

**POLLUTION LUMINEUSE :
LONGUEURS D'ONDES
IMPACTANTES POUR LA
BIODIVERSITE**

**Exploitation de la synthèse
bibliographique de Musters *et al.* (2009)**

Décembre 2017
Rapport Patrinat n°2017-117

Romain Sordello

Chef de projet : Romain SORDELLO

Référence du rapport conseillée :

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.

L'UMS 2006 Patrimoine naturel

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, le Service du Patrimoine Naturel intègre l'Unité Mixte de Service 2006 Patrimoine naturel qui assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle, l'Agence Française pour la Biodiversité et le CNRS.

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, fondée sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.mnhn.fr/

Directeur : Jean-Philippe SIBLET

Directeur adjoint en charge du centre de données : Laurent PONCET

Directeur adjoint en charge des rapportages et de la valorisation : Julien TOUROULT

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS Patrimoine naturel, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du SINP et de l'Observatoire National de la Biodiversité.

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer et aussi bien la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

Sommaire

I. Introduction	5
II. Méthode appliquée par Musters <i>et al.</i> (2009)	8
III. Exploitation des résultats de l'étude	9
IV. Discussion	13
A. Enseignements tirés de Musters <i>et al.</i> (2009)	13
B. Limites de l'étude de Musters <i>et al.</i> (2009)	15
V. Références citées	16

I. Introduction

L'émission de lumière artificielle la nuit engendre de multiples **conséquences sur la biodiversité** (Rich & Longcore, 2006). Des effets sont désormais démontrés aux différentes échelles du vivant, sur la faune comme sur la flore (Bennie *et al.*, 2016). Entre autres, la lumière artificielle nocturne dégrade la qualité de l'habitat des espèces animales (Picchi *et al.*, 2013). Elle perturbe les déplacements de la faune par l'intermédiaire d'un phototropisme positif ou négatif (Van Grunsven *et al.*, 2014). Elle constitue pour certaines espèces une barrière infranchissable (Bliss-Ketchum *et al.*, 2016). Elle dérègle le rythme biologique chez les végétaux (Ffrench-Constant *et al.*, 2016) et les animaux (Downs *et al.*, 2003). Elle déséquilibre les relations interspécifiques, comme les rapports proies/prédateurs (Minnaar *et al.*, 2014) ou la pollinisation (Knop *et al.*, 2017). Elle modifie les communautés (Plummer *et al.*, 2016) et elle est susceptible de diminuer les services écosystémiques (Lewanzik & Voigt, 2014).

Les éclairages artificiels nocturnes génèrent ainsi une **pollution lumineuse** pour la biodiversité. De manière plus détaillée, ce phénomène possède de multiples facettes. La pollution lumineuse peut être due notamment à la quantité de lumière émise (flux, intensité), aux surfaces qui sont éclairées, à l'orientation des éclairages ou encore à la **composition de la lumière émise** (cf. Figure 1).

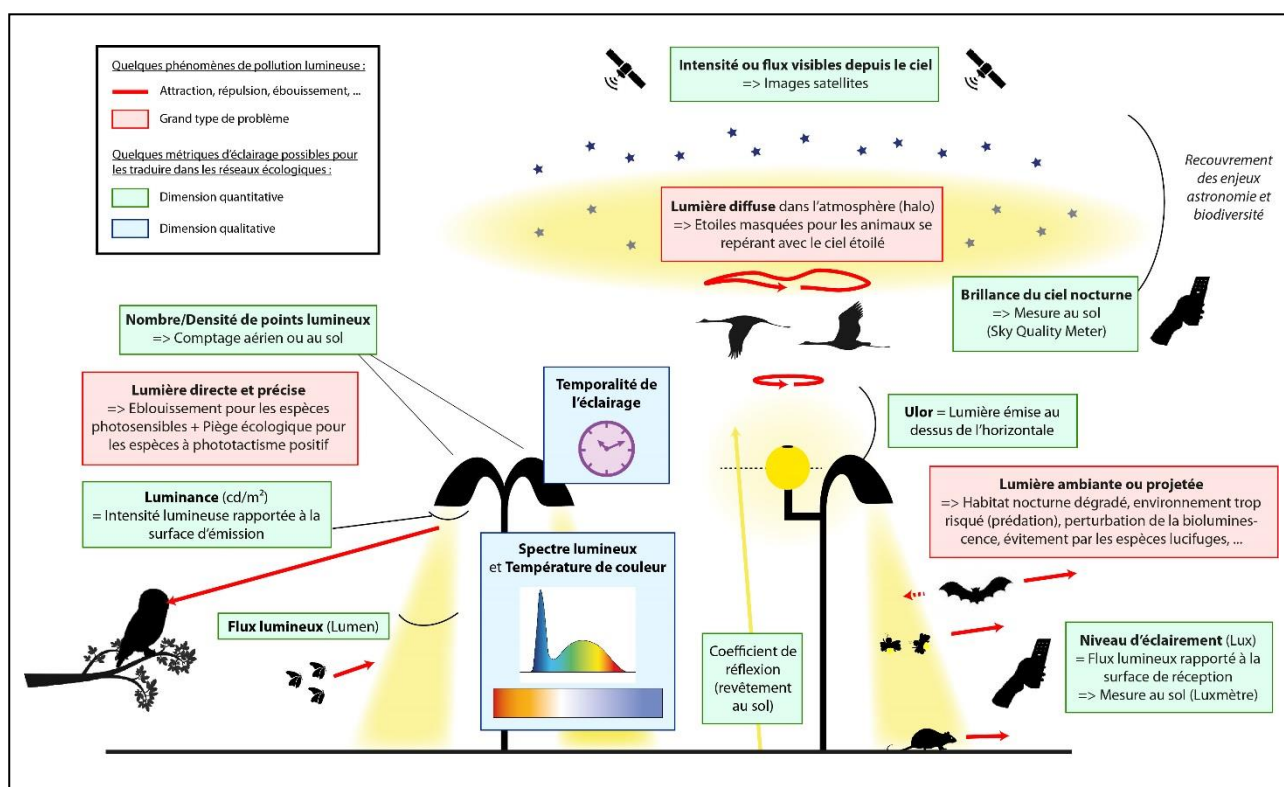


Figure 1 : Différents paramètres de l'éclairage artificiel nocturne pouvant causer des impacts sur la biodiversité.
Source : Sordello, 2017

La lumière est en effet une onde électromagnétique. Comme toutes les ondes elle peut alors vibrer à des fréquences différentes ou être caractérisée par des **longueurs d'ondes** différentes (cf. Figure 2). 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.

