

AUBE

Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage

Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage

La série de fiches
« AUBE » incite à
concevoir l'éclairage
différemment, par
l'intégration conjointe
des enjeux de
biodiversité, d'usage et
d'économie d'énergie.
Elle décrypte aussi
l'arrêté ministériel du
27 décembre 2018
portant sur les
nuisances lumineuses
afin de vous aider dans
sa mise en œuvre.

Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels.



L'éclairage de mise en valeur du pont Napoléon, qui enjambe la Moyenne-Deûle à Lille, est encastré pour éviter l'éclairage direct de l'eau, et de couleur orangée pour limiter le dérangement de la faune nocturne

Éclairage et biodiversité, un sujet transversal

Cette fiche introductive présente le contexte de rédaction de la série de fiches techniques AUBE; elle en définit les différentes ambitions, ainsi que les publics auxquels elle s'adresse. Elle définit ensuite l'éclairage tel qu'il nous semblerait souhaitable, par une approche la plus transversale possible. Enfin, elle présente la liste des fiches que la série sera amenée à rassembler.

Fiche chapeau - Septembre 2020

Pourquoi un corpus de fiches dédiées à l'impact de l'éclairage artificiel sur la biodiversité?

L'éclairage artificiel, utile aux activités de l'homme, impacte cependant le vivant, et notamment les espèces nocturnes et les espèces dépendant de l'alternance d'un cycle jour/nuit. Ce sujet, émergent, vient allonger la liste des menaces qui pèsent sur une biodiversité en péril.

À titre d'illustration, les insectes sont fortement attirés puis piégés par les lampadaires, autour desquels ils s'épuisent et sont chassés en grand nombre. Comme ils sont à la base de la chaîne alimentaire, celle-ci est fortement impactée à tous ses échelons. Cependant, du fait des nombreux paramètres rentrant en compte dans les interactions entre espèces, l'analyse isolée des effets de la lumière artificielle est complexe et contribue à sa sous-estimation. Elle est sous-estimée également du fait d'une prise en compte assez récente du problème.

Au Cerema, établissement public comprenant des spécialités et des métiers très divers en relation avec l'aménagement urbain, les infrastructures, la préservation de l'environnement, etc., ce sujet est traité de manière très transversale, afin d'apporter les réponses les plus complètes possibles. Les analyses et préconisations qui en ressortent croisent différentes approches et points de vue, plutôt que de travailler par spécialité et risquer d'émettre des recommandations antagonistes.

Par exemple, la réglementation sur l'accessibilité impose un niveau d'éclairage qui peut paraître élevé en zone peu peuplée, peu éclairée.

Une application non réfléchie de cette réglementation pourrait amener le gestionnaire à éclairer fort tout le temps (on constate d'ailleurs sur le terrain des niveaux d'éclairage largement supérieurs aux recommandations et règles).

Pourtant, le niveau prescrit est pertinent quand il y a un usager, mais inutile quand il n'y a personne. Quand on analyse cette pratique du point de vue de la sobriété énergétique, on se rend compte qu'on peut très souvent réduire la puissance ou la durée de l'éclairage, tout en respectant la réglementation.

Si le sujet biodiversité est introduit, l'analyse portera alors également sur la qualité de la lumière en termes de couleurs, d'orientation du flux lumineux, etc. La composante bleue de l'éclairage, par exemple, est attractive pour beaucoup d'insectes à grande distance, ce qui provoque un effet d'« aspirateur à insectes » qui vide les milieux environnants en les attirant au niveau du point lumineux. Or, cette composante bleue se retrouve régulièrement dans certaines technologies d'éclairage, et notamment dans la technologie LED qui domine le marché aujourd'hui.

Il y a donc un intérêt fort à collaborer entre des spécialistes de l'éclairage public, de la transition énergétique, de l'aménagement urbain, de l'accessibilité, de la biodiversité, de la santé, etc. pour apporter la réponse la plus adaptée à chaque situation.



Le ver luisant émet de la lumière pour être repéré par un partenaire pour la reproduction – la lumière artificielle perturbe son comportement

Quelle est l'ambition de cette publication?

Le Cerema s'est fixé pour ambition d'aider les acteurs de l'éclairage à mieux appréhender les enjeux liés à la biodiversité nocturne, dans le contexte d'une évolution récente et déterminante du cadre réglementaire sur ce sujet. En effet, jusqu'en 2018, les actions visant à réduire l'impact généré par

l'éclairage relevaient plutôt de la préconisation et du relais des « bonnes pratiques ». Aujourd'hui, une réglementation s'est mise en place et les nouvelles installations d'éclairage sont encadrées par l'arrêté ministériel du 27/12/2018 relatif aux nuisances lumineuses.

À titre d'exemple, rien n'interdisait dans un passé récent que les éclairages de voirie soient dirigés vers le ciel, causant ainsi un gâchis énergétique et financier. Cela constituait aussi une source de pollution lumineuse et donc de perturbation pour les animaux et les astronomes souhaitant observer les étoiles. Aujourd'hui, la proportion de lumière pouvant être émise au-dessus de l'horizontale est strictement réglementée (4 % maximum du flux lumineux émis par l'installation d'éclairage) pour plusieurs catégories d'usage de l'éclairage.

Le moment est donc opportun pour produire cet ensemble de fiches techniques sur ces thématiques croisées. L'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension et une meilleure application de cette réglementation ainsi qu'à une meilleure prise en compte de la pollution lumineuse et des enjeux pluriels qu'elle soulève.

Cette publication est destinée aux décideurs, techniciens et professionnels concernés par la question: bureaux d'études, concepteurs lumière, fabricants, installateurs, urbanistes, aménageurs, écologues, etc.



Chiroptère en vol. Les chiroptères sont particulièrement impactés par la pollution lumineuse

L'ambition première est de contribuer à créer une culture et un vocabulaire communs entre ces acteurs afin de les engager à agir de manière concertée vers une réduction de la pollution lumineuse et de ses impacts sur la biodiversité.

Ce sujet est intéressant à différents niveaux. En premier lieu, réduire l'éclairage génère des économies d'énergie et par conséquent des économies financières. Traiter ce sujet permet aussi aux habitants d'un territoire de se réapproprier le ciel nocturne, de redécouvrir les animaux qui vivent la nuit... Cela a des effets bénéfiques sur le cadre de vie, le tourisme, l'économie du territoire. Par exemple, les espèces nocturnes rendent des services à l'homme, notamment une partie importante de la pollinisation a lieu la nuit (ex: par des papillons), pollinisation nocturne dont certaines productions agricoles dépendent directement.

Un autre volet qui fait consensus est celui de la santé: l'obscurité est nécessaire au sommeil, notamment pour qu'il soit réparateur. Or, de récentes études démontrent l'influence néfaste de la lumière bleue des smartphones et tablettes utilisées avant le coucher, sur la qualité et la durée du sommeil, en particulier le rapport de l'ANSES de mai 2019. Celui-ci indique que: « L'Agence confirme la toxicité de la lumière bleue sur la rétine et met en évidence des effets de perturbation des rythmes biologiques et du sommeil liés à une exposition le soir ou la nuit à la lumière bleue, notamment via les écrans et en particulier pour les enfants. L'Agence recommande donc de limiter l'usage des dispositifs à LED les plus riches en lumière bleue, tout particulièrement pour les enfants, et de diminuer autant que possible la pollution lumineuse pour préserver l'environnement. ».

