



natagora

Bibliographie commentée



Bibliographie commentée

Natagora asbl

Département étude

Traverse des Muses 1

5000 Namur

www.natagora.be

info@natagora.be

Personnes de contact :

Claire Brabant – 02/893 09 27 – claire.brabant@natagora.be

Jean-Sébastien Rousseau-Piot – 0488/29.44.58 – js.rousseau Piot@natagora.be

Nicolas Hoffait – 0497/14.54.02 – nicolas.hoffait@natagora.be

Laurie Delmer – 0485/46.61.81 – laurie.delmer@natagora.be

Financement :

Interreg est un programme européen visant à promouvoir la coopération entre les régions européennes et le développement de solutions communes dans les domaines du développement urbain, rural et côtier, du développement économique et de la gestion de l'environnement.



Présente dans tout l'espace Wallonie-Bruxelles, Natagora possède de nombreuses réserves naturelles, réparties sur 4 800 hectares. Le grand objectif de l'association est d'enrayer la dégradation de la biodiversité et de contribuer au rétablissement d'un meilleur équilibre entre activités humaines et protection de l'environnement.

Aanwezig in de hele Federatie Wallonië-Brussel, Natagora beschikt over talrijke natuurgebieden, verspreid over 4 800 ha. Het groot doel van de vereniging is de achteruitgang van de biodiversiteit te stoppen en tot het herstel van een beter evenwicht tussen de mens en de natuur bij te dragen.

- Altermatt, F. & Ebert, D. 2016. Reduced flight-to-light behaviour of moth populations exposed to long-term urban light pollution. *Biol Lett.* ;12 :20160111.

La conséquence la plus connue et la plus documentée de la pollution lumineuse est l'attraction des insectes nocturnes vers les sources lumineuses artificielles. Cependant, les conséquences évolutives sont inconnues. Nous rapportons ici que les populations de papillons de nuit des zones urbaines avec des niveaux élevés de pollution lumineuse sur plusieurs décennies montrent un comportement de vol vers la lumière considérablement réduit par rapport aux populations de la même espèce provenant d'habitats sans lumière artificielle. Nous avons élevé des papillons de nuit de 10 populations différentes et comparé expérimentalement leur comportement de vol vers la lumière dans des conditions standardisées. Les papillons de nuit des populations urbaines avaient une réduction significative du comportement de fuite vers la lumière par rapport aux populations des zones sans lumière artificielle. L'attraction réduite pour les sources lumineuses des « papillons de nuit des villes » peut directement augmenter la survie et la reproduction de ces individus. Nous prévoyons qu'il s'accompagne d'une mobilité réduite, ce qui affecte négativement la recherche de nourriture ainsi que la capacité de colonisation. Comme les insectes nocturnes sont d'une importance capitale en tant que pollinisateurs et principale source de nourriture de nombreux vertébrés, un changement évolutif du comportement de vol vers la lumière se répercute potentiellement sur les réseaux d'interaction des espèces.

- ANPCEN, 2014. Pollution lumineuse et biodiversité, Préfecture de l'Eure: Association nationale pour la protection du ciel et de l'environnement nocturne.

Ce document présente l'impact de l'éclairage artificiel nocturne sur la faune et la flore (directs : action sur la rétine ; indirects : perte d'une ressource alimentaire, prédation accrue ; induits : en modifiant la végétation, la lumière peut modifier les ressources ou l'habitat d'un animal, en provoquant le chant d'un oiseau, elle peut perturber l'horloge biologique d'un autre individu). Ce document présente aussi quelques recommandations pour limiter l'impact de l'éclairage ainsi que les aspects législatifs français.

- ASCEN, 2014. Impacts environnementaux de la pollution lumineuse. s.l.: Association pour la Sauvegarde du Ciel et de l'Environnement Nocturnes.

Ce document présente l'impact biologique et écologique de l'éclairage artificiel nocturne sur la faune et la flore (oiseaux, mammifères, amphibiens, reptiles, insectes et papillons nocturnes, gastéropodes, poissons et flore).

- Azam C. & al. 2015. Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats? *Glob Change Biol.*; 21:4333-41.

La pollution lumineuse étant actuellement considérée comme une menace majeure pour la biodiversité, différentes options de gestion de l'éclairage sont explorées pour atténuer l'impact de l'éclairage artificiel sur la faune. Bien que des systèmes d'éclairage nocturne partiel aient été adoptés par de nombreuses autorités locales à travers l'Europe pour réduire l'empreinte carbone et économiser l'énergie, leurs effets sur la biodiversité sont inconnus.

*Grâce à une expérience in situ jumelée, nous avons comparé les niveaux d'activité de 8 espèces de chauves-souris sous des traitements d'éclairage non éclairés, une partie de la nuit et une nuit complète dans une zone rurale située à 60 km au sud de Paris, en France. Nous avons sélectionné 36 sites d'étude composés d'un site éclairé et d'un site témoin non éclairé ; 24 de ces sites étaient situés dans des zones soumises à des systèmes d'éclairage nocturne partiel et 12 sites étaient dans des zones sous un éclairage standard de nuit complète. Il y avait significativement plus d'activité sur les sites d'éclairage de nuit partielle par rapport aux sites d'éclairage de nuit complète pour les *Plecotus* spp. à émergence tardive et sensibles à la lumière, et une tendance similaire était observable pour *Myotis* spp., bien que non significative. En revanche, l'éclairage nocturne n'a pas influencé l'activité des premières espèces de chauves-souris émergentes autour des lampadaires, à l'exception de *Pipistrellus pipistrellus* pour laquelle il y avait significativement moins d'activité sur les sites d'éclairage nocturne partiel que sur les sites sans éclairage nocturne. Dans l'ensemble, aucune différence significative d'activité entre les sites d'éclairage nocturne partiel et complet n'a été observée chez 5 des 8 espèces étudiées, ce qui suggère que les schémas d'éclairage nocturne partiel actuels ne couvrent pas la gamme d'activité de la plupart des espèces de chauves-souris. Nous recommandons que ces programmes commencent plus tôt dans la nuit pour atténuer efficacement les effets néfastes de l'éclairage artificiel sur les espèces sensibles à la lumière, en particulier le long des corridors écologiques qui sont particulièrement importants pour la persistance de la biodiversité dans les paysages urbains.*

- Azam C. & al. 2016. Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program. *Landscape Ecol.*; 31:2471-83.

*La pollution lumineuse constitue une menace majeure pour la biodiversité en diminuant la qualité de l'habitat et la connectivité du paysage pour les espèces nocturnes. Alors que la biodiversité est de plus en plus prise en compte dans les politiques de gestion urbaine, l'impact de la lumière artificielle est mal pris en compte. Cela est dû en grande partie au manque d'informations quantitatives et de lignes directrices pertinentes pour limiter ses effets négatifs. Ici, nous avons comparé le potentiel de deux sources d'information sur la pollution lumineuse, la télédétection (photo nocturne prise depuis la Station Spatiale Internationale ISS) et les données au sol (localisation des lampadaires), pour mesurer son impact sur les chauves-souris. Nos objectifs étaient de (i) évaluer l'impact de la pollution lumineuse sur l'activité de *Pipistrellus pipistrellus* à l'échelle de la ville, (ii) déterminer quelle source d'information était la plus pertinente pour mesurer l'effet de la pollution lumineuse et (iii) définir une méthodologie reproductible applicable en aménagement du territoire pour tenir compte de la biodiversité dans la planification de l'éclairage. Nous avons utilisé les données de la science citoyenne pour modéliser l'activité de *P. pipistrellus*, une espèce considérée comme tolérante à la lumière, dans trois villes de France tout en tenant compte de la lumière artificielle à travers une variable basée sur l'une ou l'autre source d'information. Nous avons montré qu'à l'échelle de la ville, l'activité de *P. pipistrellus* est impactée négativement par la pollution lumineuse quelle que soit la variable lumineuse utilisée. Cet effet néfaste a été mieux décrit par des variables basées sur les images de l'ISS que sur l'emplacement des lampadaires. Notre méthodologie est facilement reproductible et utilisable en urbanisme pour contribuer à la prise en compte de l'impact de la pollution lumineuse et favoriser une gestion de la lumière artificielle respectueuse de la biodiversité.*

- Azam, C. & al. 2018. Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of artificial lighting on bat activity. *Landscape and Urban Planning*; 175:123-35.

*Dans la présente étude, nous avons étudié l'impact de la position spatiale des lampadaires et de l'intrusion lumineuse sur l'utilisation des corridors écologiques par le transit des chauves-souris dans les paysages anthropiques. Grâce à une expérience jumelée in situ, nous avons estimé comment la distance d'impact de l'éclairage public et l'éclairage vertical et horizontal influençaient l'activité de transit de 6 espèces et 2 genres de chauves-souris. Nous avons enregistré l'activité des chauves-souris à 0, 10, 25, 50 et 100 m et mesuré l'éclairage lumineux vertical et horizontal aux 5 étapes de distance (plage = 0,1 à 30,2 lx). Alors que l'effet d'attraction des lampadaires était principalement limité à un rayon de 10 m pour *Pipistrellus sp.* et *Nyctalus sp.*, l'évitement des lampadaires a été détecté jusqu'à 25 et 50 m pour *Myotis sp.* et *Eptesicus serotinus*, respectivement. Les effets de l'éclairage public sur *Myotis sp.* et *Nyctalus sp.* sont restés après que les lampes aient été éteintes. L'éclairage a eu un effet négatif sur *Myotis sp.* en dessous de 1lx, un effet mixte sur *E. serotinus*, et un effet positif sur les autres espèces, bien qu'un pic d'activité ait été observé entre 1 et 5lx pour *P. pipistrellus* et *N. leisleri*. Nous recommandons de séparer les lampadaires des corridors écologiques d'au moins 50 m et d'éviter les intrusions lumineuses verticales au-delà de 0,1 lx pour assurer leur utilisation par les chauves-souris sensibles à la lumière.*

- Baker, B. J., 2006. The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota*. *Canadian Journal of Zoology*, pp. 1528-1532.

*L'éclairage nocturne artificiel n'attire que depuis récemment en tant que source d'effets à long terme sur l'écologie des animaux diurnes et nocturnes. Les données limitées disponibles indiquent clairement que la lumière artificielle peut affecter la physiologie et le comportement des animaux, entraînant des conséquences écologiques au niveau de la population, de la communauté et de l'écosystème. Les écosystèmes aquatiques peuvent être particulièrement vulnérables à ces effets, et les animaux qui se reproduisent la nuit comme les grenouilles peuvent être particulièrement touchés. Pour aborder ce potentiel, nous quantifions les effets de la lumière artificielle sur le comportement d'appel et de déplacement dans une population rurale de grenouilles vertes mâles (*Rana clamitans melanota* (Rafinesque, 1820)) pendant la saison de reproduction. Lorsqu'elles sont exposées à la lumière artificielle, les grenouilles produisent moins de cris et se déplacent plus fréquemment que dans des conditions de lumière ambiante. Les résultats démontrent clairement que le comportement de la grenouille verte mâle est affecté par la présence de lumière artificielle d'une manière qui a le potentiel de réduire les taux de recrutement et donc d'affecter la dynamique de la population.*

- Bardonnnet, A., Bolliet, V. & Belon, V., 2005. Recruitment abundance estimation : Role of glass eel (*Anguilla anguilla* L.) response to light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Issue 321, pp. 181-190.

La plupart des populations de poissons sont en déclin dans le monde et leur gestion bénéficierait d'une meilleure estimation du taux de recrutement. Chez les civelles, des études de terrain suggèrent que les civelles migratrices estuariennes sont sensibles à la lumière pour changer leur position verticale en fonction de facteurs tels que la turbidité de l'eau et/ou la luminosité de la lune.

La réponse de la civelle (Anguilla anguilla L.) à la lumière a été testée en laboratoire à l'aide de caisses où les poissons pouvaient choisir entre un côté éclairé et un côté non éclairé. Les réponses ont été quantifiées comme la proportion de civelles restant dans la chambre non éclairée. Des niveaux de lumière décroissants ont été utilisés et testés sur différents "âges" de civelles ("âge" en jours depuis la capture). Par ailleurs, des mesures de luminosité à différentes profondeurs de la colonne d'eau ont été réalisées dans l'estuaire de l'Adour (43°30' N, 1°30' O). Le niveau d'évitement de la lumière des civelles transparentes était plus faible chez les civelles non pigmentées (moins de 10–10 W cm⁻²) que chez les civelles pigmentées (10–9–10–8 W cm⁻²). Ces résultats et données de terrain sur la mesure de l'énergie lumineuse dans la colonne d'eau de l'estuaire de l'Adour sont confrontés aux données précédemment publiées sur la migration estuarienne des civelles.

- Beier, P., 2006. Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals. Ecological consequences of artificial night lighting (C. RICH & T. LONGCORE, eds.), pp. 19-42.

Ce chapitre commence par un examen de la biologie de la vision des mammifères, y compris la littérature abondante sur la façon dont le clair de lune affecte le comportement nocturne des mammifères et comment la lumière influence les horloges biologiques des mammifères. Il aborde ensuite plusieurs classes d'effets probables de l'éclairage nocturne artificiel sur les mammifères, à savoir la perturbation des schémas d'alimentation, l'augmentation du risque de prédation, la perturbation des horloges biologiques, l'augmentation de la mortalité sur les routes et la perturbation des mouvements de dispersion à travers des paysages éclairés artificiellement. Il comprend des recommandations d'expériences ou d'observations qui pourraient faire progresser notre compréhension des effets les plus probables et les plus significatifs.

- Benedetti-Cecchi, L., 2001. Beyond BACI: optimization of environmental sampling designs through monitoring and simulation. Ecological Applications, Volume 11, p. 783–799.

Cette étude illustre comment la méthode BACI, technique utilisée lors de l'étude de terrain, peut être utilisée pour améliorer la capacité d'un plan d'échantillonnage donné à détecter des impacts d'une ampleur spécifiée.

- Bertero, H. & al., e., 1999. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Field Crops Research, 3(60), pp. 231-243.

Les effets de la photopériode sur le développement phasique, l'apparence des feuilles et la croissance des graines chez deux cultivars de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.), ainsi que les interactions photopériode × température sur la croissance des graines chez un cultivar, ont été examinés. Les cultivars étaient Kanckolla (un cultivar à floraison précoce du plateau andin du sud du Pérou) et Blanca de Junín (un cultivar à floraison intermédiaire des vallées tropicales du centre du Pérou). Les principaux objectifs étaient d'établir quelles phases de développement sont sensibles à la photopériode et si les conditions au cours d'une phase particulière avaient des effets retardés sur le développement ultérieur.

