGT C.C., 2020. - Wildlife and infrastructure : impact of wind turbines on bats in the Black Sea coast region. *European Journal of Wildlife Research*, 66(3) / 44.
<https://doi.org/10.1007/s10344-020-01378-x>
- OWENS A.C., COCHARD P., DURRANT J., FARNWORTH B., PERKIN E.K. & SEYMOUR B., 2020. - Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation*, 241 : 108259.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108259>
- PRYDE M.A., O'DONNELL C.F.J. & BARKER R.J., 2005. - Factors influencing survival and long-term population viability of New-Zealand long-tailed bats (*Chalinolobus tuberculatus*): Implications for conservation. *Biological Conservation*, 126 : 175-185.
- ROCHE N., LANGTON S., AUGHNEY T., RUSS J. M., MARNELL F., LYNN D. & CATTO C., 2011. - A car-based monitoring method reveals new information on bat populations and distributions in Ireland. *Animal Conservation*, 14 : 642-651.
- RODRIGUES L., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M.-J., KARAPANDŽA B., KOVAC D., KERVYN T., DEKKER J., KEPEL A., BACH P., COLLINS J., HARBUSCH C., PARK K., MICEVSKI B. & MINDER-MANN, J., 2016. - *Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014* (Vol. 6). UNEP/EUROBATS.
https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/EUROBATS_No6_Frz_2014_WEB_A4.pdf
- ROELEKE M., BLOHM T., KRAMER-SCHADT S., YOVEL Y. & VOIGT C.C., 2016. - Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific Reports*, 6(1) : 28961.
<https://doi.org/10.1038/srep28961>
- RUCZYŃSKI I. & BOGDANOWICZ W., 2008. - Summer Roost Selection by Tree-Dwelling Bats *Nyctalus noctula* and *N. leisleri* : A Multiscale Analysis. *Journal of Mammalogy*, 89(4) : 942951.
<https://doi.org/10.1644/07-mamm-a-134.1>
- RYDELL J., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M. J., GREEN M., RODRIGUES L. & HEDENSTRÖM A., 2010. - Bat Mortality at Wind Turbines in Northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, 12(2) : 261274.
<https://doi.org/10.3161/150811010x537846>
- SÁNCHEZ-BAYO F. & WYCKHUYS, & K.A., 2019. - Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232 : 827.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- SCHAUB M., GIMENEZ O., SIERRA A. & ARLETTAZ R., 2007. - Use of Integrated Modeling to Enhance Estimates of Population Dynamics Obtained from Limited Data. *Conservation Biology*, 21 : 945-955.
- SCHORCHT W., BONTADINA F. & SCHAUB, M., 2009. - Variation of adult survival drives population dynamics in a migrating forest bat. *Journal of Animal Ecology*, 78 : 1182-1190.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01577.x>
- SENDOR T. & SIMON M., 2003. - Population dynamics of the pipistrelle bat: effects of sex, age and winter weather on seasonal survival. *Journal of Animal Ecology*, 72 : 308-320.
- TUNREI-CORRAI C., PUIG-MONTSERRAT X., FLAQUIER C., MAS M., BUDINSKI I. & LÓPEZ-BAUCELLS A., 2020. - Ecological indices in long-term acoustic bat surveys for assessing and monitoring bats' responses to climatic and land-cover changes, *Ecological Indicators*, 110 : 105849.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105849>
- VOIGT C.C., POPA-LISSEANU A.G., NIERMANN I. & KRAMER-SCHADT S., 2012. - The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153 : 80-86.
- VOIGT C.C., SCHOLL J.M., BAUER J., TEIGE T., YOVEL Y., KRAMER-SCHADT S. & GRAS P., 2020. - Movement responses of common noctule bats to the illuminated urban landscape. *Landscape Ecology*, 35(1) : 189201.
<https://doi.org/10.1007/s10980-019-00942-4>
- VOIGT C.C., 2021. - Insect fatalities at wind turbines as biodiversity sinks. *Conservation Science and Practice*, 3(5) : e366.
<https://doi.org/10.1111/csp2.366>
- WILKINSON G.S & SOUTH J.M., 2002. - Life history, ecology and longevity in bats. *Aging Cell*, 1:124-131.



Table ronde : Evolution des connaissances sur les populations de la Noctule commune en Bretagne, Pays-de-la-Loire et dans le Cher

Thomas LE CAMPION*, Laurent ARTHUR**, Pascal BELLION

* Groupe Mammalogique Breton,
Maison de la rivière, 29450 Sizun.
thomas.le-campion@gmb.bzh

**Chauve-Qui-Peut,
L'observatoire, 22 rue Ranchot, 18000 Bourges.
laurentarthurbat@gmail.com

Résumé de la table ronde. - Les études scientifiques concernant la Grande noctule, la Noctule commune et la Noctule de Leisler sont essentielles pour une meilleure compréhension du comportement de ces espèces et pour mieux contrôler l'impact du développement éolien sur les populations. Mais il est également urgent et indispensable d'accompagner ces recherches, longues en temporalité, d'actions rapides et concrètes de protection pour le genre *Nyctalus* si on veut éviter qu'une partie du sujet des études ne disparaisse avant les publications les plus abouties. La Noctule commune apparaît actuellement comme la plus menacée du genre. Elle est certes sensible à d'autres aléas : gestion arboricole et forestière, mise en place du Plan Climat, Trames noires... ces menaces ne sont pourtant pas souvent létales, et pas suffisantes pour obérer sur le long terme le bon état de conservation des populations, pas plus que les prédatons par les chats et l'accidentologie routière qui tue beaucoup de chauves-souris mais très peu les Noctules. Pour le premier lot de causalités qui touche la Noctule commune, on peut obtenir des actions tangibles de protection.

Mots clefs. - Noctules, populations, menaces.