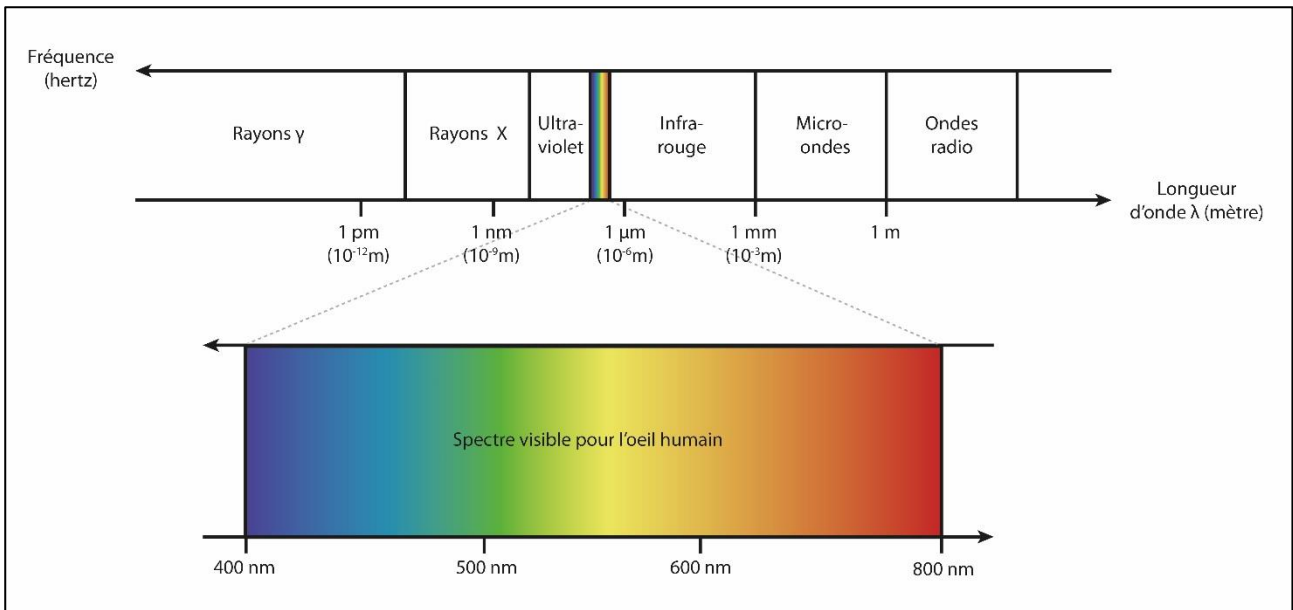


Figure 2 : La lumière, une onde électromagnétique pouvant vibrer avec plusieurs longueurs d'onde

Les **sources lumineuses** utilisées en éclairage extérieur (notamment public) présentent des spectres lumineux relativement distincts qui sont directement liés à leur façon de produire la lumière. On distingue globalement trois grandes catégories de sources lumineuses (cf. Figure 3).

La première catégorie correspond aux lampes à incandescence formées d'une ampoule dans laquelle se trouve un filament traversé par un courant électrique.

La deuxième catégorie correspond aux « **lampes à décharge** » qui sont constituées d'une ampoule contenant un gaz émettant des photons en réaction à des décharges électriques. En fonction du gaz, la lumière émise vibrera dans telle(s) ou telle(s) plage(s) de longueur d'onde. Il existe par exemple les lampes à Sodium Haute pression (SHP) qui produisent une lumière jaune/orangée, ou encore les lampes à Mercure (désormais interdites à la commercialisation) qui produisent une lumière blanche plutôt rosée.

La troisième catégorie est apparue récemment et utilise la technologie des **LED (Light Emitting Diode)**. Les lampes actuellement installées en éclairage extérieur sont construites à partir d'une LED bleue dont la lumière est filtrée par une couche de phosphore jaune, ce qui produit au final une lumière blanche par ajustement chromatique. De par leur confection les LED présentent ainsi dans leur spectre une forte proportion de bleu (cf. Figure 4).

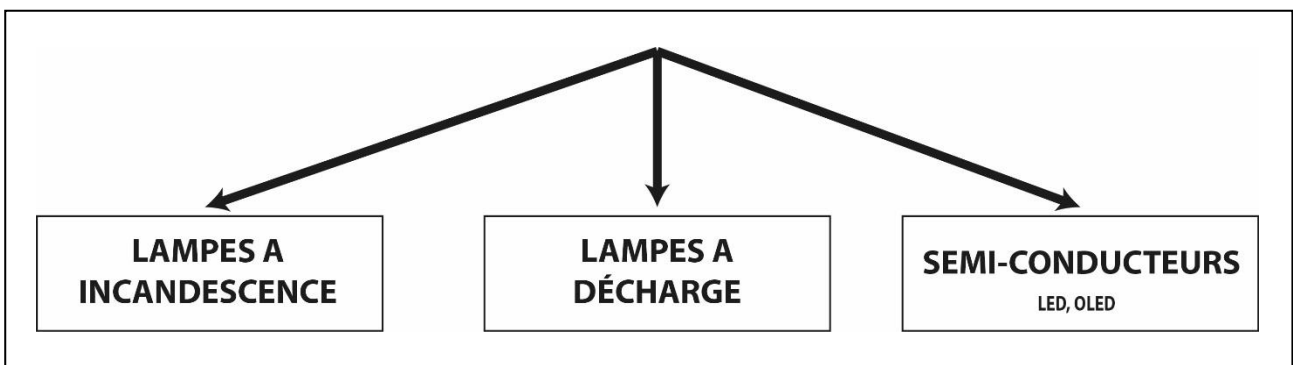


Figure 3 : Les trois grands types de sources de lumière artificielle en éclairage extérieur

