



**Romain Sordello**  
Chef de projet  
[romain.sordello@mnhn.fr](mailto:romain.sordello@mnhn.fr)

Janvier 2018

## **POLLUTION LUMINEUSE : VOLETS ENERGIE & BIODIVERSITE DES SRADDET**

### **Note d'information sur les enjeux**

#### **I. La pollution lumineuse**

Depuis plus de 4 milliards d'années, la vie sur Terre est rythmée par une alternance de jour et de nuit qui a profondément structuré l'évolution du vivant. Les espèces ayant colonisé la « niche nocturne » possèdent ainsi diverses adaptations pour vivre dans un environnement très peu ou pas éclairé (bioluminescence, gros yeux, nombreuses cellules photoréceptrices, ...). Or, le développement des sociétés humaines ces dernières décennies a conduit une urbanisation massive des sols qui s'est traduite dans le même temps par une multiplication des éclairages artificiels nocturnes. Cela génère une pollution lumineuse qui possède des effets néfastes dans plusieurs domaines.

#### **II. Un sujet transversal**

L'éclairage artificiel nocturne a des impacts sur la biodiversité (voir encadré ci-contre). Il pose également problème pour l'astronomie (ex : Falchi *et al.*, 2016) et suscite des inquiétudes pour notre sommeil et notre santé (ex : Cho *et al.*, 2015). Il soulève aussi des questions par rapport aux consommations d'énergies et donc au budget des collectivités locales dans une période de restriction des finances publiques. Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME), l'éclairage public représente en effet 41 % des consommations d'électricité des collectivités territoriales<sup>1</sup> et n'est donc pas un poste budgétaire marginal.

L'éclairage nocturne est donc un sujet très transversal et deux des domaines exposés ci-dessus (énergie et biodiversité) sont des volets du Schéma Régional de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET). La réalisation d'un SRADDET demande donc que ces deux volets soient traités de manière cohérente. Or, la synergie

#### **Rappel des effets sur la biodiversité**

En fonction de leur comportement naturel par rapport à la lumière (phototactisme), les points lumineux artificiels possèdent un pouvoir d'attraction ou de répulsion sur les animaux nocturnes. Ce phénomène se répercute à l'échelle des populations et des répartitions d'espèces : certaines étant inévitablement désorientées vers des pièges écologiques et d'autres voyant leur habitat se dégrader ou disparaître. A l'échelle du paysage, l'éclairage artificiel peut former des zones infranchissables pour certains animaux, bloqués ou repoussés, ce qui occasionne une fragmentation et un mitage nocturne. La pollution lumineuse agit également sur d'autres niveaux de la biodiversité tels que la reproduction des espèces et les relations interspécifiques, notamment la relation proie/prédateur et la pollinisation/dispersion des graines. Elle désynchronise aussi les horloges biologiques des animaux et des végétaux. Au final, elle touche donc tous les groupes taxonomiques, faune comme flore, et tous les milieux (terrestres, aquatiques, marins, ...).

<sup>1</sup> <http://www.ademe.fr/collectivites-secteur-public/patrimoine-communes-comment-passer-a-l'action/eclairage-public-gisement-deconomies-denergie>

des mesures à appliquer en faveur des économies d'énergie et en faveur de la biodiversité n'est pas systématique. Par ailleurs, d'une manière générale, les enjeux de biodiversité sont encore trop souvent traités de manière secondaire par rapport aux enjeux économiques. Il est donc important de donner des éléments de compréhension des synergies et des contradictions entre ces deux volets, en vue d'aider les Conseils régionaux à l'élaboration de leur SRADDET. C'est l'objectif de cette note d'information.

