

Effectivité de la Trame verte et bleue au regard de la Trame noire : comment limiter l'impact de l'éclairage artificiel nocturne sur les Chauves-souris ?

Clémentine AZAM, Isabelle LE VIOL, Yves BAS, Julie MARMET,
Jean-François JULIEN, Julie PAUWELS & Christian KERBIRIOU

Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (UMR 7204 CESCO)
Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)
43 rue Buffon, CP 135, F-75231 Paris cedex 05
clementineazam@hotmail.fr / ileviol@mnhn.fr / ybas@mnhn.fr / jmarmet@mnhn.fr
jffulien@mnhn.fr / jpauwels@mnhn.fr / christian.kerbiriou@mnhn.fr

Résumé. – Une expérimentation menée dans le Parc naturel régional du Gâtinais français, mesure l'impact de la pollution lumineuse sur certaines Chauves-souris. Ainsi les Murins évitent les sources lumineuses alors que les Pipistrelles communes y sont attirées avec les nuées d'insectes qu'elles consomment. Les résultats montrent l'importance de parfaitement maîtriser les caractéristiques de l'éclairage public dans les corridors de type «Trames Vertes et Bleue».

Mots-clés. – pollution lumineuse, corridors écologiques, urbanisation, éclairage public.

La pollution lumineuse, induite par l'utilisation massive d'éclairage artificiel la nuit, est un changement global qui affecte une partie importante des écosystèmes aquatiques, terrestres et marins. En effet, la disparition de la nuit affecte 23 % de la surface terrestre mondiale (88 % de l'Europe; FALCHI *et al.*, 2016) et connaît un accroissement annuel de 6 % [HÖLKER *et al.*, 2010a]. Cette expansion soulève de nombreuses inquiétudes concernant ses impacts sur la biodiversité puisqu'il a été estimé que 30 % des vertébrés et 60 % des invertébrés sont nocturnes [HÖLKER *et al.*, 2010b]. En effet, de nombreuses études ont révélé que la pollution lumineuse impacte la phénologie et les mouvements des espèces exposées et entraîne des effets en cascade sur les dynamiques des communautés biologiques et le fonctionnement des écosystèmes [BENNIE *et al.*, 2015; MACGREGOR *et al.*, 2016; FRENCH-CONSTANT *et al.*, 2016; KNOP *et al.*, 2017].

Du fait de leur comportement nocturne, les Chauves-souris sont directement exposées à la pollution lumineuse. À une échelle locale, les espèces à vol rapide comme les Pipistrelles sont observées en train de chasser, à proximité des lampadaires, la biomasse d'insectes qui s'y accumule, tandis que les espèces à vol lent comme les Rhinolophes ou les Murins évitent toute source lumineuse [STONE *et al.*, 2009, 2012; AZAM *et al.*, 2015]. Cependant, la pollution lumineuse n'affecte pas uniquement les comportements de chasse des Chauves-souris. Plusieurs études ont montré que la présence d'éclairage affecte négativement l'émergence des gîtes et le transit des individus quelque soit l'espèce concernée [DOWNS *et al.*, 2003; HALE *et al.*, 2015]. Ces impacts négatifs semblent contrebalancer les bénéfices alimentaires liés à la concentration d'insectes autour des lampadaires. En effet, à large échelle, l'analyse des données Vigie-Chiro (protocole routier) a montré une diminution de la probabilité de présence des espèces de Chauves-souris

les plus communes (*Pipistrellus pipistrellus*, *P. kublii*, *N. leisleri*, *Eptesicus serotinus*) à mesure que le niveau de pollution lumineuse augmente dans un rayon de 1 000 m autour des tronçons d'enregistrements [AZAM *et al.*, 2016]. Cet impact était significativement plus fort que celui de l'artificialisation des sols, ce qui suggère que la pollution lumineuse exacerbe l'influence de l'urbanisation sur les Chauves-souris.