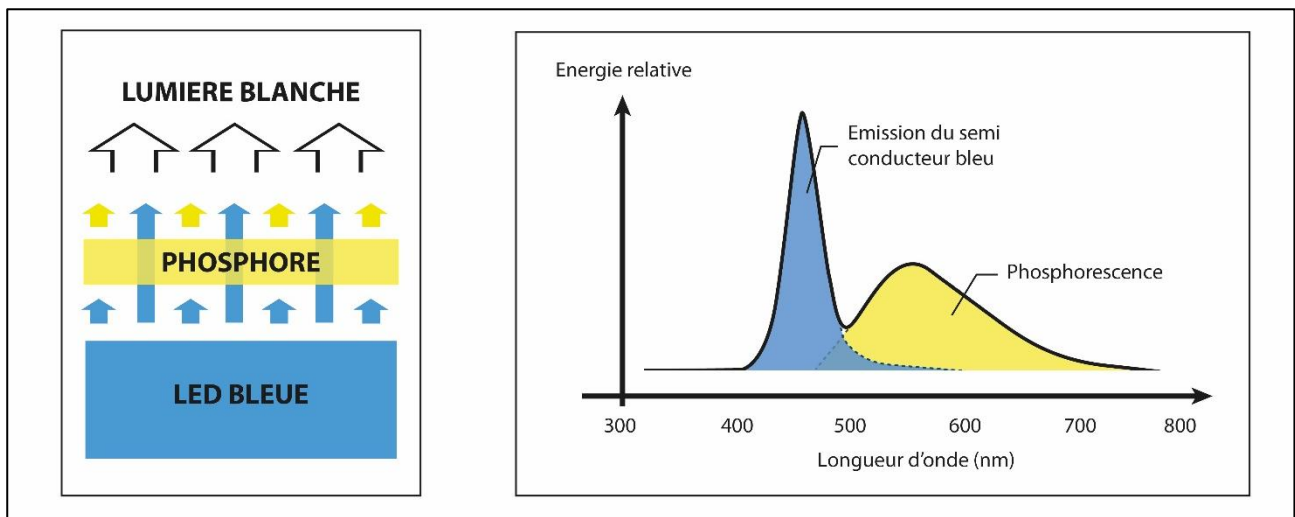


Figure 4 : Conception d'une lampe LED utilisée en éclairage extérieur (à gauche) et forme du spectre lumineux associé (à droite)

Les LED ne représentent pour le moment que quelques pourcents du parc d'éclairage public, les lampes à Sodium Haute Pression étant encore majoritaires¹. Cependant, une conversion vers les LED est à l'œuvre depuis quelques années et s'amplifie actuellement. D'après l'Association Française de l'Eclairage, 80 % des nouveaux projets d'éclairage se réalisent aujourd'hui en LED. Les lumières artificielles qui génèrent la pollution lumineuse sont donc en train de passer d'un spectre relativement restreint (SHF : lumière jaune/orangée) à un spectre large (lumière blanche) et comportant beaucoup de bleu (LED). Cette **conversion de l'éclairage** extérieur, et en particulier public, pose nécessairement des questions sur les conséquences qu'elle peut avoir dans l'accentuation de certains effets néfastes à la biodiversité.

En effet, les êtres vivants présentent des **sensibilités**, qui leur sont propres, aux différentes longueurs d'onde. Par ailleurs, la lumière possède des **fonctions** multiples pour le vivant : elle sert à la vision, elle constitue un synchronisateur des horloges biologiques, elle agit comme un repère pour l'orientation, etc. Le fait de connaître la sensibilité des espèces à telle(s) ou telle(s) plage(s) de longueurs d'onde est donc fondamental pour avancer ensuite dans la réduction de la pollution lumineuse.

Or, la connaissance précise des typologies d'impacts en fonction des longueurs d'onde sur la faune et la flore est très complexe du fait de la diversité des systèmes de visions des animaux nocturnes et des fonctions que la lumière a sur le vivant. Une étude bibliographique a été menée sur ce sujet par des **chercheurs hollandais - Musters *et al.* - en 2009** :

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.

L'étude est disponible en accès libre sur : <http://bit.ly/2BI4Cmr>.

Cette étude basée sur une recherche de littérature présente les sensibilités aux différentes plages de longueurs d'onde pour différents groupes biologiques. Cependant, les auteurs n'ont pas été jusqu'à combiner leurs différents résultats pour les synthétiser et mettre en avant les longueurs d'ondes les plus problématiques. Le présent document s'appuie ainsi sur ces travaux pour en faire une synthèse à visée plus opérationnelle afin d'apporter des éléments aux discussions actuelles autour de la conversion de l'éclairage vers les LED.



¹ ADEME & Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (2012). *L'éclairage public vous coûte cher ? L'ADEME peut vous aider à réduire vos consommations*. 4p. Disponible sur : <http://www.nouvelle-caledonie.ademe.fr/sites/default/files/files/encarts/en-savoir-plus/plaquette-ademe-eclairage-public.pdf>

II. Méthode appliquée par Musters *et al.* (2009)

Les travaux de Musters *et al.* (2009) sont basés sur une **recherche bibliographique**. La méthode utilisée par les chercheurs est expliquée dans les pages 7 à 9 de leur document.

Les auteurs ont construit une équation de recherche² reproduite ci-après. Avec cette équation, constituée de trois blocs de termes (portant sur 1/ les sources lumineuses, 2/ les spectres lumineux et 3/ les groupes taxonomiques), les auteurs ont ainsi cherché à recueillir les publications traitant spécifiquement de l'impact des différentes longueurs d'onde sur la faune et la flore. Cette équation a visé à la fois les titres, les résumés et les mots-clés des publications (« TS = »).

