

Focus

Comment gérer la lumière artificielle dans les continuités écologiques ?

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.



Au-delà de la caractérisation des réseaux écologiques, une façon concrète de prendre en compte la pollution lumineuse dans les trames est de prévoir des mesures de réduction de l'éclairage nocturne au sein des continuités écologiques. Pour cela, trois leviers d'intervention sont possibles : agir sur les caractéristiques des points lumineux eux-mêmes, travailler sur l'organisation spatiale de ces points lumineux, et enfin moduler la dimension temporelle de l'éclairage.

Les caractéristiques des points lumineux

La quantité de lumière émise

Certaines espèces évitent les zones éclairées qu'elles associent à un risque de prédation accru et parce que leur système de vision nocturne n'est pas adapté pour recevoir des quantités importantes de lumière. L'éclairage artificiel constitue ainsi un facteur de régression de l'habitat de ces espèces et potentiellement de leur répartition. Il est donc important que les quantités de lumière émises par les éclairages artificiels soient les plus faibles possibles. En éclairagisme, on parle notamment de flux lumineux (ensemble de la lumière émise par une lampe en une seconde, exprimé en lumen lm) et de niveaux d'éclairement (flux lumineux rapporté à la surface éclairée, exprimé en lm.m⁻², soit en lux). Pour le moment, la connaissance précise des seuils de sensibilité en lumen ou en lux reste lacunaire. Néanmoins, des résultats sont disponibles pour quelques espèces (Gaston *et al.*, 2013). Par exemple, en 1936, Matzke constatait déjà que dès 10 lux, la chute des feuilles des arbres en ville était perturbée par les éclairages artificiels. Par ailleurs, les études

nombreuses portant sur le fonctionnement naturel de la biodiversité nocturne montrent que certaines espèces réduisent, voire cessent leur activité simplement sous l'influence de la pleine lune, dont l'éclairement est pourtant inférieur à 1 lux ! Ces informations plaident donc pour que les éclairages soient réellement réduits au strict minimum, *a fortiori* dans les continuités écologiques.

La composition de la lumière

La lumière étant une onde, elle se définit par une longueur d'onde, celle-ci traduisant aussi une couleur. Souvent la lumière est plus précisément un ensemble d'ondes lumineuses qui se distinguent donc les unes des autres par leur fréquence et leur longueur. Par conséquent, une source lumineuse se caractérisera par un spectre lumineux, ce dernier donnant la proportion des longueurs d'ondes qui composent le faisceau lumineux. La sensibilité à telle ou telle longueur d'onde varie en fonction des espèces (tableau 1), et pour une même espèce, cette sensibilité peut varier selon les fonctions biologiques considérées car la lumière ne sert pas qu'à voir, elle agit également sur le rythme biologique ou encore sur la régulation hormonale (Musters *et al.*, 2009). Afin de réduire les impacts sur la biodiversité, il est ainsi préconisé, comme principe de base, de privilégier les lampes émettant avec un spectre étroit. Cela diminue potentiellement le nombre d'espèces et de fonctions biologiques impactées. Par ailleurs, les plages correspondant au bleu, au vert et au rouge ressortent comme les plus impactantes. En particulier, le bleu attire les insectes nocturnes et est également impliqué dans la dérégulation des horloges biologiques (*via* le blocage de la mélatonine).

Or, actuellement, on assiste à une conversion massive des sources d'éclairage extérieur (et intérieur). Pour des raisons essentiellement d'économies d'énergie, les lampes à décharge (principalement à vapeur de sodium produisant une lumière jaune/orange) sont remplacées par des lampes LED (*Light Emitting Diode*) produisant une lumière blanche et riche en bleu. Dans le cas où le choix de LED est fait, il est donc préconisé de choisir au moins des LED émettant un blanc chaud, c'est-à-dire dont la température de couleur est basse, concrètement en dessous de 3 000 °K, pour limiter les effets néfastes liés aux longueurs d'onde bleues. Les LED chaudes seraient néanmoins aussi impactantes que les LED froides pour certains organismes, comme les vers luisants.

L'orientation des luminaires

Il est important de limiter l'émission de lumière vers le ciel et plus largement au-dessus de l'horizontale. En effet, les particules de lumière s'associent avec les particules en suspension dans l'atmosphère, ce qui crée un halo lumineux bien visible au-dessus des villes. Cette couche de lumière stagnante masque le ciel étoilé utilisé par bon nombre d'espèces pour se repérer la nuit (oiseaux en migration, mammifères marins, insectes...). Il convient donc de circonscrire la lumière à la zone que l'on souhaite éclairer qui est généralement au sol (une chaussée,

un trottoir...). Les luminaires de types « boules » doivent être proscrits. Les éclairages en contre-plongée, souvent installés pour la mise en valeur des monuments voire des arbres, sont également très néfastes.