Depuis l'élaboration des lois Grenelle I et II, les collectivités locales se sont engagées à restaurer et maintenir des corridors écologiques sur leur territoire en réponse à de fortes tensions pour l'usage d'un même espace et à une artificialisation galopante des sols en France. La conservation de ces corridors, les Trames Vertes et Bleues, a pour objectif de préserver les connexions paysagères fonctionnelles essentielles au maintien et à la survie des populations animales dans des paysages anthropisés. À l'heure actuelle, les impacts de l'éclairage artificiel nocturne sur la biodiversité ne sont pas envisagés dans l'élaboration de ces trames. Pourtant, la fonctionnalité de ces connectivités ne sera effective pour les espèces nocturnes que dans la mesure où l'influence de l'éclairage artificiel sera pris en compte. Il est donc nécessaire d'élaborer des recommandations de gestion de l'éclairage pour limiter ses impacts sur la biodiversité, en particulier les Chauves-souris qui sont associées à de forts enjeux de conservation liés aux déclinés importants de que subissent leurs populations [KERBIRIOU *et al.*, 2015].

C'est pourquoi nous avons élaboré une expérience *in situ* dans le Parc naturel régional du Gâtinais français pour déterminer : 1) la distance d'impact d'un lampadaire à lampe à sodium haute pression (SHP, le plus répandu dans le PNR et en France) et 2) un seuil minimum d'intensité lumineuse (lux) au-delà duquel un impact est détecté sur l'activité des Chiroptères.

Nous avons mené une expérimentation appariée en sélectionnant dans un même paysage et le long d'un même corridor écologique (lisière forestière ou haie), un site éclairé par un lampadaire SHP (intensité moyenne = 16,7 lux; var = 6 à 42 lux) et un site contrôle non éclairé à environ 250 m de distance. Sur chacun de ces deux sites, nous avons installé cinq stations d'enregistrement SM2 (Wildlife Acoustics) situées à 0, 10, 25, 50 et 100 m de distance du lampadaire. Les dix stations enregistraient simultanément l'activité de Chauves-souris pendant une nuit. Les chevauchements des volumes de détection des Chauves-souris [BARATAUD, 2015] entre les microphones ont été corrigés pour chaque espèce pour associer chaque contact au microphone le plus proche.

Nous avons trouvé un effet d'évitement de l'éclairage chez les Murins jusqu'à 50 m, même si la différence entre le niveau d'activité sur les sites éclairés et non éclairés n'était significatif que jusqu'à 25 m (Figure 1a). Un impact négatif de l'intensité lumineuse a été détecté sur les Murins y compris pour des valeurs inférieures à 1 lux (Figure 2a). Ces résultats montrent que les lampadaires

affectent une part importante des habitats environnants et induisent une perte et une fragmentation des habitats pour les Chauves-souris sensibles à la lumière. Un effet attractif des lampadaires a été détecté jusqu'à 10 m pour la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* (Figure 1b). L'intensité lumineuse avait un effet positif sur l'activité de la Pipistrelle commune avec un pic d'activité entre 1 et 5 lux (Figure 2b).

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE GESTION DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC POUR LES CHAUVES-SOURIS

Nos résultats soulignent l'importance de considérer la configuration spatiale de l'éclairage dans le paysage afin de restaurer des zones de refuges et de corridors obscurs dans des paysages anthropisés. En effet, ils soulignent la nécessité d'éloigner d'au moins 50 m l'éclairage public des corridors écologiques et des patches d'habitats naturels. De plus, dans les zones où l'éclairage est nécessaire, son impact pourrait être significativement diminué en contrôlant l'orientation du flux lumineux