Cette lumière bleue est aussi présente dans certains éclairages extérieurs, notamment ceux basés sur la technologie LED.

En quelques mots, quels rôles avons-nous à jouer?

Comme démontré ci-dessus, ce sujet a de très nombreuses ramifications, et concerne tout le monde (citoyens, élus, techniciens, parents, etc.). Chacun a un rôle à jouer pour réduire la pollution lumineuse et ses impacts sur la biodiversité, et il commence par cette question: avons-nous besoin d'autant de lumière?

À cette question simple, le Cerema propose la réponse suivante:

il faut chercher à développer un éclairage le plus utile, le plus maîtrisé et le plus responsable possible.

Un éclairage utile, maîtrisé, responsable

Partant du principe que l'éclairage artificiel n'est par essence pas « naturel » et induit de fait une modification de l'environnement nocturne, un certain nombre de règles basiques peuvent être appliquées pour réduire ses effets négatifs quelle que soit la technologie considérée. Cela doit permettre une cohabitation nocturne plus harmonieuse entre l'Homme et les autres êtres vivants, dans une période où la biodiversité est particulièrement menacée. Ces règles, qui répondent aussi à d'autres enjeux comme la sobriété énergétique et la santé humaine, se fédèrent autour de la notion d'éclairage utile, maîtrisé et responsable.



Lumières de la ville visibles depuis les espaces non urbanisés

Utile pour éclairer là où et quand un besoin est exprimé, avec une qualité et une quantité de lumière ajustées. L'éclairage utile devra permettre de trouver un consensus entre des besoins humains réels (sécurité, déplacements, économie, artistique, etc.) et la réduction de l'impact des activités humaines sur la faune et la flore, ou encore l'observation du ciel nocturne. L'acceptabilité sociale d'un éclairage sobre sera un levier primordial pour défendre ce consensus.

Maîtrisé: grâce à la connaissance du parc d'éclairage existant et de ses performances effectives, des besoins actuels et futurs en équipements, des enjeux énergétiques et structurels. Une vision élargie des enjeux de biodiversité sur le territoire, et au-delà de son périmètre (notamment les zones de vie et corridors de déplacement des espèces nocturnes) est nécessaire pour compléter ce diaporama. Ce diagnostic « global » offre ainsi une sectorisation

de l'éclairage et une hiérarchisation des investissements ad hoc. Il permet de tenir compte ici d'une zone à enjeux forts pour une espèce patrimoniale, et là d'une zone piétonne particulièrement fréquentée, afin de proposer par secteur des typologies d'éclairage, des spectres de source, des puissances, des plages horaires adaptées, etc., permettant de répondre aux enjeux d'usage.

Responsable: quant aux actions d'aujourd'hui et leurs impacts sur les années à venir. Le besoin de compétences et de formation des acteurs autour de l'éclairage reste un enjeu d'actualité, notamment devant le nombre encore trop important de projets mal réfléchis bien que très récents. On assiste à une très vive accélération des rénovations des éclairages qui va ensuite figer la situation pendant 20 ans. Il existe un risque fort de regretter certains choix faits aujourd'hui soit par de mauvaises habitudes et des pratiques hors d'âge, soit par manque de compétences, soit par des technologies dont on ne maîtrise pas les impacts sur le vivant faute de connaissances scientifiques suffisantes.

La responsabilité doit aussi concerner la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie du matériel installé. Le remplacement de matériel encore parfaitement fonctionnel, ou l'installation de solutions technologiques dont les matériaux constitutifs nécessitent des processus extractifs polluants, et/ou sans solutions satisfaisantes de recyclage, devraient ainsi être des points questionnés dans les projets neufs ou de rénovation.



Installation d'éclairage urbain d'ancienne génération : que faudrait-il améliorer pour qu'il soit utile, maîtrisé et responsable ?

Une équipe pluridisciplinaire du Cerema, réunissant des spécialistes de l'éclairage, de la biodiversité, de l'aménagement urbain, a donc travaillé à la production d'un ensemble de fiches thématiques en rapport avec ces thèmes croisés de l'éclairage et de la biodiversité, pour apporter des éléments de compréhension, d'analyse, et des éléments opérationnels. Ces fiches s'adressent aussi bien à l'élu en charge de ces questions, qu'au technicien de terrain ou même au citoyen/ propriétaire privé qui souhaite agir à son propre niveau.

Cette série comprend 9 fiches dont certaines ne sont pas encore parues. À noter qu'il n'y a pas d'ordre entre les fiches.

	Titre de la fiche	Objectifs de la fiche	Public cible
Fiche chapeau	Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage	Présenter la série de fiches AUBE: contenus, objectifs, publics cibles, et l'ambition du recueil.	Tout public
Fiche 01	Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire	Sensibiliser et fournir les premiers éléments clés de compréhension. Croiser les connaissances éclairage et biodiversité.	Tout public
Fiche 02	Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels	Sensibiliser les urbanistes et collectivités sur la possibilité d'agir sur l'éclairage dans la planification urbaine et territoriale, et planifier l'éclairage en tenant compte de la biodiversité nocturne.	Techniciens et bureaux d'études en urbanisme/ aménagement du territoire, Élus
Fiche 03	Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité	Expliquer ce qu'est une distribution spectrale et son influence sur la vision des espèces; détailler cet enjeu pour différents types de sources; comprendre l'importance de ce critère de choix des sources et ainsi contribuer à faire évoluer les pratiques; argumenter le choix de certaines sources plutôt que d'autres; créer une culture commune biodiversité et éclairage	Techniciens et bureaux d'études en éclairage/ aménagement du territoire/ en charge du volet faune des dossiers réglementaires de projets d'aménagement
Fiche 04	Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses	Traduire en termes simples et illustrations le contenu de l'arrêté, pour une application facilitée par tous les acteurs concernés; identifier le socle réglementaire pour ouvrir la voie à des actions volontaires plus ambitieuses.	Élus et techniciens des collectivités en charge de l'éclairage/ de l'environnement
Fiche 05 (à paraître)	Normes, réglementations et recommandations en éclairage public	Lister les normes et réglementations existantes disponibles, détailler leurs enjeux, permettre aux élus et techniciens de distinguer les documents obligatoires et facultatifs, et illustrer leur application par des exemples	
Fiche 06 (à paraître)	Concevoir et gérer une installation d'éclairage pour limiter la pollution lumineuse	Au moment d'un projet d'aménagement ou de rénovation de l'éclairage, donner des critères de choix des luminaires, des revêtements, d'emplacement pour réduire la pollution lumineuse et améliorer l'efficience de l'installation; pendant la vie de l'installation, question de la gestion; gérer l'éclairage pour préserver la biodiversité et générer des économies; présenter les différentes solutions techniques qui permettent une adaptation et un ajustement des niveaux lumineux aux évolutions des besoins au cours du temps (nuit / semaine / saison) tout en conciliant/maintenant la sécurité des déplacements	
Fiche 07 (à paraître)	Moduler l'éclairage artificiel: acceptabilité sociale et responsabilités de chacun	Impliquer les citoyens dans l'élaboration des projets d'éclairage, et dans la réduction de la pollution lumineuse; identifier les obstacles au changement	
Fiche 08 (à paraître)	Financer un projet d'éclairage intégrant biodiversité et sobriété énergétique	Trouver des sources de financement et s'inscrire dans une démarche d'engagement. Valoriser les économies potentielles comme des dépenses non réalisées	