Les plantes ont été cultivées dans des armoires de croissance éclairées naturellement et les photopériodes ont été données comme 10 h de lumière naturelle du jour suivies d'extensions avec une lumière artificielle de faible intensité donnant une photopériode courte (SD, 10,25 h) ou longue (LD, 14 ou 16 h). Les traitements étaient des photopériodes constantes (SD ou LD) ou impliquaient des transferts entre les photopériodes à différents stades de développement. Une réponse SD quantitative a été observée pour le temps jusqu'à l'anthèse et le nombre total de feuilles, et plus de 50 % des ébauches foliaires se sont formées après l'initiation florale. Avec les transferts effectués pendant la phase de reproduction, le nombre maximal de primordiums foliaires, le nombre total de feuilles et le temps d'anthèse variaient jusqu'à 9 %, 33 % et 24 %, respectivement, par rapport aux témoins sous SD constant ; et jusqu'à 8 %, 39 % et 12 %, respectivement, par rapport aux témoins sous DL constante. Les photopériodes appliquées après la fin de l'initiation des ébauches foliaires ont affecté la durée de la phase de reproduction et le nombre total de feuilles par le biais d'effets sur la proportion d'ébauches restées non développées (gamme de 7 à 33 %). Les plantes cultivées en SD jusqu'à l'anthèse ont produit des graines, mesurées 66 jours après l'anthèse, quatre fois plus grandes en diamètre que les graines sur les plantes toujours cultivées en LD. Le diamètre des graines a également été réduit de 24 % par la LD appliquée après l'anthèse et de 14 % par une température élevée (28 °C contre 21 °C), mais la combinaison de la température élevée avec la LD a donné la plus grande inhibition de la croissance des graines (73 %). De toute évidence, la photopériode a eu des effets importants sur tous les stades de la reproduction des plantes et a souvent agi indirectement, comme le montrent les réponses retardées exprimées dans les phases ultérieures de développement.

- Bhardwaj, M. & al. 2020. Artificial lighting reduces the effectiveness of wildlife-crossing structures for insectivorous bats. *Journal of Environmental Management*; 262:110313.

Il est devenu de plus en plus populaire d'adapter les structures de passage de la faune pour permettre aux gens de les utiliser également pour traverser les routes en toute sécurité. Cependant, les besoins requis des humains et de la faune peuvent entrer en conflit. Par exemple, l'éclairage à l'intérieur des structures de passage pour la sécurité humaine la nuit peut réduire l'utilisation de la structure par la faune nocturne, contribuant ainsi aux effets de barrière et de mortalité des routes plutôt que de les atténuer. Dans cette étude, nous avons évalué expérimentalement l'impact de la lumière artificielle la nuit sur le taux d'utilisation des structures de passage pour la faune, en particulier les passages souterrains, par dix groupes d'espèces de chauves-souris insectivores dans le sud-est de l'Australie. Nous avons surveillé l'activité des chauves-souris avant, pendant et après l'éclairage artificiel des passages souterrains. Nous avons constaté que les chauves-souris avaient tendance à éviter les passages souterrains éclairés, et qu'une seule espèce était constamment attirée par la lumière. La lumière artificielle nocturne dans les passages souterrains augmente hypothétiquement la vulnérabilité des chauves-souris à la mortalité routière ou à l'effet barrière des routes. Les résultats les plus probables de l'éclairage des passages inférieurs étaient 1. une augmentation du taux de passage au-dessus de l'autoroute et une diminution sous les passages inférieurs, ou 2. une réduction du taux de passage à la fois au-dessus des autoroutes et sous les passages inférieurs, lorsque les structures étaient éclairées. Nos résultats corroborent ceux des études sur les mammifères terrestres et nous recommandons donc de ne pas éclairer les passages inférieurs destinés à faciliter le déplacement de la faune sur les routes.

- Bird, B., Branch, L. & Miller, D., 2004. Effects of coastal lighting on foraging behaviour of Beach mice. *Conservation Biology*, 18(5), pp. 1435-1439.

*L'introduction de la lumière artificielle dans l'habitat faunique représente une forme d'empiétement humain en expansion rapide, en particulier dans les systèmes côtiers. La pollution lumineuse altère le comportement des tortues marines lors de la nidification ; par conséquent, des lampes à longue longueur d'onde - vapeur de sodium à basse pression et lampes anti-insectes - qui minimisent les impacts sur les tortues sont nécessaires pour l'éclairage des plages en Floride (États-Unis). Nous avons étudié les effets de ces deux types de lumières sur le comportement de recherche de nourriture des mulots de Santa Rosa (*Peromyscus polionotus leucocephalus*). Nous avons comparé l'utilisation des patchs et les densités d'abandon des souris pour des patchs alimentaires expérimentaux établis le long d'un gradient de lumière artificielle sur le terrain. Les souris exploitaient moins de zones de nourriture près des deux types de lumière artificielle que dans les zones peu éclairées et récoltaient moins de graines dans les zones proches des lampes anti-insectes. Nos résultats montrent que la lumière artificielle affecte le comportement des espèces terrestres dans les zones côtières et que la pollution lumineuse mérite une plus grande considération dans la planification de la conservation.*

- Blondel, J., 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, analyse d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP). *La Terre et la Vie*, Issue 29, pp. 289-533.

Cet article décrit une nouvelle méthode d'échantillonnage des populations d'oiseaux utilisant la fréquence d'occurrence de chaque espèce par unité de temps de 20 min (Echantillonnage Fréquentiel Progressif, E. F. P.). Cette technique est dérivée de l'I.P.A. méthode mais n'a pas vocation à se substituer à cette dernière ; les deux méthodes sont conçues pour résoudre différents problèmes théoriques et pratiques en écologie. Dans un chapitre introductif, il est avancé que le « modèle-oiseau » permet de proposer un diagnostic écologique des écosystèmes et que les communautés d'oiseaux peuvent être utilisées pour tester le niveau de complexité des écosystèmes. De plus, d'un point de vue pratique, nous pouvons utiliser les communautés d'oiseaux pour la planification et la surveillance de l'environnement. La méthode d'échantillonnage fréquentiel est intéressante car elle permet de recueillir rapidement des données quantitatives et fiables.

- Boldogh, S., Dobrosi, D. & Samu, P., 2007. The effects of the illuminations on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica*, Volume 9, pp. 527-534.

*À mesure que l'éclairage des bâtiments augmente la nuit, la pollution lumineuse et les impacts négatifs sur la faune augmentent également. Afin d'évaluer l'effet de l'éclairage direct sur les chauves-souris domestiques, nous avons examiné des colonies de *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis emarginatus* et *M. oxygnathus* dans des bâtiments éclairés et non éclairés situés à proximité les uns des autres. Nous avons étudié le début et le moment de l'émergence nocturne et mesuré la masse corporelle et la longueur de l'avant-bras des chauves-souris juvéniles. Les résultats montrent qu'un éclairage artificiel vif retarde l'apparition ou prolonge considérablement la durée d'émergence et, dans le pire des cas, peut détruire toute la colonie. Les juvéniles sont nettement plus petits dans les bâtiments éclairés que dans les bâtiments non éclairés.*

Les différences de longueur de l'avant-bras et de masse corporelle peuvent suggérer que le temps de parturition commence plus tard et/ou que le taux de croissance est plus faible chez les chauves-souris vivant dans des bâtiments éclairés. Ainsi, l'éclairage des bâtiments pourrait avoir de sérieuses implications pour la conservation des colonies de chauves-souris vivant dans les maisons.

- Bolliger J. & al. 2020. Low impact of two LED colors on nocturnal insect abundance and bat activity in a peri-urban environment. *J Insect Conserv.*; 24:625-35.

*Nous avons étudié l'impact sur l'abondance des insectes nocturnes et l'activité des chauves-souris de deux couleurs de lumière LED (blanc chaud 2700 K, blanc froid 6500 K) dans un environnement périurbain. L'activité des chauves-souris (principalement *Pipistrellus pipistrellus*) était largement déterminée par la disponibilité des proies (insectes), tandis que l'abondance des insectes réagissait aux conditions météorologiques nocturnes (précipitations, température). Ainsi, les insectes et les chauves-souris ne réagissaient pas différemment aux LED blanc froid ou blanc chaud. Ces résultats sont largement en contraste avec la littérature, en particulier pour les insectes. Cependant, comme la plupart des expériences publiées sur l'éclairage nocturne ont été menées dans des zones éclairées uniquement pour les besoins de l'expérience, nous voudrions souligner que (1) l'adaptation aux contraintes environnementales peut jouer un rôle dans les environnements périurbains qui ont été exposés à l'éclairage nocturne depuis de nombreuses décennies ; ou (2) les impacts des LED blanc froid sur les insectes nocturnes peuvent être plus faibles que prévu, car les insectes nocturnes adaptés aux conditions de faible luminosité peuvent être rebutés par les sources de lumière blanche froide (6500 K).*

- Boyes, D. . & al . 2021. Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. *Science advances*, Vol 7, Issue 35.

Les déclinés signalés des populations d'insectes ont suscité une inquiétude mondiale, la lumière artificielle étant identifiée comme un facteur potentiel. Malgré des preuves solides que l'éclairage perturbe une gamme de comportements d'insectes, les preuves empiriques que la pollution lumineuse diminue l'abondance des insectes sauvages sont limitées. Nous avons constaté que l'éclairage public réduisait fortement l'abondance des chenilles de papillons de nuit par rapport aux sites non et affectait le développement des chenilles. Une expérience distincte a montré que la pollution lumineuse perturbait le comportement alimentaire des chenilles nocturnes. Les impacts négatifs étaient plus prononcés sous les lampadaires LED blanches par rapport aux lampes au sodium jaunes conventionnelles.

- Briggs, W., 2002. Plant photoreceptors : proteins that perceive information vital for plant development from the lighting in Ecological consequences of Artificial Night Lighting. Conference abstracts Los Angeles 23-24/02/2002.

Ce document reprend plusieurs résumés de la conférence tenue en 2002 à Los Angeles sur les effets de la pollution lumineuse sur le développement des plantes.

- Bruderer, B., Peter, D. & Steuri, T., 1999. Behaviour of migrating birds exposed to X-band radar and a bright light beam. *Journal of Experimental Biology* 2002, pp. 1015-1022.

Les études radar sur la migration des oiseaux supposent que les impulsions électromagnétiques transmises ne modifient pas le comportement des oiseaux, malgré quelques rapports inquiétants de perturbations observées. Cet article montre que, dans le cas du radar en bande X « Superfledermaus », aucun changement pertinent dans le comportement de vol ne s'est produit, tandis qu'un faisceau lumineux puissant a provoqué des changements importants. De grands ensembles d'enregistrements de routine d'oiseaux migrateurs nocturnes obtenus à l'aide d'un radar de poursuite en bande X n'ont fourni aucune indication de comportement de vol différent entre les oiseaux volant à basse altitude vers le radar, s'en éloignant ou le passant latéralement. L'activation et la désactivation de la transmission radar, tout en continuant à suivre des cibles d'oiseaux sélectionnées à l'aide d'une caméra infrarouge passive pendant les phases d'extinction du radar, n'a montré aucune différence dans le comportement des oiseaux avec et sans ondes radar incidentes. Le suivi d'un seul migrateur nocturne tout en allumant et en éteignant un puissant projecteur monté parallèlement à l'antenne radar a toutefois provoqué des réactions prononcées chez les oiseaux : (1) une grande variation de décalages directionnels d'une moyenne de 8 degrés au premier et de 15 degrés au troisième 10 s intervalle après la mise en marche ; (2) une réduction moyenne de la vitesse de vol de 2-3 m s⁻¹ (15-30 % de la vitesse air normale) ; et (3) une légère augmentation du taux d'escalade. Un indice de changement calculé diminuait avec la distance de la source, suggérant une réaction nulle au-delà d'environ 1 km. Ces résultats ravivent les idées existantes sur l'utilisation de faisceaux lumineux sur les avions pour prévenir les impacts d'oiseaux et fournissent des arguments contre l'utilisation croissante des faisceaux lumineux à des fins publicitaires.

- Bruxelles Environnement, 2012. La Pollution lumineuse. s.l.: Info-fiches sur la biodiversité en région de Bruxelles-capitale.

Ce document présente l'impact de l'éclairage artificiel nocturne sur les animaux (dérèglement de l'horloge biologique, effet barrière, effet d'attraction et de désorientation, perturbations de la reproduction, effet sur les ressources alimentaires) et sur les plantes. Ce document présente aussi quelques recommandations pour limiter l'impact de l'éclairage.

- Byrkjedal, I. & al. 2012. Do passerine birds utilise artificial light to prolong their diurnal activity during winter at northern latitudes? *Ornis Norv.*;35:37.

*Les régions boréales au climat hivernal doux, comme la zone côtière occidentale de la Norvège, peuvent abriter un certain nombre de passereaux hivernants, malgré la courte durée des journées au milieu de l'hiver. Pour déterminer si les oiseaux hivernant dans de telles conditions pouvaient utiliser la lumière artificielle pour augmenter leurs périodes d'activité, des recensements d'oiseaux diurnes et nocturnes ont été effectués d'octobre à mars dans une zone résidentielle de Bergen, dans l'ouest de la Norvège, le long de routes éclairées. Située à la latitude 60°N, la zone a 18 heures d'obscurité au milieu de l'hiver. Vingt-quatre espèces de passereaux ont été recensées. Parmi ceux-ci, le Merle d'Europe *Erithacus rubecula*, le Merle noir *Turdus merula* et le Troglodyte *Troglodytes troglodytes* ont régulièrement commencé leur activité plusieurs heures avant le lever du soleil, tandis que les Mésanges charbonnières *Parus major* et les Mésanges bleues *Cyanistes caeruleus* l'ont fait dans une certaine mesure.*

L'étude montre que certaines espèces de passereaux sont capables de prolonger leur période d'activité de 4 à 5 heures en utilisant la lumière artificielle pendant la partie la plus sombre de l'hiver.

- Conquest, L. L., 2000. Analysis and Interpretation of Ecological Field Data Using BACI Designs: Discussion. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 5(3), pp. 293-296.

Cet article décrit des vues intéressantes de l'analyse et de l'interprétation des données d'études avant-après contrôle-impact (BACI). Le message général qu'ils transmettent au lecteur est que l'analyse des données d'une conception BACI, en combinaison avec une expertise professionnelle, peut ajouter des preuves utiles tant que l'on est prudent quant aux interprétations qui en résultent.

- French-Constant, R.H. & al. 2016. Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. *Proc R Soc B.*; 283:20160813.

L'impact écologique de l'éclairage nocturne est préoccupant en raison de ses effets bien démontrés sur le comportement animal. Cependant, le potentiel de la pollution lumineuse à modifier la phénologie des plantes et ses effets d'entraînement correspondants sur les herbivores associés sont moins clairs. Ici, nous testons si l'éclairage artificiel peut avancer le moment du débourrement des arbres. Nous avons pris un ensemble de données de 13 ans à l'échelle du Royaume-Uni de données de débourrement spatialement référencées de quatre espèces d'arbres à feuilles caduques et l'avons apparié à la fois avec des images satellite de l'éclairage nocturne et de la température printanière moyenne. Nous constatons que le débourrement se produit jusqu'à 7,5 jours plus tôt dans les zones plus lumineuses, la relation étant plus prononcée pour les espèces à bourgeonnement tardif. L'exclusion des grandes zones urbaines de l'analyse a montré une progression encore plus prononcée du débourrement, confirmant que l'effet « d'îlot de chaleur » urbain n'est pas la seule cause d'un débourrement urbain plus précoce. De même, l'avancée du débourrement dans tous les sites est trop importante pour être expliquée par les seules augmentations de température. Cette avancée spectaculaire du débourrement illustre la nécessité de poursuivre les recherches expérimentales sur l'impact de l'éclairage nocturne artificiel sur la phénologie des plantes et les interactions subséquentes entre les espèces. Comme la pollution lumineuse est un phénomène mondial croissant, les résultats de cette étude sont susceptibles d'être applicables à un large éventail d'interactions entre espèces à travers le monde.