EVOLUTION DES CONNAISSANCES SUR LES POPULATIONS DE NOCTULES COMMUNES EN BRETAGNE ET PAYS-DE-LA-LOIRE

(THOMAS LE CAMPION, PASCAL BELLION)

Départements	Nombre de colonies de mise bas	Effectifs départementaux
Ille-et-Vilaine (35) : 2020	5	240 femelles
Loire-Atlantique (44) : 2019	10	469 femelles
Maine-et-Loire (49) : 2017-2019	13	481 femelles
Mayenne (53) : 2018/2019	1	40 femelles
Sarthe (72) : 2018/2019	1	10 femelles
Total	30	1240 femelles

Tableau I. - Synthèse de l'état des populations connues en Ille-et-Vilaine et Pays-de-la-Loire (cf cartographie Grand-Ouest 2008-2015 présentée aux Rencontres nationales chauves souris de 2015 à Bourges)

Pays-de-la-Loire

Pour découvrir les gîtes des Noctules le protocole est le plus souvent réalisé en écoute active des cris sociaux. Ce sont les alignements d'arbres, souvent les platanes qui sont les plus favorables pour la découverte de gîtes. L'autre technique consiste à remonter les flux crépusculaires des envols. Nous avons également, dans une moindre mesure, utilisé d'anciennes données acoustiques ou de capture. Depuis 2015, 40 gîtes ont été découverts dont une vingtaine de colonies de mise bas avérée. Les gîtes ne sont pas qu'arboricoles, des regroupements ont également été localisés dans des ponts ou des combles et des sites d'hibernation ont aussi été découverts.

Bretagne

Depuis 2017, en Ille-et-Vilaine, les colonies de Noctules ont été découvertes par enregistrements passifs des signaux, mais surtout en remontant les flux crépusculaires. Nous n'utilisons plus la capture pour prouver la mise bas. Nous ciblons plus particulièrement les alignements d'arbres et les parcs des châteaux et certains suivis se font par caméra infrarouge. Six gîtes arboricoles, surtout dans des chênes, ont ainsi été découverts dont trois colonies de mise bas avérées en Ille-et-Vilaine. Quelques colonies ont été recensées dans des bâtiments dont un rassemblement de 347 individus. Aucune colonie n'a été découverte pour le moment en immeuble.

Bilan pour la Bretagne et Pays-de-la-Loire

1240 femelles ont été recensées pour un total de 30 colonies. Les plus gros effectifs sont situés entre Angers et Nantes, le long de la Loire, avec deux colonies majeures de 130 à 200 individus et il reste sans doute d'autres gîtes à découvrir. En ce qui concerne la méthodologie, il est inutile de rechercher les colonies avant le 15 juin dans le Grand-Ouest et au-delà du 15 juillet, les localisations deviennent problématiques. Il faut préalablement entrainer son oreille au repérage des cris audibles. Les vocalisations diurnes sont surtout repérables par les journées les plus chaudes, et surtout en fin de journée. La capture n'est en rien obligatoire pour prouver la présence de jeunes. Ces derniers crient après l'envol des femelles et leurs premiers vols autour du gîte sont typiques, zigzagants et incertains. Il faut prêter une attention particulière aux envols crépusculaires qui peuvent être très discrets, et les vols peuvent coller au plus près de la végétation. Les flux sont peu homogènes, plusieurs dizaines de Noctules peuvent émerger en quelques minutes, les envols s'interrompent, puis reprendre plus tard. Ceux du Grand-Ouest s'échelonnent entre 22h et 22h15. Les groupes de mâles, quant à eux, pourraient avoir des attitudes de vol différentes de celles des femelles en nurserie, ils sont plus agressifs vis-à-vis d'oiseaux comme les martinets qu'ils peuvent poursuivre. Ils cerclent également autour de leur gîte. Les nurseries sont mobiles et on y note un étalement des naissances. La part des individus sédentaires ou migrants dans les populations suivies reste une question.

SYNTHÈSE DE LA MORTALITÉ
EN LOIRE-ATLANTIQUE(LE CAMPION *et al.*, 2021)

Cette synthèse résulte de 61 rapports ICPE complétés par la veille associative (*Tableau II*). Ils sont particulièrement préoccupants avec 529 cadavres récoltés au pied des aérogénérateurs, toutes espèces confondues. 69 cadavres identifiés sont de la Noctule commune (*Figure 1*), soit 13 %. C'est la troisième espèce impactée dans ce département. A partir de ce constat, nous estimons que 4000 à 6000 chauves-souris ont en réalité été tuées par des éoliennes en 10 ans (chiffre sous-estimé). Pour la Noctule commune 650 individus auraient été victimes des éoliennes et nous pensons que ce seuil est à minima. Les mois les plus mortifères pour les Noctules vont de juillet à octobre mais nous notons ces dernières années des cas de mortalité printanière. Il apparaît des pics de mortalité pour certaines années, comme en 2018 pour la Noctule commune (*Figure 2*) et 2016 pour la Pipistrelle de Nathusius. La chute de la mortalité de la Noctule commune en 2019 est, soit la conséquence d'une intense campagne de demande de bridage auprès des développeurs pour réguler les parcs les plus mortifères, soit le constat d'un déclin marqué de l'espèce. Quand bien même cette baisse de mortalité est liée aux bridages, nous ne pouvons que nous réjouir de cette nouvelle positive car dans un même temps le nombre de parcs augmente et les plans de bridages sont loin d'être optimaux.

Espèces	Noms scientifiques	Suivis ICPE	Veille associative	Total cadavres	Parcs concernés
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	278	20	298	26
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	61	9	70	20
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	63	6	69	16
Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	25	3	28	12
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	28	0	28	12
Chiroptère indéterminé	<i>Chiroptera sp.</i>	12	0	12	4
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	6	0	6	5
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	4	1	5	4
Pipistrelle commune ou Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus/Pipistrellus pygmaeus</i>	4	0	4	1
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	2	0	2	1
Pipistrelle de Kuhl ou Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus kuhlii/Pipistrellus nathusii</i>	2	0	2	2
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	1	0	1	1
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>	1	0	1	1
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	1	0	1	1
Oreillard indéterminé	<i>Plecotus sp.</i>	1	0	1	1
Murin indéterminé	<i>Myotis sp.</i>	1	0	1	1
Total	11 espèces	490	39	529	32 parcs

Tableau II - Cas de mortalité de Chiroptères connus sous les parcs éoliens de Loire-Atlantique (44) Synthèse 18/01/2021 (T. Le Campion, GMB)

