Quel est l'impact écologique de la pollution lumineuse ?

Auteur :
LE TALLEC Thomas, Professeur agrégé, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

24-03-2018



La pollution lumineuse est un phénomène associé à l'utilisation des éclairages artificiels par l'être humain. De fait, elle altère les cycles naturels de la lumière et modifie l'illumination de l'environnement. A travers cet article, nous considèrerons l'origine et l'étendue de la pollution lumineuse, ses impacts sur les organismes vivants et les écosystèmes, ainsi que les mécanismes biologiques impliqués.

1. La pollution lumineuse à travers le monde

1.1. Qu'entend-on par pollution lumineuse ?

La pollution lumineuse est un phénomène d'origine anthropique associé au développement de l'urbanisation et des activités humaines et qui implique la lumière artificielle. Du point de vue de l'astronome et selon une approche qualitative, la pollution lumineuse désigne la lumière artificielle qui dégrade la qualité du ciel nocturne, masque la lumière des étoiles et des autres corps célestes et limite leur étude. L'astronome parle de « pollution lumineuse astronomique ». Selon une approche quantitative, l'*Union Astronomique Internationale* indique que, pour une région géographique clairement délimitée, il y a pollution lumineuse lorsque la lumière artificielle propagée dans le ciel nocturne est supérieure à 10% de sa luminosité naturelle la nuit.

Du point de vue de l'écologue, la pollution lumineuse désigne la lumière artificielle qui dégrade les cycles de la lumière naturelle (cycle jour/nuit et saisons), modifie la composante nocturne de l'environnement, c'est-à-dire l'illumination du milieu, et qui, en conséquence, impacte les comportements, les rythmes biologiques et les fonctions physiologiques des organismes vivants, ainsi que les écosystèmes. Les écologues parlent de « pollution lumineuse écologique » [1].

1.2. Origine



Figure 1. Les sources de pollution lumineuse : les sources de pollution lumineuse incluent les bâtiments et les structures illuminées, les éclairages publics et routiers, les éclairages de sécurité et les lumières de véhicules. La pollution générée par ces sources altère les cycles de la lumière naturelle, dégrade la qualité du ciel nocturne et modifie la composante nocturne de l'environnement. [Source : Figure modifiée d'après Rich & Longcore, 2006. Voir réf. [1].]

Une source d'éclairage artificiel est, théoriquement, dévolue à un usage bien précis. Malheureusement, en pratique, elle produit irrémédiablement un flux de lumière dirigé vers le ciel, lequel est diffusé par les particules atmosphériques et la vapeur d'eau. A l'échelle d'un luminaire, la diffusion de la lumière artificielle forme un « halo lumineux ». A l'échelle d'une agglomération, la somme des halos lumineux forment un « halo d'agglomération ». Aussi, toute construction humaine équipée d'une source d'éclairage artificiel est susceptible d'engendrer une pollution lumineuse (Figure 1, [1]). C'est en particulier le cas de :

L'éclairage public et routier qui, dans le cadre de la prévention routière et anti-criminalité, est utilisé à des intensités lumineuses qui excèdent bien souvent les minimums requis.

L'éclairage des bâtiments industriels et commerciaux, fréquemment sur-éclairés pour attirer les clients et créer un cadre attractif et propice à la consommation.

L'éclairage des parkings et des centres sportifs.

Les éclairages extérieurs et intérieurs des habitations qui ne sont encadrés par aucune réglementation.

L'éclairage des véhicules.

De plus, lorsque l'éclairage est de mauvaise qualité technique, que l'allumage des dispositifs lumineux a lieu à des horaires superflus de la nuit ou que ces dispositifs sont mal ou non entretenus, la pollution lumineuse est amplifiée.

Enfin, les conditions météorologiques peuvent influencer l'étendue de la pollution lumineuse en augmentant la diffusion de la lumière dans l'atmosphère. Ainsi, en milieu urbain, un couvert nuageux important peut augmenter l'intensité de la pollution lumineuse d'un facteur 10. Ces mêmes conditions font varier les facteurs de réflexion des surfaces éclairées et donc la quantité de lumière réfléchie vers le ciel. Par temps sec, le facteur de réflexion des surfaces artificielles en milieu urbain est compris entre 0,1 et 0,2, c'est-à-dire que 10 à 20% de la lumière reçue est réfléchie. Dans le cas d'une surface recouverte de neige, le facteur de réflexion est de 0,8.