- Dacke, M. et al., 2013. Dung Beetles Use the Milky Way for Orientation. *Current Biology*, 23(4), pp. 298-300.

Lorsque la lune est absente du ciel nocturne, les étoiles restent comme repères visuels célestes. Néanmoins, seuls les oiseaux, les phoques et les humains sont connus pour utiliser les étoiles pour s'orienter. Les bousiers africains qui roulent en boule exploitent le soleil, la lune et le schéma de polarisation céleste pour se déplacer le long de trajectoires rectilignes, loin de la concurrence intense au tas de fumier. Même les nuits claires et sans lune, de nombreux coléoptères parviennent encore à s'orienter le long de trajectoires rectilignes.

Cela nous a conduit à émettre l'hypothèse que les bousiers exploitent le ciel étoilé pour s'orienter, un exploit qui n'a, à notre connaissance, jamais été démontré chez un insecte. Ici, nous montrons que les bousiers transportent leurs boules de fumier le long de chemins rectilignes sous un ciel étoilé mais perdent cette capacité par temps couvert. Dans un planétarium, les coléoptères s'orientent aussi bien lorsqu'ils roulent sous un ciel entièrement étoilé que lorsque seule la Voie lactée est présente. L'utilisation de ce repère céleste bidirectionnel pour l'orientation a été proposée pour les vertébrés, les araignées et les insectes, mais jamais prouvée. Cette découverte représente la première démonstration convaincante de l'utilisation du ciel étoilé pour l'orientation chez les insectes et fournit la première utilisation documentée de la Voie lactée pour l'orientation dans le règne animal.

- Davies, TW. & al. 2017. Multiple night-time light-emitting diode lighting strategies impact grassland invertebrate assemblages. *Glob Change Biol.*; 23:2641-8.

Nous avons mené une expérience sur le terrain de trois ans au cours de laquelle chacune de ces stratégies d'éclairage a été simulée dans un écosystème de prairie où la lumière artificielle était absente. Les LED blanches ont à la fois augmenté l'abondance totale et modifié la composition de l'assemblage d'araignées et de coléoptères adultes. Diminuer les LED de 50% ou manipuler leurs spectres pour réduire les longueurs d'onde écologiquement nuisibles a partiellement réduit le nombre d'espèces plus communes affectées de sept à quatre. Une combinaison de gradation de 50 % et d'extinction des lumières entre minuit et 04h00 s'est avérée la plus prometteuse pour réduire les coûts écologiques des LED, mais l'abondance de deux espèces autrement courantes était toujours affectée. Les conséquences environnementales de l'utilisation de technologies d'éclairage alternatives sont de plus en plus établies. Ces résultats suggèrent que si les stratégies de gestion utilisant des LED peuvent être un moyen efficace de réduire le nombre de taxons affectés, éviter les impacts écologiques de l'éclairage nocturne peut finalement nécessiter d'éviter complètement son utilisation.

- Decandido, R. & Allen, D., 2006. Nocturnal hunting by peregrine falcons at the Empire State Building, New York City. *The Wilson Journal of Ornithology*, Volume 118, pp. 53-58.

*Nous rapportons la chasse nocturne des faucons pèlerins (*Falco peregrinus*) à l'Empire State Building à Manhattan, New York. Du 4 août au 13 novembre 2004, nous avons vu des faucons pèlerins lors de 41 des 77 nuits d'observation. Au cours de cette période, ils ont chassé les oiseaux migrants 25 soirs, la première tentative de chasse ayant eu lieu en moyenne 119 minutes après le coucher du soleil. Les faucons pèlerins ont effectué 111 tentatives de chasse et capturé 37 oiseaux (33 % de réussite). Le succès de la chasse était le plus élevé en septembre, mais le plus souvent observé en octobre. Les faucons pèlerins chassaient les oiseaux migrants la nuit plus fréquemment en automne qu'au printemps. Les pèlerins étaient beaucoup plus susceptibles d'être présents les nuits d'automne lorsque plus de 50 migrants passaient devant l'Empire State Building. Bien que l'on pense que les lumières associées aux gratte-ciel désorientent les oiseaux migrants et entraînent chaque année de nombreuses collisions entre les oiseaux et les gratte-ciel, les faucons pèlerins sont capables de tirer parti de la situation. Les gratte-ciel fournissent des perchoirs de chasse à des altitudes souvent empruntées par des migrants nocturnes, et la désorientation causée par les lumières fait parfois tourner les oiseaux autour des gratte-ciel et devient peut-être plus vulnérable à la prédation par les faucons.*

- Degen, T. & al. 2016. Street lighting: sex-independent impacts on moth movement. Chapman J, éditeur. J Anim Ecol ;85:1352-60.

Des recherches récentes ont mis en évidence les conséquences écologiques potentiellement négatives de la lumière artificielle omniprésente. En particulier, les papillons nocturnes, devraient être impactés négativement par la présence de lumières artificielles. Des recherches antérieures sur les pièges à lumière ont montré une attirance des mâles pour la lumière chez les papillons nocturnes. Dans cette étude, nous avons cherché à déterminer si l'éclairage public pouvait limiter la dispersion des papillons nocturnes et s'il existait un biais sexuel dans l'attraction pour la lumière. Plus précisément, nous avons cherché à déterminer les rayons d'attraction spécifiques au sexe des papillons de nuit vers les lampadaires. Nous avons testé ces hypothèses en collectant des papillons nocturnes pendant 2 ans dans un dispositif expérimental. Nous n'avons trouvé aucune différence sexuelle dans le taux d'attraction ni dans le rayon d'attraction des mâles et des femelles. Comme nous avons capturé trois fois plus de mâles que de femelles, nous concluons que les sex-ratios sont représentatifs des sex-ratios opérationnels ou des différentes activités de vol. Ces résultats prouvent que les lampadaires limitent la dispersion des papillons nocturnes et qu'ils semblent agir de la même manière sur les mites mâles et femelles. Par conséquent, l'éclairage public peut diviser un paysage adapté en de nombreux petits habitats. Par conséquent, il est raisonnable de supposer (i) que l'éclairage public près des haies et des buissons ou des bordures de champs réduit la qualité de ces structures d'habitat importantes et (ii) que l'éclairage public peut affecter le mouvement des papillons entre les parcelles.

- Duquesnes M. et al. (2009). Dossier éclairage public. Mouvement communal p63-81

Présente les rôles de l'éclairage public, les normes d'éclairage en Région Wallonne, le coût de l'éclairage public, l'état du parc wallon, les subsides et les perspectives. Ce document rapporte diverses expériences : l'expérience de la Ville de Mons en matière d'éclairage public et la réalisation d'un Plan Lumière. Une partie du document concerne l'importance du marquage routier en matière de sécurité routière, en particulier lorsque l'éclairage public est réduit ou absent. Une autre concerne l'obligation de service public mise à charge des gestionnaires de réseaux de distribution en matière d'entretien de l'éclairage public. Une autre partie explique que les communes peuvent légalement réduire l'éclairage public sur leurs voiries à condition de respecter l'obligation de sécurité, d'obvier à tout danger caché ou apparent sur celles-ci.

- Eisenbeis, G., 2006. Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in germany. Ecological consequences of artificial night lighting, Volume Rich C.. & Longcore T., p. 281-304.

*L'éclairage nocturne artificiel attire l'attention en tant que nouveau type de pollution ; cependant, les études de ses impacts sont rares. Les lucioles fournissent de bons modèles pour étudier ses effets sur la faune nocturne, car elles dépendent de leur bioluminescence pour se reproduire. Cette étude a étudié l'impact de l'éclairage artificiel sur l'activité des lucioles sur le nouveau campus de l'Université fédérale de São Carlos (Sorocaba, Brésil). L'activité clignotante de différentes espèces de lucioles, en particulier *Photinus sp1* (82% de toutes les occurrences), a été étudiée pendant 3 ans, avant et après l'installation de projecteurs à vapeur multi-métaux.*

Des analyses quantitatives et qualitatives, effectuées dans des transects à différentes distances des sources de lumière artificielle, ont montré des effets négatifs significatifs sur la présence de Photinus sp1. Cette étude propose les lucioles comme espèces phares potentielles et bioindicateurs de l'éclairage nocturne artificiel et quantifie pour la première fois ses effets, fournissant des subventions pour les futures législations écologistes concernant la photopollution.

- Elgert, C. & al. 2020. Reproduction under light pollution: maladaptive response to spatial variation in artificial light in a glow-worm. Proc R Soc B.; 287:20200806.

Nous avons étudié si les femelles du ver luisant commun Lampyrus noctiluca - qui brillent dans la nuit pour attirer les mâles - atténuent les effets négatifs de la lumière artificielle sur l'attraction du partenaire en ajustant le moment et l'emplacement de la lueur à la variation spatiale des conditions d'éclairage. Nous avons constaté que les femelles ne s'éloignent pas de la lumière lorsqu'elles sont exposées à un gradient de lumière artificielle, mais retardent ou même s'abstiennent de briller. De plus, nous démontrons que cette réponse est inadaptée, car notre étude sur le terrain a montré que rester immobile lorsqu'il est exposé à la lumière artificielle d'un lampadaire simulé diminue le succès de l'attraction du partenaire, tandis que se déplacer à une courte distance de la source de lumière peut nettement améliorer l'attraction du partenaire. Ces résultats indiquent que les vers lumineux sont incapables de répondre à la variation spatiale de la lumière artificielle, ce qui peut être un facteur de leur déclin global. Par conséquent, nos résultats appuient l'hypothèse selon laquelle les animaux manquent souvent de réponses comportementales adaptatives aux changements environnementaux anthropiques et soulignent l'importance de tenir compte des réponses comportementales lors de l'étude des effets des activités humaines sur la faune.

- Frank, K., 2006. Effect of artificial night lighting on moths. Ecological consequences of artificial night lighting (C. Rich and T. Longcore, eds.), pp. 305-344.

Ce chapitre du livre « Ecological consequences of artificial night lighting » décrit les effets de la pollution lumineuse sur les papillons nocturnes. Il décrit comment l'attraction des papillons de nuit envers les luminaires induit une mortalité directe (déshydratation et surchauffe) et indirectes via une augmentation de la prédation dû à une plus faible efficacité des mécanismes de défense des papillons. Il est décrit également en quoi la pollution lumineuse affecte le succès reproducteur, la migration et le rythme circadien de ces espèces. Enfin, ce chapitre décrit les facteurs environnementaux qui augmentent la vulnérabilité des populations à la pollution lumineuse.

- Fukuda, N. & al., e., 2002. Effects of light quality, intensity and duration from different artificial light sources on the growth of petunia (petunia x hybrida vilm.). Journal of the Japanese Society for Horticultural. Science, 4(71), pp. 509-516.

L'effet de la qualité de la lumière sur la croissance du pétunia (Petunia X hybrida Vilm.) 'Baccarat Blue Picotee' a été étudié. Les pétunias ont été cultivés dans des chambres de croissance sous des lampes aux halogénures métalliques (MH), au sodium haute pression (HPS) et bleues (B), à différentes intensités et durées de lumière, en outre, elles ont été pulvérisées avec du GA3 et de l'Uniconazol, un retardateur de croissance. 1. Les formes des plantes étaient plus compactes sous HPS que sous MH ou B.

La plus longue pousse latérale sous HPS était environ 30 % plus courte que celle des plantes cultivées sous MH ou B. La longueur moyenne des entre-nœuds était également plus courte sous HPS que les autres ; ce résultat est attribué au rapport de lumière rouge élevé/rouge lointain (R/FR) de HPS, qui était médié par les phytochromes végétaux. 2. Les intensités lumineuses ont également influencé la hauteur des plantes, qui a augmenté avec la diminution de l'intensité lumineuse sous MH et HPS. De plus, la hauteur de la plante et la longueur de la tige sous HPS étaient plus courtes que celles sous MH dans toutes les intensités lumineuses. 3. Le taux d'allongement des pousses a été réduit lorsque les plantes ont été transférées de MH à HPS. La qualité finale de la lumière a déterminé la hauteur de la plante. Mais cela n'a eu aucun effet résiduel. 4. L'inhibition de la croissance par HPS était réversible par l'application de GA3. Alors que l'Uniconazol n'a eu aucun effet sur les tiges exposées au HPS. Ces résultats suggèrent que le rapport R/FR élevé de HPS inhibe la synthèse de GA et, par conséquent, la hauteur de la plante était plus courte que la plante exposée à laquelle a un rapport R/FR inférieur.

- Gao, X. & al., 2016. Effects of LED light quality on the growth, survival and metamorphosis of *Haliotis discus hannai* Ino larvae. *Aquac Res* ;47:3705-17.

*La lumière est un facteur environnemental clé influençant la croissance, le développement et la survie des organismes aquatiques. Nous avons examiné les effets de différentes qualités de lumière (rouge, orange, blanc, bleu, vert ou pas de lumière) et du stade de développement à l'éclairage initial [œuf fécondé (FE), larve de trochophore (TL) ou larve de tache oculaire (EL)] sur la croissance, le développement et la survie des larves de l'ormeau du Pacifique *Haliotis discus hannai* Ino. Le succès de l'éclosion des larves était significativement plus élevé sous une lumière bleue, verte ou sans lumière par rapport à une lumière rouge, orange ou blanche ($P < 0,05$). Les anomalies larvaires ont été significativement augmentées sous une lumière rouge, orange ou blanche par rapport à toutes les autres qualités de lumière ($P < 0,05$). L'incidence de la métamorphose chez les larves éclairées à partir du stade TL était significativement plus élevée sous le bleu par rapport aux autres qualités de lumière. Quel que soit le stade à l'illumination initiale, l'incidence de la métamorphose était plus faible chez les larves cultivées sous lumière rouge, orange ou sans lumière par rapport aux autres qualités de lumière, mais les différences n'étaient pas significatives ($P > 0,05$). La survie des juvéniles était significativement plus élevée sous le bleu ou le vert par rapport aux autres qualités de lumière ($P < 0,05$), sans effet significatif du stade à l'illumination initiale ($P > 0,05$). La taille des larves à l'achèvement de la coquille n'était pas affectée par le stade à l'illumination initiale, mais était plus grande sous la lumière bleue ou verte, tandis que la taille à la métamorphose était la plus grande après l'illumination avec la lumière bleue ou verte depuis le stade TL ou EL ($P < 0,05$). Le temps de métamorphose était le plus court avec la lumière bleue ou verte et dans les cultures éclairées à partir du stade FE ou TL ($P < 0,05$). Le développement larvaire du FE à la formation du quatrième tubule sur les tentacules céphaliques était le plus rapide chez les larves exposées depuis le stade FE ou TL à la lumière bleue ou verte, par rapport aux autres qualités lumineuses ($P < 0,05$). Cependant, il n'y avait pas de différence en termes de vitesse de développement du stade FE au stade TL entre les cultures éclairées ou non éclairées depuis le stade de l'œuf FE ($P > 0,05$). Ces résultats suggèrent qu'une source de lumière bleue ou verte appliquée à partir du stade TL peut augmenter l'éclosion et le rendement de *H. discus hannai* Ino, avec des implications importantes pour le développement de l'industrie aquacole.*

- Gaston, KJ. & al., 2015. Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system: Decline of Darkness Within Protected Areas. *Conservation Biology*; 29:1132-41.