TS = (("artificial light*" OR "LED light*" OR "artificial night light*" OR "artificial outdoor light*" OR "road light*" OR "highway light*" OR "street light*" OR "streetlight*" OR "light pollution" OR photopollution) AND ("spectral composition" OR "light intensity" OR "spectral sensitivity" OR "wavelength discrimination" OR "wavelength sensitivity" OR "electromagnetic spectrum") AND (mammal* OR bird* OR reptile* OR amphibian* OR fish* OR insect* OR animal*))

Les chercheurs ont utilisé la base de littérature **Web of Science Core Collection** (WOS CC) qui est une base très fréquemment utilisée en écologie. Au sein du WOS CC, ils ont sélectionné uniquement les bases de données *Science Citation Index Expanded* (SCI-EXPANDED), *Social Sciences Citation Index* (SSCI) et *Arts & Humanities Citation Index* (A&HCI). Les auteurs ont limité leur recherche aux cinq dernières années c'est-à-dire aux **articles publiés après 2000**.

Cette requête a abouti à un **corpus de 220 publications**. Toutefois, les chercheurs ont ajouté manuellement des articles pertinents non récupérés par leur recherche. Ils ont aussi utilisé des revues antérieures sur les effets de la pollution lumineuse sur la biodiversité (ex : Rich & Longcore, 2006).

Les chercheurs ont classé leurs publications par groupe biologique et par type d'impact. Ils ont également distingué les manipulations en laboratoire et les études *in-situ*.

En ce qui concerne les groupes biologiques, les chercheurs se sont intéressés à toute la biodiversité, **faune comme flore, vertébrés comme invertébrés**.

En termes de types d'impact de la lumière sur le vivant, les auteurs se sont intéressés à quatre grandes catégories regroupant en tout **11 types d'impacts** :

- « Physiologie », incluant la croissance, la régulation hormonale, l'horloge circadienne et l'horloge circannuelle,
- « Comportement », incluant l'activité, le phototactisme et l'orientation,
- « Ecologie/Population », incluant la reproduction, la mortalité et la distribution,
- « Interactions entre espèces », correspondant ici aux rapports proies/prédateurs.

Le document produit par les auteurs présente ainsi sous forme de tableaux et de synthèses narratives les publications existantes pour chaque type d'impact et pour chaque groupe biologique.

² Ensemble de termes liés au sujet traité et combinés par des opérateurs booléens (ex : « ET », « OU ») visant à récupérer au sein d'une base de littérature les publications comportant ces termes dans leur titre, résumé, mots-clés.

III. Exploitation des résultats de l'étude

Tout d'abord, un premier tableau a été produit, regroupant les différents tableaux par types d'impacts exposés au fil du rapport Musters *et al.* (2009). Ce tableau de synthèse (Tableau 1) récapitule ainsi les différents types d'impacts par groupe biologique et par plage de longueur d'onde. Pour ce travail de synthèse, les résultats généraux concernant les effets globaux de la lumière sans distinction de longueur d'onde ont été mis de côté.

Au final, des résultats sont ainsi disponibles pour **10 groupes biologiques** : Plantes, Insectes, Crustacés, Arachnides, Poissons, Amphibiens, Reptiles, Oiseaux, Mammifères hors chauves-souris, Chauves-souris.

En ce qui concerne les types d'impacts, des résultats existent pour **8 catégories** sur les 11 retenues par les chercheurs : la croissance, la régulation hormonale, le phototactisme, l'orientation, l'activité, l'horloge circadienne, l'horloge circannuelle, les rapports proies-prédateurs.

Un second tableau plus synthétique a ensuite été réalisé (Tableau 2), permettant de mettre en avant le nombre d'impacts différents observés par plage de longueur d'onde et par groupe biologique.

Enfin, un troisième tableau (Tableau 3) encore plus synthétique a été dressé pour pointer les plages de longueurs d'onde pour lesquelles au moins un des 8 types d'impact est observé pour chaque groupe biologique.

Les trois tableaux listés ci-dessus sont présentés ci-après. A partir de ces tableaux, plusieurs graphiques ont été produits et sont présentés dans la discussion plus loin.

	Ultraviolet (<380nm)	Violet (380-450nm)	Bleu (450-500nm)	Vert (500-550nm)	Jaune (550-600nm)	Orange (600-650nm)	Rouge (650-750nm)	Infrarouge (>750nm)
Plantes	• CR (LA)	• CR (LA)	• CR (LA)	• CR (LA)			• CR (LA) • HCD (LA) • HCA (LA)	• CR (LA) • HCD (LA) • HCA (LA) • PP (LA)
Crustacés				• PH (LA)			• AC (IN) • PH (IN)	
Arachnides		• PH (LA)	• HCD (LA) • PH (LA)	• PH (LA)	• HCD (LA) • PH (LA)	• HCD (LA) • PH (LA)	• HCA (LA) • PH (LA)	
Insectes	• OR (LA) • PH (LA)		• OR (LA) • PH (LA)	• PH (LA)	• PH (IN, LA)		• PH (IN, LA)	
Amphibiens	• AC (LA)	• HCD (LA) • OR (LA) • PH (LA)	• HCD (LA) • OR (LA) • PH (LA)	• HCD (LA+) • OR (LA+) • PH (LA)	• OR (LA) • PH (LA)	• OR (LA) • PH (LA)	• PH (LA)	
Oiseaux	• RH (LA) • OR (LA)	• OR (LA)	• CR (LA) • HCA (LA) • PH (IN) • OR (IN, LA)	• CR (LA) • HCA (LA) • PH (IN) • OR (IN, LA)	• OR (LA)	• OR (LA)	• HCA (LA) • OR (IN, LA) • PH (IN)	• CR (LA)
Poissons			• CR (LA) • PH (LA) • RH (LA)	• CR (LA) • PH (LA)	• PH (LA)		• PH (IN, LA)	
Mammifères (hors chauves-souris)	• HCD (LA)	• HCD (LA)	• HCD (LA) • RH (LA)		• AC (IN) • HCD (LA) • PH (IN)	• AC (IN) • HCD (LA) • PH (IN)	• AC (IN) • HCD (LA)	• HCD (LA)
Chiroptères		• HCD (LA)	• HCD (LA)	• HCD (LA)	• HCD (LA)	• AC (IN)	• HCD (LA)	
Reptiles		• PH (LA)	• PH (LA)	• PH (LA)	• AC (IN)			