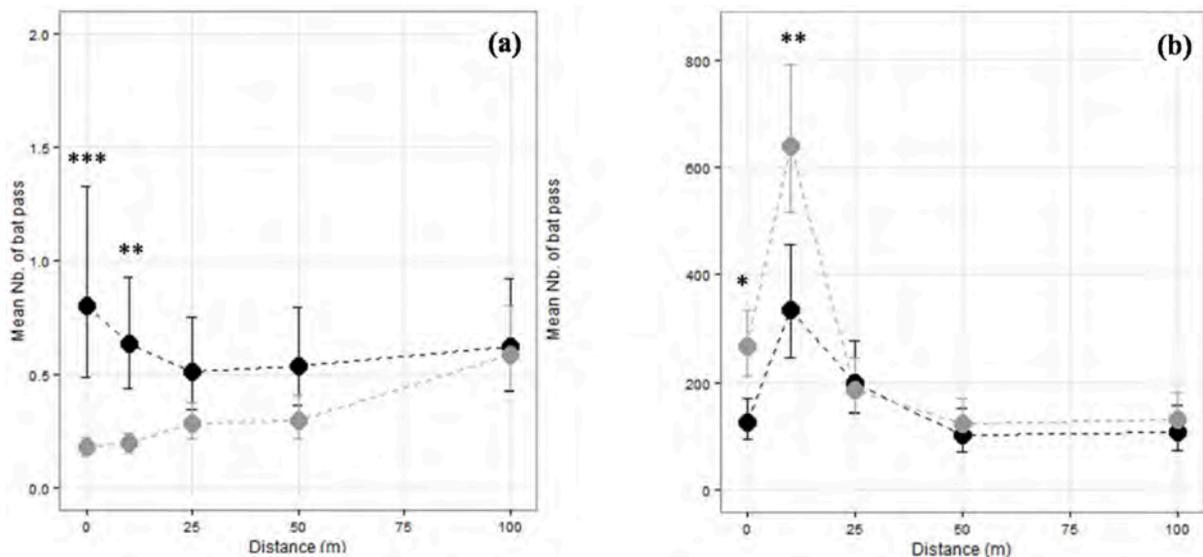


Figure 1. – Activité moyenne sur une nuit de (a) *Myotis* sp. et (b) *Pipistrellus pipistrellus* à 0, 10, 25, 50 et 100 m du lampadaire et du site contrôle non éclairé.

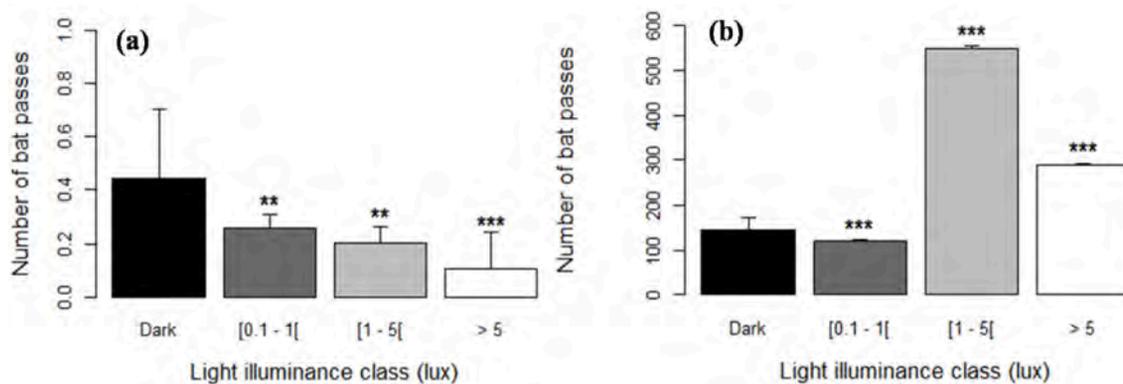


Figure 2. – Activité moyenne sur une nuit de (a) *Myotis* sp. et (b) *Pipistrellus pipistrellus* au sein de différentes classes d'intensité lumineuse.

pour augmenter la précision de l'éclairage sur les objets d'intérêts et éviter tout débordement de lumière sur la végétation environnante au-delà de 0,1 lux.