Enfin, les lampes ne doivent pas dépasser de leur structure métallique pour limiter leur vision directe par les animaux (et les humains) et ainsi réduire les risques d'éblouissements. L'éblouissement peut aussi être dû à une quantité de lumière diffusée par une petite surface (ce qui se traduit par une forte luminance en termes de grandeur d'éclairagisme). En effet, pour une même quantité de lumière, une LED, qui est un composant électronique, sera plus éblouissante qu'une lampe à décharge ou une lampe à incandescence, dont la surface d'émission correspond à toute l'ampoule. C'est un autre des problèmes engendrés par la conversion actuelle du parc d'éclairage public vers les lampes LED. Une vigilance particulière doit donc être apportée sur ce point dans les continuités écologiques.

L'organisation spatiale des points lumineux

Chaque point lumineux possède un véritable pouvoir attractif ou répulsif sur les animaux. En outre, la lumière constitue une information pour le vivant, qui influence ainsi les rythmes biologiques. Le nombre et la densité

1 Types d'impacts par plage de longueur d'onde pour chaque groupe biologique d'après Muster *et al.* (2009).

	Ultraviolet (<380 nm)	Violet (380-450 nm)	Bleu (450-500 nm)	Vert (500-550 nm)	Jaune (550-600 nm)	Orange (600-650 nm)	Rouge (650-750 nm)	Infrarouge (> 750 nm)
Plantes	• Croissance	• Croissance	• Croissance	• Croissance			• Croissance • Horloge circadienne	• Croissance • Horloge circadienne • Horloge circannuelle • Rapports proies/prédateurs
Crustacés				• Phototactisme			• Activité • Phototactisme	
Arachnides		• Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	
Insectes	• Phototactisme • Orientation		• Phototactisme • Orientation	• Phototactisme	• Phototactisme		• Phototactisme	
Amphibiens	• Activité	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Orientation • Phototactisme	• Orientation • Phototactisme	• Phototactisme	
Oiseaux	• Régulation hormonale • Orientation	• Orientation	• Croissance • Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Croissance • Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Orientation	• Orientation	• Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Croissance
Poissons			• Régulation hormonale • Croissance • Phototactisme	• Croissance • Phototactisme	• Phototactisme		• Phototactisme	
Mammifères (hors chauve-souris)	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Régulation hormonale • Horloge circadienne		• Horloge circadienne • Activité • Phototactisme	• Horloge circadienne • Activité • Phototactisme	• Horloge circadienne • Activité	• Horloge circadienne
Chiroptères		• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Activité	• Horloge circadienne	
Reptiles		• Phototactisme	• Phototactisme	• Phototactisme	• Activité			

Source : SORDELLO, R., 2017, *Pollution lumineuse : longueurs d'ondes impactantes pour la biodiversité. Exploitation de la synthèse bibliographique de Musters et al. (2009)*, UMS 2006 Patrimoine naturel AFB-CNRS-MNHN, Rapport Patrinat n°2017-117, 18 p.

▶ de points lumineux est donc un premier facteur qu'il faut réduire au maximum. Une gestion différenciée de l'éclairage doit ainsi être mise en place, et les continuités écologiques constituent justement des milieux prioritaires pour la biodiversité dans lesquels des mesures plus strictes qu'ailleurs devraient être appliquées. Au sein même des continuités écologiques, il est aussi possible de proposer éventuellement une hiérarchisation, par exemple en fonction du statut de protection des espaces (aires protégées telles que les parcs nationaux, zonages d'intérêt tels que les ZNIEFF – zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique, etc.).

Cette gestion différenciée peut se traduire par une diminution de la densité de points lumineux, voire une suppression totale des points lumineux. La distance entre les points lumineux peut aussi être augmentée de manière à favoriser les « trouées noires » pour le franchissement de la faune. Enfin, une gradation des mesures peut aussi être envisagée concernant certains critères précédemment évoqués sur les luminaires (ex. : flux lumineux) ou encore à la dimension temporelle abordée plus loin.