L'environnement lumineux nocturne d'une grande partie de la terre a été transformé par l'introduction de l'éclairage électrique. Cet impact continue de se propager avec la croissance de la population humaine et l'étendue de l'urbanisation. Cela a de profondes conséquences sur la physiologie et le comportement des organismes et affecte l'abondance et la distribution des espèces, la structure des communautés et les fonctions et processus écosystémiques probables. Les aires protégées jouent un rôle clé dans la protection de la biodiversité contre un large éventail de pressions anthropiques. Nous avons utilisé un étalonnage d'un ensemble de données satellitaires mondiales sur les lumières nocturnes pour déterminer dans quelle mesure elles remplissent ce rôle en ce qui concerne l'éclairage nocturne artificiel. À l'échelle mondiale, les zones protégées ont tendance à être plus sombres la nuit que celles qui ne le sont pas et, à l'exception de l'Europe, les récents déclin régionaux de la proportion de la zone protégée et qui reste sombre ont été faibles. Cependant, une grande partie de ces effets résulte de la contribution majeure à la couverture globale des aires protégées par la petite proportion d'aires protégées individuelles qui sont très vastes. Ainsi, en Europe et en Amérique du Nord, des proportions élevées d'aires protégées individuelles (> 17 %) ont présenté des niveaux élevés d'éclairage nocturne au cours de toutes ces dernières années, et dans plusieurs régions (Europe, Asie, Amérique du Sud et centrale), des proportions élevées d'aires protégées (32 à 42 %) ont récemment connu des augmentations significatives de l'éclairage nocturne. Limiter et inverser l'érosion de l'obscurité nocturne dans les aires protégées nécessitera une prise en compte systématique des conditions nocturnes lors de la désignation et de l'établissement de nouvelles aires protégées ; création de zones tampons appropriées autour des zones protégées où l'éclairage est interdit ; et des réductions au niveau du paysage de l'éclairage nocturne artificiel, qui sont généralement demandées pour réduire la consommation d'énergie et les coûts économiques.

- Gautier, H. & al., e., 1998. Comparison of horizontal spread of white clover (*Trifolium repens* L.) grown under two artificial light sources differing in their content of blue light. *Annals of Botany*, 1(82), pp. 41-48.

Les effets de la lumière bleue sur la croissance et le développement de différentes branches ont été étudiés afin de déterminer si les variations de l'apport de lumière bleue modifiaient la propagation horizontale du trèfle blanc. Des boutures de trèfle blanc ('Huia') ont été cultivées pendant 56 jours dans deux chambres contrôlées dans des conditions similaires à l'exception du niveau de lumière bleue (BL). La propagation horizontale du trèfle blanc était caractérisée par le phyllochron, la longueur des entre-nœuds et la ramification ou la floraison des différents axes. Les réponses à une réduction de BL étaient différentes selon le degré de l'axe : (1) sur l'axe principal, l'abaissement de BL diminuait légèrement le phyllochrone et n'avait aucun effet sur la longueur des entre-nœuds ou sur la longueur des stolons ; (2) sur les branches primaires plus anciennes, il a diminué leur phyllochron, mais a réduit la longueur des stolons en raison d'une réduction de la longueur des entre-nœuds ; (3) sur les branches secondaires, il augmente le phyllochrone et diminue la longueur des entre-nœuds, entraînant une forte réduction de la longueur des stolons (jusqu'à 54 %). De plus, une augmentation de BL a inversé ces effets. Le passage à un BL inférieur ou à un BL supérieur n'a eu aucun effet sur la longueur des entre-nœuds des branches primaires, mais a déclenché des changements dans la longueur des entre-nœuds de l'axe principal.

Ces effets différentiels des variations de BL sur la morphogenèse des différentes branches sont discutés en relation avec l'intégration clonale des variations de composition lumineuse. Les changements dans la propagation horizontale du trèfle blanc induits par le BL pourraient jouer un rôle, combinés à des réponses à un faible rapport rouge/rouge lointain et à un faible flux de photons photosynthétiques (PPF) dans la stratégie de colonisation horizontale et d'évitement de l'ombre du trèfle blanc.

- Gliwicz, Z., 1986. A lunar cycle in zooplankton. *Ecology*, Issue 67, pp. 883-897.

*Un cycle de densité de zooplancton fluctuant en phase avec la lune a été observé tout au long de 1982-1983 dans le réservoir de Cahora Bassa sur le bas Zambèze, dans le sud-est de l'Afrique. Malgré des taux de natalité constants, les densités de quatre espèces de cladocères et de deux espèces de copépodes, telles que déterminées à partir d'échantillons de filets à plancton tirés verticalement prélevés tous les 2 à 6 jours, ont fluctué sur un ordre de grandeur. Le schéma suivi par chaque espèce comprenait une augmentation exponentielle de la densité de population du dernier quartier de la lune à la nouvelle lune et au premier quartier, jusqu'à la pleine lune, puis une diminution soudaine entraînant les nombres les plus bas au cours du dernier quartier de la lune. Il a été démontré que le cycle était induit par la prédation. Des taux de mortalité beaucoup plus élevés entre la pleine lune et le dernier quartier ont été causés par l'abondante sardine du Tanganyika *Limnothrissa miodon*. Comme le montre un examen du contenu intestinal, les sardines cultivent le zooplancton le plus efficacement les nuits où la pleine ou presque pleine lune se lève après le coucher du soleil, c'est-à-dire lorsque le zooplancton s'approche de la surface pendant l'obscurité et devient soudainement vulnérable aux premières lueurs de la lune montante. Après le dernier trimestre, la densité du zooplancton est faible, la lune donne peu de lumière, les poissons se tournent vers d'autres ressources alimentaires et les populations de zooplancton augmentent à nouveau de façon exponentielle. Je suggère que le cycle des phases de la lune dans le zooplancton est un phénomène global, mais, auparavant non interprété, n'a été considéré que comme des variations "aléatoires" gênantes dans les schémas de densité saisonniers. Je suggère également que des interactions proie-prédateur similaires pourraient avoir été responsables de la sélection et de la fixation des rythmes mensuels intrinsèques dans le comportement et la physiologie des animaux à longue durée de vie.*

- van Grunsven RHA & al. 2021. Behaviour of migrating toads under artificial lights differs from other phases of their life cycle. *Amphib Reptilia*; 38:49-55.

Au cours de la migration printanière annuelle en Europe occidentale, de nombreux amphibiens sont tués par la circulation lorsqu'ils traversent des routes pour se rendre sur les sites de reproduction. Surtout en milieu urbain, ces routes sont souvent équipées d'un éclairage public. La réponse des amphibiens à cette lumière lors de la migration est cependant mal connue. L'éclairage public peut attirer les amphibiens migrants, ce qui augmente le risque d'être heurté par la circulation. En utilisant un éclairage expérimental, nous avons testé si la lumière affectait la migration et si l'ajustement de la composition spectrale pouvait atténuer les effets. Les barrières utilisées pour attraper les crapauds et les aider à traverser les routes en toute sécurité étaient divisées en sections de 25 mètres de long et celles-ci étaient éclairées avec une lumière blanche, verte ou rouge ou maintenues dans l'obscurité. Le nombre de crapauds capturés dans chaque section a été compté. Les crapauds communs évitaient les sections de routes éclairées par une lumière blanche ou verte, mais pas par une lumière rouge.

L'éclairage public affecte donc les crapauds migrateurs mais pas comme prévu et la lumière rouge avec de faibles niveaux de courte longueur d'onde peut être utilisée pour atténuer les effets.

- Guetté, A, et al., 2018. Worldwide increase in artificial light at night around protected areas and within biodiversity hotspots. *Biological Conservation*; 223:97-103.

La pollution lumineuse a plusieurs impacts négatifs sur la biodiversité, et elle a récemment été utilisée comme proxy pour surveiller l'empiètement humain sur les paysages à de grandes échelles spatiales. La mesure dans laquelle la pollution lumineuse affecte les aires protégées (AP) et les hotspots de la biodiversité (BH) reste cependant non testée à grande échelle spatiale. Nous avons utilisé ce proxy pour évaluer les tendances spatiales et temporelles de l'anthropisation à l'échelle mondiale au sein et autour des AP et des BH. Nous avons constaté que la pollution lumineuse est faible et stable dans le temps au sein des AP, mais qu'il est le plus élevé dans une première ceinture extérieure (<25 km) autour des AP, et tend à augmenter dans une deuxième ceinture extérieure (25 à 75 km). En attendant, la pollution lumineuse est plus élevée au sein des BH qu'à l'extérieur, et est même le plus élevé et augmente avec le temps dans une ceinture intérieure, proche de leur périphérie. Nos résultats suggèrent que bien que les AP créent des zones de sécurité en termes de pollution lumineuse, elles ont tendance à être de plus en plus isolées les unes des autres par un empiètement humain. En revanche, les BH sont soumises à une pression humaine croissante, notamment dans leur périphérie interne. Globalement, nous suggérons d'intégrer la pollution lumineuse dans les politiques de conservation à grande échelle.

- Hall, AS. 2016. Acute artificial light diminishes central texas anuran calling behavior. *The American Midland Naturalist* ;175:183-93.

Les cris des anoues mâles (grenouilles et crapauds) peuvent réagir à des signaux environnementaux tels que la pluie et la température de l'air. On pense que le clair de lune diminue généralement les comportements d'appel - peut-être en réponse à un risque accru de prédation perçu - et cette étude visait à déterminer si l'éclairage artificiel produit un schéma similaire. À l'aide d'un projecteur portatif, la lumière a été introduite expérimentalement dans les communautés naturelles d'anoues dans les étangs et les ruisseaux. Parmi sept espèces entendues, le nombre de cris et l'indice d'appel ont diminué en réponse à l'apport de lumière aiguë. Il semble que la lumière artificielle aiguë puisse à elle seule modifier le comportement d'appel de plusieurs espèces.

- Heinrich, M. 2018. Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit - Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales. Volume I : Une Trame Noire pour le SCoT. p. 60.

Ce premier volume rappelle les enjeux de la lutte contre la pollution lumineuse et précise les critères qui ont été pris en compte pour définir la Trame Noire du SCoT des Vosges Centrales. Il fait le point sur l'engagement des collectivités du territoire, donnant des pistes d'actions et des retours d'expériences pour définir une politique vertueuse d'éclairage public. Enfin, il oriente le décideur vers les acteurs susceptibles de l'accompagner dans sa réflexion.

Ce guide permet de mettre en place une réflexion globale sur l'éclairage public pour inciter à éclairer uniquement lorsque c'est nécessaire, là où il faut, quand il le faut et à adapter l'éclairage aux besoins.

- Heinrich, M. 2018. Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit - Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales. Volume II : Concevoir un projet d'éclairage compatible avec la Trame Noire du SCoT. p. 56.

Ce second volume propose une approche pragmatique de la préservation de la Trame Noire dans le cadre d'opération d'éclairage. Le rôle clé du décideur est défini pour chaque étape d'une opération : les éléments esthétiques et techniques de la lumière, les questions stratégiques à se poser, les avantages et inconvénients des différentes technologies pour accompagner la prise de décision. Ce guide permet de mettre en place une réflexion globale sur l'éclairage public pour inciter à éclairer uniquement lorsque c'est nécessaire, là où il faut, quand il le faut et à adapter l'éclairage aux besoins.

- Hoffmann, J. & al. 2019. Light pollution affects space use and interaction of two small mammal species irrespective of personality. BMC Ecol. ;19 :26.

*Nous avons utilisé des lampadaires LED dans une grande enceinte extérieure pour étudier expérimentalement les effets de l'éclairage nocturne sur les modèles d'activité, le mouvement et l'interaction des individus de deux espèces, le campagnol roussâtre (*Myodes glareolus*) et le mulot rayé (*Apodemus agrarius*). Nous avons analysé les effets combinés au score d'audace individuel. Les deux espèces ont réduit leur budget d'activité pendant les heures de clarté. Alors que dans des conditions de lumière naturelle, les domaines vitaux étaient plus grands pendant la journée que pendant la nuit, cette différence a disparu sous éclairage nocturne. Les congénères ont montré une réduction du chevauchement du domaine vital, de la proximité et de la synchronisation des activités lorsqu'ils sont soumis à un éclairage nocturne. Les changements dans les schémas de mouvement en réaction à l'éclairage nocturne n'étaient pas associés à des différences dans le score d'audace des individus. Nos résultats suggèrent que la pollution lumineuse peut entraîner des changements dans les schémas de mouvement et les interactions individuelles chez les petits mammifères.*

- Holker, F. et al., 2010. The Dark Side of Light: A Transdisciplinary Research Agenda for Light Pollution Policy. Ecology and society, 15(4).

Bien que l'invention et l'utilisation généralisée de la lumière artificielle soient clairement l'une des avancées technologiques humaines les plus importantes, la transformation des paysages nocturnes est de plus en plus reconnue comme ayant des effets néfastes. L'éclairage nocturne peut avoir de graves conséquences physiologiques pour les humains, des implications écologiques et évolutives pour les populations animales et végétales, et peut remodeler des écosystèmes entiers. Cependant, les connaissances sur les effets néfastes de la pollution lumineuse sont vagues. En réponse au changement climatique et aux pénuries d'énergie, de nombreux pays, régions et communautés développent de nouveaux programmes et concepts d'éclairage en mettant fortement l'accent sur l'efficacité énergétique et les émissions de gaz à effet de serre.

Compte tenu de l'augmentation spectaculaire de la lumière artificielle la nuit (0 à 20 % par an, selon la région géographique), nous voyons un besoin urgent de politiques de pollution lumineuse qui vont au-delà de l'efficacité énergétique pour inclure le bien-être humain, la structure et le fonctionnement des écosystèmes, et les conséquences socioéconomiques interdépendantes. Un tel changement de politique nécessitera une solide compréhension transdisciplinaire de l'importance de la nuit, et de sa perte, pour les humains et les systèmes naturels dont nous dépendons. Des connaissances sont également nécessaires de toute urgence sur les technologies et les concepts d'éclairage appropriés qui sont écologiquement, socialement et économiquement durables. À moins que la gestion de l'obscurité ne devienne une partie intégrante des futures politiques de conservation et d'éclairage, la société moderne pourrait se heurter à une auto-expérimentation mondiale aux résultats imprévisibles.

- Holsbeek, L., 2008. International Working Group on Light Pollution – Draft assessment of critical points. 13th Meeting of the Advisory Committee. Cluj, Romania, 23-24 August 2008.

La présente synthèse bibliographique a pour objet de réaliser un état de la connaissance sur la pollution lumineuse à travers l'analyse de la bibliographie disponible. Elle se décompose en deux grandes parties :

- *la première recense le type d'impacts vis-à-vis des différents organismes vivants ;*
- *la seconde s'attache à faire l'inventaire des mesures d'atténuation des impacts envisageables.*

- Jaeger, R. & Hailman, J., 1973. Effects of intensity on the of the phototactic responses of adult anuran amphibians : a comparative survey. Z. Tierpsychol, Volume 33, pp. 352-407.