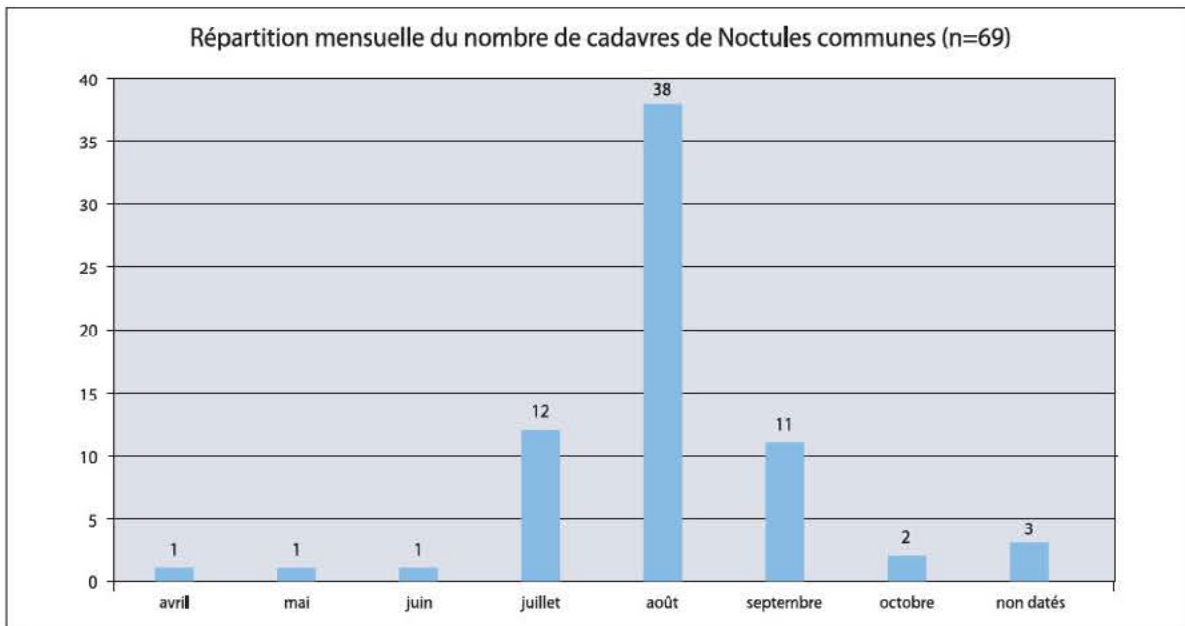


Figure 1. - Répartition mensuelle du nombre de cadavres de Noctule commune (n=69)

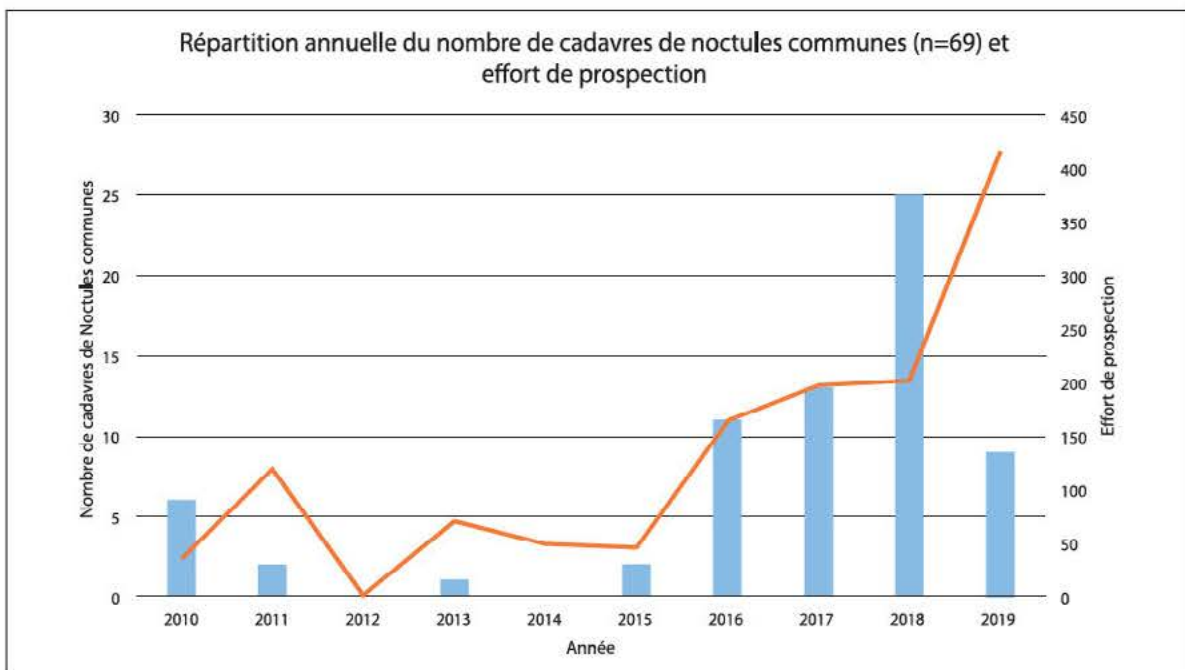


Figure 2. - Répartition annuelle du nombre de cadavres de Noctule commune (n=69) et effort de prospection

LES NOCTULES DANS LE CHER

Si nous arrivons à intégrer la Noctule commune dans le Plan Climat dans le département du Cher avec des résultats positifs concrets [ARTHUR *et al.*, 2022] tout comme dans la gestion des arbres d'alignements, le vrai

point noir de l'éolien perdure et la mortalité directe ne faiblit pas. Malgré les quelques parcs les mieux régulés qui plafonnent à 80 % de « contacts épargnés », les éoliennes continuent à s'étendre et à se multiplier, impliquant une tendance toujours à la hausse dans le nombre de cadavres récoltés.

Les comptages de Noctule commune en gîte que nous pouvons réaliser sur des sites suivis dans le Cher, comme celui d'un pont à Vierzon, montrent bien des baisses des effectifs de 50 % en 20 ans. Il en est de même sur un autre site d'hibernation suivi par nos collègues de l'Indre encore une fois pour la Noctule commune.