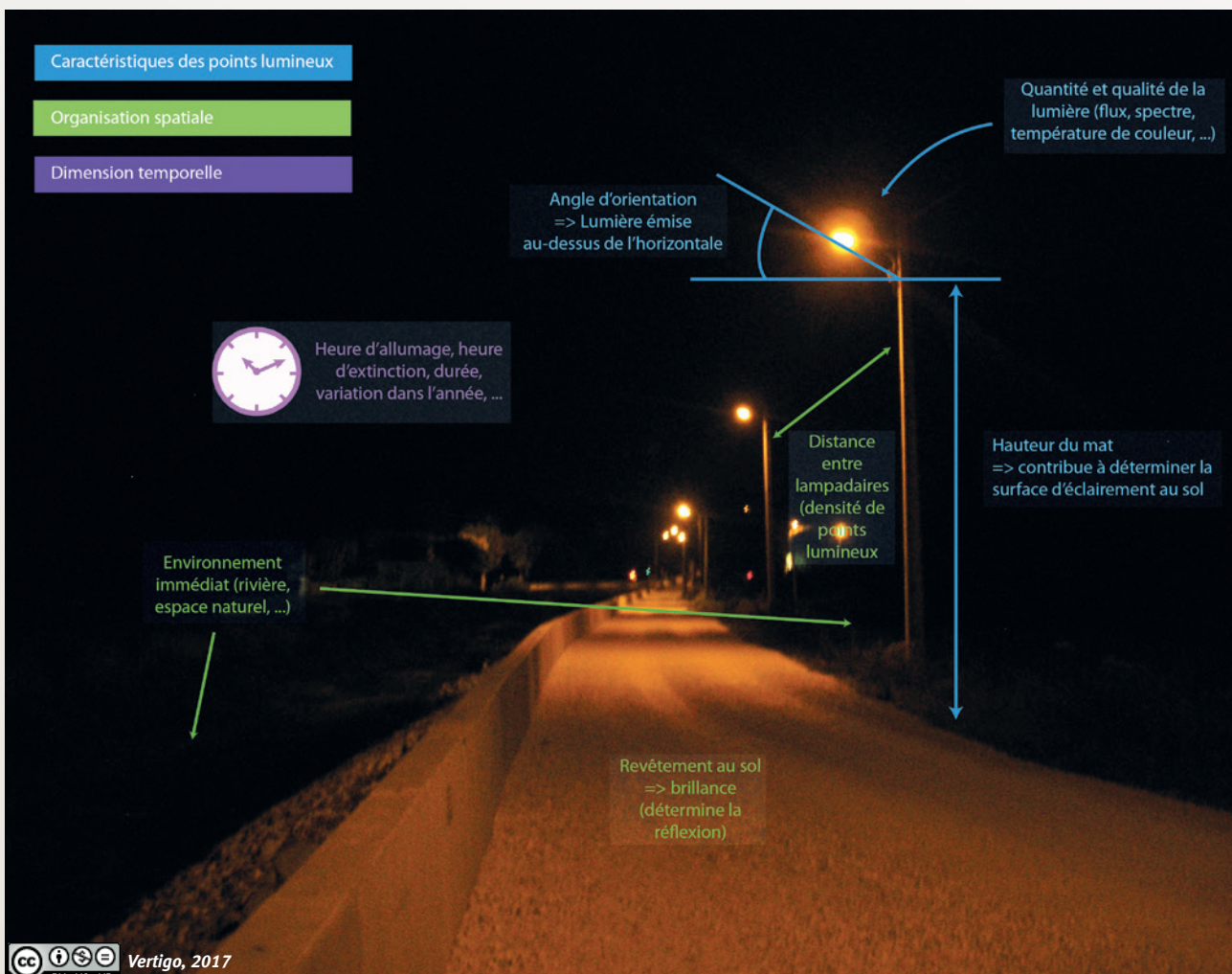
À fine échelle, certains sites sont particulièrement sensibles car ils sont très recherchés par la faune nocturne

(sites dits « pittoresques » tels que les ponts, falaises, vieux bâtis, clochers...). Dans le même temps, ces sites font souvent l'objet d'une mise en valeur par l'éclairage nocturne. Au sein des continuités écologiques, ces sites devraient faire l'objet de mesures plus fortes, voire d'une absence totale d'éclairage.

Certains milieux sont aussi très sensibles à la pollution lumineuse. Par exemple, les milieux aquatiques sont concernés par la lumière qui pénètre dans l'eau (effets sur les organismes aquatiques), qui se reflète sur l'eau (effet sur la vision de certains animaux comme les insectes *via* la lumière polarisée) ou encore qui diffuse sur les milieux adjacents (faune amphibie, faune terrestre qui utilise les cours d'eau ou leurs structures associées pour se déplacer tels les oiseaux en migration...).

Enfin, les revêtements du sol jouent également pour une grande part dans la quantité de lumière émise vers le ciel. Chaque matériau comporte un coefficient de réflexion qui entraînera une réverbération plus ou moins forte des rayons lumineux. Ainsi, il est préférable de choisir sous les luminaires des matériaux entraînant un faible réfléchissement vers le ciel. Par exemple, l'herbe possède un coefficient beaucoup plus faible que le béton.