Tableau 1 : Impacts démontrés In-situ ou laboratoire par plage de longueur d'onde pour chaque groupe biologique d'après *Musters et al. 2009*

Légende :

LA : Étude en laboratoire IN : Étude In-situ	AC : Activité CR : Croissance HCD : Horloge circadienne HCA : Horloge circannuelle	PH : Phototactisme OR : Orientation RH : Régulation hormonale PP : Rapports proies/prédateurs
---	---	--

	Ultraviolet (<380nm)	Violet (380-450nm)	Bleu (450-500nm)	Vert (500-550nm)	Jaune (550-600nm)	Orange (600-650nm)	Rouge (650-750nm)	Infrarouge (>750nm)
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 chauves-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			

Tableau 2 : Types d'impacts par plage de longueur d'onde pour chaque groupe biologique d'après Musters *et al.* 2009

Légende :

1 type d'impact		2 types d'impacts		3 types d'impacts		4 types d'impacts
-----------------	--	-------------------	--	-------------------	--	-------------------

	Ultraviolet (<380nm)	Violet (380-450nm)	Bleu (450-500nm)	Vert (500-550nm)	Jaune (550-600nm)	Orange (600-650nm)	Rouge (650-750nm)	Infrarouge (>750nm)
<i>Plantes</i>								
<i>Crustacés</i>								
<i>Arachnides</i>								
<i>Insectes</i>								
<i>Amphibiens</i>								
<i>Oiseaux</i>								
<i>Poissons</i>								
<i>Mammifères (hors chauves- souris)</i>								
<i>Chiroptères</i>								
<i>Reptiles</i>								

Tableau 3 : Plage de longueurs d'onde pour lesquelles (cases en noir) il existe au moins un type d'impact pour chaque groupe biologique d'après Musters *et al.* 2009

IV. Discussion

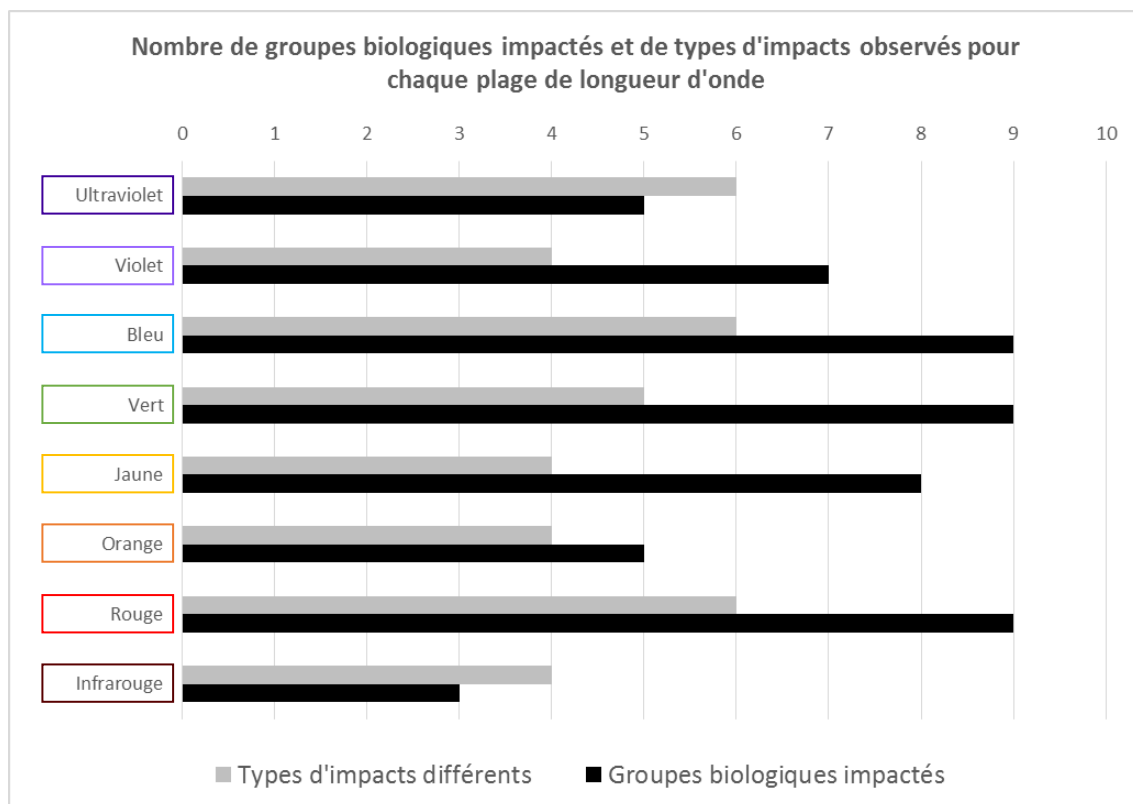
A. Enseignements tirés de Musters *et al.* (2009)

Le graphique ci-dessous présente le nombre de groupes biologiques et de types d'impacts pour chaque plage de longueur d'onde selon les résultats de Musters *et al.* (2009).