1.3. Étendue

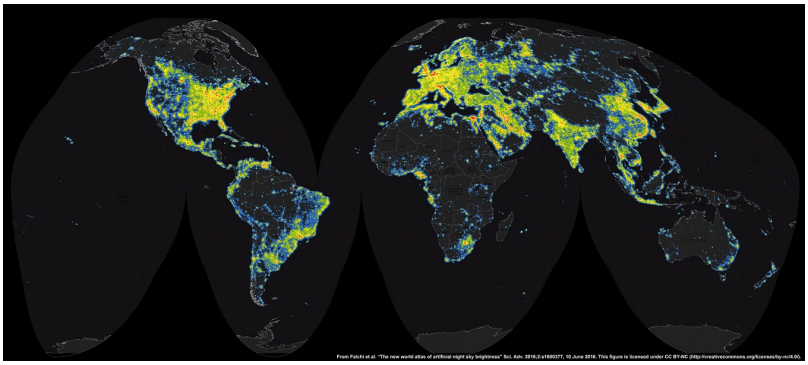


Figure 2. Carte mondiale de la pollution lumineuse : cette carte a été élaborée à partir de relevés satellites des années 2013/2014. Les niveaux de pollution lumineuse sont exprimés en fonction du ratio luminosité artificielle/luminosité naturelle du ciel nocturne et sont représentés par différentes couleurs. Ratio : 0,1-0,3 – bleu ; 1-2 – vert ; 2-5 – jaune ; 5-10 – rouge ; supérieur à 10 – blanc. [source : Carte extraite de Falchi et al., 2016. Voir réf. [2] (CC BY-NA 4.0) ; Light pollution Atlas]

Le premier atlas mondial relatif à la pollution lumineuse a été publié en 2001 puis réactualisé en 2016 [2]. Cette dernière version se base sur des relevés satellites des années 2013/2014 et sur la définition de l'Union Astronomique Internationale : pour une région géographique clairement délimitée, il y a pollution lumineuse lorsque la lumière artificielle propagée dans le ciel nocturne est supérieure à 10% de sa luminosité naturelle la nuit (Figure 2).

Pour les années 2013/2014, la pollution lumineuse impacte 22,5% des terres émergées à travers le monde, 46,9% de la surface des États-Unis, 88,4% de la surface de l'Union Européenne et 100% de la surface du territoire français. Par conséquent, 83,2% de la population mondiale, dont 99,7% de la population des États-Unis, 99,8% de la population de l'Union Européenne et 100% de la population française, sont impactés par la pollution lumineuse. Enfin, 35,9% de la population mondiale n'est plus en mesure d'observer la Voie Lactée la nuit et 13,9% de la population mondiale sont exposés à une pollution lumineuse telle que le système visuel ne peut pas s'adapter à une vision de nuit. En réalité, le système visuel est en permanence en vision de jour [2].

A l'heure actuelle, les scientifiques considèrent que la pollution lumineuse est l'une des pollutions qui croit le plus rapidement à travers le monde, de 6% par an en moyenne, et de 10% dans les pays européens [3].

Ainsi, la pollution lumineuse n'est pas un phénomène local. Son étendue est globale et ne cesse de progresser. Elle impacte d'ores et déjà une partie des aires protégées à travers le monde, en particulier les parcs naturels régionaux et nationaux. Une grande partie des écosystèmes, c'est-à-dire une grande partie de la faune et de la flore mondiale, est donc impactée.

2. Impacts de la pollution lumineuse sur les organismes vivants

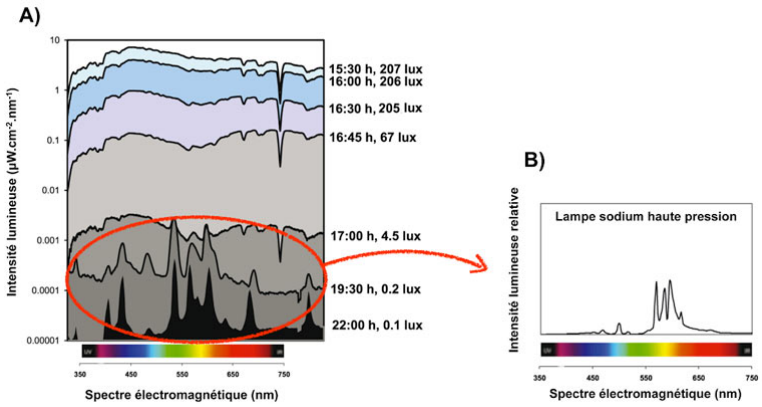


Figure 3. Évolution du spectre lumineux au cours de la journée : ces mesures du spectre électromagnétique ont été réalisées à proximité d'une petite ville des Cornouailles (Royaume-Uni) et à divers horaires au cours d'une journée d'hiver (A). Jusqu'à 17h00, le spectre mesuré correspond à celui de la lumière du soleil. Seule l'intensité lumineuse décroit au fil des heures. A partir de 19h30 et jusqu'à au moins 22h, le spectre mesuré correspond à celui d'éclairages artificiels utilisant principalement des lampes sodium haute pression (B). [Source : Figure modifiée d'après Gaston et al., 2013. Voir réf. [4].].