La région Centre-Val-de-Loire compte parmi les plus fortes densités de cette espèce à l'échelle nationale et les suivis sur la mortalité due à l'éolien dans le département du Cher confirment parfaitement cette tendance. 476 cadavres sont enregistrés par la DREAL Centre-Val-de-Loire fin 2021 (pour une partie des retours des suivis de mortalité) dont 174 chauves-souris retrouvées mortes dans le Cher, avec 31 % de Noctules commune ou de Leisler.

Et pourtant ici comme ailleurs en France, un silence pesant entoure les coups de rabots de l'éolien sur la biodiversité.

MÉDIATISER

Un des premiers défis est de devenir médiatiquement audible face à la menace avérée qui pèse sur ces espèces. Les particuliers regroupés en collectifs anti-éoliens sont eux parfaitement visibles dans les médias. Il en va de même pour le patrimoine historique ou la protection des paysages. L'armée ou l'aviation civile ne négocient pas non plus les zones de non développement. Quand tous ceux qui ont le pouvoir d'obtenir des zones d'exclusion des parcs ont imposé leurs avis, les développeurs se disent désolés d'avoir à s'installer dans les milieux les plus favorables aux chauves-souris. La biodiversité a pourtant une importance équivalente à la lutte contre les dérèglements climatiques. Mais si un article ou un reportage aborde les atteintes environnementales de cette industrie, les oiseaux seront cités mais presque jamais les chauves-souris. Si nous voulons peser sur les futures décisions de l'état, il est urgent de mettre en lumière les menaces que l'éolien fait peser sur les chauves-souris de haut vol. Il faut s'organiser pour conscientiser les journalistes et toucher le grand public.

La SFPEM a publié [SFPEM, 2020] un communiqué de presse sur la menace liée aux éoliennes à faible garde au sol et aux rotors géants terrestres. L'écho dans les médias a été très faible. Pour relayer nos informations il faudrait suivre les journalistes, transmettre des communiqués de presse efficaces, leur rappeler les faits sur la mortalité et le risque de disparition d'espèces.

La région Grand-Ouest a publié fin 2021 [GMB *et al.*, 2021] un communiqué de presse très percutant, c'est un exemple à suivre et à multiplier. Il faut que nous apprenions à travailler notre dialectique car face à nous les promoteurs de l'énergie éolienne et leur communicants fonctionnent comme tous les lobbys : ils décrédibilisent nos propos, contestent nos publications et mettent en doute nos compétences. Rappelons aux médias et au grand public lors de nos conférences que cette industrie n'est ni verte ni vertueuse et que sur le sujet, nous sommes des experts indépendants. Cette énergie est dans une impasse écologique, elle est certes renouvelable, mais c'est la plus mortifère pour la faune volante. Comme le nucléaire ne sait pas comment traiter ses déchets, l'énergie éolienne n'arrive pas à offrir aux espèces volantes les plus vulnérables un bon état de conservation des populations.

Les efforts de l'industrie éolienne pour limiter son impact bloque toujours sur une acceptation de zones de non développement, sur l'interdiction des gardes basses, sur des bridages plus efficaces. Il est essentiel de communiquer sur ces faits pour que la cause des chauves-souris soit enfin entendue.

REMERCIEMENTS

Suite à l'enquête sur la Noctule de Leisler à laquelle les deux tiers des régions ont répondu, moins de 10 colonies regroupant plus de 50 individus sont connues en bâti à l'échelle nationale. Nous remercions les régions ayant contribué à ce petit sondage.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARTHUR L., BOULAY M., CHRÉTIEN A., LEMAIRE M., 2022. - Dernières avancées dans les aménagements dans le cadre du Plan climat dans le Cher. *Symbioses*, 39-40 : 109-117.
- GMB, LPO, GMN, & AL., 2021. - *Eolien. Les mesures des associations pour limiter une mortalité trop importante de chauves-souris*. Communiqué et dossier de presse. 5p.
- LE CAMPION T. & CHENAVAL N., 2021. - Eolien en Loire-Atlantique : un département qui cartonne ! *Envol des chiroptères*, 30 : 12-14.
- SFPEM, 2020. - *Alerte sur les éoliennes à très faible garde au sol et sur les grands rotors*. Note technique, groupe de travail éolien de la SFPEM. 8p.

Etude du régime alimentaire de la Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*) par métabarcoding

Johan MICHAUX*,**, Adrien ANDRÉ*, Marie-Jo DUBOURG-SAVAGE***

* GeCoLAB, Institut de Botanique (Bât.B22),
Université de Liège,
Quartier Vallée 1, Chemin de la vallée 4, 4000 Liège (Sart Tilman), Belgique.
johan.michaux@uliege.be &
adrien.Andre@uliege.be

**CIRAD, UMR ASTRE,
F-34398 Montpellier, France.

*** GCMP, CEN Occitanie,
75 voie du Toec, 31076 Toulouse.
chirosavage@gmail.com

Résumé. - Le régime alimentaire de la Grande noctule a été étudié par une analyse de métabarcoding à partir de 33 fèces collectées dans différentes régions de France. Les résultats ont montré la présence de plusieurs espèces de vertébrés dans le régime alimentaire de la Grande noctule, comme plusieurs espèces d'oiseaux mais également des chauves-souris. De nombreuses espèces d'insectes et d'araignées ont également été identifiées. Cette étude démontre que la Grande noctule présente un régime alimentaire riche et diversifié, de type assez opportuniste. Ces résultats doivent cependant être pris avec précaution et démontrent par ailleurs l'importance d'une grande prudence lors de l'échantillonnage afin d'éviter tout risque de contamination.

INTRODUCTION

La Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*) est la chauve-souris la moins connue de France, même si ces dernières années les contacts auditifs se sont multipliés. Cette espèce de plein ciel, difficile à capturer et gîtant dans les arbres, a été classée comme espèce prioritaire par le conseil scientifique d'EUROBATS puis dans le Plan National d'Actions pour les Chiroptères en France. Présente dans les Landes [FOUET & GONZALEZ 2008], sa reproduction fut avérée en 2012 dans le Massif Central, à la fois en Aveyron [DUBOURG-SAVAGE *et al.* 2012, 2013] et dans le Puy-de-Dôme [ALBESPY *et al.* 2013]. D'autres colonies de femelles furent découvertes en Ariège et en Ardèche tandis que les sites de mâles se multipliaient.