Ainsi, si l'on considère l'ensemble de la littérature scientifique sur la pollution lumineuse, on peut estimer qu'il existe cinq leviers d'actions intégrés pour limiter les impacts de l'éclairage sur la biodiversité [GASTON *et al.*, 2012]. Il est tout d'abord crucial de (1) questionner la distribution spatiale des sources lumineuses dans le paysage et (2) la durée d'éclairage afin de n'éclairer que quand et où cela est réellement nécessaire. Cette approche préalable semble essentielle pour définir des trames noires fonctionnelles pour les espèces nocturnes. Ensuite, une fois que les zones qui doivent être éclairées ont été identifiées et délimitées, il est nécessaire de calibrer (3) la puissance des lampadaires et (4) la directionnalité du flux lumineux afin d'éviter les débordements de lumières dans des espaces qui n'ont pas besoin d'être éclairés. Pour finir, le dernier aspect à considérer concerne (5) le spectre des lampes utilisées. La plupart des études scientifiques sur le sujet se sont concentrées sur ce paramètre lumineux et ont mis en évidence un effet plus négatif des lampes blanches froides (avec une forte composante de bleu) que des lampes blanches chaudes ou ambres (sodium basse et haute pression, LED < 2 700 °K) sur les Chauves-souris [BLAKE *et al.*, 1994; STONE *et al.*, 2012, 2015; LEWANZIK & VOIGT, 2016].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AZAM C., KERBIRIOU C., VERNET A., JULIEN J.-F., BAS Y., Plichard L., MARATRAY J. & LE VIOL I., 2015. – Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats? *Global Change Biology*, **21** : 4333-4341.
- AZAM C., LE VIOL I., JULIEN J.-F., BAS Y. & KERBIRIOU C., 2016. – Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program. *Landscape Ecology*, **31** (10) : 2471-2483. DOI : 10.1007/s10980-016-0417-3
- BARATAUD M., 2012. – *Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Mèze, Biotope, 344 p.
- BENNIE J., DAVIES T.W., CRUSE D., INGER R. & GASTON K.J., 2015. – Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **370** : 20140131. DOI : 10.1098/rstb.2014.0131
- BLAKE D., HUTSON A.M., RACEY P.A., RYDELL J. & SPEAKMAN J.R., 1994. – Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology*, **234** (3) : 453-462. DOI : 10.1111/j.1469-7998.1994.tb04859.x
- DOWNES N.C., BEATON V., GUEST J., POLANSKI J., ROBINSON S.L. & RACEY P.A., 2003. – The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of *Pipistrellus pygmaeus*. *Biological Conservation*, **111** : 247-252.
- FALCHI F., CINZANO P., DURISCOE D., KYBA C.C.M., ELVIDGE C.D., BAUGH K., PORTNOV B.A., RYBNIKOVA N.A. & FURGONI R., 2016. – The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, **2** (6) : e1600377. DOI : 10.1126/sciadv.1600377
- FFRENCH-CONSTANT R.H., SOMERS-YEATES R., BENNIE J., ECONOMOU T., HODGSON D., SPALDING A. & MCGREGOR P.K., 2016. – Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **283** (1833) : 20160813. DOI : 10.1098/rspb.2016.0813
- HALE J.D., FAIRBRASS A.J., MATTHEWS T.J., DAVIES G. & SADLER J.P., 2015. – The ecological impact of city lighting scenarios: exploring gap crossing thresholds for urban bats. *Global Change Biology*, **21** : 2467-2478.
- HÖLKER F., MOSS T., GRIEFAHN B., KLOAS W., VOIGT C.C., HENCKEL D., HÄNEL A., PKAPPELER P.M., VÖLKER S., SCHWOPE A., FRANKE S., UHRLANDT D., FISCHER J., KLENKE R., WOLTER C. & TOCKNER K., 2010a. – The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecology and Society*, **15** (4) : 13. Disponible sur internet : <<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art13/>>
- HÖLKER F., WOLTER C., PERKIN E.K. & TOCKNER K., 2010b. – Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution*, **25** : 681-682. DOI : 10.1016/j.tree.2010.09.007
- KERBIRIOU C., JULIEN J.F., BAS Y., MARMET J., LE VIOL I., LORRILLIERE R., AZAM C., GASC A. & LOIS G., 2015. – Vigie-Chiro : 9 ans de suivi des tendances des espèces communes. *Symbioses*, **34-35** : 1-4.
- KNOP E., ZOLLER L., RYSER R., GERPE C., HÖRLER M. & FONTAINE C., 2017. – Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, **548** : 206-209.
- LEWANZIK D. & VOIGT C.C., 2016. – Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats. *Journal of Applied Ecology*, **54** : 264-271. DOI : 10.1111/1365-2664.12758
- MCGREGOR C.J., EVANS D.M., FOX R. & POCOCC M.J.O., 2016. – The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen transport. *Global Change Biology*, **23** : 697-707. DOI : 10.1111/gcb.13371
- STONE E.L., JONES G. & HARRIS S., 2009. – Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology*, **19** (13) : 1123-1127. DOI : 10.1016/j.cub.2009.05.058.
- STONE E.L., JONES G. & HARRIS S., 2012. – Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats. *Global Change Biology*, **18** : 2458-2465. DOI : 10.1111/j.1365-2486.2012.02705.x
- STONE E.L., WAKEFIELD A., HARRIS S. & JONES G., 2015. – The impacts of new street light technologies: experimentally testing the effects on bats of changing from low-pressure sodium to white metal halide. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **370** (1667) : 20140127. DOI : 10.1098/rstb.2014.0127