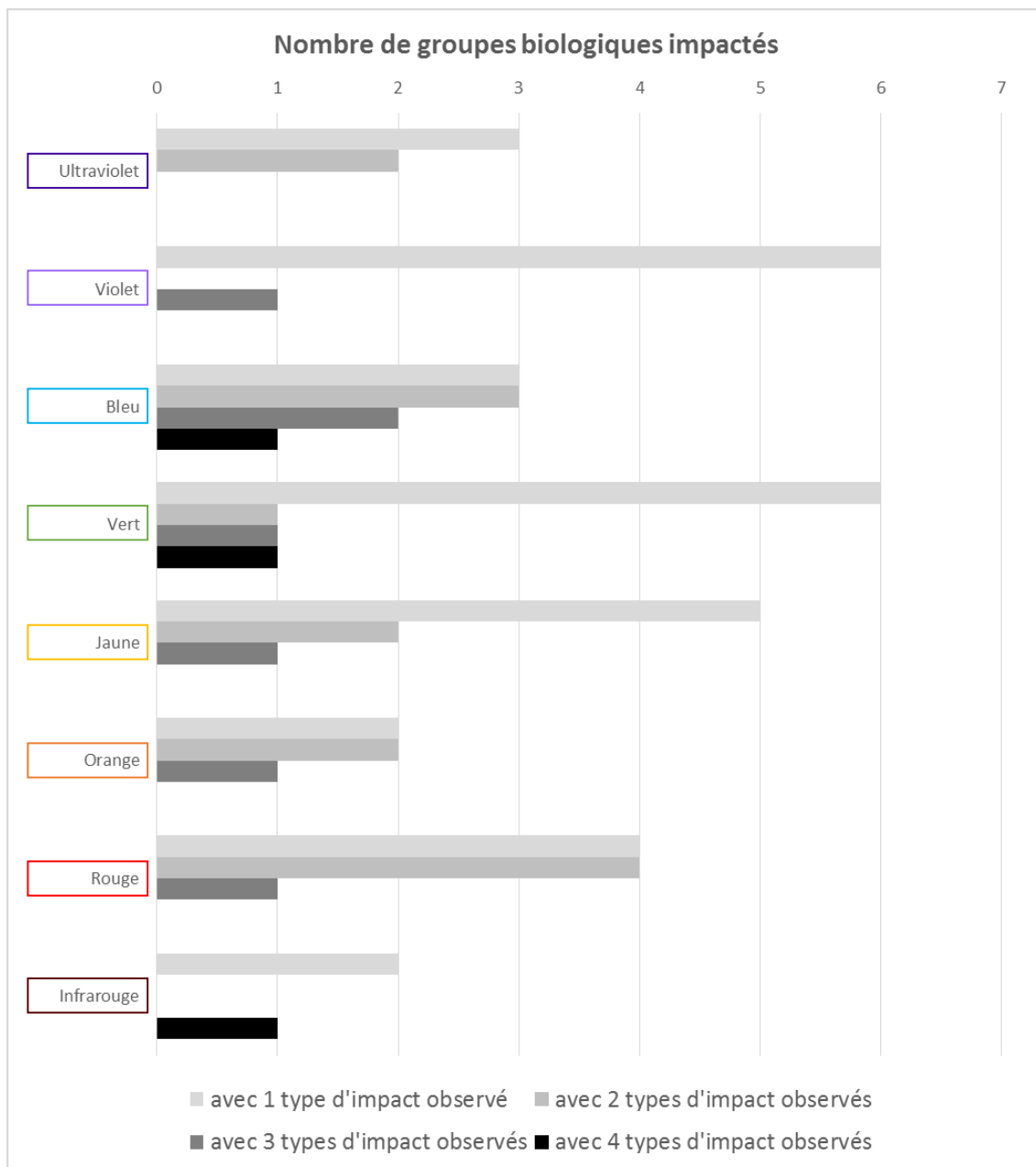
On constate tout d'abord que **toutes les plages de longueurs d'onde provoquent des impacts sur la faune et/ou la flore.**

Le nombre de groupes biologiques affectés pour une même plage de longueurs d'onde varie de 3 à 9. **Le bleu, le vert et le rouge sont les trois plages qui impactent un maximum de groupes biologiques (9), suivies du jaune (8 groupes) puis du violet (7 groupes).**

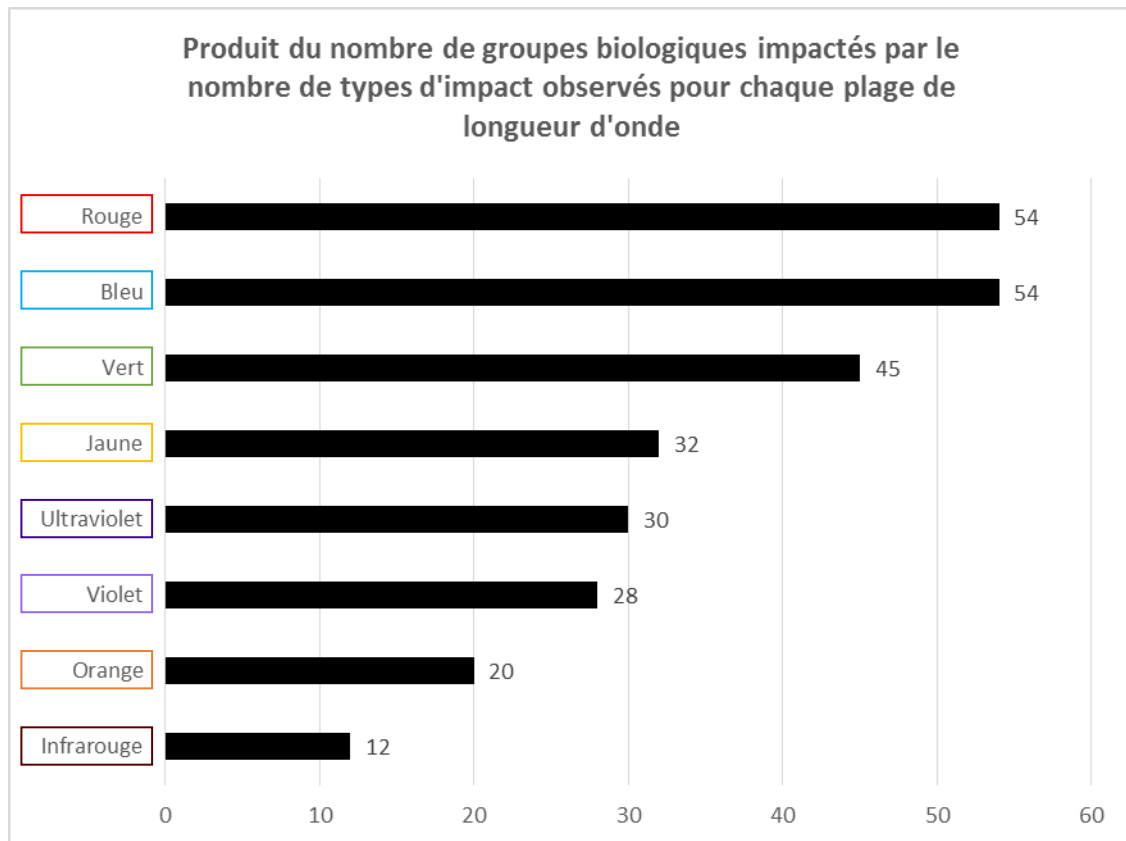
Par ailleurs, **le bleu, le rouge et l'ultraviolet sont les plages de longueurs d'onde qui provoquent le plus d'impacts différents tous groupes biologiques confondus (6 impacts), suivies du vert (5 impacts) puis de toutes les autres plages (4 impacts).**