La lumière naturelle et ses cycles sont indispensables pour les organismes vivants (lire focus Les cycles de la lumière). Or, la

pollution lumineuse modifie l'illumination de l'environnement, c'est-à-dire son intensité et ses caractéristiques spectrales, et masque les cycles de la lumière naturelle (Figure 3, [4]). Elle est donc susceptible de modifier les comportements, les fonctions physiologiques et les rythmes biologiques des individus. A terme, cette pollution pourrait menacer l'équilibre des écosystèmes [1]
.

2.1. Des comportements modifiés

D'un point de vue comportemental, la pollution lumineuse entraîne des réponses de type attraction/répulsion et orientation/désorientation. Ainsi, chez les petits mammifères nocturnes, l'exposition à une source de lumière artificielle entraîne une réponse répulsive, autrement dit les individus s'éloignent de la source de lumière. Ce comportement, du fait de l'augmentation de l'illumination du milieu, traduit vraisemblablement une perception accrue du risque d'être chassé par un prédateur. Au contraire, chez les insectes nocturnes et les oiseaux migrateurs, organismes qui utilisent la lumière des astres pour se déplacer dans l'obscurité, l'exposition à la pollution lumineuse entraîne une réponse attractive, autrement dit les individus s'approchent de la source de lumière. Or, cette réponse peut être cause de désorientation pour les individus. Plus problématique encore, les individus, en s'approchant des éclairages artificiels, peuvent entrer en collision avec les grandes structures éclairées ou se déshydrater voire se brûler au contact des lampes [1].

Également, la pollution lumineuse peut affecter les comportements locomoteurs et alimentaires. C'est ce qui s'observe chez les petits mammifères nocturnes qui, exposés à une pollution lumineuse, limitent leurs déplacements et leur recherche de nourriture, au risque de voir leur condition physique se détériorer. Ainsi, chez la souris à oreille touffue de Darwin (*Phyllotis darwini*), les individus exposés à une augmentation de l'illumination de leur milieu réduisent de 15% leur prise alimentaire, apportent 40% de la nourriture récoltée dans leur refuge, et perdent 4,4 g de masse corporelle par nuit [1].

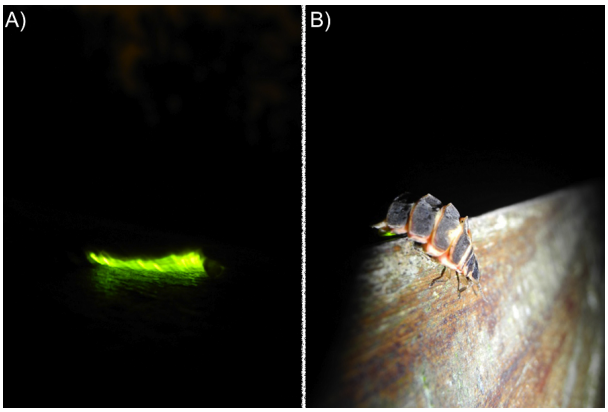


Figure 4. Pollution lumineuse et communication visuelle. Pour communiquer entre congénères, les vers luisants et les lucioles émettent des signaux lumineux. En l'absence de pollution lumineuse, les flashes émis par une femelle ver luisant peuvent attirer un mâle jusqu'à 45 mètres (A). En présence d'une forte illumination, la visibilité de ces flashes est réduite, ce qui compromet la communication (B). Ici un ver luisant (Lampyris noctiluca) avec et sans lumière artificielle. [Source : By NN (FR-64129) [FAL], via Wikimedia Commons]

Enfin, la pollution lumineuse peut affecter l'efficacité des communications visuelles et le comportement reproducteur. Les espèces bioluminescentes, c'est-à-dire les espèces capables de produire et d'émettre leur propre lumière, sont particulièrement concernées, à l'image des lucioles et des vers luisants qui utilisent des signaux lumineux pour attirer leurs partenaires. En effet, lorsque l'illumination ambiante est importante, la visibilité de ces signaux est réduite et les communications entre individus, et donc la reproduction, peuvent être altérées (Figure 4). C'est aussi le cas chez les espèces non bioluminescentes. Ainsi, chez les amphibiens, les fortes illuminations peuvent inhiber les chants nuptiaux. Les individus se montrent alors moins sélectifs quant aux choix de leur partenaire afin d'accélérer la vitesse d'accouplement et limiter le risque de prédation. Or, le succès d'une reproduction passe, entre autres, par la sélection adéquate du partenaire [1].