121 espèces d'amphibiens anoures avec des stimuli appariés à partir d'un éventail de 6 intensités de lumière blanche (jusqu'à 3,32 unités logarithmiques avec un éclairage maximal de 89,9 lux). 87% des espèces étaient photopositives (une courbe de réponse croissante de manière monotone), 8% étaient photonégatives (une courbe de réponse décroissante de manière monotone) et 5% préféraient une intensité intermédiaire. Les courbes de réponse des espèces se sont avérées stables, n'étant pas affectées par le sexe, la température, la saison ou la répartition géographique. Les espèces photonégatives étaient soit nocturnes en activité, soit vivaient dans des microhabitats faiblement éclairés, ou les deux. Ces Ss se nourrissaient apparemment d'organismes se déplaçant lentement. Les espèces photopositives étaient diurnes, crépusculaires ou nocturnes, certaines se nourrissant d'insectes volants et d'autres de proies aptères. Il est conclu que le comportement phototactique n'est pas un simple artefact de laboratoire, mais un modèle comportemental de base adaptatif au microhabitat de l'espèce.

- Janine Bolliger · Tom Hennet · Beat Wermelinger · Stephan Blum · Jörg Haller · Martin K. Obrist (2020) Low impact of two LED colors on nocturnal insect abundance and bat activity in a peri-urban environment

La lumière artificielle la nuit (ALAN) est un important moteur de changement dans les environnements écologiques du 21ème siècle. Nous avons enquêté l'impact sur l'abondance des insectes nocturnes et l'activité des chauves-souris de deux couleurs de lumière LED (blanc chaud 2700 K, blanc froid 6500 K) en milieu périurbain.

L'activité des chauves-souris (principalement Pipistrellus pipistrellus) était en grande partie motivée par la disponibilité des proies (insectes), tandis que l'abondance des insectes réagissait aux conditions météorologiques nocturnes (précipitations, température). Ainsi, les insectes et les chauves-souris ne réagissaient pas différemment aux LED blanc froid ou blanc chaud. Ces découvertes sont en grande partie en contraste avec la littérature, en particulier pour les insectes. Cependant, comme la plupart des expériences publiées sur ALAN ont été menées dans des zones qui ont été allumées uniquement pour les besoins de l'expérience, nous voudrions mettre en avant que (1) l'adaptation à l'environnement les contraintes peuvent jouer un rôle dans les environnements périurbains qui ont été exposés à l'ALAN pendant de nombreuses décennies ; ou (2) impacts des LED blanc froid sur les insectes nocturnes peut être plus faible que prévu, car les insectes nocturnes se sont adaptés aux conditions de faible luminosité peut être rebuté par des sources lumineuses blanches froides (6500 K).

- Klaus, G. 2005 : Recommandations en vue d'éviter les émissions lumineuses. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 37 p.

La lumière artificielle fait reculer toujours davantage l'obscurité. S'il faut se féliciter de la sécurité accrue qui en résulte en de nombreux cas, on constate aussi des effets dommageables : la contemplation du ciel nocturne n'est plus possible en maints endroits, l'habitat des animaux nocturnes est perturbé, avec des conséquences mortelles pour un grand nombre d'entre eux, le rythme circadien et le système endocrinien de l'homme et des animaux subissent des influences négatives. La lumière dispersée inutilement constitue un gaspillage d'énergie et nous prive des émotions que procurent l'ambiance d'un paysage nocturne plongé dans l'ombre. Cette publication formule des recommandations sur la façon de remédier aux effets négatifs des émissions lumineuses par des solutions techniques ou des garde-fous juridiques, et d'enrayer du même coup un gaspillage inutile d'énergie électrique, sans toutefois réduire la sécurité dont nous avons besoin.

- Kyba CCM et al., 2017. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. Sci Adv.; 3:e1701528.

Les lumières artificielles augmentent la luminance du ciel nocturne, créant l'effet le plus visible de la pollution lumineuse - la lueur artificielle du ciel. Malgré l'intérêt croissant des scientifiques dans des domaines tels que l'écologie, l'astronomie, les soins de santé et l'aménagement du territoire, la pollution lumineuse manque d'une quantification actuelle de son ampleur à l'échelle mondiale. Pour surmonter cela, nous présentons l'atlas mondial de la luminance artificielle du ciel, calculé avec notre logiciel de propagation de la pollution lumineuse en utilisant de nouvelles données satellitaires à haute résolution et de nouvelles mesures de précision de la luminosité du ciel. Cet atlas montre que plus de 80 % de la population mondiale et plus de 99 % de la population américaine et européenne vivent sous un ciel pollué par la lumière. La Voie lactée est cachée à plus d'un tiers de l'humanité, dont 60 % des Européens et près de 80 % des Nord-Américains. De plus, 23% des surfaces terrestres du monde entre 75°N et 60°S, 88% de l'Europe et près de la moitié des États-Unis connaissent des nuits polluées par la lumière.

- Kempenaers, B. et al., 2010. Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Current Biology*, 20(19), pp. 1735-1739.

Associée à une augmentation globale continue de l'urbanisation, la pollution lumineuse anthropique est un problème important. Cependant, notre compréhension des conséquences écologiques de la pollution lumineuse est limitée. Nous avons étudié les effets de l'éclairage nocturne artificiel sur le chant de l'aube chez cinq oiseaux chanteurs communs nichant en forêt. Chez quatre espèces, les mâles près des lampadaires ont commencé à chanter beaucoup plus tôt à l'aube que les mâles ailleurs dans la forêt, et cet effet était plus fort chez les espèces qui chantent naturellement plus tôt. Nous avons comparé le comportement reproducteur des mésanges bleues se reproduisant dans les territoires périphériques avec et sans éclairage public à celui des mésanges bleues se reproduisant dans les territoires centraux sur une période de 7 ans. Sous l'influence des lampadaires, les femelles ont commencé à pondre en moyenne 1,5 jours plus tôt. Les mâles occupant des territoires de lisière avec des lampadaires réussissaient deux fois plus à obtenir des partenaires supplémentaires que leurs voisins proches ou que les mâles occupant des territoires forestiers centraux. L'éclairage nocturne artificiel a affecté les deux classes d'âge, mais a eu un effet plus marqué sur les mâles d'un an. Nos résultats indiquent que la pollution lumineuse a des effets substantiels sur le moment du comportement reproducteur et sur les schémas d'accouplement individuels. Cela peut avoir des conséquences évolutives importantes en modifiant les informations intégrées dans des traits indicateurs de qualité auparavant fiables.

- Kervyn, T. 2021. Éclairage public : la Wallonie davantage étoilée. *Mouvement communal*, 956, pp.55-56.

Le Service public de Wallonie a élaboré une cartographie des points lumineux de l'éclairage public communal identifiés en 2020 comme potentiellement superflus et/ou inutilement gênant pour la biodiversité. Ces points lumineux pourraient faire l'objet d'une suppression en tenant compte des spécificités locales.

- Knop E. & al. 2017. Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* ;548 :206-9.

Les pollinisateurs sont en déclin dans le monde entier, ce qui a soulevé des inquiétudes quant à un déclin parallèle du service essentiel de pollinisation qu'ils fournissent aux cultures et aux plantes sauvages. Les facteurs anthropiques liés à ce déclin comprennent les changements d'habitat, l'agriculture intensive, les pesticides, les espèces exotiques envahissantes, la propagation d'agents pathogènes et le changement climatique. Récemment, l'augmentation mondiale rapide de la lumière artificielle la nuit a été proposée comme une nouvelle menace pour les écosystèmes terrestres ; les conséquences de cette augmentation sur le fonctionnement de l'écosystème sont pour la plupart inconnues. Ici, nous montrons que la lumière artificielle nocturne perturbe les réseaux de pollinisation nocturne et a des conséquences négatives sur le succès de reproduction des plantes. Dans les communautés plantes-pollinisateurs éclairées artificiellement, les visites nocturnes aux plantes ont été réduites de 62 % par rapport aux zones sombres. De plus, en fusionnant les sous-réseaux de pollinisation diurne et nocturne, nous montrons que la structure de ces réseaux combinés tend à faciliter la propagation des conséquences négatives de la pollinisation nocturne perturbée aux communautés de pollinisateurs diurnes.

Nos résultats démontrent que la lumière artificielle la nuit est une menace pour la pollinisation et que les effets négatifs de la lumière artificielle la nuit sur la pollinisation nocturne devraient se propager à la communauté diurne, aggravant ainsi le déclin de la communauté diurne. Nous fournissons des perspectives sur le fonctionnement des communautés plantes-pollinisateurs, montrant que les pollinisateurs nocturnes ne sont pas redondants par rapport aux communautés diurnes et augmentant notre compréhension du déclin induit par l'homme des pollinisateurs et de leur service écosystémique.

- Kottler, B., 1984. Risk of predation and the structure of desert community. *Ecology*, Volume 65, pp. 689-701.

*Les communautés de rongeurs granivores du désert peuvent être influencées soit par le risque de prédation, soit par les ressources. Pour examiner l'influence de ces facteurs, j'ai manipulé l'éclairage, en utilisant des lanternes, et les ressources, en utilisant des graines. Le comportement de recherche de nourriture est sensible aux changements du risque de prédation ; un éclairage accru réduit la recherche de nourriture dans les zones ouvertes sans couverture. Le comportement de recherche de nourriture est également affecté par l'enrichissement des ressources. Les différences entre les espèces dans la sélection de l'habitat sont corrélées avec des capacités spécifiques à détecter et à éviter les prédateurs. La dernière espèce vulnérable, *Dipodomys deserti*, se nourrissait abondamment à l'air libre et n'a pratiquement pas été affectée par les traitements; les autres espèces de rats kangourous et de souris kangourous (*Dipodomys merriami* , *Dipodomys microps* et *Microdipodops pallidus*) préfèrent également l'air libre, mais réagissent à la fois aux risques et aux manipulations des ressources; *Peromyscus maniculatus*, très vulnérable, était limité aux buissons, même dans les meilleures circonstances ; *Perognathus longimembris* a été déplacé de son microhabitat préféré par la présence de rats kangourous. Une corrélation entre le volume auditif des bulles et l'utilisation de l'habitat ouvert par les diverses espèces de cette communauté suggère que le risque de prédation fournit un axe le long duquel se produit la ségrégation de l'habitat. La prédation peut structurer les communautés de proies mobiles lorsque le risque diffère selon les habitats. Les animaux spécialisés dans l'évitement des prédateurs et dans l'exploitation des environnements à risque ont des interactions réduites avec des concurrents supérieurs ; cela favorise la cohabitation.*

- Laforge, A. & al. 2019. Reducing light pollution improves connectivity for bats in urban landscapes. *Landscape Ecol.*; 34:793-809.

*Nous avons constaté que la pollution lumineuse détectée à partir d'images satellites était un bon prédicteur de la présence et de l'activité des chauves-souris jusqu'à 700 m de rayon. Nos résultats ont montré des réponses contrastées à l'éclairage : *M. daubentonii* a répondu négativement, *P. nathusii* a eu une réponse positive pour les faibles valeurs puis une réponse négative après une valeur seuil d'éclairement de 20 W.m⁻².sr⁻¹ et *E. serotinus* a répondu positivement. Cinq et quatre scénarios de réduction de la lumière ont considérablement amélioré la connectivité du paysage pour *M. daubentonii* et *P. nathusii* respectivement. Des mesures de réduction de la lumière devraient être incluses dans la planification urbaine pour fournir des conditions durables aux chauves-souris dans les villes. Nous préconisons l'utilisation de notre approche méthodologique pour des études plus approfondies afin de trouver le meilleur compromis entre les besoins de conservation et l'acceptabilité sociale.*

- Le Corre, M., Olliver, A., Ribes, S. & Jouventin, P., 2002. Light-induced mortality of petrels : a 4-year study from Réunion Island (Indian Ocean). *Biological Conservation*, Volume 105, pp. 93-102.

Nous rapportons les résultats d'une étude sur la mortalité photo-induite des pétrels à l'île de la Réunion qui abrite deux espèces endémiques menacées, le pétrel de Barau (Pterodroma barau) et le pétrel des Mascareignes (Pseudobulweria aterrima), ainsi qu'une sous-espèce endémique non menacée de puffin d'Audubon (Puffinus lherminieri bailloni). Nous avons collecté 2348 oiseaux attirés par les lumières entre janvier 1996 et décembre 1999, dont 70% étaient des pétrels de Barau et 29% des puffins d'Audubon. Nous avons également trouvé trois spécimens du très rare pétrel des Mascareignes. La plupart des oiseaux échoués étaient des oisillons (94 %). La mortalité induite par la lumière était saisonnière et liée au calendrier de reproduction de chaque espèce. Au moins 20 à 40 % des oisillons des pétrels de Barau produits chaque année sont attirés par les lumières. La mortalité due à la lumière est une perturbation récente à l'île de la Réunion. Ainsi, les effets de cette perturbation sur la dynamique des populations de ces oiseaux marins à longue durée de vie peuvent être difficiles à détecter à l'heure actuelle, mais ils sont susceptibles de se produire dans un proche avenir. Des actions de conservation sont proposées pour limiter la mortalité induite par la lumière ainsi que d'autres actions et des études à long terme axées sur les espèces les plus menacées.

- Limpens, H.G.J.A., J.J.A. Dekker, E.A. Jansen, & H. Huitema. 2011. Lichtproef meervleermuizen Kuindervaart - Vergelijking van de effecten van verschillende kleuren straatverlichting op de vliegroute van meervleermuizen op de Kuindervaart. Rapport 2011.18 Zoogdiervereniging, Nijmegen. 16 pp.

Expérience avec 3 type de lampe à LED : lampe « blanche » (5500K), « orange » (592Nm) et « verte » (535 Nm) sur une route de vol de chauve-souris bien connue au niveau du canal kuindervaart au Pays-Bas. Des lampes éclairent la moitié du canal et des détecteurs posés sur des plateformes flottantes mesure le nombre de contacts de chauves-souris, les espèces et si les chauves-souris passent plus à gauche du canal (côté éclairé) ou à droite du canal (partie restant dans le noir). Pour l'éclairage blanc et vert les chauves-souris évitent de passer dans le halo lumineux alors que pour l'absence d'éclairage et l'éclairage orange les chauves-souris passent de n'importe quel côté. La conclusion du rapport est que l'éclairage orangé est moins perturbant que la lumière blanche ou verte.

- Longcore, T. & al. 2015. Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Phil Trans R Soc B.*; 370:20140125.

Bien que la lumière ultraviolette et bleue soit généralement la plus attrayante pour les arthropodes, le degré d'attraction varie selon les ordres. En mettant l'accent sur les futures applications d'éclairage intérieur, nous avons manipulé le spectre des lampes blanches pour étudier l'influence de la composition spectrale sur le nombre d'arthropodes attirés. Nous avons comparé le nombre d'arthropodes capturés à trois lampes à diodes électroluminescentes (LED) personnalisables (3510, 2704 et 2728 K), deux lampes LED commerciales (2700 K), deux lampes fluorescentes compactes commerciales (LFC; 2700 K) et un témoin. Nous avons configuré les trois LED personnalisées pour minimiser l'attraction des invertébrés en fonction des courbes d'attraction publiées pour les abeilles et les papillons de nuit.