### **III. Enjeux biodiversité et enjeux économies d'énergie : les mesures qui vont dans le même sens**

Globalement, l'éclairage artificiel nocturne n'a que des effets néfastes sur la biodiversité. Des travaux récents ont montré que même pour les espèces supposées favorisées par la lumière, par exemple les pipistrelles (chauves-souris), l'éclairage nocturne constituait une contrainte forte à l'échelle de leur répartition (Azam *et al.*, 2016). Les bénéfices pouvant apparaître localement à trouver une nourriture abondante concentrée autour des lampadaires (insectes) ne se répercutent pas positivement à l'échelle plus large. Par conséquent, toute mesure allant dans le sens d'une réduction de l'éclairage nocturne est positive pour la biodiversité et doit être faite dès que c'est possible. Cela va dans le sens également des économies d'énergie puisque la meilleure économie réalisée est l'absence d'éclairage. Cependant, la suppression totale de l'éclairage nocturne n'est pas toujours envisageable dans la mesure où éclairer la nuit répond à un besoin des sociétés modernes pour leurs activités nocturnes (car l'Homme est une espèce diurne biologiquement parlant). En conséquence, une vraie réflexion doit être menée en amont pour planifier de manière raisonnée l'éclairage au plus près des besoins, de façons à supprimer ou limiter au maximum toute émission de lumière qui ne réponde pas spécifiquement à un besoin humain. Pour cela il est possible d'agir sur la dimension temporelle et spatiale de l'éclairage.

#### *Sur le plan temporel*

Sur le plan temporel, de nombreuses communes en France coupent déjà leur éclairage public en cœur de nuit. Cette mesure a des effets nets et immédiats sur la facture énergétique et donc sur le budget des communes. Pour ne donner qu'un exemple, couper l'éclairage public sur tout le territoire de 23h à 5h a représenté une économie de 30 000 € par an pour la commune d'Asnières-sur-Oise<sup>2</sup>, commune de moins de 3000 habitants, soit plus de 10 € par habitant.

En ce qui concerne la biodiversité, des travaux récents sur les chauves-souris ont montré que l'efficacité de cette pratique dépendait surtout de l'horaire d'extinction (Azam *et al.*, 2015). En effet, certaines espèces manifestent une activité principalement en début et fin de nuit. Si la coupure d'éclairage survient trop tard dans la nuit, l'effet bénéfique est faible pour les espèces crépusculaires. Néanmoins, on peut supposer qu'elle est positive pour d'autres groupes biologiques, par exemple sur la flore.

Concernant la dimension temporelle, une gestion « intelligente » de l'éclairage tout au long de la nuit peut aussi être envisagée plutôt qu'une coupure nette en cœur de nuit. A ce titre, les nouvelles technologies (lampes LED) permettant d'être couplées à des détecteurs de présence et des minuteries ou plus largement d'être pilotées de manière électronique, à distance et en réseau offrent des perspectives très prometteuses. Les LED peuvent en effet être allumées et éteintes beaucoup plus rapidement et leur flux peut aussi être gradué très finement, ce que ne permettent pas les lampes à décharges. Là encore ces mesures qui visent à cibler dans le temps l'allumage de l'éclairage en fonction des besoins (passage de piétons, de voitures, ...) vont dans un sens positif pour la biodiversité comme pour les économies d'énergie, et sans diminuer le confort des usagers.

---

<sup>2</sup> <http://www.leparisien.fr/val-d-oise-95/question-de-la-semaine-etes-vous-pour-l-extinction-de-l-eclairage-public-la-nuit-09-01-2017-6544467.php>

## *Sur le plan spatial*

Sur le plan spatial, une gestion différenciée de l'éclairage est à mettre en place, c'est-à-dire une graduation de l'éclairage (en durée, en nombre de points lumineux, en puissance de lumière, etc.) pour l'ajuster là-encore au plus près des besoins humains. On peut en effet convenir que les besoins en éclairage pour la population sont en effet très différents selon les endroits d'un territoire (centre bourg avec activité économique et touristique versus lieu d'habitation, grands axes routiers ou secondaires, etc.). En outre, dans certains espaces où les enjeux de biodiversité sont forts, l'éclairage devrait être totalement proscrit. Un bon diagnostic de la biodiversité est donc indispensable pour savoir précisément où et quand se situent ces enjeux (quelles espèces, à quel moment de l'année, ...).

Un parallèle est à faire ici avec l'évolution de la gestion de la végétation par les collectivités ces dernières années. Alors que la plupart des espaces verts étaient auparavant gérés de la même manière (fortement taillés, avec pesticides, etc...), une gestion différenciée est désormais appliquée dans la plupart des villes. On retrouve ainsi des espaces verts très paysagers pour l'aspect patrimonial et touristique et des espaces verts représentant de vrais milieux semi naturels où la végétation est en libre évolution pour la préservation de la biodiversité. Cette démarche serait à reproduire pour l'éclairage avec un partage de l'espace. Cette gestion différenciée de la lumière est elle-aussi favorable à la biodiversité et aux économies d'énergie.