2.2. Fonctions physiologiques et rythmes biologiques : des hypothèses

L'impact de la pollution lumineuse sur les rythmes biologiques et les fonctions physiologiques de la faune sauvage restent encore méconnus. Les données actuelles proviennent, pour la plupart, d'études réalisées chez les oiseaux. Ainsi, les oiseaux diurnes exposés à la pollution lumineuse commencent leur activité et leur chant plus tôt. De plus, les rythmes saisonniers sont aussi perturbés puisque les oiseaux exposés à la pollution lumineuse débutent leur cycle de reproduction et leur mue plus tôt au cours de l'année. Une étude réalisée en 2013 montre que la synthèse d'une hormone photosensible, la mélatonine, est partiellement inhibée chez les oiseaux exposés à la pollution lumineuse. Or, cette hormone assure la synchronisation des différents rythmes biologiques de l'organisme, chez les oiseaux comme chez les mammifères. Elle pourrait donc être impliquée dans les décalages observés [5].

Chez les rongeurs étudiés en laboratoire, les rythmes biologiques sont également modifiés par la pollution lumineuse. De plus,

chez ces animaux la pollution lumineuse a été associée aux troubles du métabolisme (intolérance au glucose, prise de masse corporelle), à la genèse de comportements apathiques et dépressifs, à l'altération de la thermorégulation et à la diminution de la réponse immunitaire. En 2016, une étude réalisée chez un petit primate nocturne, le microcèbe murin (*Microcebus murinus*), a mis en évidence qu'une inhibition de la synthèse de mélatonine pourrait être impliquée là aussi [6].

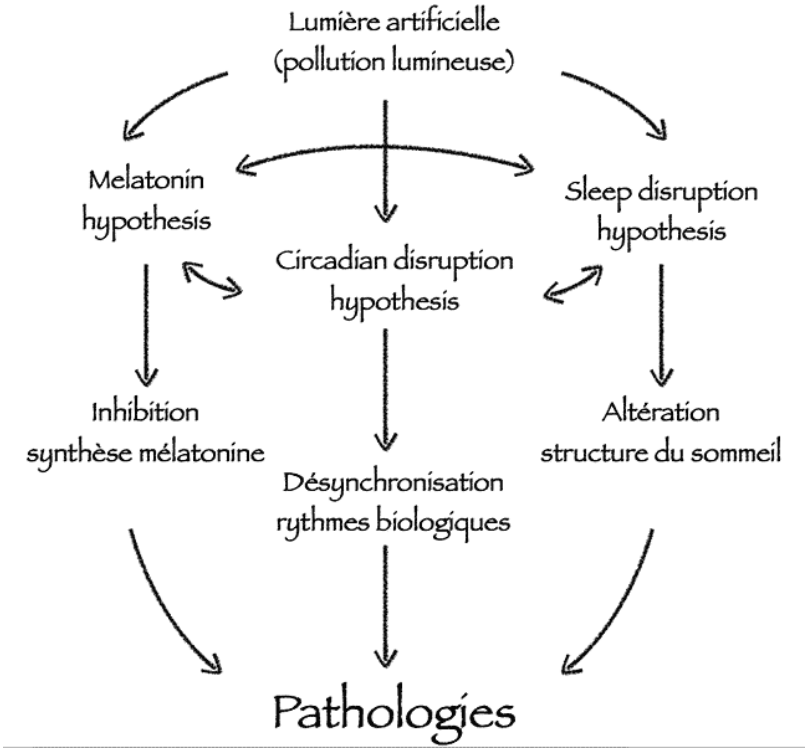


Figure 5. Trois hypothèses non exclusives expliquent de quelle manière la pollution lumineuse peut altérer la santé humaine : (1) « Circadian disruption hypothesis » : la pollution lumineuse désynchronise l'horloge interne principale par rapport au cycle jour/nuit ; (2) « Melatonin hypothesis » : la pollution lumineuse diminue la synthèse et la sécrétion de mélatonine ; (3) « Sleep disruption hypothesis » : la pollution lumineuse altère la structure du sommeil. A terme, l'ensemble de ces modifications et altérations mène à la genèse de pathologies.