Des lampes ont été placées avec des pièges dans un site d'étude urbain et deux sites ruraux à Los Angeles, en Californie. Pour toutes les commandes d'invertébrés combinées, nos configurations LED personnalisées étaient moins attrayantes que les lampes LED ou CFL commerciales de températures de couleur similaires. Ainsi, ajuster la composition spectrale de la lumière blanche pour minimiser l'attraction des arthropodes nocturnes est faisable ; toutes les lumières avec la même température de couleur ne sont pas également attrayantes pour les arthropodes.

- McDonald, T., Erickson, W. & McDonald, L., 2000. Analysis of Count Data from Before-after Control-Impact Studies. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 5(3), pp. 262-279.

Les études de contrôle-impact avant-après (BACI) sont des études d'observation courantes menées pour déterminer les impacts environnementaux des accidents ou des perturbations potentielles. Dans cet article, nous présentons un guide pratique pour l'analyse des études BACI lorsque les variables de réponse sont des comptages.

- Moore, M., Pierce, S. & Walsh, H., 2000. Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verh. International Verien Limnology*, Issue 27, pp. 779-782.

*La qualité de l'eau urbaine peut être influencée indirectement par la pollution lumineuse, car le pâturage du zooplancton influence la qualité de l'eau et la répartition en profondeur de nombreux zooplanctons est affectée par la lumière. Nous avons testé l'hypothèse selon laquelle la pollution lumineuse associée aux zones urbaines réduit l'amplitude et l'ampleur de la migration verticale du zooplancton. Une expérience sur le terrain manipulant l'intensité de la lumière sous-marine la nuit a été réalisée dans un lac de banlieue bordant une grande zone métropolitaine. La migration verticale quotidienne de *Daphnia* a été considérablement réduite à la fois en amplitude (2 m plus bas) et en magnitude (10 à 20% d'individus en moins) par la pollution lumineuse urbaine dans un lac de banlieue. La réduction du broutage algal par le zooplancton la nuit dans les eaux épilimniques pourrait potentiellement contribuer à l'amélioration de la biomasse algale dans les lacs et les eaux côtières à proximité des zones urbaines, réduisant ainsi la qualité de l'eau.*

- Moore, M. V. & Kohler, S. J., 2002. Measuring light pollution in urban lakes and its effects on lake invertebrates.

Les lacs ou les eaux côtières dans ou à proximité des villes peuvent connaître des niveaux élevés de lumière artificielle la nuit, car ils ne sont généralement pas ombragés par des arbres ou des bâtiments. Prévoir les effets écologiques de cette lumière sur les organismes submergés nécessite d'estimer la quantité de lumière artificielle à la surface de l'eau et la profondeur de sa pénétration. Cela n'a jamais été fait, en partie parce qu'aucun luxmètre n'est disponible dans le commerce pour quantifier ces faibles intensités lumineuses, que ce soit à la surface des habitats aquatiques ou sous l'eau.

Nous avons obtenu deux mesures indépendantes de l'intensité de l'éclairage artificiel à la surface de cinq lacs en utilisant deux instruments différents : 1) un photomètre construit sur mesure contenant un tube photomultiplicateur et 2) un spectromètre à barrette de diodes modifié. Les lacs s'étendaient du centre-ville de Boston, dans le Massachusetts, à la forêt nationale des White Mountains, dans le New Hampshire. Nous avons également mesuré la distribution spectrale de la lumière artificielle, et nous avons estimé sa profondeur de pénétration sous l'eau. Les spectres de la lumière artificielle frappant tous les lacs urbains et suburbains étaient presque identiques et étaient dominés par la lumière dans la région jaune avec un pic centré à environ 590 nm et une largeur à mi-hauteur d'environ 55 nm. Ces spectres correspondaient étroitement au spectre d'émission des lampes au sodium à haute pression, le lampadaire le plus répandu aux États-Unis. Les niveaux incidents de lumière artificielle sur un lac urbain (de l'ordre de $10^{-3} \mu E m^{-2} s^{-1}$) étaient similaires à l'intensité lumineuse émise par la pleine lune et près de 50 fois supérieures à celle d'un lac rural éclairé par la lumière des étoiles seul. En moyenne, les lacs suburbains ont connu des intensités de lumière artificielle 5 à 30 fois supérieures à celles du lac rural. La couverture nuageuse a multiplié par deux ou trois les niveaux incidents de lumière artificielle. La profondeur à laquelle cette lumière artificielle est biologiquement détectable sous l'eau par les crustacés qui broutent et les poissons a été estimée à environ 3 mètres en utilisant les coefficients d'extinction verticale déterminés pour les lacs en conjonction avec les limites publiées de détection de la lumière par les organismes aquatiques. Les effets potentiels de cette lumière sur les organismes aquatiques submergés et les résultats d'expériences sur le terrain dans lesquelles la lumière artificielle a été manipulée seront discutés.

- Morelli, F. et al., 2014. Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? – A review. *Transportation Research*, Volume 30D, pp. 21-31.

Le processus d'urbanisation affecte la répartition de la faune et les schémas de déplacement, contribuant directement à l'homogénéisation biotique et représentant une menace importante pour la biodiversité. En particulier, les oiseaux, qui ont été bien étudiés en tant qu'indicateurs de perturbation anthropique, sont particulièrement utiles pour évaluer ces impacts. Alors que l'impact négatif de ces processus et structures, notamment les réseaux routiers et ferroviaires, est maintenant bien apprécié (par exemple, la perte d'habitat, les perturbations, le bruit, la mortalité par collision, les effets de barrière), les effets potentiellement positifs sur la faune sont moins appréciés (le nombre des effets négatifs documentés des routes sur l'abondance des animaux sont plus nombreux que le nombre d'effets positifs par un facteur de 5). Ici, ont été examinés un total de 92 publications évaluées par des pairs pour la période de 36 ans entre 1978 et 2014, qui ont rapporté des effets positifs des routes et des structures anthropiques associées sur les oiseaux. Nos résultats montrent que les routes, les voies ferrées et plusieurs constructions associées, couramment impliquées dans le déclin de la biodiversité, peuvent également avoir des effets positifs sur certaines espèces ou communautés d'oiseaux.

Les principaux types d'effets positifs sur les oiseaux identifiés ont été classés comme suit : (1) routes : fournissant un habitat d'alimentation ; réduire les pressions de prédation ; et fournir une surface chaude aide à conserver l'énergie métabolique ; (2) éclairage des rues : prolongement de l'activité diurne ; (3) lignes électriques, clôtures, etc. le long des routes : fournir des perchoirs pour les activités de chasse ; et (4) ponts, pylônes, rangées d'arbres le long des routes, bases de pylônes de lignes électriques : fournissant des sites de nidification et une protection contre les prédateurs. De cette revue, nous fournissons un outil utile pour les écologistes, les planificateurs routiers et autres parties prenantes engagées dans la conservation ou l'aménagement du paysage.

- Nemeth, R. S. & Anderson, J. J., 1992. Response of juvenile coho and chinook salmon to strobe and mercury vapor lights. *North American Journal of Fisheries Management*, 4(12), pp. 684-692.

*Les réponses spécifiques aux espèces aux lumières clignotantes (stroboscopiques) et non clignotantes (vapeur de mercure) ont été surveillées chez les juvéniles élevés en écloserie de saumon coho *Oncorhynchus kisutch* et de saumon quinnat *O. tshawytscha*. Les comportements des poissons ont été caractérisés comme des réponses d'attraction et d'évitement, et comme des comportements actifs, passifs et cachés. Nous avons étudié comment le comportement et l'activité de base des poissons changeaient lorsque les poissons détenus dans diverses conditions de lumière ambiante étaient exposés à la lumière stroboscopique et au mercure. Les implications de la façon dont ces comportements peuvent influencer les smolts migrants à un système de contournement des poissons ont été discutées. Les saumons quinnat et coho ont évité la lumière stroboscopique et la lumière au mercure à pleine intensité, mais le saumon quinnat a montré une attirance pour la lumière au mercure faible. Le saumon coho et le saumon quinnat ont montré des comportements différents dans la plupart des conditions lorsqu'ils étaient exposés à la lumière stroboscopique et au mercure : le saumon coho se cachait 47 % du temps, tandis que le saumon quinnat nageait activement 74 % du temps. Le plus grand changement produit par l'une ou l'autre des lumières de stimulation était la nuit lorsque les deux espèces étaient normalement passives ; l'exposition à la lumière du mercure pendant la nuit a augmenté l'activité des poissons de 90 %. Les deux espèces ont également montré des similitudes dans leurs niveaux d'excitabilité (par exemple, des mouvements soudains ou explosifs dans des comportements autrement sédentaires). Les résultats de cette étude ont montré que les comportements étaient reproductibles : plus de 80 % des poissons présentaient le même comportement dans des conditions environnementales spécifiques, et des comportements soudains et peu fréquents étaient fortement associés à ces catégories de comportement. Les comportements observés dans notre environnement expérimental peuvent donner un aperçu de la façon dont les changements de lumière sont liés au comportement des poissons dans les systèmes de dérivation.*

- Okamoto, K. & al., e., 1996. Development of plant growth apparatus using blue and red led as artificial light source. *Acta horticulturae*, Issue 440, pp. 111-116.

On sait que la chlorophylle a le deuxième pic d'absorption distinct au voisinage de 450 nm (région de lumière bleue) autre que le premier pic au voisinage de 660 nm (région de lumière rouge) dans son spectre d'absorption de la lumière. La lumière bleue est également indispensable à la morphologie plante à croissance saine. D'autre part, la lumière rouge contribue à la photosynthèse des plantes.

Constatant ces faits, nous avons développé divers types d'appareils de croissance de plantes utilisant de nombreux morceaux de LED à lumière bleue et de LED à lumière rouge avec une longueur d'onde d'émission de 450 nm et 660 nm comme source de lumière artificielle. Dans cet article, nous présentons nos appareils et systèmes de croissance de plantes à LED nommés tels que LED PACK, BIOLED, UNIPACK et COMPACK en ce qui concerne leur structure, leur fonction, leur conception électrique et leurs caractéristiques.

- Owens A. and Lewis S. 2022. Artificial light impacts the mate success of female fireflies. Royal Society Open Science, Volume 9, Issue 8.

Cette étude se focalise sur l'impact de la lumière artificielle sur l'accouplement et les mouvements chez les Photinus nord-américains, un genre de lucioles bioluminescentes connues pour subir des échecs de parade nuptiale sous la lumière artificielle. Le succès reproducteur dépendrait de l'intensité du traitement lumineux, du contexte environnemental et de la niche temporelle de l'espèce en question. En laboratoire, l'exposition directe à la lumière artificielle a complètement empêché l'accouplement chez les Photinus obscurellus semi-nocturne. Sur le terrain, la lumière artificielle a eu peu d'impact sur le mouvement ou le succès reproducteur des Photinus pyralis et Photinus marginellus locaux, mais a fortement influencé l'emplacement de l'accouplement chez Photinus greeni ; les trois espèces sont relativement crépusculaires. Nos résultats suggèrent qu'une plus grande appréciation de la diversité comportementale aidera les écologistes des insectes et les défenseurs du ciel étoilé à mieux cibler les efforts pour protéger les espèces en péril.

- Picchi, MS & al. 2013. Fireflies and land use in an urban landscape: the case of Luciola italica L. (Coleoptera: Lampyridae) in the city of Turin. J Insect Conserv ;17:797-805.

Des recherches ont été menées dans la ville de Turin (Italie du Nord) afin d'évaluer l'adéquation de l'environnement urbain aux lucioles. L'étude a débuté en 2007 avec un projet artistique et scientifique promu par le Parco Arte Vivente (PAV—Parc d'art vivant). Les citoyens qui ont rejoint le projet ont enregistré 18 zones où ils pouvaient observer des lucioles, qui ont été identifiées comme Luciola italica L. (Coleoptera Lampyridae). L'ensemble des 18 zones répertoriées par les citoyens ont ensuite été visitées au cours de l'été 2009 et l'abondance de L. italica a été estimée à l'aide de transects. Dans 12 sites, la présence de la luciole a été confirmée. Les structures d'habitat de L. italica étaient des bois entrecoupés de clairières dans les quartiers urbains des collines et des parcs le long des rivières dans la partie basse et plus peuplée de la ville. Dans les sites où des lucioles ont été observées, le niveau d'éclairage mesuré était significativement plus faible que dans les zones où L. italica était absent. L'analyse du paysage autour des zones d'étude a montré une corrélation négative entre l'étendue de l'urbanisation et l'abondance des lucioles. La survie des populations de L. italica dans la zone urbaine de Turin est influencée par l'étendue des espaces verts et le niveau d'éclairage artificiel. Les parcs situés au milieu des rivières préservent un niveau d'obscurité propice aux lucioles et sont reliés par des bandes boisées poussant le long des berges des rivières, qui fonctionnent probablement comme des corridors écologiques.

- Popescu, V., de Valpine, P., Tempel, D. & Peery, Z., 2012. Estimating population impacts via dynamic occupancy analysis of Before–After Control–Impact studies. *Ecological Applications*, 22(4), pp. 1389-1404.

Dans cette étude, nous étudions la puissance statistique des modèles d'occupation dynamiques pour détecter les changements dans la survie locale et la colonisation à partir de données de détection-non-détection, tout en tenant compte de la probabilité de détection imparfaite, dans un cadre de contrôle avant-après-impact (BACI).

- Ramirez, R., Johnson, E. & Gido, K., 2006. Effects of artificial lighting and presence of *Menidia beryllina* on growth and diet of *Lamesthes sicculus*. *Southwestern naturalist*, 4(51), pp. 510-513.

*Deux espèces d'athérinides, *Labidesthes sicculus* et *Menidia beryllina*, coexistent souvent dans les réservoirs nord-américains. *Menidia beryllina* est un compétiteur supérieur pour le zooplancton et a déplacé *Labidesthes* dans un certain nombre d'habitats réservoirs. Dans le lac Texoma (Oklahoma-Texas), on pensait que *Labidesthes* avait disparu du réservoir après l'introduction de *Menidia* dans les années 1950, mais plusieurs populations récentes ont été découvertes dans des criques en aval du lac avec des marinas établies. L'éclairage artificiel des marinas pourrait profiter aux *Labidesthes* en attirant les insectes terrestres dans ces habitats. Nous avons mené une expérience sur le terrain pour tester les effets de l'éclairage artificiel et de l'abondance des *Menidia* sur la croissance et le régime alimentaire des *Labidesthes*. Le poids sec de *Labidesthes* à la fin de notre expérience était significativement plus élevé dans les traitements éclairés artificiellement que dans les traitements sombres, mais il n'y avait pas d'effet significatif de l'abondance des *Menidia* sur le poids des *Labidesthes*. Nous avons conclu que cet effet était attribué à une plus grande disponibilité de diptères, qui dominaient le régime alimentaire de *Labidesthes*, sous des lumières artificielles. Alors que *Menidia* est un planctivore plus efficace que *Labidesthes*, l'abondance accrue de diptères près des marinas favorise probablement la coexistence de ces 2 espèces.*

- Rich, C. & Longcore, T., 2006. *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press, Washington, D.C., USA: s.n.