En Aveyron, une étude tous azimuts fut lancée pour approfondir l'écologie de l'espèce, d'abord par télémétrie pour découvrir les gîtes, puis les terrains de chasse, mais les femelles équipées disparaissaient systématiquement pendant deux à trois heures dans la même direction. L'année suivante une femelle équipée d'un VHF et d'un GPS fut suivie 12 nuits durant, avant de perdre son matériel dans un gîte connu [GACHES 2019].

Les résultats ont montré qu'une fois habituée à son fardeau elle partait chasser toutes les nuits dans les Gorges du Tarn et jusqu'à 100 km de ses gîtes. De nouvelles questions se posèrent alors : pourquoi va-t-elle si loin ? Recherche-t-elle une proie spécifique, par exemple, la Pyrale du buis ou la Processionnaire du pin ? Telles sont les questions qui nous ont conduits à lancer une étude du régime alimentaire de la Grande noctule.

Jusqu'alors l'identification des fragments de proies contenus dans le guano s'effectuait à la loupe binoculaire, technique utilisée par le Groupe Chiroptères Corse pour les fèces des mâles présents dans l'île [LUGON 2008]. Mais en Midi-Pyrénées, ayant pu faire analyser par métabarcoding quelques échantillons de guano, c'est cette technique que nous avons retenue pour la Grande noctule en partenariat avec l'Université de Liège.

OBJECTIFS ET MÉTHODES

Le but de l'étude a été d'identifier avec précision le régime alimentaire de la Grande noctule à partir de fragments d'ADN de proies contenus dans les fèces et selon une approche de métabarcoding. La technique

utilisée a été le séquençage (méthode à haut débit ou de nouvelle génération), d'un fragment du gène mitochondrial cytochrome oxydase 1 (CO1). L'ADN des échantillons a été extrait à l'aide du QIAamp fast DNA stool Mini Kit de Qiagen. L'ADN des proies contenues dans les fèces échantillonnées a permis l'amplification du fragment du gène CO1 à partir de primers mis au point au sein de notre laboratoire [GILLET *et al.* 2015]. Ce fragment d'ADN de 133 paires de bases a en effet fait ses preuves pour l'étude du régime alimentaire de nombreuses espèces de mammifères [ex. GILLET *et al.* 2015 ; BIFFI *et al.*, 2017 ; ANDRIOLLO *et al.*, 2019, 2021 ; SUBATRA *et al.*, 2020.]

Les séquences obtenues ont été traitées par un script bio-informatique développé au sein de notre laboratoire. En résumé, les séquences obtenues ont été comparées aux bases de données de référence globales (BOLD et GenBank) ainsi qu'à une base de données privée, établie par notre laboratoire. Ces approches complémentaires ont permis d'identifier avec précision les proies vertébrées et invertébrées ingérées par les Grandes noctules. Ces comparaisons ont été effectuées selon des approches d'alignement avec les séquences présentes dans les banques de données et informant sur le degré de similitude de celles-ci avec la séquence cible [ANDRÉ *et al.*, 2017]. Notre script bio-informatique a permis en outre d'effectuer, en amont des identifications taxonomiques, un filtrage et une exclusion des séquences artéfactuelles produites lors du séquençage à haut débit. Chaque espèce ou proie détectée a également été caractérisée par le nombre de reads (séquences) obtenus lors du séquençage, ainsi que par un pourcentage d'homologie avec les séquences de référence.

Trente-trois fèces ont été analysées parmi celles collectées dans différentes régions de France (Ariège, Aveyron, Cantal, Corse).

RÉSULTATS

Plusieurs espèces de vertébrés ont été identifiées, notamment des passereaux qui, pour la première fois en France, firent leur apparition sur la liste de proies de la Grande noctule (Tableau I) : Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) (nombre de séquences identifiant l'espèce :

Classes	
Oiseaux	<i>Phylloscopus trochilus</i>
	<i>Ficedula hypoleuca</i>
	<i>Erethacus rubecula</i>
Mammifères	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
	<i>Eptesicus serotinus</i>
	<i>Eptesicus nilssonii</i>
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
	<i>Myotis myotis</i>

Tableau I. - liste des espèces de vertébrés identifiées dans le régime alimentaire de la Grande noctule.

48 5000) ; Pouillot fitis (*Phylloscopus trochilus*) (nombre de séquences identifiant l'espèce : 48 660) ; Rougegorge (*Erethacus rubecula*), (nombre de séquences identifiant l'espèce : 7).

Parmi les mammifères, 5 espèces ont été identifiées, dont 4 sont régulièrement identifiées sur les sites concernés (Tableau I) : Grand murin (*Myotis myotis*) (nombre de séquences identifiant l'espèce : 1615) ; Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) (nombre de séquences identifiant l'espèce 155) ; Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) (nombre de séquences identifiant l'espèce 7) ; Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) (nombre de séquences identifiant l'espèce : 5).

Il est à noter que les identifications d'espèces présentant un nombre de séquences peu important (en dessous de 100 séquences) doivent être interprétées avec beaucoup de précautions car celles-ci pourraient provenir de contaminations effectuées sur le terrain (ex. gants ou matériel de terrain précédemment contaminés par d'autres espèces de chauves-souris).

Seule la Sérotine de Nilsson (*Eptesicus nilssonii*) (nombre de séquences identifiant l'espèce 5) n'est pas connue de Corse. Ce résultat pourrait s'expliquer par une pollution par des fragments de guano d'un individu erratique qui aurait partagé le même gîte que la Grande noctule. Cependant, ce résultat pourrait également s'expliquer par un problème de contamination lors des manipulations de terrain.

Les résultats de cette étude ont également démontré que la Grande noctule se nourrit également majoritairement de nombreuses espèces d'invertébrés (insectes et arachnides) comme les Orthoptères, Trichoptères, Coléoptères, Hyménoptères, Névroptères, Diptères, Ephéméroptères et Lépidoptères nocturnes (Tableau II).

DISCUSSION

Notre étude a montré que la Grande noctule présente un régime alimentaire extrêmement diversifié, de type opportuniste.