Série de fiches « AUBE »

Fiche chapeau	Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage
Fiche n° 01	Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire
Fiche n° 02	Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels
Fiche n° 03	Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité
Fiche n° 04	Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses
Fiche n° 05	Normes, réglementations et recommandations en éclairage public (à paraître)
Fiche n° 06	Concevoir et gérer une installation d'éclairage pour limiter la pollution lumineuse (à paraître)
Fiche n° 07	Moduler l'éclairage artificiel : acceptabilité sociale et responsabilités de chacun (à paraître)
Fiche n° 08	Financer un projet d'éclairage intégrant biodiversité et sobriété énergétique (à paraître)

Mots clés

Pollution lumineuse, éclairage, impact, aménagement, biodiversité, urbanisme, planification, réglementation, expertise publique.



Glossaire •••

ANSES: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

LED: mot anglophone pour « light emitting diode », qui signifie « diode électroluminescente ». Il s'agit d'un composant électronique qui émet de la lumière.



Pour aller plus loin ••• —

Étude AUBE menée à l'île de La Réunion en 2016-2017: www.cerema.fr/system/files/documents/2018/01/Etude_Aube_ V2018.pdf

Si vous estimez que des points importants n'ont pas été traités au travers de ces fiches et mériteraient un travail spécifique, n'hésitez pas à nous en faire part en nous envoyant un e-mail à l'adresse suivante:

biodiversite.eclairage@cerema.fr



Cerema Territoires et ville Service édition

Impression Jouve-Print



Contributeurs •••

Photo couverture ccbysa4 Olivier Pichard

Photos et illustrations Cerema/Samuel Busson Rédacteurs: Samuel Busson et Cécile Vo Van (Cerema).

Relecteurs: Romain Sordello (UMS Patrinat), Hélène Foglar (Athena-Lum), Richard Scherrer (Parc national des Cévennes), Éric Dumont (IFSTTAR), Pauline Chevalier (Métropole Nice Côte d'Azur), Pierre Jegot (Parc national des Cévennes), Sylvain Bouquet (Cerema).

Date de publication

Septembre 2020 ISSN: 2417-9701 2020/23

Commander ou télécharger nos ouvrages sur www.cerema.fr

La collection « Connaissances » du Cerema

© 2020 - Cerema La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment



AUBF

Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage

Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire

La série de fiches « AUBE » incite à concevoir l'éclairage différemment, par l'intégration conjointe des enjeux de biodiversité, d'usage et d'économie d'éneraie. Elle décrypte aussi l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 portant sur les nuisances lumineuses afin de vous aider dans sa mise en œuvre.

> Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels.

Pour leur survie, l'objectif des espèces à mœurs nocturnes est de répondre à cette problématique:

« comment vivre la nuit, sans nuit? »

Au fil de l'évolution et de la sélection naturelle, depuis environ 4 milliards d'années, les espèces se sont adaptées à l'alternance jour/nuit (également appelé rythme nycthéméral). Certaines de ces espèces (environ 30 % des vertébrés et 60 % des invertébrés, d'après Holker, 2010) se sont adaptées à la vie nocturne en adoptant des stratégies efficaces pour ce type de vie (bioluminescence, gros yeux, augmentation du nombre de cellules photoréceptrices de l'œil, développement de l'odorat, du toucher ou des ultrasons chez les chiroptères...).

Cette fiche permettra de découvrir ce que les recherches déjà nombreuses (mais qui doivent être complétées) disent sur les interactions entre la biodiversité et la lumière artificielle. Elle décrit les principaux effets connus de l'éclairage sur les espèces et propose des recommandations à mettre en œuvre dans le cadre d'un plan de gestion de l'éclairage adapté aux enieux de biodiversité à l'échelle d'un territoire.

> Adaptation des yeux du Hibou grand-duc aux conditions nocturnes

Fiche n° 01 - Septembre 2020



Impacts de l'éclairage artificiel sur les espèces

Ce chapitre fait la synthèse, par groupe d'espèces, des principaux effets connus de l'éclairage artificiel. Il n'est pas exhaustif et se concentre sur les effets les plus marquants et/ou sur lesquels il est possible d'agir. Sur ce sujet qui suscite l'intérêt des territoires en écho à la parution de l'arrêté ministériel relatif à la prévention, la réduction et la limitation des nuisances lumineuses du 27 décembre 2018*, de nombreuses connaissances restent à acquérir pour compléter et préciser ce premier état des lieux.

Point réglementaire

* www.cerema.fr/fr/actualites/ decryptage-arrete-ministeriel-nuisanceslumineuses-contexte

Voir également la fiche n°04 de la présente série de fiches, qui porte spécifiquement sur ce texte.

Impacts sur les insectes

À la base de nombreuses chaînes alimentaires, les insectes sont par ailleurs particulièrement sensibles aux effets de la lumière. Ainsi, la diminution des populations d'insectes sous l'effet de la pollution lumineuse pourra avoir de graves conséquences sur l'ensemble des prédateurs de la chaîne alimentaire considérée. Différents effets de la pollution lumineuse sur les insectes sont documentés, et ces effets portent sur l'ensemble du cycle de vie (reproduction, croissance, développement, déplacements...).

Cinq sortes d'impacts sur les insectes (au niveau individuel) ont été proposés par Owens en 2018.

Désynchronisation (1)

Les activités des insectes sont habituellement synchronisées par la durée du jour, son évolution dans l'année, l'apparition/disparition de la lumière du jour, etc. L'introduction de lumière artificielle modifie ces durées/horaires et altère les rythmes biologiques et l'horloge interne des individus, affectant les fonctions reproductives, et l'état physiologique des insectes. Elle affecte également les interactions entre espèces (pollinisation, rapport proie/prédateur, etc.).

Désorientation (2) et attraction (3)

Les repères naturels les plus visibles des paysages nocturnes sont la lune, les étoiles, et la lumière lunaire polarisée par l'atmosphère. L'introduction de sources lumineuses artificielles altère ces repères en attirant par exemple dans des zones inadaptées certains insectes, qui confondent ces lampes avec la lune ou les étoiles, et risquent ainsi la mort. De très nombreux insectes volants sont ainsi fortement attirés par l'éclairage artificiel, en particulier les diptères (ex.: mouches), coléoptères (scarabées et hannetons) et lépidoptères (papillons). 30 à 40 % des insectes s'approchant d'une source lumineuse meurent en peu de temps, du fait d'une collision, de déshydratation, de surchauffe ou de prédation. Certains restent captifs de cette source lumineuse (cf. « effet puits » ci-après). Les déplacements étant altérés par les phénomènes de puits, on a également des effets sur les croisements génétiques entre populations, qui peuvent se retrouver isolées les unes des autres par des réseaux denses d'éclairage. Ce phénomène d'isolement est aussi lié à l'effet barrière, décrit plus bas.