Chez l'être humain, les études cliniques et épidémiologiques réalisées en milieu urbain et sur le travail de nuit démontrent que la pollution lumineuse, en altérant le cycle jour/nuit, représente un risque pour la santé humaine [7]. Trois mécanismes sont avancés pour expliquer de quelle manière la pollution lumineuse peut altérer la santé humaine (Figure 5) :

La « *Circadian disruption hypothesis* » : en stimulant l'horloge interne principale, la pollution lumineuse la désynchronise par rapport au cycle jour/nuit.

La « *Melatonin hypothesis* » : la pollution lumineuse diminue la production et la sécrétion de mélatonine. Or, le déficit en mélatonine s'accompagne d'une altération des rythmes biologiques et de la perte de ses propriétés anti-inflammatoires, anti-oxydantes, immuno-stimulatrices, neuro-protectives, cardio-protectives et anti-oncotiques.

La « *Sleep disruption hypothesis* » : la pollution lumineuse, en désynchronisant l'horloge interne principale, pourrait modifier la structure du sommeil, voire diminuer la durée totale de celui-ci. Or, la qualité et la quantité de sommeil ont toutes deux été associées au maintient de l'homéostasie interne et sont garantes d'une bonne santé.

Ces trois mécanismes ne s'excluent pas les uns les autres. Au contraire, ils sont probablement étroitement associés et à terme, en altérant l'homéostasie de l'organisme, pourraient mener à la genèse de pathologies chez l'être humain. Chez les animaux sauvages, il est probable que les mêmes mécanismes soient à l'œuvre.

3. Pollution lumineuse et écosystèmes

3.1. Des écosystèmes déséquilibrés ?

A l'échelle de l'écosystème, la pollution lumineuse peut engendrer un certain nombre de déséquilibres. Notamment, elle peut

modifier les compétitions inter/intra-espèces, les équilibres proie/prédateur et l'organisation des communautés d'espèces. En effet, la pollution lumineuse, en modifiant l'environnement lumineux, crée une nouvelle niche écologique. Or, la forte illumination qui caractérise cette niche attire certaines espèces nocturnes et en repousse d'autres. Ainsi, les chauves-souris à vol rapide sont capables de tirer avantage de l'agrégation des insectes nocturnes auprès des lampadaires. Notamment, chez la Sérotine de Nilsson (*Eptesicus nilssonii*), la prise alimentaire calorique est de 0,5 kJ/min en milieu péri-urbain et à proximité de lampadaires, contre 0,2 kJ/min en milieu boisé. A l'inverse, les chauves-souris à vol lent, lequel est inadapté pour fuir face aux rapaces nocturnes, sont incapables de tirer profit des agrégations d'insectes auprès des lampadaires. Il en résulte donc une compétition interspécifique pour la nourriture, laquelle se fait au détriment des chauves-souris à vol lent. Cette compétition pourrait expliquer pourquoi le nombre d'individus des espèces de chauves-souris à vol rapide a augmenté ces dernières années en Europe alors que celui des espèces à vol lent diminue [1].

De plus, cette niche écologique favorise aussi la vision des espèces diurnes qui peuvent dès lors s'y orienter, s'y déplacer et y rechercher de la nourriture. Ces espèces, «colonisent», pour ainsi dire, les habitats nocturnes exposés aux éclairages artificiels, entrent en compétition avec les prédateurs nocturnes et modifient les équilibres proie/prédateur. De tels comportements ont été observés chez les araignées, les reptiles diurnes et les oiseaux diurnes qui tirent profit de l'agrégation des insectes nocturnes autour des lampadaires pour chasser et de la désertion de certaines espèces nocturnes pour occuper un milieu laissé vacant. De l'avis de certains auteurs, cette désertion des milieux éclairés pourrait favoriser la colonisation d'espèces invasives.

Enfin, une étude conduite en milieu péri-urbain a démontré que les éclairages artificiels modifient la composition des communautés d'invertébrés terrestres. Le nombre d'invertébrés terrestres présents directement sous les éclairages artificiels est significativement supérieur à celui des invertébrés présents à distance de ces éclairages et la composition des communautés d'invertébrés terrestres est significativement différente entre les deux milieux. Sous les éclairages, les communautés sont composées principalement d'invertébrés prédateurs et charognards, araignées, carabes, cloportes, fourmis et amphipodes. Si elles ont lieu à grande échelle, de telles modifications pourraient altérer l'équilibre et le fonctionnement des écosystèmes [8].