Cette étude montre que si l'essentiel de sa nourriture se compose de proies invertébrées (nombreuses espèces d'insectes, particulièrement papillons nocturnes), les proies vertébrées (oiseaux, chauves-souris) peuvent aussi être au menu de la Grande noctule à certaines périodes, notamment lors des migrations. Ces derniers résultats rejoignent ceux obtenus en Italie et Espagne depuis les années 2000 [DONDINI ET VERGARI, 2000 ; IBÁÑEZ *et al.* 2001].

Notre étude a notamment permis de mettre en évidence des espèces d'oiseaux inédites dans le régime alimentaire de la Grande noctule comme le Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*). Par ailleurs, notre étude tend à montrer le rôle de prédateur de la Grande noctule pour d'autres espèces de chauves-souris, comme le Grand murin (*Myotis myotis*).

La prudence est cependant de mise pour certaines espèces proies caractérisées par peu de séquences d'ADN

Ordres	
Coleoptera	<i>Amphimallon solstitiale</i>
	<i>Carabus auratus</i>
	<i>Melolontha melolontha</i>
	<i>Nicrodes litoralis</i>
Diptera	<i>Musca domestica</i>
	<i>Paratrichocladius rufiventris</i>
	<i>Psychoda cinerea</i>
	<i>Simulium equinum</i>
Ephemeroptera	<i>Baetis fuscatus</i>
	<i>Ephemerella ignita</i>
	<i>Rhythrogena sp.</i>
Hymenoptera	<i>Lasius emarginatus</i>
Lepidoptera	<i>Agonopterix ciliella</i>
	<i>Agrotis infusa</i>
	<i>Apamea monoglypha</i>
	<i>Autographa gamma</i>
	<i>Cnephasia stephensiana</i>
	<i>Cosmia trapezina</i>
	<i>Helicoverpa armigera</i>
	<i>Helicoverpa hardwicki</i>
	<i>Heliothis peltigera</i>
	<i>Mesapamea secalis</i>
	<i>Mythimna albipuncta</i>
	<i>Noctua janthe</i>
	<i>Nomophila noctuella</i>
	<i>Timandra comae</i>
	<i>Triodia sylvina</i>
<i>Xestia dolosa</i>	
<i>Plodia interpunctella</i>	
<i>Spodoptera exigua</i>	
Neuroptera	<i>Neuroptera sp.</i>
Orthoptera	<i>Tettigonia viridissima</i>
Trichoptera	<i>Hydropsyche siltalai</i>
	<i>Limnephilus auricula</i>
	<i>Limnephilus lunatus</i>
	<i>Smicridea filicata</i>

Tableau II. - liste des espèces arthropodes identifiées dans le régime alimentaire de la Grande noctule.

et si le Rouge-gorge (*Erithacus rubecula*) était déjà connu comme proie, la taille des autres espèces telles que le Grand murin, la Sérotine commune et la Sérotine de Nilsson interpelle. Ces dernières espèces correspondent-elles réellement à des proies de la Grande noctule et le faible nombre de séquences les caractérisant pourrait-elle s'expliquer par le fait qu'elles auraient été capturées plus de 24 h avant la collecte de fèces, ne laissant ainsi que quelques traces d'ADN dans le tractus intestinal ? Ou bien un tel résultat pourrait-il s'expliquer par des problèmes de contamination lors de la collecte des fèces : pochon, gants, pinces contaminés voire par des fragments de guano d'autres espèces ayant fréquenté le gîte de la Grande noctule ? La Grande noctule peut en effet partager son gîte avec d'autres espèces de chauves-souris [IBÁÑEZ *et al.* 2004] mais à notre connaissance il n'a jamais été mentionné qu'elle pouvait dévorer d'autres Chiroptères !

CONCLUSION

L'analyse d'un échantillonnage plus important est nécessaire afin de confirmer ou d'infirmer ces résultats. Cet échantillonnage plus important permettra par ailleurs de corréler les résultats obtenus à différents paramètres comme la saison, la région d'étude et les mouvements migratoires de la Grande noctule.

Les méthodes de séquençage à haut débit et de métabarcoding s'avèrent quoiqu'il en soit extrêmement puissantes pour identifier le régime alimentaire des chauves-souris et des mammifères en général. Ces informations sont extrêmement importantes pour améliorer nos connaissances concernant l'écologie et la conservation de ces espèces.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les naturalistes qui nous ont fourni des fèces pour cette étude : Alter Eco Environnement, Association des Naturalistes Ariégeois, Groupe Chiroptères Corse, ONF... et tous les groupes Chiroptères régionaux qui ont des Grandes noctules sont invités à se joindre à l'étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBESPY F., BEUCHER Y. ET DURAND H., 2013. - *Suivi de la Grande noctule, Nyctalus lasiopterus* [SCHREBER, 1780]. *Prospections 2013 visant à prouver la présence de gîtes de mise bas et à approfondir les connaissances sur la biologie de l'espèce*, s.l. EXEN & Chauve-Souris Auvergne.
- ANDRIOLLO T., GILLET F., MICHAUX J.R. & RUEDI M., 2019. - The menu varies with metabarcoding practices : A case study with the bat *Plecotus auritus*. *PLOS ONE* 14(7) : e0219135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219135>
- ANDRIOLLO T., MICHAUX J.R. & RUEDI M., 2021. - Food for everyone : differential feeding habits of cryptic bat species inferred from DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*