Effet puits des sources lumineuses pour les insectes

Les espèces sont « aspirées » depuis leur habitat vers les sources lumineuses. Les insectes sont attirés par la lumière à une distance des lampadaires variant de 400 à 700 m (Siblet, 2008 d'après Eisenbeis et Hassel, 2000).

Cette attraction concerne dans 99 % des cas des moustiques, papillons, mouches et coléoptères (Siblet, 2008 d'après Kolligs, 2000). Il existe par ailleurs une relation directe entre l'intensité lumineuse, le spectre émis et le nombre d'insectes attirés (Eisenbeis, 2006).

On constate que les insectes sont attirés autour du point lumineux les rendant sujets à une plus forte prédation et à un épuisement. Ce sont autant d'insectes adultes qui ne se reproduisent pas et ne contribuent plus à la survie, plus large, des espèces concernées.



Effet barrière des alignements de points lumineux

La disposition régulière et rapprochée des points lumineux, comme sur ce pont, constitue une barrière infranchissable pour nombre d'espèces.

Les UV

Les insectes sont fortement attirés par les ultratsviolets (UV) émis par les lampes, notamment par celles à Vapeur de Mercure, de couleur « blanche », tandis que les lampes « jaunes » les attirent moins. La seule présence des UV dans le spectre émis, même à des niveaux très faibles, est suffisant pour attirer fortement les insectes (Barghini, 2012). Les insectes sont ainsi sensibles aux courtes longueurs d'ondes (cf. fiche n° 03 portant sur les spectres d'émissions).



Lumière utilisée pour piéger les insectes sur la montagne de Kaw en Guyane.

Désensibilisation (4)

Certains insectes possèdent des organes visuels adaptés à de très faibles niveaux lumineux, qui saturent quand ils sont exposés à une lumière artificielle beaucoup plus puissante: ils sont éblouis, voire aveuglés de manière permanente, ce qui empêche l'alimentation, la recherche de partenaire sexuel, etc.

Reconnaissance de l'environnement (5)

Dans certains cas (puissance et longueurs d'ondes spécifiques), l'éclairage artificiel va améliorer la perception de l'environnement par certains insectes nocturnes. Il peut permettre à des insectes diurnes ou crépusculaires de prolonger leur activité la nuit. Cependant, il peut aussi altérer la capacité à distinguer les couleurs, et donc à détecter les congénères ou les prédateurs (pression accrue sur certaines populations).

Impacts sur les oiseaux

Les effets constatés de la pollution lumineuse sur ce groupe d'espèces sont nombreux et sont constatés à l'échelle du rythme journalier, comme à l'échelle saisonnière, lors des migrations par exemple.

Les effets sur le comportement et l'activité

La lumière artificielle affecte les périodes et durées de chant journalier chez les oiseaux chanteurs (Musters et al., 2009). Ainsi, un allongement de la période d'activité chez le Merle noir en condition d'éclairage artificiel (Russ, 2014), peut affecter son métabolisme, sa production hormonale, sa fonction reproductive (Dominoni, 2013).

À l'inverse, certaines espèces tireraient des bénéfices, du moins à court terme, de la lumière artificielle. À titre d'exemple, certains passereaux étendent leur activité de chasse sur la période nocturne (Byrkjedal et al., 2012).

Néanmoins, la part de biodiversité capable de tirer parti de l'éclairage artificiel (espèces diurnes) reste minime par rapport à l'ensemble du vivant.

Les effets sur la reproduction et les juvéniles

En période de nidification, Le Corre (2002) constate que les adultes et juvéniles du Pétrel de Barau sont attirés par les éclairages, ce qui les empêche de regagner leur nid ou de trouver leur direction.

On constate un retard de croissance des oisillons de Mésange charbonnière (Raap, 2016) et une perturbation de la reproduction chez le merle noir (Dominoni, 2013). Depuis plus d'un siècle, on a fait le constat que la reproduction des poules d'élevage peut être stimulée en dehors des périodes naturelles par l'allongement artificiel de la durée du jour (Shoup, 1918).

Les effets sur l'avifaune en migration

En déplacement migratoire, fréquemment nocturne, les édifices éclairés (phares, tours...) provoquent une mortalité par collision, épuisement ou prédation, en particulier par des conditions météorologiques défavorables (mauvaise visibilité). La visibilité des étoiles et de la lune est nécessaire pour de nombreuses espèces en migration. Les halos/dômes lumineux surplombant les villes piègent et désorientent de nombreux oiseaux migrateurs. Les faisceaux lumineux, même de faible puissance, perturbent fortement les routes de vol. Siblet (2008), Bruderer et al. (1999) estiment que l'influence d'un faisceau lumineux dirigé vers le haut peut se faire sentir jusqu'à 1 km. L'exposition d'oiseaux à une source de lumière artificielle pendant l'hiver en conditions naturelles (hors laboratoire) provoque par ailleurs un décalage dans la migration (Musters et al., 2009). Les premières publications sur le sujet de l'effet de la lumière sur la faune portait sur la migration de l'avifaune dès le début du XX^e siècle suite aux collisions d'oiseaux sur les phares maritimes (Squires & Hanson, 1918).



Migration de Grues cendrées, qui peut être ponctuellement nocturne

Point réglementaire

Exemples de prescriptions de l'arrêté ministériel du 27/12/18 favorables aux oiseaux migrateurs :

Art. 2 : Extinction en cours de nuit obligatoire pour certaines nouvelles installations d'éclairage (patrimoine, parcs et jardins, bâtiments non résidentiels, vitrines, parcs de stationnement annexés à une zone d'activité, chantiers...)

Art. 3 II 3°: Température de couleur < 3000° K pour certaines installations d'éclairage

Art. 4 IV : Interdiction des canons à lumière et rayons lasers dans certaines zones naturelles ou dédiées à l'astronomie

Impacts sur les mammifères terrestres

Même si l'évitement des zones éclairées a été régulièrement constaté chez les mammifères terrestres (Siblet, 2008), il existe une grande variabilité inter-espèce. En effet, certaines espèces préfèrent se déplacer voire sont attirées par ces zones éclairées alors que d'autres les évitent (Musters et al., 2009), les secondes appartenant plutôt en général à la catégorie des espèces-proies.

Les mammifères terrestres (hors micro-mammifères) restent l'un des groupes les moins étudiés sur le sujet de la pollution lumineuse. Cependant, dans une étude menée au Parc Naturel Régional du Quercy, une légère tendance à l'évitement a pu être observée pour le chevreuil, quand le sanglier semble plutôt attiré (Drouglazet, 2016). Une étude très récente confirme cette tendance d'évitement de la lumière par les ongulés (Ciach & Frölich, 2019).



Le Hérisson privilégiera les endroits sombres pour se déplacer et s'alimenter

Il est également constaté une modification des comportements de chasse avec plusieurs effets différents:

- une meilleure détection des proies pour certaines espèces (MEB-ANPCEN, 2015);
- une alimentation diminuée en zone éclairée pour les micro-mammifères (Brown, 1988; Bird, 2004);
- une modification du régime alimentaire des hérissons par changement de la composition de la faune urbaine des arthropodes, sous l'effet de l'éclairage (Obrtel & Olisova, 1981).