Le graphique suivant montre le nombre de groupes biologiques subissant 1, 2, 3 ou 4 types d'impacts différents pour chaque plage de longueur d'onde selon les résultats de Musters *et al.* (2009). On constate que **le bleu, le vert et l'infrarouge provoquent jusqu'à quatre types d'impacts différents sur un même groupe biologique.** Pour le **bleu** et le **vert**, il s'agit des oiseaux avec les quatre mêmes types d'impacts pour ces deux plages de longueurs d'onde : ces longueurs d'onde agissent sur **la croissance, l'horloge circannuelle, le phototactisme et l'orientation.** Pour l'**infrarouge**, il s'agit des plantes, avec des impacts sur **la croissance, l'horloge circadienne, l'horloge circannuelle et les rapports proies/prédateurs.**



Enfin, un coefficient a été établi correspondant au produit du nombre de groupes biologiques impactés par le nombre de types d'impacts observés. Le graphique suivant expose les résultats pour chaque plage de longueur d'onde. Sur la base de ce calcul et selon les résultats de Musters *et al.* (2009), **le bleu et le rouge ressortent comme les plages de longueurs d'onde les plus problématiques, suivies du vert. Le orange et l'infrarouge obtiennent les scores les plus bas.**



B. Limites de l'étude de Musters *et al.* (2009)

L'étude de Musters *et al.* (2009) constitue *a priori* la synthèse scientifique bibliographique la plus rigoureuse et la plus aboutie sur le sujet des longueurs d'ondes impactantes pour la biodiversité. Comme nous l'avons vu précédemment, elle permet d'ores et déjà d'identifier des plages de longueurs d'ondes très impactantes pour la biodiversité.

Toutefois, cette étude présente certaines limites à prendre en compte dans l'exploitation de ses résultats et en particulier :

1- l'ancienneté de l'étude : l'étude ne fournit pas la date précise de la recherche bibliographique mais elle peut être déduite des informations données par les auteurs. Il semblerait que la recherche ait eu lieu en 2005. Or, la pollution lumineuse est un sujet en pleine expansion dans le domaine de la recherche en écologie et de nombreuses publications sont sorties depuis. Pour ne donner qu'un exemple, Van Grunsven *et al.* (2017) ont testé l'influence de différentes lumières LED (blanches, vertes et rouges) sur la migration des crapauds. En outre, Musters *et al.* ont eux-mêmes appliqué une date limite inférieure dans leur recherche bibliographique pour ne récupérer que les articles publiés après 2000. Il est donc très probable que :

- d'une part, les impacts mis en évidence par Musters *et al.* soient étayés par d'autres articles publiés antérieurement à 2000 ou postérieurement à 2005,

- d'autre part, des plages de longueurs d'onde considérées sans effet par Musters *et al.* aient en réalité des impacts sur la faune et/ou la flore. Une recherche au 04/12/2017 sur le WOS CC, en utilisant la même équation de recherche et les mêmes bases de littérature cibles, retourne 109 articles supplémentaires parus après 2005.

2- l'assiette de la recherche : la recherche bibliographique a été réalisée sur une seule base de littérature (Web of Science Core Collection) parmi laquelle, de surcroit, seulement certaines sous-bases ont été retenues (SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI). A titre d'information, une recherche au 04/12/2017 sur la base de littérature « WOS CC complète » montre un résultat de 320 articles (sans date limite de publication) et une requête sur

Zoological Records montre un résultat de 141 articles dont 34 ne sont pas inclus dans le WOS CC. En outre, concernant le périmètre de la recherche, l'équation de recherche construite par les auteurs pourrait sans doute être complétée par d'autres termes clefs. Enfin, la recherche pourrait être étendue à la littérature grise, c'est-à-dire en dehors des bases de littérature académiques (ex : Google Scholar).

3- L'absence d'analyse critique des publications : les auteurs n'ont visiblement pas procédé à une analyse critique des publications sélectionnées. Or, les publications peuvent avoir un pouvoir démonstratif très variable selon qu'elles sont simplement observationnelles ou manipulatoires et en fonction de la robustesse du protocole expérimental (mesures avant/après, réplication de l'expérience, choix des sites d'études, ...). Une analyse critique des publications permet précisément d'attribuer un poids plus ou moins important aux résultats des publications (niveau de confiance) et peut nuancer assez fortement au final les résultats d'une synthèse de littérature.