- ❶ La gestion de l'éclairage nocturne peut se faire selon trois axes : temporel, spatial ou en termes de caractéristiques des points lumineux (source : SORDELLO, R., 2017, Pistes méthodologiques pour prendre en compte la pollution lumineuse dans les réseaux écologiques, *Vertigo*, 17:3, <https://doi.org/10.4000/vertigo.18730>).



La planification temporelle de l'éclairage

Là encore, il s'agit de réduire la durée d'éclairage au maximum. Faire correspondre dans le temps l'allumage et l'extinction de l'éclairage avec les besoins des humains permettraient déjà de réduire fortement la pollution lumineuse sans perdre de confort. Rappelons ici que, depuis le 1^{er} juillet 2013, les éclairages extérieurs des vitrines et autres bâtiments non résidentiels doivent être éteints au plus tard à une heure du matin (ou le cas échéant une heure après la fermeture du lieu) et allumés au plus tôt à sept heures du matin (ou le cas échéant une heure avant l'ouverture du lieu) en vertu de l'arrêté du 25 janvier 2013. En ce qui concerne l'éclairage public de rue, il n'y a pas de réglementation sur la plage horaire, mais plusieurs types d'initiatives sont développés par les collectivités.

Tout d'abord, l'allumage et l'extinction des luminaires peuvent être déclenchés par l'intermédiaire d'une horloge astronomique permettant une synchronisation avec les levers et les couchers du soleil. Par ailleurs, de nombreuses communes coupent volontairement leur éclairage public en cœur de nuit. En France, une base de données en ligne les recense sur le site [NuitFrance \(http://www.nuitfrance.fr/?page=extinctions\)](http://www.nuitfrance.fr/?page=extinctions). La plage horaire peut varier de vingt-trois heures à cinq heures du matin (dans certains cas, même l'éclairage n'est pas ralumié le matin, voire totalement supprimé l'été). L'extinction peut être totale ou partielle (sur tout le territoire de la commune ou bien dans certaines parties uniquement, tous les jours de l'année ou bien excepté pour telle ou telle festivité). Deux études ont évalué l'efficacité de cette mesure sur les chauves-souris et montrent qu'elle dépend avant tout de la plage horaire sur laquelle elle est pratiquée (Azam *et al.*, 2015). Les chauves-souris présentent en effet un pic d'activité juste après le crépuscule (puis un autre avant l'aube). L'extinction doit donc être pratiquée le plus tôt possible pour ne pas survenir après l'émergence de ces espèces. Il est possible de supposer que les résultats seraient semblables pour d'autres espèces dont les mœurs sont également souvent davantage crépusculaires que strictement nocturnes (mammifères terrestres, rapaces nocturnes).

Enfin, il se développe depuis quelques années des systèmes d'éclairages dits « intelligents » c'est-à-dire qui s'allument et se coupent en lien direct avec les usages (passage de véhicules ou de personnes), via des détecteurs de présence. À ce sujet, les LED offrent ici des perspectives très prometteuses. Si elles posent des problèmes concernant la composition de la lumière et l'éblouissement, les LED permettent en effet une gestion fluide et adaptée de l'éclairage en puissance et en durée que ne permettent pas les lampes à décharge. Avec ces nouvelles lampes, la mise en réseau des luminaires et un pilotage électronique et informatique de l'éclairage devient possible à distance, voire directement par l'utilisateur lui-même (par son smartphone par exemple). ■

L'auteur

Romain SORDELLO
UMS 2006 Patrimoine Naturel
AFB-CNRS-MNHN
61 rue Buffon, CP53, F-75005
Paris Cedex, France.
✉ romain.sordello@mnhn.fr

EN SAVOIR PLUS...

■ AZAM, C., KERBIRIOU, C., VERNET, A., JULIEN, J.-F., BAS, Y., PLICHARD, L., MARATRAT, J., LEVIOL, I., 2015, Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats?, *Global change biology*, vol. 21, n° 8, disponible sur : <https://doi.org/10.1111/gcb.13036>

■ GASTON, K.J., BENNIE, J., DAVIES, T.W., HOPKINS, J., 2013, The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal, *Biological Reviews*, vol. 88, n° 4, p. 912-927, disponible sur : <https://doi.org/10.1111/brv.12036>

■ MUSTERS, C.J.M., SNELDER, D.J., VOS, P., 2009, *The effects of coloured light on nature*, Institute of Environmental Sciences, Leiden University, Department of Conservation Biology, 43 p.