La production de mélatonine est fortement affectée par les lumières émettant dans le bleu (cf. fiche n° 03 relative au spectre) chez les mammifères (Musters et al., 2009) ce qui peut avoir des effets sur le pelage et la reproduction (MB-ANPCEN, 2015).

Impacts sur les mammifères volants (chiroptères)

Les effets sur les chiroptères (chauves-souris) sont les plus documentés, pour différentes raisons: ce groupe est globalement en déclin malgré la protection de l'ensemble des espèces et parallèlement les technologies permettant leur étude ont considérablement évolué. Les études indiquent que l'éclairage artificiel a des conséquences néfastes sur l'ensemble de ces espèces, même celles réputées tolérantes à la lumière ou pouvant profiter de l'effet puits de cette dernière sur les insectes. Azam (2016) a ainsi démontré que des espèces communes et considérées comme relativement tolérantes à la lumière (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Noctule de Leisler et Sérotine commune) étaient également négativement affectées par l'éclairage artificiel. La Pipistrelle commune préfère les secteurs sombres des villes pour ses déplacements (Hale et al., 2015).



Les chauves-souris sont particulièrement sensibles à l'éclairage artificiel

Enfin, qu'elles soient ou non affectées par la pollution lumineuse dans leur activité de chasse, les chauves-souris peuvent l'être au niveau de leur gîte, si celui-ci est éclairé: Downs (2003) constate en effet dans ce cas un décalage de l'heure de sortie de gîte de Pipistrelles pygmées, et Boldogh et al. (2007) a répété cette observation sur Grand Rhinolophe, Murin à oreilles échancrées et petit Murin, et a constaté un retard de développement physiologique des jeunes, et dans certains cas, la désertion de gîte si ce dernier se retrouve éclairé.

Les impacts ont été montrés sur tout le cycle de développement des chiroptères (avec des variations entre les espèces, et selon leur sexe et stade de développement) (Siblet, 2008), (Musters et al., 2009), (Stone et al., 2009), (MEB-ANPCEN, 2015), (Azam et al., 2016): reproduction, hibernation, repos, déplacements/orientation, alimentation, exposition à la prédation.

Les espèces de chauves-souris dites lucifuges, qui évitent les zones éclairées, sont donc non seulement privées d'une partie de leurs habitats de chasse (effet direct de l'éclairage artificiel) mais elles souffrent également du départ de leurs proies vers les zones éclairées (effet indirect).

Impacts sur les poissons

L'éclairage affecte la croissance, la reproduction, la sédation de certaines espèces de poissons (MEB, ANPCEN, 2015). Il modifie également la composition des communautés d'invertébrés marines qui vivent sur le fond marin (Davies, 2015). Certaines espèces fuient la lumière (ex.: jeunes Anguilles – Bardonnet, 2005), d'autres sont attirées par elle (Musters et al., 2009). La lumière modifie également leur organisation dans l'eau – formation de bancs. Elle est d'ailleurs exploitée dans certaines techniques de pêche. Du fait de l'interdépendance des espèces aquatiques, les rapports proies-prédateurs sont donc fortement affectés par ces différents effets.

Point réglementaire

Prescription de l'arrêté ministériel du 27/12/18 favorable aux espèces aquatiques et marines :

Art. 4 V: Interdiction d'éclairage direct des cours d'eau et surfaces en eau et des parties terrestres et maritimes du Domaine Public Maritime.

Impacts sur les amphibiens et les reptiles

La lumière artificielle agit par effets directs sur les amphibiens, effets qui peuvent persister à tous les stades de la vie (Dananay et Bernard, 2018). Elle attire ou repousse la majorité des grenouilles et crapauds (Musters et al., 2009), désoriente



Reproduction de Dendropsophus sp. sur la montagne de Kaw en Guyane

les juvéniles de tortues marines et repousse les femelles de tortues marines (Witherington & Martin, 1996, 2003), à l'exception des lampes à Sodium Basse Pression (Musters et al., 2009). Elle peut aussi fragmenter l'espace nocturne pour ces espèces, par exemple dans le cas de crapauds en migration (Van Grusven et al., 2017) (= effet barrière déjà évoqué). La réponse à la lumière peut être différente entre individus d'une même espèce en fonction du stade de développement (Wise et Buchanan, 2006).



Ponte de Tortue Luth sur la plage de Rémire-Montjoly en Guyane

Enfin, de nombreuses espèces habituellement diurnes ont été listées par Perry et al. en 2008, qui exploitent la « niche écologique » de la nuit artificiellement éclairée.

Impact sur la flore

Par manque de connaissances, l'impact de l'éclairage artificiel sur la flore est rarement pris en compte alors que les enjeux associés sont importants. Les travaux du Centre d'écologie et des sciences de la conservation (CNRS/MNHN), ont démontré les impacts de la lumière artificielle sur la pollinisation des fleurs (Knop et al., 2017). En éclairant une prairie 24h/24, ils ont en effet observé une diminution de 62 % des visites de pollinisateurs nocturnes et une réduction de 13 % de la production de fruits du Cirse maraîcher, malgré de nombreuses visites des pollinisateurs diurnes. Ces travaux démontrent ainsi que la pollinisation est un lien particulier entre un insecte et une plante (lien souvent issu d'une co-évolution) et que les effets de la lumière sur les pollinisateurs nocturnes ne peuvent être compensés par les pollinisateurs diurnes.

Une étude anglaise (French-Constant et al., 2016), réalisée à grande échelle, a montré que le débourrement (émergence des bourgeons) intervenait avec une avance de 7,5 jours pour les arbres soumis à l'éclairage artificiel (effet de la température ou de l'humidité pris en compte). Il est donc prouvé que la phénologie des essences arborées peut être affectée par la pollution lumineuse. Les auteurs suggèrent que les petites plantes poussant sous les lampadaires sont encore plus susceptibles d'être affectées.

Recommandations pour réduire les impacts de l'éclairage artificiel sur les espèces et milieux naturels

Recommandations pour limiter les impacts au niveau des interfaces et corridors de déplacement

Chaque espèce réagit différemment à la lumière artificielle, et les connaissances sur ces interactions sont très limitées pour beaucoup d'entre elles. Il est donc nécessaire d'agir sur la quantité et la qualité globale de lumière émises par la ville pour limiter les impacts. Cependant, les zones à enjeux, où cette lumière peut être particulièrement impactante, concernent notamment les interfaces entre la ville et les zones plus naturelles: cours d'eau, étangs, littoral, forêts, haies, zones agricoles, etc.

Doivent être également considérés comme des zones à enjeux, les corridors écologiques (ex.: couloir de déplacement des espèces entre une zone de nourrissage et une zone de repos), qu'ils soient fonctionnels ou non, avec un objectif de maintien en fonctionnement ou de rétablissement de continuités écologiques. Il est par exemple essentiel de préserver les couloirs sombres pour atténuer les effets de la lumière artificielle sur les chauves-souris, tous les types de lumière pouvant avoir un impact sur une espèce de ce groupe (Zeale et al., 2018).



Pollution lumineuse issue d'une zone urbaine et impactant une zone naturelle à proximité.