- 30(18) : 4584-4600. doi : 10.1111/mec.16073.
- BIFFI M., LAFAILLE P., JABIOL J., ANDRÉ A., GILLET F., LAMOTHE S., MICHAUX J.R. & BUISSON L., 2015. - Comparison of diet and prey selectivity of the Pyrenean desman and the Eurasian water shrew using next-generation sequencing methods. *Mammal Biology* 87 :176-184.
- BIFFI M., GILLET F., LAFAILLE P., COLAS F., AULAGNIER S., BLANC F., GALAN M., TIOUCHICHINE M.-L., NÉMOZ M., BUISSON L. & MICHAUX J.R., 2017. - Novel insights into the diet of the Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) using next-generation sequencing molecular analyses. *Journal of Mammalogy*, 98(5) :1497-1507.
- DUBOURG-SAVAGE M.-J., BEC J. & GACHES L., 2012. - Premières données de reproduction pour la Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*) en France. *Arvicola* Tome XX (2) : 37-40.
- DUBOURG-SAVAGE M.-J., BEC J. & GACHES L., 2013. - First roosts of *Nyctalus lasiopterus* breeding females in France. *Barbastella* 6(1) : 44-50.
- DONDINI G. & VERGARI S., 2000. - Carnivory in the greater noctule bat (*Nyctalus lasiopterus*) in Italy. *J. Zool. Lon.* 251 : 233-236.
- GILLET F., TIOUCHICHINE M.-L., GALAN M., BLANC F., NEMOZ M., AULAGNIER S., MICHAUX J.R., 2015. - A new method to identify the endangered Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) and to study its diet, using next generation sequencing from faeces. *Mammal Biology* 80(6) : 505-509.
- IBÁÑEZ, C., JUSTE J., GARCIA-MUDARRA J.L. & AGIRRE-MENDI P.T., 2001. - Bat predation on nocturnally migrating birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 98 : 9700-9702, DOI 10.1073/pnas, 171140598.
- IBÁÑEZ C., GUILLEN A. & W. BOGDANOWICZ., 2004. - *Nyctalus lasiopterus* [SCHREBER, 1780] Riesenabendsegler. In : (Krapp, F., ed.) *Handbuch der Säugetiere Europas*. Vol. 4/ II. AULAVerlag, Wicsbaden, Germany. pp. 695-716.
- LUGON A., 2008. - Analyse du régime alimentaire de *Nyctalus lasiopterus*, Rospa Sorba, Corse 2B. *L'Azuré*, rapport final pour le GCC, 8p + annexes.
- MICHAUX J., DYCK M., BOAG P., LOUGHEED S. & VAN VOEVERDEN DE GROOT P., 2021. - New Insights on Polar Bear (*Ursus maritimus*) Diet from Faeces based on Next-Generation Sequencing Technologies. *Arctic* 74 (1) : 57-99. <https://doi.org/1014430/arctic72239>
- SUBRATA S., SIREGAR S., ANDRÉ A. & MICHAUX J.R. 2021. - Identifying prey of the Javan mongoose (*Urva javanica*) in Java from fecal samples using next-generation sequencing. *Mammalian Biology*, 101 : 63-70. DOI 10.1007/s42991-020-00086-y



Utilisation de balises GPS pour étudier l'écologie de la Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*) : retours d'expériences

Yannick BEUCHER*, Thomas DARNIS**, Vincent PARMIN**

* EXEN,
Le Coustat, 12310 Vimenet
ybeucher@exen.pro

** ONF, Agence Montagnes d'Auvergne
98, rue Léon Blum, 15 000 Aurillac
thomas.darnis@onf.fr

Résumé. - L'écologie de vol de la Grande noctule et globalement l'ensemble des comportements de son activité nocturne sont largement méconnus en France. Ces lacunes sont un enjeu de conservation majeur pour une espèce considérée comme sensible à certaines menaces parfois fortes localement (exploitation forestière, éolien...). Depuis 2017, pour compenser ces lacunes, les chiroptérologues d'EXEN et de l'ONF testent et adaptent l'utilisation de la technologie GPS sur différentes populations connues de Grandes noctules. Le type de balise et leur mode de mise en œuvre pour cette espèce ont déjà évolué et permettent aujourd'hui le recueil de données précieuses pour préciser les zones de chasse, les hauteurs de vol, les domaines vitaux, le rythme d'activité... Les premiers résultats permettent de percevoir l'extraordinaire aptitude de l'espèce à exploiter des zones de chasse parfois très éloignées des gîtes et parfois très hautes, ce qui remet en question la notion de ségrégation sexuelle en phase d'activité, de colonies pourtant distantes de plusieurs dizaines de kilomètres. Ils témoignent de plusieurs stratégies de recherche alimentaire selon les individus (prospections aléatoires ou prédictives). Ils traduisent d'étonnantes capacités de mémorisation spatiale et interrogent sur les raisons de longues séquences de vol à des niveaux de plateaux de haute altitude localisés dans l'espace. Ces résultats confirment l'intérêt évident de cette technologie pour compléter les connaissances à l'échelle de l'espèce mais aussi de façon plus appliquée à l'échelle d'une population. A terme, la miniaturisation des balises devrait ouvrir une nouvelle page des techniques de chiroptérologie.

Mots clés. - Grande noctule, GPS, VHF, télémétrie, accéléromètre, aéroécologie

INTRODUCTION

La Grande noctule reste une espèce mal connue en France car difficile à suivre du fait d'une mobilité et de hauteurs de vol exceptionnelles et de ses changements réguliers de gîtes arboricoles. Les méthodes classiques d'étude des chauves-souris en phase d'activité (acoustique, capture, télémétrie...) fournissent alors des résultats partiels, limitant la perception générale de son écologie. Ces méconnaissances sont problématiques pour une espèce au statut de conservation défavorable et exposée à des menaces supposées fortes (exploitation forestière, éolien, dégradation des habitats ou de la ressource alimentaire...). Suite à la découverte de nouveaux bastions de populations en France cette dernière décennie, d'autres méthodes de suivis doivent être développées pour améliorer les connaissances sur l'activité de ces colonies (domaines vitaux, technique de chasse, comportements sociaux, migrations...) et sur les menaces qui pèsent sur elles.

L'utilisation de puces GPS pour suivre les mouvements de la faune sauvage présente de nombreux intérêts

tant pour des raisons logistiques de recueil de données que pour la précision des résultats. Leur miniaturisation progressive ouvre de nouvelles perspectives sur les micro-Chiroptères. Mais cette nouvelle technologie impose une prise en main et des adaptations particulières pour des espèces nocturnes aussi petites. Depuis 2017, les équipes de chiroptérologues d'EXEN et de l'ONF ont testé et adapté cette technologie à l'étude de l'activité nocturne de la Grande noctule sur plusieurs colonies. Notre présentation propose un retour d'expériences sur ses modalités de mise en œuvre pour cette espèce, sur le matériel, son paramétrage, ses limites et sur les premiers résultats exploitables.

ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES POPULATIONS DE GRANDE NOCTULE EN FRANCE FIN 2020

La Grande noctule est classée « Vulnérable » au niveau des listes rouges nationales UICN par manque de connaissance de son écologie et de ses populations. Bien étudiée en Espagne depuis la fin des années 1990, elle était historiquement censée se reproduire uniquement

dans les plaines chaudes du sud du pays [POPA LISSEANU, 2007] et donc considérée comme une espèce plutôt méditerranéenne.