### **IV. Les mesures potentiellement contradictoires : le cas des LED**

Au-delà de l'implantation même des luminaires et de la régulation de la durée d'éclairage, le choix des sources lumineuses est également un facteur déterminant, aussi bien pour les économies d'énergie que pour la biodiversité. C'est ici que les deux domaines peuvent faire apparaître des intérêts contradictoires.

Comme dit précédemment, les lampes LED apportent de vraies perspectives positives pour la biodiversité en ciblant mieux l'éclairage dans le temps grâce à un pilotage électronique facile. Elles posent en revanche d'autres problèmes pour la biodiversité, notamment liés à la composition de la lumière. La lumière est en effet une onde électromagnétique et, comme toutes les ondes, elle peut vibrer à des fréquences différentes ou être caractérisée par des longueurs d'ondes différentes<sup>3</sup>. Chaque source lumineuse produit ainsi une lumière caractérisée par une proportion donnée des différentes longueurs d'onde. Ces proportions constituent le spectre lumineux que l'on décrit généralement sous la forme de diagrammes.

Toutes les longueurs d'ondes sont impactantes pour la biodiversité nocturne mais le bleu, le vert et le rouge, en l'état des connaissances, ressortent comme celles qui impactent le plus d'espèces et de fonctions biologiques (rythme, production d'hormones, repérage, ...) (Sordello, 2017). Le bleu provoque par exemple une dérégulation du cycle biologique journalier et l'attraction des insectes<sup>4</sup>.

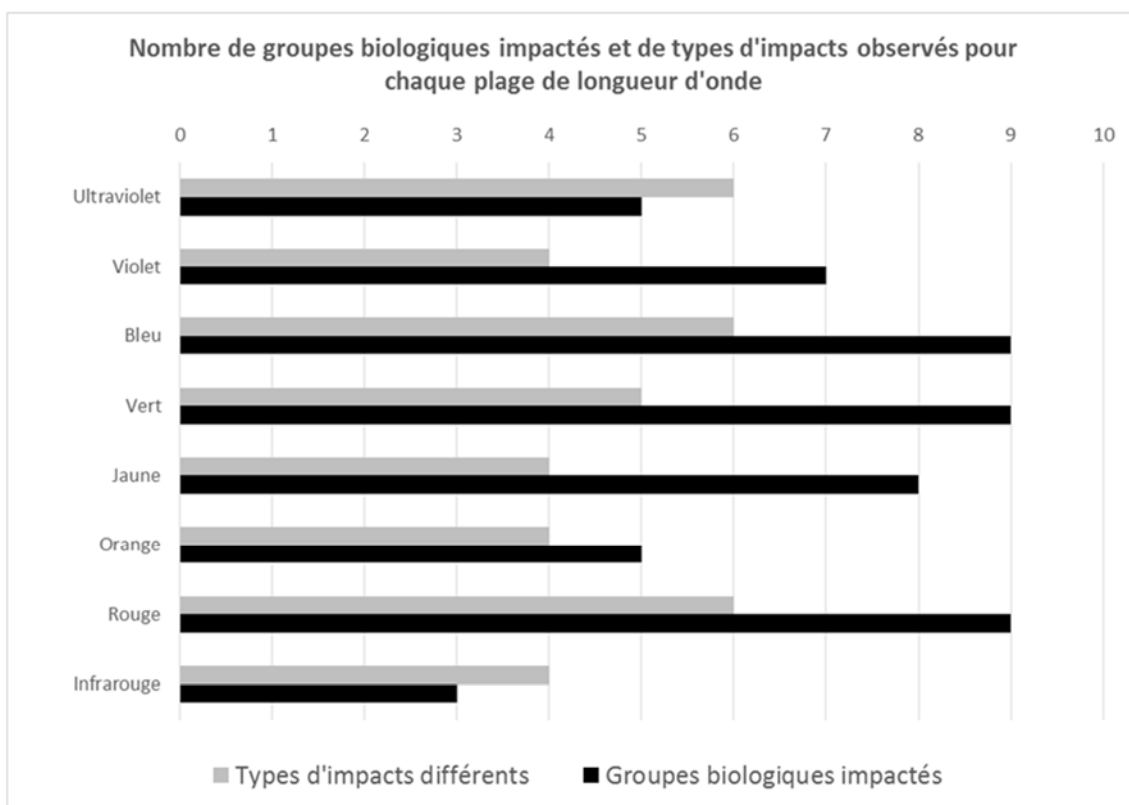
Chez l'Homme aussi, la lumière bleue est celle qui bloque la production de mélatonine par la glande pinéale située dans le cerveau (Haim & Zudibat, 2015). La mélatonine est l'hormone provoquant l'endormissement et elle possède par ailleurs de nombreux autres rôles dans l'organisme (régulation de l'appétit, de l'humeur, ...). Dans un cycle jour/nuit naturel, la production de mélatonine augmente avec la tombée de la nuit et provoque l'endormissement. L'exposition à la lumière artificielle, et en