En conclusion, **une revue systématique s'impose** sur ce sujet des longueurs d'ondes impactantes pour la biodiversité. Celle-ci permettrait, d'une part, d'actualiser la recherche effectuée par Musters *et al.* (2009) et, d'autre part, de combler plusieurs lacunes de protocoles identifiées ci-dessus (plusieurs bases de données, élargissement à la littérature grise, équation de recherche renforcée, analyse critique des publications, ...), en suivant la méthode préconisée par la Collaboration for Environmental Evidence (CEE)³.

V. Références citées

BENNIE J., DAVIES W.T., CRUSE D., GASTON K.J., 2016, Ecological effects of artificial light at night on wild plants, *Journal of Ecology*, Vol. 104, n°3, pp. 611-620. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12551>

BLISS-KETCHUM L.L., DE RIVERA C.E., TURNER B.C., WEISBAUM D.M., 2016, The effect of artificial light on wildlife use of a passage structure, *Biological conservation*, Vol. 199, pp. 25-28, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.025>

DOWNS N.C., BEATON V., GUEST J., POLANSKI J., ROBINSON S.L., 2003, The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of *Pipistrellus pygmaeus*, *Biological conservation*, Vol. 111, pp. 247-252. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00298-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00298-7)

FFRENCH-CONSTANT R.H., SOMERS-YEATES R., BENNIE J., ECONOMOU T., HODGSON D., SPADLING A., MCGREGOR P.K., 2016, Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom, *Proceedings of the Royal Society*, Vol. 283, n°1833. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0813>

KNOP E., ZOLLERA L., RYSERA R., GERPEA C., HORLERA M., FONTAINE C., 2017, Artificial light at night as a new threat to pollination, *Nature*, Vol. 548, pp. 206-209. <https://doi.org/10.1038/nature23288>

LEWANZIK D., VOIGT C.C., 2014, Artificial light puts ecosystem services of frugivorous bats at risk, *Journal of applied ecology*, Vol. 51, n°2, pp. 388-394. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12206>

MINNAAR C., BOYLES J.G., MINAAR I.A., SOLE C.L., MCKECHNIE A.E., 2014, Stacking the odds: light pollution may shift the balance in an ancient predator-prey arms race, *Journal of applied ecology*, Vol. 52, n°2, pp. 522-531. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12381>

PICCHI M.S., AVOLIO L., AZZANI A., BROMBIN O., CAMERINI G., 2013, Fireflies and land use in an urban landscape: the case of *Luciola italica* L. (Coleoptera: Lampyridae) in the city of Turin, *Journal of Insect Conservation*, Vol. 17, n°4, pp. 797-805. <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9562-z>

³ The Collaboration for Environmental Evidence : <http://www.environmentalevidence.org/>

PLUMMER K.E., HALE J.D., O'CALLAGHAN M.J., SADLER J.P., SIRIWARDENA G.M., 2016, Investigating the impact of street lighting changes on garden moth communities, *Journal of Urban Ecology*, Vol. 2, n°1, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1093/jue/juw004>

RICH C., LONGCORE T., 2006, Ecological consequences of artificial night lighting, Island Press, Washington D.C. USA, 458 p.

SORDELLO R., 2017, Pistes méthodologiques pour prendre en compte la pollution lumineuse dans les réseaux écologiques, *Vertigo*, Vol. 17, n°2. Novembre 2017.

VAN GRUNSVEN R.H.A., CREEMERS R., JOOSTEN K., DONNERS M., VEENENDAAL E.M., 2017, Behaviour of migrating toads under artificial lights differs from other phases of their life cycle, *Amphibia-Reptilia*, Vol. 38, pp. 49-55, <https://doi.org/10.1163/15685381-00003081>

VAN GRUNSVEN R.H.A., DONNERS M., BOEKKE K., TICHELAAR I., VAN GEFFEN K.G., GROENENDIJK D., BERENDSE F., VEENENDAAL E.M., 2014, Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models, *Journal of Insect Conservation*, Vol. 18, n°2, pp. 225-231, <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9633-9>



UMS 2006 PATRIMOINE NATUREL

Centre d'expertise et de données sur la nature

Muséum national d'Histoire naturelle
36 rue Geoffroy Saint-Hilaire
CP 41 - 75231 Paris Cedex 05

+33 (0)1 71 21 46 35
patrinat.mnhn.fr
inpn.mnhn.fr

L'éclairage artificiel nocturne engendre de multiples conséquences sur la biodiversité et génère une pollution lumineuse. Ces impacts sont dus à de nombreux paramètres de la lumière émise et notamment à sa composition. La lumière est en effet une onde électromagnétique et chaque source lumineuse produit ainsi une lumière caractérisée par une proportion donnée des différentes longueurs d'onde. Encore constitué en majorité de lampes à Sodium Haute Pression, le parc d'éclairage public subit actuellement une conversion très rapide vers les LED. Cette transformation fait passer l'éclairage extérieur d'une lumière à spectre étroit orangé à une lumière à spectre large (blanche) comportant une forte proportion de bleu. Ce changement pose donc nécessairement des questions sur les conséquences qu'il peut avoir dans l'accentuation de certains effets néfastes à la biodiversité. Les êtres vivants présentent effectivement des sensibilités diverses aux longueurs d'onde et la lumière possède des fonctions multiples pour le vivant (vision, orientation, chronobiologie, ...). Le fait de connaître la sensibilité des espèces à telle(s) ou telle(s) plage(s) de longueurs d'onde est donc fondamental pour avancer ensuite dans la réduction de la pollution lumineuse. Ce sujet est très complexe et une étude bibliographique produite par des chercheurs hollandais - *Musters et al.* - en 2009 est la plus rigoureuse et la plus aboutie en la matière. Le présent document s'appuie sur ces travaux pour en faire une synthèse à visée plus opérationnelle afin d'apporter des éléments aux débats actuels sur les LED.

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



www.cnrs.fr



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

www.mnhn.fr

www.afbiodiversite.fr