3.2. Impacts sur l'habitat et la sélection des espèces

La pollution lumineuse pourrait également contribuer à la fragmentation des habitats. L'exemple des insectes nocturnes illustre parfaitement ce propos. En effet, une source de lumière artificielle peut attirer les insectes nocturnes sur un rayon de 400 à 700 mètres. Or, en milieu urbain, les lampadaires sont espacés de 30 à 50 mètres seulement. Les voies de circulation éclairées constituent donc de véritables barrières artificielles qui se dressent sur les itinéraires des individus. Considérant l'attraction qu'exerce la lumière artificielle sur les insectes nocturnes, ces barrières limitent donc leurs déplacements et fragmentent leur habitat [1].

La pollution lumineuse pourrait également menacer les espèces ou les individus photosensibles, c'est-à-dire faiblement tolérants à la lumière. La pollution lumineuse pourrait donc agir comme un facteur de sélection et modifier la diversité des populations naturelles. Or, rappelons que 28% des vertébrés et 64,4% des invertébrés sont actifs partiellement ou exclusivement la nuit, c'est-à-dire tout autant d'espèces qui ne sont pas ou peu adaptées aux fortes illuminations de leur environnement.

Enfin, les organismes aquatiques et les plantes, qui sont sensibles à la lumière à l'instar des animaux, sont également menacés par la pollution lumineuse [9].

En conclusion, la pollution lumineuse est un phénomène mal connu mais bien réel dont l'étendue ne cesse de croître. Or, cette pollution, en altérant les cycles naturels de la lumière et l'illumination de l'environnement, est susceptible de modifier les comportements, les fonctions physiologiques et les rythmes biologiques des êtres vivants. A l'échelle des individus, la pollution lumineuse peut affecter l'orientation et modifier les comportements locomoteurs, alimentaires, reproducteurs et la communication entre individus. A l'échelle des populations et des écosystèmes, la pollution lumineuse agit comme un facteur de sélection, modifie les compétitions inter-espèces, les équilibres proies/prédateurs et fragmente l'habitat. Son impact sur les communautés écologiques est donc réel. Aussi, il importe de limiter et diminuer la pollution lumineuse afin de protéger le ciel nocturne et la biodiversité.

Références et notes

Photo de couverture : © Alain Herrault - Diverticimes

[1] Rich C. & Longcore T. (2006) *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press.

[2] Falchi F., Cinzano P., Duriscoe D., Kyba C.C.M., Elvidge C.D., Baugh K., Portnov B.A., Rybnikova N.A. & Furgoni R. (2016) *The new world atlas of artificial night sky brightness*. Science Advances 2, e1600377.

[3] Hölker F., Moss T., Griefahn B., Kloas W. & Voigt C.C. (2010) *The darkside of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy*. Ecology and Society 15, 13.

[4] Gaston K. J., Bennie J., Davies T. W. & Hopkins J. (2013) *The ecological impacts of night time light pollution: a mechanistic appraisal*. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 88, 912–927.

[5] Dominoni D.M., Goymann W., Helm B. & Partecke J. (2013) *Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds* (Turdus merula)*: implications of city life for biological time-keeping of songbirds*. Frontiers in Zoology 10, 1–10.

[6] Le Tallec T., Théry M. & Perret M. (2016) *Melatonin concentrations and timing of seasonal reproduction in male mouse lemurs* (Microcebus murinus) *exposed to light pollution*. Journal of Mammalogy, 1–8.

[7] Haim A. & Portnov B.A. (2013) *Light pollution as a new risk factor for human breast and prostate cancers*. Springer.

[8] Davies T.W., Bennie J. & Gaston K.J. (2012) *Street lighting changes the composition of invertebrate communities*. Biology Letters 8, 764–767.

[9] Hölker F., Wolter C., Perkin E.K. & Tockner K. (2010) *Light pollution as a biodiversity threat*. Trends in Ecology & Evolution 25, 681–682.

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes - www.univ-grenoble-alpes.fr

Pour citer cet article: **Auteur :** LE TALLEC Thomas (2018), Quel est l'impact écologique de la pollution lumineuse ?, Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : http://www.encyclopedie-environnement.org/?p=2081

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.