---

<sup>3</sup> La longueur d'onde est la distance entre deux sommets de l'onde.

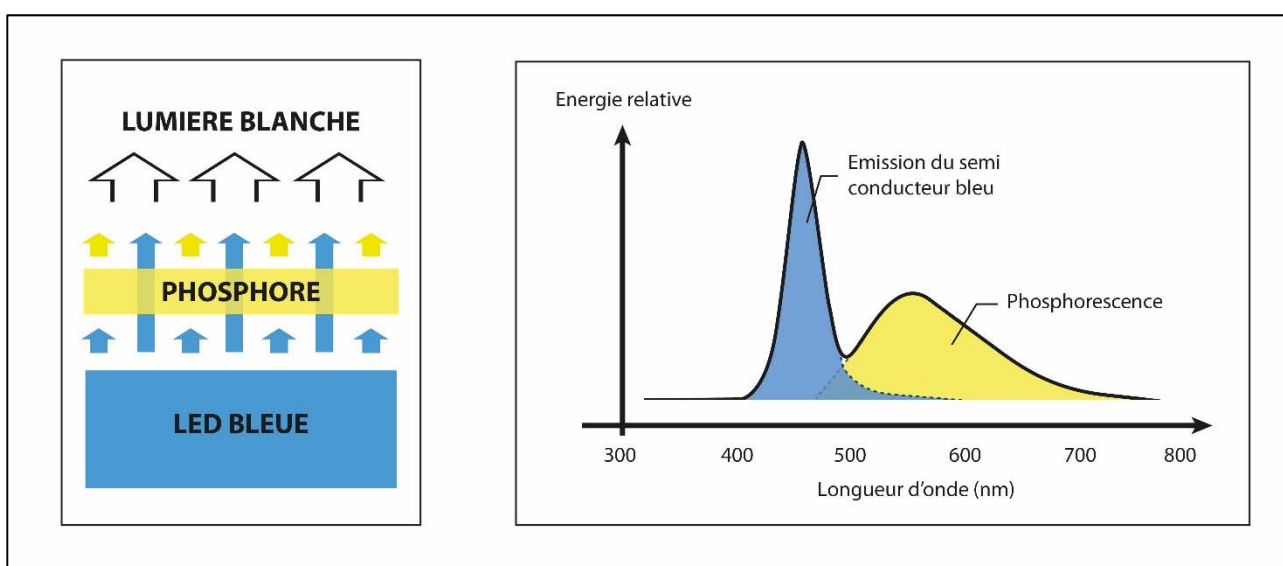
<sup>4</sup> Comme expliqué en introduction, de nombreuses espèces nocturnes utilisent les structures lumineuses naturelles de la nuit pour s'orienter (étoiles, Lune, Voie lactée, ...), notamment les insectes. Ces animaux manifestent ainsi un comportement d'attraction spontanée vers la lumière, ce que l'on appelle le phototactisme positif. Dans le détail, certaines longueurs d'onde jouent plus que d'autres ce rôle d'attraction selon les espèces et il s'agit principalement du bleu chez les insectes.

particulier bleue, bloque ce cycle. La qualité du sommeil est donc perturbée avec potentiellement des effets plus grave à la longs termes sur la santé (Erren *et al.*, 2016).



Source : Sordello, 2017 (d'après Musters *et al.*, 2009)

Or, les LED blanches installées en éclairage extérieur comportent une forte proportion de bleu du fait de leur conception. En effet celles-ci sont construites à partir d'une LED monochrome bleue dont la lumière est filtrée par une matière jaune (phosphore) engendrant au final une lumière blanche par correction chromatique (cf. schéma ci-dessous). Selon la proportion de bleu, la lumière produite est plus ou moins froide mais elle comporte dans tous les cas un pic net dans les bleus, ce qui est préjudiciable à la biodiversité comme expliqué plus haut.