*Conséquences écologiques de l'éclairage nocturne artificiel est le premier livre à considérer les effets environnementaux de l'éclairage intentionnel de la nuit. Il rassemble des scientifiques de premier plan du monde entier pour examiner l'état des connaissances sur le sujet et décrire les effets spécifiques qui ont été observés dans toute une gamme de groupes taxonomiques, y compris les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les amphibiens, les poissons, les invertébrés et les plantes. *Conséquences écologiques de l'éclairage nocturne artificiel* fournit une base scientifique pour commencer à relever le défi de la conservation de l'environnement nocturne. Il démontre de manière convaincante l'importance vitale de ce sujet jusqu'à présent négligé et constitue un nouveau travail essentiel pour les planificateurs de la conservation, les chercheurs et toute personne concernée par les impacts humains sur le monde naturel.*

- Rydell, J. & al. 2017. Age of enlightenment: long-term effects of outdoor aesthetic lights on bats in churches. *R Soc Open Sci.*; 4:161077.

Nous avons enquêté sur 110 églises dans le sud-ouest de la Suède pour détecter la présence de Plecotus auritus à l'été 2016 par inspection visuelle et/ou dénombrement des émergences nocturnes. Chaque église a également été classée en fonction de la présence et de la quantité de lumières directionnelles esthétiques (projecteurs) dirigées sur ses murs et sa tour depuis l'extérieur. Soixante et une des églises avaient déjà été relevées entre 1980 et 1990, avant que des lumières ne soient installées sur les églises suédoises, en utilisant les mêmes méthodes. Les églises avec des colonies de chauves-souris avaient considérablement diminué en fréquence, passant de 61% dans les années 1980 à 38% en 2016. Toutes les églises abandonnées avaient été équipées de projecteurs entre les deux enquêtes. La perte de colonies de chauves-souris dans les églises éclairées était très importante et plus évidente lorsque des lumières étaient appliquées de toutes les directions, ne laissant aucun couloir sombre pour que les chauves-souris partent et retournent au perchoir. En revanche, dans les églises qui n'étaient pas éclairées, les 13 colonies de chauves-souris sont restées après plus de 25 ans entre les relevés. L'éclairage des églises et autres bâtiments historiques est une menace sérieuse pour la survie et la reproduction à long terme des chauves-souris photosensibles telles que Plecotus spp. et d'autres espèces à vol lent.

- Riley, WD. & al. 2015. A laboratory experiment to determine the dispersal response of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry to street light intensity. *Freshw Biol.*; 60:1016-28.

*L'effet d'une gamme d'intensités d'éclairage public à large spectre sur le moment de la dispersion des alevins de saumon atlantique (*Salmo salar*) a été étudié pour évaluer l'efficacité d'un outil de gestion proposé, la gradation de la luminosité de la lampe, pour réduire les conséquences écologiques de l'éclairage artificiel. Les résultats de cette étude suggèrent que la gradation de la luminosité a peu de potentiel en tant que stratégie de gestion pour réduire l'impact perturbateur de l'éclairage public à proximité des écosystèmes d'eau douce. Nous recommandons donc de maintenir et d'augmenter les zones naturelles non éclairées.*

- Saldaña-Vázquez RA & Munguía-Rosas MA. 2013. Lunar phobia in bats and its ecological correlates : A meta-analysis. *Mammalian Biology*; 78:216-9.

Les animaux montrent plusieurs stratégies comportementales pour réduire les risques de prédation. Vraisemblablement, l'évitement du clair de lune est une stratégie utilisée par certaines espèces nocturnes pour réduire le risque de prédation. Chez les chauves-souris, certaines recherches indiquent que l'activité de recherche de nourriture est négativement corrélée à l'intensité du clair de lune, un phénomène mieux connu sous le nom de phobie lunaire. Cependant, les preuves actuellement disponibles sont contradictoires car certaines espèces de chauves-souris réduisent leur activité pendant les nuits avec plus de clair de lune alors que l'inverse se produit chez d'autres espèces. Nous avons évalué quantitativement la force et la direction de la relation entre l'intensité du clair de lune et l'activité des chauves-souris à l'aide d'une méta-analyse. Nous avons également examiné certains corrélats écologiques de la phobie lunaire chez les chauves-souris. Plus précisément, nous avons examiné l'habitat d'alimentation et la latitude en tant que modérateurs potentiels de la taille de l'effet de la phobie lunaire.

Nos résultats montrent que, quelle que soit la méthode utilisée pour évaluer l'activité des chauves-souris, la relation globale entre l'intensité du clair de lune et l'activité des chauves-souris est significative et négative ($r = -0,22$). Les espèces qui se nourrissent à la surface de l'eau (piscivores et insectivores ; $r = -0,83$) et les espèces de la canopée forestière (c. air). La latitude était positivement corrélée à la phobie lunaire ($r = 0,023$). La phobie lunaire plus forte des chauves-souris qui se nourrissent à la surface de l'eau et dans le couvert forestier peut suggérer que le risque de prédation est plus grand là où le clair de lune pénètre plus facilement. L'effet significatif de la latitude en tant que modérateur de la phobie lunaire suggère qu'il existe un schéma géographique faible, cette phobie étant légèrement plus fréquente chez les chauves-souris tropicales que chez les espèces tempérées.

- Sibley, J.-P., 2008. Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité. Synthèse bibliographique, France: Rapport MNHN-SPN / MEEDDAT n°8.

Synthèse bibliographique des impacts de la pollution sur la faune et la flore.

- Sierro A. 2019. Lumière nuit ! La Nature face à la pollution lumineuse. Le Service des forêts, des cours d'eau et du paysage (SFCEP).

Ce document présente l'impact de l'éclairage artificiel nocturne sur la faune et la flore. Ce document présente aussi quelques recommandations pour limiter l'impact de l'éclairage.

- Smith, E., Orvos, D. & Cairns, J., 2011. Impact Assessment Using the Before-After-Control-Impact (BACI) Model: Concerns and Comments. Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 50(3), pp. 627-637.

Les effets d'un changement survenant dans un écosystème peuvent souvent être évalués par l'utilisation d'un modèle statistique qui englobe ce changement. Une façon logique d'évaluer les effets d'une usine ou d'une installation de production d'énergie consiste à prélever des échantillons dans le milieu avant et après le début des opérations et à réaliser un test portant sur la variation d'un paramètre biologique pertinent. La sensibilité peut être accrue en prélevant des échantillons dans un site témoin et dans des sites récepteurs des effluents de l'usine. Cette façon de procéder est un très bon moyen d'évaluer les effets, mais la mise en oeuvre d'un tel protocole doit être faite de façon adéquate car elle influe sur les résultats de l'analyse des données recueillies. Nous illustrons les effets de certains problèmes, tels les tendances des mesures, l'impossibilité de se conformer aux hypothèses du modèle, l'irrégularité de l'échantillonnage, les facteurs à effets confondus et la modification de l'habitat, sur les résultats de par une évaluation des incidences à long terme d'une usine de production d'énergie sur les populations de poisson. Il peut s'avérer difficile, au cours des études à long terme, de distinguer entre les effets de l'usine et ceux d'autres sources. Une bonne conception suppose l'utilisation d'un modèle statistique approprié, la connaissance des processus biologiques sous-jacents (à mesurer) et une planification méticuleuse (comment mesurer adéquatement).

- Smith, E. P., 2014. BACI Design. Encyclopedia of Environmetrics.

Le but de l'évaluation d'impact est d'évaluer si un facteur de stress a modifié l'environnement, quelles composantes sont affectées négativement et d'estimer l'ampleur des effets. L'évaluation de l'impact fait appel à des méthodes comparatives. Les premières approches d'évaluation d'impact impliquaient l'utilisation de modèles de simulation informatique pour prédire l'impact. Des décisions ont ensuite été prises en fonction de la justesse de ces prédictions. Bien que les données utilisées pour interpréter les effets soient assez variées, les méthodes d'analyse sont souvent assez similaires et impliquent la comparaison des zones d'impact avec les zones de contrôle. Lorsque des informations sont disponibles avant l'impact potentiel, la conception est souvent appelée conception BACI (Before-After Control-impact). Plusieurs variantes de la conception de base ont été proposées et sont discutées dans cet article.

- Smokorowski, K. & Randall, R., 2017. Cautions on using the Before-After-Control-Impact design in environmental effects monitoring programs. FACETS, 2(1), pp. 212-232.

Cet article présente 9 ans de résultats d'une expérience BACI à long terme testée à l'aide d'une gamme de modèles statistiques et de conceptions de surveillance post-impact. Pour explorer les conceptions sous-optimales qui sont souvent utilisées dans la surveillance des effets environnementaux, les mêmes données ont également été explorées en supposant qu'aucun système de contrôle n'était disponible (avant-après uniquement) ou qu'aucune donnée avant impact n'était disponible (contrôle-impact uniquement). Les résultats de la conception BACI étaient robustes au modèle statistique utilisé, et la conception BACI a pu détecter les effets de l'impact que les deux conceptions sous-optimales n'ont pas réussi à détecter. Cependant, la conception BACI a démontré des conclusions différentes selon le nombre et la configuration des années post-impact incluses dans l'analyse. Nos résultats renforcent l'idée qu'il faut faire preuve de prudence lors de l'utilisation ou de l'interprétation des résultats d'une conception BACI dans une étude d'impact environnemental, mais démontrent qu'une BACI bien conçue demeure l'un des meilleurs modèles pour les programmes de surveillance des effets environnementaux.

- Sordello, R. et al., 2014. Effet fragmentant de la lumière artificielle. Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment peuvent-ils être pris en compte dans les réseaux écologiques ? Muséum national d'Histoire naturelle, Centre de ressources Trame verte et bleue. 31 pages.

Une première partie fait un état des lieux des effets de la lumière artificielle sur la mobilité. L'alimentation de cette partie a bénéficié de la base de données du site NuitFrance1, qui centralise des références relatives à la biodiversité nocturne, la nuit et ses pollutions en offrant la possibilité de les classer par types, thèmes ou encore groupes biologiques (au 25/11/2014, cette base de données comptabilise 1015 références). L'objectif de cette première partie n'est pas d'exposer exhaustivement toutes les publications existantes mais de savoir si oui ou non la lumière artificielle peut être considérée sous l'angle de la fragmentation de l'espace, en s'appuyant sur une typologie/grille de lecture des impacts communément associés au phénomène de coupure. Une deuxième partie propose des pistes pour prendre en compte ces effets au travers des schémas ayant vocation à traiter le phénomène de fragmentation, à savoir les schémas de Trame verte et bleue et notamment les Schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE).

- Sordello, R., 2017. Les conséquences de la lumière artificielle nocturne sur les déplacements de la faune et la fragmentation des habitats : une revue. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 119 : 39–54.

La lumière artificielle nocturne a des effets négatifs sur la biodiversité. Elle altère la mobilité des espèces, modifiant le but, la fréquence et la temporalité des déplacements des animaux, par des effets attractifs ou répulsifs. Récemment, certaines études ont démontré un impact clair de fragmentation car l'éclairage artificiel peut couper l'obscurité de la nuit et constituer alors des barrières infranchissables pour la faune. Les connaissances scientifiques manquent encore sur cette fragmentation « perse » mais il est désormais prouvé que la pollution lumineuse fait régresser les habitats naturels au profit de la biodiversité nocturne. Dans cette situation, les réseaux écologiques, c'est-à-dire les zones naturelles sombres reliées à des corridors noirs, devraient être préservés et restaurés par les décideurs politiques.

- Sordello, R. 2017. Pistes méthodologiques pour prendre en compte la pollution lumineuse dans les réseaux écologiques. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement.

Face aux phénomènes de disparition et de fragmentation des habitats, le développement de réseaux écologiques, c'est-à-dire de milieux naturels interconnectés, est une solution largement préconisée par la littérature. Or depuis peu, la lumière artificielle nocturne est reconnue comme une source nouvelle de fragmentation. Effectivement, l'éclairage nocturne altère les déplacements de la faune et dégrade la qualité des habitats utilisés par la biodiversité nocturne. Un effet barrière net est aussi mis en évidence pour certains animaux incapables de franchir les ruptures du noir engendrées par la lumière. L'intégration de cette problématique dans les réseaux écologiques est donc nécessaire, mais celle-ci pose des questions nouvelles pour les acteurs opérationnels. Cet article propose ainsi des pistes méthodologiques pour prendre en compte la pollution lumineuse dans les réseaux écologiques. Selon les étapes du processus, la pollution lumineuse peut être traitée lors de l'identification même des éléments du réseau (nœuds, liens), lors de la localisation de zones de conflits provoquées par la lumière artificielle sur le réseau ou encore par l'intermédiaire d'actions de gestion de l'éclairage. En outre, cet article propose une première réflexion sur les paramètres d'éclairage à considérer. La pollution lumineuse se traduit en effet par différents phénomènes qu'il est nécessaire de traduire en métriques, à la fois quantitatives (ex. : niveaux d'éclairement) et qualitatives (ex. : spectres), cartographiables pour les réseaux écologiques. Un travail doit aussi être mené pour dresser une liste d'espèces cibles particulièrement sensibles à la lumière nocturne, permettant de définir des seuils de bascules à considérer pour les réseaux écologiques.

- Sordello, R. 2018. Comment gérer la lumière artificielle dans les continuités écologiques ? Sciences Eaux & Territoires ;25 :86-89.

Dans le cadre de la mise en place de la trame verte et bleue, des actions renforcées doivent être mises en œuvre pour réduire les pressions anthropiques sources de fragmentation des habitats. En particulier, compte tenu des effets de la pollution lumineuse sur la biodiversité, la gestion raisonnée de la lumière artificielle la nuit est devenue urgente et incontournable. Cet article propose aux collectivités et aux urbanistes des actions concrètes de gestion de l'éclairage artificiel pour préserver ou restaurer la qualité de l'environnement nocturne au sein des continuités écologiques.

- Sordello, R. et al., 2021. Trame noire, Méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre. Comprendre pour agir, Office français de la biodiversité (OFB).

Cet ouvrage poursuit la collection « Comprendre pour agir » qui accueille des ouvrages issus de travaux de recherche et d'expertise mis à la disposition des enseignants, formateurs, étudiants, scientifiques, ingénieurs et des gestionnaires concernés par la biodiversité. Le présent guide de la collection Comprendre pour agir de l'Office français de la biodiversité aspire ainsi à encourager le développement de la Trame noire en France, en proposant des définitions, des méthodes et des outils concrets. Il vise ainsi à initier de nouvelles réflexions au sein des territoires, afin qu'ils s'engagent en faveur de la nature. Il permettra d'inspirer tous les acteurs concernés et de démultiplier les projets visant la sobriété pour nos sociétés, mais aussi l'efficacité pour l'ensemble du vivant. Qu'il puisse donner l'envie d'agir concrètement pour le bien-être de tous.

- Spoelstra K, Ramakers JJC, van Dis NE, Visser ME. No effect of artificial light of different colors on commuting Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) in a choice experiment. *Journal of Experimental Zoology*. 2018;1–5.