En France (Figure 1), l'espèce a d'abord été suivie en Corse depuis 2004-2005 [BEUNEUX, COURTOIS, & RIST, 2010], confirmant ce caractère méditerranéen. Mais l'espèce a quitté l'île de beauté au début des années 2010. Avant 2010, quelques gîtes d'individus non reproducteurs sont découverts dans les Landes [FOUERT & GONZALEZ, 2011] et sur l'Aubrac Lozérien [SANÉ, 2007]. Les premières preuves de reproduction en France interviennent avec les premières colonies de mise bas découvertes en juin 2012 sur les reliefs des Combrailles (63) [BEUCHER, ALBESPY, & MOUGNOT, 2012] et sur le plateau du Lévezou (12) [DUBOURG-SAVAGE, BEC, & GACHES, 2013]. Ces découvertes confirment la reproduction de l'espèce en France et remettent aussi en question le caractère méditerranéen de cette espèce.

Depuis, avec la démocratisation des techniques de bioacoustique et de méthodes spécifiques de recherches de gîtes (poursuites au petit matin), de nouveaux groupes ont pu être identifiés régulièrement dans le Massif central, dans les Pyrénées et dans les Landes, témoignant de types de populations et statuts biologiques variés selon le genre, l'âge des individus, et la fonctionnalité écologique du site. Fin 2020, une quinzaine de noyaux de populations sont ainsi identifiés en France, majoritairement dans de vieilles forêts du grand Massif central. Environ la moitié d'entre eux correspond à des populations reproductrices (femelles ou mâles séparés en dehors de la période d'accouplement).

Si ces découvertes permettent des avancées sur son aire de répartition, la Grande noctule reste mal connue en France. D'autres bastions de populations restent à

découvrir si on se réfère aux données d'activité acoustique. Les liens entre les différents groupes sexués ou mixtes, à l'échelle locale, régionale voire internationale sont difficiles à mettre en évidence sans une évolution des techniques de suivi (marquage individuel, études génétiques...). Les préférences écologiques, mœurs sociales, comportements de reproduction et phases d'hivernage restent quasi méconnus. Du fait de l'extraordinaire mobilité de l'espèce, les méthodes classiques de télémétrie par triangulation sont difficiles à utiliser et des lacunes majeures demeurent sur les stratégies de chasse, les caractéristiques de vols, l'activité migratoire...

- 2004 Corse : premiers gîtes arboricoles de l'espèce de France découverts en forêts Corse, population de mâles [BEUNEUX, COURTOIS, & RIST, 2010],
- 2006 Aubrac : gîtes d'individus non reproducteurs découverts en Lozère [SANÉ, 2007]
- 2008 Landes : premier gîte dans les Landes (40), femelle non reproductrice [FOUERT & GONZALEZ, 2011]
- 2012 Combrailles : premier gîte de mise-bas (femelles reproductrices), Puy-de Dôme (63) [BEUCHER, ALBESPY, & MOUGNOT, 2012]
- 2012 Lévezou : colonie de mise-bas du Lévezou, Aveyron (12) [DUBOURG-SAVAGE, GACHE, BEC, & BEUCHER, 2014],
- 2014 Combrailles : découverte de groupes de mâles satellites autour de la colonie de mise-bas (63), première mention de colonie mixte [BEUCHER & GAGER, 2017]
- 2016 Haute Vallée du Lot : première population de mâles reproducteurs découverte en Aveyron

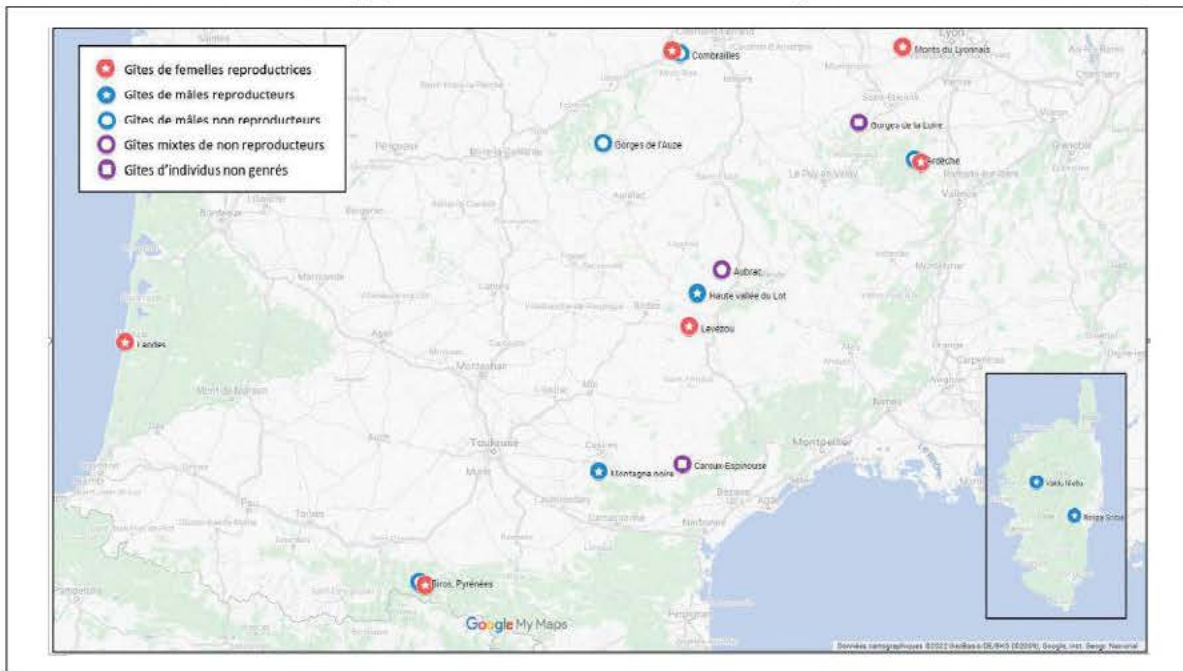


Figure 1. - Synthèse historique des découvertes de colonies de grandes Noctules en France (fin 2020)