Conception d'une lampe LED utilisée en éclairage extérieur (à gauche) et forme du spectre lumineux associé (à droite). Source : Sordello, 2017

Par ailleurs, indépendamment du bleu, l'installation de lampes blanches (comportant donc toutes les couleurs dans leur spectre) - dont on comprend l'intérêt pour le confort visuel des usagers - constitue un recul pour la biodiversité par rapport aux lampes à spectres étroits que constituaient jusqu'ici les lampes à Sodium. En effet, plus le spectre est large plus la lumière impacte potentiellement un grand nombre d'espèces et de fonctions biologiques.

Si des LED blanches doivent être installées, les écologues préconisent d'installer des LED « chaudes » afin de réduire leurs effets sur la biodiversité. Cela fait référence à la température de couleur (mesurée en Kelvin, °K) qui traduit la proportion de bleus et de rouges dans une lumière. Plus la lumière est chaude plus la température de couleur est basse. Concrètement, les scientifiques préconisent de choisir des LED blanches dont la température est inférieure à 3000 °K. Certaines publications montrent en effet une diminution des impacts avec ces LED blanches chaudes (Longcore *et al.*, 2015). Néanmoins, pour certains groupes biologiques, comme les lucioles et les vers luisants, le fait de choisir des LED blanches chaudes plutôt que froides ne diminue pas les impacts (Lutsi & Ineichen, 2016). A noter que certains éclairagistes proposent désormais des LED ambres, c'est-à-dire produisant une lumière à spectre étroit dans le orange (température de couleur d'environ 1700 °K), qui pourraient représenter un bon compromis entre économie d'énergie et biodiversité.

Un autre problème posé par les LED est leur forte luminance. La luminance est le rapport entre l'intensité lumineuse et la surface d'émission de la lumière. S'agissant de composés électroniques, les LED émettent leur lumière à travers une très faible surface contrairement aux ampoules utilisées jusqu'ici en éclairage extérieur. La luminance des LED est donc très forte. Or, la luminance traduit l'éblouissement. Il est donc suspecté que les LED engendrent davantage de problèmes d'éblouissement sur la biodiversité même si, pour le moment, il n'existe pas de publication qui le démontre *in-situ*.

Pour toutes ces raisons, la conversion vers les LED à l'œuvre depuis quelques années - motivée par des économies d'énergie - interroge fortement la communauté scientifique des écologues au regard des impacts que cela peut avoir sur la biodiversité et cela en dépit des effets bénéfiques que les LED peuvent avoir concernant la gestion facilitée de l'éclairage. Actuellement le parc d'éclairage public est encore constitué à 60 % de lampes à décharge à vapeur de sodium haute pression (SHP). Néanmoins, le rythme de la conversion vers les LED s'amplifiant d'année en année, il est probable que celles-ci deviennent rapidement majoritaires. Par ailleurs, d'après l'Association Française de l'Eclairage, 80 % des nouveaux projets d'éclairage se réalisent aujourd'hui en LED.

Il est donc important d'avoir conscience de ces enjeux dans le cadre de l'élaboration du SRADDET. A noter aussi que pour avoir un bilan objectif sur le plan économique, une vision globale et pas uniquement unitaire est nécessaire. En effet, il peut se produire ce que l'on appelle un « effet rebond », c'est-à-dire que des économies réalisées pour chaque lampe grâce aux LED se traduisent par davantage de lampes installées et donc au final par plus de dépense (et de pollution lumineuse). Une récente publication souligne ce risque à l'échelle mondiale (Kyba *et al.*, 2017).