*L'éclairage nocturne est particulièrement problématique pour les chauves-souris car la plupart des espèces sont nocturnes et parcourent de grandes distances lors des déplacements entre les gîtes et leurs zones de chasses. Des études antérieures ont montré que l'éclairage des structures linéaires du paysage perturbe les chauves-souris qui se déplacent, et que la réponse des chauves-souris à la lumière peut fortement dépendre du spectre lumineux. Ici, nous avons étudié l'impact du blanc, vert et rouge sur les Murins de Daubenton (*Myotis daubentonii*). Nous avons utilisé un emplacement unique où les chauves-souris traversent une route en volant à travers deux ponts identiques et parallèles. Nous avons éclairé les ponts avec une lumière blanche, rouge et verte, avec une intensité de 5 lux à la surface de l'eau. Les chauves-souris devaient choisir entre les deux ponts, chacun avec une condition d'éclairage différente toutes les nuits. Nous avons présenté toutes les combinaisons appariées de blanc, vert et rouge et sans éclairage. Contrairement à nos attentes, le nombre de chauve-souris passant par un pont n'a pas été affecté par la présence de lumière. De plus, les chauves-souris n'ont montré aucune préférence pour la couleur rouge. Ces résultats montrent que la réponse des Murins de Daubenton à différentes couleurs de lumière la nuit avec une faible intensité peut être limitée lors du passage dans les ponts.*

- Stone, EL. & al. 2015. Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. *Mammalian Biology*; 80:213-9.

La pollution lumineuse est un problème émergent majeur dans la conservation de la biodiversité et a des implications importantes pour l'élaboration des politiques et la planification stratégique. Bien que la recherche porte désormais sur les impacts négatifs du bruit anthropique sur le biotope, moins d'attention a été accordée aux effets de la pollution lumineuse. Les changements dans la technologie d'éclairage ont conduit à une gamme diversifiée de types de lumière émergents à faible consommation d'énergie et à une tendance à l'utilisation accrue de la lumière blanche. La pollution lumineuse affecte les interactions écologiques à travers une gamme de taxons et a des effets néfastes sur les comportements tels que la recherche de nourriture, la reproduction et la communication.

Près d'un quart des espèces de chauves-souris dans le monde sont menacées et la principale menace sous-jacente pour les populations est la pression exercée sur les ressources par l'augmentation des populations humaines. Étant nocturnes, les chauves-souris font partie des taxons les plus susceptibles d'être affectés par la pollution lumineuse. Dans cet article, nous donnons un aperçu des tendances actuelles en matière d'éclairage artificiel, suivi d'un examen des preuves actuelles des impacts de l'éclairage sur le comportement des chauves-souris, en particulier la recherche de nourriture, les déplacements, l'émergence, le repos et l'hibernation. Nous discutons des effets spécifiques aux taxons et des impacts cumulatifs potentiels au niveau de l'écosystème. Nous concluons en résumant certaines stratégies potentielles pour minimiser les impacts de l'éclairage sur les chauves-souris et identifier les principales lacunes dans les connaissances et les domaines prioritaires pour les recherches futures.

- Telfer, T. C., Sincock, J., Byrd, G. & Reed, J., 1987. Attraction of Hawaiian seabirds to lights: conservation efforts and effect of moon phase. *Wildl. Soc. Bull.*, Volume 15, pp. 406-413.

*Chaque automne, plus de 1 000 oisillons de trois espèces d'oiseaux de mer procellariiformes menacées ou en voie de disparition sont attirés par les lumières côtières brillantes de l'île de Kauai à Hawaï. Ce problème s'est aggravé au début des années 1960 lorsque le nombre de lumières à haute intensité a augmenté sur l'île, ce qui a provoqué la désorientation des oiseaux de mer, qui en étaient apparemment à leur premier vol vers l'océan, autour des lumières brillantes. Les oiseaux se sont alors écrasés contre des bâtiments, des fils, de la végétation haute et des véhicules. La principale espèce impliquée dans ces retombées était la race menacée de puffin de Newell (*Puffinus auricularis newelli*). Deux autres espèces procellariiformes, qui ont également été abattues à l'occasion, étaient le pétrel à croupion foncé (*Pterodroma phaeopygia sandwichensis*) en voie de disparition et l'océanite tempête à croupion barré extrêmement rare (*Oceanodroma castro cryptoleucura*). Ce document rapporte le nombre d'oiseaux qui ont été récupérés entre 1978 et 1985 et l'effet notable que les phases de la lune ont eu sur les retombées d'oiseaux marins. Il décrit également la saisonnalité et la répartition géographique des retombées.*

- Voigt, C. et al., 2018. Guidelines for consideration of bats in lighting projects. EUROBATS, Volume 8, p. 62.

La vie sur Terre a évolué sur des milliards d'années sous des cycles de lumière naturelle et obscurité qui varie selon le jour et l'année. La lumière artificielle la nuit (ALAN), et parfois également pendant la journée, peut provoquer des déviations de ces modèles naturels d'obscurité et peut ainsi interférer avec la physiologie naturelle et rythmes écologiques (Longcore & Rich 2004, Hölker et al. 2010a, Gaston et al. 2013, 2015). Chez les mammifères, physiologiques caractéristiques telles que le sommeil, la digestion des aliments, réponse immunitaire et température corporelle sont étroitement ajustés au cycle de lumière diurne (Arendt 1998). ALAN peut perturber ces processus physiologiques et peut en outre gêner l'orientation et la navigation, avec de graves conséquences pour l'individu comportement, les populations animales locales et des écosystèmes entiers (Rich & Longcore 2006 ; Gaston et al. 2015). Parmi les vertébrés, les chauves-souris sont presque exclusivement nocturne et extrêmement sensible à ALAN, (Hölker et al. 2010a, Speakman 1995, Voigt & Lewanzik 2011, Bennie et al. 2014a).

Les informations dont nous disposons sur l'impact d'ALAN sur les chauves-souris se développent progressivement, et nous aide à formuler la gestion recommandations pour atténuer l'impact des schémas d'éclairage anciens et nouveaux. L'information actuellement disponible est une combinaison d'études scientifiques, de rapports de cas et la vaste expérience des travailleurs de la chauve-souris. Une intégration de ces formulaires d'information constitue la base des présentes lignes directrices EUROBATS. Cependant, il est important de mesurer le degré de succès des stratégies d'atténuation décrites dans ce document, et déterminez s'ils atteignent l'échelle locale et paysagère avantageuse pour les chauves-souris. De plus, il est important d'étudier comment ces mesures peuvent être améliorées. De plus, les évaluations de l'efficacité des mesures d'atténuation – indispensable pour affiner et améliorer les stratégies pour l'avenir - ne peuvent être atteintes que si les données structurées sont rassemblées à partir de plusieurs sites. Dans ces lignes directrices, nous avons essayé de compiler les preuves disponibles relatives à l'effet de ALAN sur les chauves-souris, un domaine de recherche qui est très dynamique. En utilisant l'état actuel de connaissances, des solutions sont formulées sur comment éviter, atténuer ou compenser les effets néfastes qu'ALAN a sur les chauves-souris dans leur réseau d'habitats fonctionnels, composé de gîtes (maternité, été, de passage, alimentation, accouplement et/ou hibernation), les trajets gîte-terrain de chasse et les couloirs migratoires, zones d'alimentation et sites d'essaimage.

- Voigt, CC. & al. 2018. Migratory bats are attracted by red light but not by warm-white light: Implications for the protection of nocturnal migrants. *Ecol Evol.*;8:9353-61.

*Le remplacement de l'éclairage conventionnel par des diodes électroluminescentes (LED) à économie d'énergie est une tendance mondiale, mais ses conséquences pour les animaux et les écosystèmes sont mal comprises. Les animaux strictement nocturnes comme les chauves-souris sont particulièrement sensibles à la lumière artificielle nocturne. Des études antérieures ont montré que les chauves-souris, en général, réagissent à la lumière artificielle en fonction de la couleur de la lumière émise et que les chauves-souris migratrices, en particulier, présentent une phototaxie en réponse à la lumière verte. Comme la lumière rouge et blanche est fréquemment utilisée dans l'éclairage extérieur, nous avons demandé comment les chauves-souris migratrices réagissent à ces spectres de longueur d'onde. Dans un couloir de migration majeur, nous avons enregistré la présence de chauves-souris migratrices sur la base d'enregistreurs à ultrasons pendant des intervalles d'allumage/extinction de 10 minutes à LED rouge ou blanc chaud, entrecoupés de contrôles sombres. Lorsque la LED rouge était allumée, nous avons observé une augmentation de l'activité de vol pour *Pipistrellus pygmaeus* et une tendance à une activité plus élevée pour *Pipistrellus nathusii*. Comme l'activité de vol plus élevée des chauves-souris n'était pas associée à une alimentation accrue, nous excluons la possibilité que les chauves-souris se nourrissent à la lumière LED rouge. Au lieu de cela, les chauves-souris peuvent avoir volé vers la source de lumière LED rouge. Lorsqu'il est exposé à une LED blanc chaud, l'activité de vol générale à la source lumineuse n'a pas augmenté, mais nous avons observé une activité de recherche de nourriture accrue directement à la source lumineuse par rapport au témoin sombre. Nos résultats mettent en évidence une réponse des chauves-souris migratrices à la lumière LED qui dépendait de la couleur de la lumière. L'explication la plus parcimonieuse de la réponse à la LED rouge est la phototaxie et de la réponse à la recherche de nourriture par LED blanc chaud. Nos résultats appellent à la prudence dans l'application de l'éclairage rouge, en particulier sur les éoliennes, car cette couleur claire pourrait attirer les chauves-souris, entraînant éventuellement un risque accru de collision des chauves-souris migratrices sur les éoliennes.*

- Willmott, N.J. & al. 2019. Guiding lights: Foraging responses of juvenile nocturnal orb-web spiders to the presence of artificial light at night. *Ethology*; 125:289-97.

*De nombreuses études documentent les coûts physiologiques de la lumière la nuit, mais beaucoup moins se sont concentrées sur les avantages potentiels pour les insectivores nocturnes et les conséquences écologiques probables des changements dans les relations prédateur-proie. Nous avons étudié les effets de l'éclairage nocturne sur le comportement de recherche de nourriture et le succès de la capture des proies chez les jeunes araignées orb-web des jardins australiens (*Eriophora biapicata*). Des expériences en laboratoire ont démontré que les araignées juvéniles étaient attirées par les lumières LED lors du choix des sites de recherche de nourriture, mais la disponibilité des proies était un indice plus fort pour rester dans un site de recherche de nourriture. Des expériences sur le terrain ont révélé une augmentation significative des taux de capture de proies pour les toiles placées à proximité des lumières LED. Cela suggère que tous les coûts physiologiques de la lumière la nuit peuvent être compensés par les avantages de la recherche de nourriture, expliquant peut-être en partie les augmentations récemment observées de la taille, de la fécondité et de l'abondance de certaines espèces d'araignées orb-web dans les environnements urbains. Nos résultats mettent en évidence les conséquences potentielles à long terme de l'éclairage nocturne dans les écosystèmes urbains, à travers l'impact des araignées orb-web sur les populations d'insectes.*

- Yoshioka, H. & al., e., 2001. Effects of illuminations at night on heading, yield, and its components in rice grown in the early season in Miyazaki prefecture. *Japanese Journal of Crop Science*, 3(70), pp. 387-392.

Récemment, l'épiaison du riz cultivé en début de saison dans les rizières à proximité des rues, des routes et des magasins avec lumière artificielle à Miyazaki a été parfois retardée en raison des illuminations nocturnes, qui sont devenues un problème sérieux dans la production de riz. L'objectif de cette étude était de déterminer comment les illuminations nocturnes ont affecté l'épiaison et le rendement et ses composants dans le rizière (Koshihikari, Kirarimiyazaki) cultivé en début de saison. Du repiquage à l'épiaison, les intensités lumineuses critiques affectant le temps d'épiaison du riz étaient de 4 et 30 Lx à Koshihikari et Kirarimiyazaki, respectivement, indiquant que l'effet retardateur sur le temps d'épiaison du riz Koshihikari était plus évident que celui de Kirarimiyazaki. Lorsque le riz Koshihikari a été traité du 3ème au 18ème jour avant la formation de la panicule, l'effet du traitement dans cette étude était le plus significatif et suivi du 2ème jour avant la formation de la panicule au 12ème jour après la formation de la panicule. Du tallage à l'épiaison, avec le riz Koshihikari, les intensités lumineuses critiques étaient de 6 Lx, le temps d'épiaison a été retardé d'environ 25 jours et la hauteur du chaume des plantes est devenue plus longue par rapport au témoin lorsqu'il était traité avec une intensité de 117 Lx. Lorsque le moment des illuminations était proche du moment de l'épiaison du riz, les pourcentages de grains mûrs et le rendement avaient tendance à diminuer. De plus, lorsque le riz a été traité du 2e jour avant la formation de la panicule à l'épiaison, le rendement du riz Koshihikari était faible.

- Zeale, MRK. & al. 2018. Experimentally manipulating light spectra reveals the importance of dark corridors for commuting bats. *Glob Change Biol* ;24:5909-18.

*La propagation mondiale rapide de la lumière artificielle la nuit provoque une perturbation sans précédent des écosystèmes. Les lampadaires restreignent l'utilisation des principales voies de vol par certaines chauves-souris, y compris *Rhinolophus hipposideros*, et peuvent perturber la recherche de nourriture. À l'aide du suivi radio, nous avons examiné la réponse de femelles de *R. hipposideros* à des lampadaires expérimentaux placés sur des haies utilisées comme principales voies de vol. Les haies ont été éclairées d'un côté pendant quatre nuits à l'aide de lumières avec différents spectres d'émission, tandis que le côté opposé de la haie n'a pas été éclairé. Des détecteurs de chauves-souris automatisés ont été utilisés pour examiner les changements dans l'activité globale des chauves-souris par *R. hipposideros* et d'autres espèces de chauves-souris présentes. L'activité de *R. hipposideros* a considérablement diminué sous tous les types de lumière, y compris la lumière rouge, ce qui remet en question une hypothèse antérieure selon laquelle la lumière rouge est sans danger pour les chauves-souris. Malgré cela, *R. hipposideros* s'est rapidement adapté à la présence de lumières en basculant leurs trajectoires de vol vers le côté obscur de la haie, leur permettant d'atteindre les sites d'alimentation sans restriction. La lumière rouge n'a eu aucun effet sur l'activité des autres espèces présentes. *Myotis* spp. ont évité la lumière orange, blanche et verte, tandis que *Pipistrellus* spp. étaient significativement plus actifs à ces types de lumière par rapport aux témoins sombres, très probablement en réponse à des accumulations d'insectes proies. Aucun effet de quelque type de lumière que ce soit n'a été trouvé pour *Nyctalus* ou *Eptesicus* spp. Nos résultats démontrent qu'il faut faire preuve de prudence lors de la promotion de formes d'éclairage considérées comme sûres pour la faune avant qu'elles ne soient testées plus largement. Nous soutenons qu'il est essentiel de préserver les couloirs sombres pour atténuer les impacts de la lumière artificielle la nuit sur l'activité et les déplacements des chauves-souris.*