Ces zones d'interfaces et de corridors méritent un traitement particulier en termes d'éclairage:

- éviter tout éclairage direct dans ou vers ces zones;
- limiter l'éclairage indirect en réduisant la puissance des éclairages en place, en limitant la diffusion lumineuse, en appliquant un ULR = 0 (cf. fiche n°04 portant sur l'arrêté ministériel, et fiche n° 06 à venir sur les pratiques de gestion de l'éclairage), en favorisant un positionnement horizontal, avec des masques/caches, en concentrant le flux lumineux vers la surface utile à éclairer...
- programmer l'extinction ou la réduction de puissance (ou du nombre de points lumineux) en cours de nuit (le plus tôt possible), voire utiliser des dispositifs à détection de présence pendant tout ou partie de la nuit, en fonction de l'usage de la zone (cf. fiche n° 06 sur les modes de gestion de l'éclairage, à paraître);
- privilégier les technologies les moins impactantes:
 LED ambrées sous réserve de démonstration d'impact limité, Sodium Haute Pression, à adapter néanmoins en fonction des systèmes envisagés (programmation, détection de présence, etc.)
 (cf. fiche n° 03 sur spectre lumineux);
- tenir compte du fait que les sols clairs réfléchissent fortement la lumière, et réduire fortement les flux lumineux en conséquence;
- sensibiliser privés et professionnels sur les enjeux locaux de biodiversité nocturne.

Point réglementaire

Art. 2 VI : Possibilité d'adaptations plus restrictives par le Préfet pour préserver les espèces et les continuités écologiques.

Art. 3 II 1° et 2°: pour certaines installations d'éclairage, (1°) proportion de lumière émise au-dessus de l'horizon (ULR) limitée à 4 % et (2°) proportion du flux lumineux émis dans un cône de 151° de l'hémisphère inférieur > 95 %.

Il faut par ailleurs noter que, sauf exceptions, depuis le 27/12/2018, l'éclairage direct des surfaces en eau (cours d'eau, étangs, lacs, mer + partie terrestre du domaine public maritime) est proscrit pour toutes les installations neuves. Cette interdiction s'applique également et rétroactivement aux anciennes installations depuis le 01/01/2020.



Éclairage artificiel du littoral à éviter

Recommandations liées aux espèces/groupes d'espèces

L'éclairage artificiel, quelles que soient ses caractéristiques, aura nécessairement un impact sur les espèces. Lors de la préconisation de recommandations, il peut être intéressant d'avoir recours à une espèce « Totem » ou « Parapluie » permettant d'orienter les choix de gestion et favoriser l'acceptabilité des mesures proposées.

Recommandations pour les insectes

- Éviter les configurations linéaires denses pouvant générer un effet de « barrière lumineuse », notamment à proximité des sites d'émergence des insectes (cours et plans d'eau, bois, prairies...).
- Espacer les points lumineux en utilisant préférentiellement les lampes à grande longueur d'onde émettant dans le rouge.
- Supprimer les lampes qui émettent le plus d'ultraviolet, notamment celles à vapeur de mercure (ou les LED de type blanc froid qui émettent fortement dans le bleu);
- Éviter d'éclairer les espaces naturels, les haies, les zones agricoles, etc.
- Limiter la visibilité des points lumineux par encastrement des sources, pose de caches sur les lampes, mise en place de masques végétaux ou pare-vue à proximité des zones à enjeux (ex.: autour des habitations).



Papillon de nuit attiré par une lumière intérieure de maison

Recommandations pour les oiseaux

De manière générale, toutes les dispositions conseillées pour la diminution de la pollution lumineuse seront favorables aux oiseaux. L'enjeu particulier pour ce groupe semble se concentrer lors des migrations (effet connu de longue date mais peu documenté), étape cruciale de la vie de beaucoup d'espèces. Il convient donc d'être vigilant sur la perceptibilité du point lumineux depuis le ciel et l'absence de halos lumineux. C'est donc par un travail sur l'ULR = 0 (pas de diffusion de lumière au-dessus de l'horizontale) et sur la limitation de la puissance lumineuse que l'on pourra réduire l'impact des nuisances lumineuses sur ce groupe (ces points faisant partie des obligations s'appliquant à nombre de nouvelles installations d'éclairage suite à l'arrêté du 27/12/18). Plus globalement les zones à enjeux migratoires doivent faire l'objet d'une attention accrue (littoral, vallée, fleuves, cols et sommets...).

Point réglementaire

Art.2 VIII : Une réflexion concertée concernant l'évaluation des possibilités d'extinction des installations d'éclairage est encouragée. L'exemple ci-dessus de la Réunion pourrait le mobiliser.

Art 4.V: En zone littorale, les points lumineux devront être masqués ou orientés de manière à ne pas être perceptibles depuis la mer.

Les « nuits sans lumière » à La Réunion

Depuis plusieurs années, se met en place à l'Île de La Réunion l'action des « nuits sans lumière » en faveur du Pétrel de Barau et du Pétrel Noir : de nombreuses installations d'éclairage publiques et privées sont éteintes pendant plusieurs semaines en période d'envol des jeunes Pétrels de Barau.

- Éviter, notamment en période de migration, les éclairages de « mise en valeur » qui éclairent vers le ciel.
- Mettre en place des mesures d'extinction lumineuse en période d'envol/de migration.

Recommandations pour les mammifères terrestres

Compte tenu des conséquences de l'éclairage pour ce groupe, il est recommandé d'éviter l'installation de luminaires, notamment dans les zones à enjeux de déplacement des espèces concernées. Ces espèces évitant globalement la lumière et étant positionnées au sol (strate basse voire très basse), un travail sur les surfaces éclairées peut être important pour limiter l'effet de perte et de fragmentation des habitats. Pour ce groupe, travailler sur l'ULR en rabattant le flux lumineux vers le sol peut augmenter les impacts s'il n'est pas accompagné d'une diminution des puissances.



Les études montrent que les chevreuils ont tendance à fuir les zones éclairées de nuit.

Recommandations pour les mammifères volants (chiroptères)

L'usage de lumières à longueur d'onde courte, qui attirent donc moins d'insectes, est par voie de conséquence moins pénalisant pour les chauves-souris qui s'en nourrissent. Néanmoins, compte tenu des spécificités très nocturnes de ce groupe et de l'effet repoussoir global que peut avoir l'éclairage artificiel sur toutes les espèces de chauves-souris, la meilleure solution reste de diminuer au maximum voire de supprimer l'éclairage artificiel. Pour cela, on peut agir à la fois sur le nombre de points lumineux, les puissances des lampes ou encore sur la temporalité.

Recommandations pour les poissons

L'éclairage direct des cours d'eau et des surfaces en eau est interdit par l'art.4 V de l'arrêté ministériel du 27/12/18, qui prévoit cependant des exceptions, notamment dans le cadre des Autorisations d'Occupation Temporaires (AOT) du domaine public. C'est donc dans ces AOT qu'il conviendra de tenir compte des enjeux locaux de biodiversité aquatique pour adapter les dispositifs d'éclairage (ex.: proscrire l'éclairage direct, adapter la puissance, l'orientation du flux, la temporalité de l'éclairage...).