## **V. Quelle marge d'action du SRADDET sur ce sujet**

L'effectivité du SRADDET repose en grande partie sur son opposabilité vis-à-vis de schémas d'échelle inférieure. En particulier, les documents d'urbanismes (Plans locaux d'urbanisme, Schéma de Cohérence Territoriale) doivent prendre en compte le rapport d'objectifs du SRADDET et être compatibles avec son fascicule de règles générales. En ce qui concerne la planification de l'éclairage extérieur, celle-ci rentre a priori relativement peu dans le champ de ces documents d'urbanisme. En revanche, l'éclairage nocturne rentre dans le champ des chartes de parcs naturels régionaux (PNR) qui sont également soumises à l'opposabilité du SRADDET. La prise en compte de l'éclairage artificiel dans les chartes de PNR est même de plus en plus forte ces dernières années avec des



objectifs à la fois de sobriété énergétique et de préservation de l'environnement nocturne. De même, le SRADDET est également opposable aux Plans Climat Energie Territoriaux (PCET) directement concernés par la maîtrise des consommations d'énergie. La conciliation des enjeux entre maîtrise des consommations d'énergie et biodiversité concernant l'éclairage artificiel dans le SRADDET peut alors être importante en vue de sa répercussion dans les chartes de PNR et les PCET. Cependant, il paraît peu probable que le fascicule des SRADDET édicte des règles générales concernant l'éclairage artificiel dans la mesure où ce sujet relève de la compétence des communes et non des régions. On peut ainsi s'attendre plutôt à ce que ces aspects soient abordés de manière plus large dans le rapport d'objectif du SRADDET. En ce sens, disposer d'une vision objective et complète des effets allant en synergie ou en contradiction entre consommation d'énergie et biodiversité est important pour les rédacteurs des SRADDET. On peut en effet s'attendre à ce que le rapport d'objectif du SRADDET soit repris par des acteurs locaux souhaitant d'eux-mêmes aller dans le sens des choix régionaux, indépendamment de l'opposabilité entre schémas. Par exemple, les communes et inter-communes peuvent élaborer volontairement des schémas de planification de l'éclairage extérieur (Schémas Directeurs d'Aménagement Lumière, Plans Lumière, ...). Le SRADDET n'a pas de lien d'opposabilité vis-à-vis de ces schémas mais on peut imaginer que, par les objectifs qu'il se fixe le SRADDET influe d'une manière ou d'une autre sur ce type d'initiatives locales. Enfin, la région elle-même peut aussi envisager une traduction de ses objectifs pendant la mise en œuvre du SRADDET, à travers des mesures d'accompagnement des collectivités locales (critères d'attribution de subventions, appels à projet de modernisation de l'éclairage, etc...).

## VI. Références citées

Azam C., Kerbiriou C., Vernet A., Julien J.F., Bas Y., Plichard L., Maratrat J. & Le Viol I. (2015).— Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats?. *Global change biology*. Volume 21. Numéro 8. <https://doi.org/10.1111/gcb.13036>

Azam C., Le Viol I., Julien J.F., Bas Y. & Kerbiriou C. (2016).— Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program. *Landscape ecology*. Volume 31. Numéro 2471. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0417-3>

Cho Y.M., Ryu S.H., Lee B.R., Kim K.H., Le E., Choi J. (2015).— Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment. *Chronobiology International*. Volume 32. Numéro 9. Pages 1294-1310. <https://doi.org/10.3109/07420528.2015.1073158>

Erren T.C., Morfeld P., Foster R.G., Reiter R.J., Grob J.V., Westermann I.K. (2016). Sleep and cancer: Synthesis of experimental data and meta-analyses of cancer incidence among some 1,500,000 study individuals in 13 countries. *Chronobiology International: The Journal of Biological and Medical Rhythm Research*. Volume 33. Numéro 4. Pages 325-350. <https://doi.org/10.3109/07420528.2016.1149486>

Falchi F., Cinzano P., Duriscoe D., Kyba C.C.M., Elvidge C.D., Baugh K., Portnov B.A., Rybnikova N.A., Furgoni R. (2016).— The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*. Volume 2. Numéro 6. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>

Haim A. & Zudibat A.E. (2015). Artificial light at night: melatonin as a mediator between the environment and epigenome. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 370. Numéro 1667. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0121>

Kyba C.C.M., Kuester T., De Miguel A.S., Baugh K., Jechow A., Holker F., Bennie J., Elvidge C.D., Gaston K.J. & Guanter L. (2017).— Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances*. Volume 3. Numéro 11, e1701528. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528>

Longcore T., Aldern H.L., Eggers J.F., Flores S., Franco L., Hirshfield-Yamanishi E., Petrinec L.N., Yan W.A. & Barroso A.M. (2015).— Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 370. Numéro 1667. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0125>

Lusti C. & Ineichen S. (2016).— *Impact of LED floodlight o the activity range of the common European glow-worm, Lampyris noctiluca*. 2 pages.

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.