Recommandations pour les amphibiens et reptiles

Ces groupes d'espèces bénéficieront particulièrement des mesures suivantes:

- ne pas éclairer les surfaces en eau (lacs, étangs, mais aussi fossés, étiers, roubines) et le littoral (conformément à la réglementation);
- privilégier des lampes à température de couleur chaude voire rouge, au spectre le plus étroit possible (ex.: sodium basse pression, LED Ambrée à spectre étroit);
- mettre en place des masques (qui peuvent être végétaux et ainsi créer un espace de déplacement pour certaines espèces) entre les surfaces en eau et les points lumineux, et/ou masquer ces derniers pour qu'ils ne soient pas perceptibles depuis l'eau/la plage;
- éteindre au maximum l'éclairage pendant les périodes de migration des amphibiens; prévoir des périodes d'extinction à partir d'une certaine heure de la nuit (voire toute la nuit), pendant les périodes de pontes de tortues marines, sur les zones de pontes les plus potentielles.

 laisser des espaces suffisants entre points lumineux (ou éteindre un point lumineux sur deux) pour permettre une perméabilité des infrastructures routières, de façon permanente ou a minima en période de migration.

Recommandations pour la flore

L'activité des pollinisateurs nocturnes est utile voire indispensable pour certaines espèces de flore. En cas d'enjeux pour la flore, les recommandations faites pour les insectes sont transposables.

L'éclairage direct des arbres, parfois utilisé pour leur « mise en valeur » en plongée ou contreplongée est à éviter, pour respecter la phénologie des espèces. Un arbre éclairé ne prépare pas correctement sa mise en dormance hivernale, il est donc plus sensible aux diverses agressions, notamment le gel.



L'éclairage nocturne fragilise les arbres

Synthèse des impacts et recommandations associées

Au-delà de l'application des prescriptions de l'arrêté sur la pollution lumineuse de décembre 2018, le tableau ci-après décrit, par groupe, les actions complémentaires qui peuvent être envisagées, étant entendu que l'extinction de l'éclairage est la meilleure des solutions pour tous les groupes.

Groupe	Impacts	Obligations générales*/ <mark>Obligations dans des cas particuliers</mark> */ Recommandations	
Insectes	 Effet piège/puits à l'échelle locale Effet barrière par attraction, à l'échelle paysagère 	 Éviter les alignements denses de luminaires Espacer les points lumineux Pas d'émissions dans l'ultra-violet et éviter les émissions dans le bleu 	
Oiseaux	 Effet sur l'accouplement Effet sur la nidification Effet sur la dispersion des juvéniles Effet sur la chronobiologie Effet sur la migration 	 Ulr = 0 Limiter la puissance des points lumineux pour agir sur l'effet de halo (par réflexion sur les matériaux du sol ou de façade) Pas de lumière directe émise vers la mer Mesures d'extinction en période de migration/d'envol Éviter l'éclairage sur des points hauts (tours) Éviter les éclairages de type lasers, canons à lumière etc souvent dirigés vers le ciel et visibles à des kilomètres Éclairer le moins possible les parcs et jardins et y éviter les lumières blanches (limiter les émissions de l'ultra-violet au bleu) Pas d'éclairage de mise en valeur sur des bâtiments abritant, ou ayant abrité, des colonies d'espèces protégées 	
Mammifères terrestres	 Effet barrière par répulsion à l'échelle paysagère Effets sur l'alimentation Effet sur la chronobiologie 	 Pas d'émissions dans le bleu Limiter voire supprimer l'éclairage dans les zones de continuités écologiques terrestres Réduire les surfaces et quantités de lumières émises vers le sol 	
Mammifères volants	 Évitement de la lumière pour toutes les espèces à une échelle globale (réduction des aires de répartition) Avantage pour l'alimentation au niveau local pour certaines espèces (du fait de l'attraction des insectes) Effets sur la chronobiologie 	Toutes mesures visant à réduire voire supprimer la pollution lumineuse (nombre, intensité, couleur, positionnement des points lumineux, orientation)	
Poissons	 Effet attraction Effet répulsion Effets sur l'alimentation Effets sur la reproduction Effets sur la croissance 	■ Pas d'éclairage direct des cours d'eau et surfaces en eau	
Amphibiens et reptiles	 Effet attraction Effet répulsion Effet barrière en période migratoire. Effet sur la reproduction. 	 Pas d'éclairage direct des cours d'eau et surfaces en eau, et du domaine public maritime (dont plage) Températures de couleur chaudes et spectres étroits Extinction en période de migration Laisser des trouées noires pour rendre les infrastructures perméables 	
Flore	 Effet sur la croissance et le cycle de vie (chute des feuilles, ouvertures des bourgeons) Effet sur la reproduction (pollinisation) 	 cf. Insectes Proscrire les éclairages en contre-plongée Éviter les éclairages de « mise en valeur » des végétaux dans les parcs Limiter les éclairages en milieux naturels/agricoles/forestiers 	

^{*} Ces obligations sont celles prévues dans l'arrêté ministériel du 27/12/2018. Elles peuvent ne s'appliquer que dans certains espaces. Il est également possible de prévoir de nouvelles obligations par arrêté préfectoral dans certains cas.

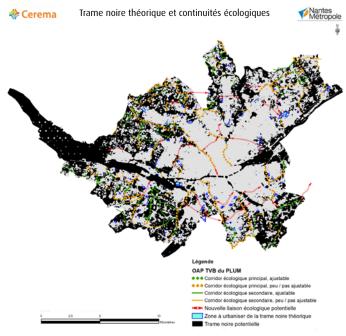
10/16

Adapter son plan d'éclairage aux enjeux de biodiversité

Des enjeux de biodiversité du territoire à déterminer

Méthode de détermination des enjeux par l'occupation du sol

Sur le sujet de la pollution lumineuse (comme sur d'autres sujets liés à la connaissance des espèces et de leurs écosystèmes), les ambitions de départ se confrontent à un principe de réalité, celui de la disponibilité des données. Les données « espèces » sont souvent insuffisantes (données anciennes, peu précises au regard du protocole utilisé ou sur un territoire trop restreint compte tenu de la zone d'étude) voire inexistantes. L'utilisation des données d'occupation du sol pour caractériser un potentiel d'enjeux de biodiversité peut être une première approche intéressante. Les données d'occupation du sol sont ici entendues au sens large (milieux, habitats, paysage, continuités écologiques), qu'il conviendra d'utiliser selon le principe de l'emboîtement d'échelles, de la donnée la moins précise vers la donnée la plus précise. L'expérience montre que, couplées à une bonne connaissance du parc d'éclairage (type de source d'éclairage, température de couleur, modulation de l'éclairage), les données d'occupation du sol sont une première base de travail intéressante.



Cette carte représente la trame noire théorique calculée à l'aide d'un potentiel de pollution lumineuse déterminé par le croisement entre la classification de la luminance zénithale (lumière renvoyée vers le ciel issu du traitement de l'orthophotographie nocturne), une base de donnée d'occupation du sol et la base de données des équipements lumineux de Nantes Métropole. Y sont associés:

- les zones à urbanisation future qui intersectent la trame noire théorique et dont l'occupation du sol actuelle peut être favorable pour les espèces;
- les corridors écologiques (actuels et potentiels) de l'Orientation d'Aménagement et de Programmation (OAP) TVB.

Méthode de détermination des enjeux par espèces et groupes d'espèces

Lorsque les données sont disponibles, le travail sur les espèces permet in fine la préconisation de mesures réellement adaptées et pertinentes pour chaque groupe considéré, comme évoqué plus haut dans cette fiche.

En premier lieu, il convient d'identifier les espèces nocturnes présentes (espèce dont tout ou partie du cycle de vie est dépendant de l'obscurité et perturbé par la lumière artificielle). Il faut identifier également celles qui transitent à proximité du secteur considéré (commune, quartier, rue faisant l'objet d'une réflexion sur la question de l'éclairage, etc.).

L'identification de ces espèces nocturnes peut être obtenue par différentes approches:

- l'analyse des données et cartes existantes, disponibles dans les bases de données administrées par l'Etat (ex.: INPN), des associations/organismes de protection et/ou de connaissance de l'environnement (ex.: Conservatoires botaniques, LPO, CEN, etc.), ou auprès de personnes ressources. Certaines espèces végétales constituant l'habitat ou la ressource alimentaire parfois exclusive de certaines espèces animales, plusieurs sources de données peuvent utilement être croisées.
- l'acquisition de données grâce à des inventaires spécifiques, en faisant appel aux bureaux d'études naturalistes locaux et/ou aux organismes cités précédemment. Il existe des financements spécifiques pour des démarches d'Atlas de la Biodiversité Communale (ABC), outils qui peuvent intégrer la question de la biodiversité nocturne. L'Office Français de la Biodiversité soutient financièrement des ABC.

Les données ainsi acquises pourront aussi être mobilisées par l'EPCI compétent lors de l'établissement ou de la révision du plan local d'urbanisme, et complétées sur la biodiversité diurne, pour être intégrées à la partie « évaluation environnementale » et dans le PADD (Projet d'Aménagement et de Développement Durable). Elles pourront également être valorisées dans des documents de planification portant sur des territoires plus larges (SCOT, SAR, SRADDET, etc.). Pour plus d'informations sur les possibilités de prise en compte des enjeux de biodiversité nocturne dans la planification, il faut se reporter à la fiche n° 02 relative aux outils de l'urbanisme mobilisables.

Il conviendra par ailleurs de déterminer les secteurs importants dans la partie nocturne de leur cycle de vie (ex.: lieux de gîtes, d'alimentation, corridors de déplacement) et de croiser cette analyse avec les zones éclairées.

L'importance d'élargir le regard

En termes d'analyse spatiale, il ne faut pas se limiter strictement au secteur considéré mais tenir compte également de la « zone d'influence ».

En effet, certaines espèces se déplacent la nuit pour s'alimenter, se reproduire ou rejoindre un site de repos, parfois sur de grandes distances. Un secteur très éclairé, dont elles sont absentes aujourd'hui, pourrait les accueillir ou les (re)voir transiter à l'avenir, sous réserve de leur prise en compte dans la rénovation du parc d'éclairage.

Il faut aussi considérer l'impact de la pollution lumineuse à distance de la source lumineuse: selon sa configuration/ technologie/ puissance, un point lumineux peut par exemple attirer des insectes à plusieurs centaines de mètres, voire des kilomètres. Une réflexion est donc nécessaire sur la perception des futurs points lumineux depuis les zones voisines du projet, en particulier depuis les zones naturelles et agricoles, les surfaces en eau, les points hauts ou bas (régions montagneuses), etc.

Il faut aussi considérer que la perception du dispositif d'éclairage est propre à chaque espèce et est souvent très éloignée de la perception humaine (plus forte sensibilité, spectre perçu et points de vue différents, etc.). L'étape de caractérisation des éléments d'occupation du sol, d'habitats et de continuités écologiques ainsi que des espèces associées doit, à ce stade, être croisée avec les impacts de la pollution lumineuse sur les espèces considérées. En découleront des préconisations de gestion adaptée.

Des besoins d'éclairage à déterminer

La définition des besoins en éclairage et le dimensionnement d'une installation varient en fonction d'un nombre important de paramètres, dont:

- l'usage du site à éclairer (sport ou loisir, déplacement piéton ou automobile, mise en valeur de patrimoine, zone commerciale, résidentielle...);
- l'emplacement du site (centre urbain, zone peu peuplée, chaussée ou trottoir, parking, etc.);
- les caractéristiques du matériau qui est éclairé (enrobé, béton ou façade, terre battue, sable) et notamment la manière dont il réfléchit la lumière;
- l'heure de la soirée ou de la nuit (début de soirée, milieu ou fin de nuit), et l'activité humaine qui correspond à ces périodes;
- l'environnement lumineux (les zones à proximité d'un secteur très éclairé paraissent plus sombres);
- les objectifs de réduction de consommation énergétique;
- la fonction principale qu'on souhaite donner à l'éclairage (fonctionnelle, mise en valeur, cheminements piétons...);
- la réglementation, notamment la loi biodiversité (« Il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde [...] de l'environnement, y compris nocturne ») et l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses, etc.

La nécessaire prise en compte des cycles biologiques

La dimension temporelle est particulièrement importante à prendre en compte pour certaines espèces sensibles à l'éclairage:

 la saisonnalité (ex.: période de reproduction chez les amphibiens, où ils se déplacent sur des distances importantes; migration de certains poissons, oiseaux, etc.);









À chaque usage ses besoins en éclairage : installation sportive, zone portuaire, éclairage routier

 la temporalité, car certaines phases, comme l'aube et le crépuscule, sont des périodes charnières « chronotones » (d'après Sordello, 2018) avec des pics d'activité pour de nombreuses espèces.

Une modulation temporelle de l'éclairage peut ainsi permettre d'éclairer certains secteurs à enjeux, à des périodes de moindre sensibilité (cf. exemple évoqué page 8 des Nuits sans lumière à La Réunion).

PNR du Gâtinais

Dans le Parc Naturel Régional du Gâtinais, en période estivale, l'éclairage public de certaines communes n'est pas allumé du tout, considérant l'heure tardive de l'obscurité, les enjeux de biodiversité élevés à cette époque, et les besoins humains moins importants si tard en soirée.

Avec les nouvelles technologies, une modulation de l'intensité lumineuse est également facilitée en fonction de l'heure de la nuit (cf. fiche n° 06 sur les modes de gestion de l'éclairage, à paraître).

Le Schéma Directeur d'Éclairage: un outil qui permet de croiser planification de l'éclairage et enjeux de biodiversité

Lors de la mise en place ou de la rénovation d'un parc d'éclairage, une hiérarchisation des besoins en éclairage artificiel peut être établie par la réalisation d'un schéma directeur d'éclairage (cf. fiche n° 02

sur les outils de planification mobilisables), schéma volontaire qui représente la première couche de représentation des zones éclairées et à éclairer. Ce SDE peut être établi en intégrant les enjeux de biodiversité, et proposer des actions sur les couleurs/ températures de lumière, temporalité, etc.

L'objectif n'est pas d'éteindre l'éclairage artificiel dès que la biodiversité est présente, mais de hiérarchiser les secteurs et les besoins d'éclairage en intégrant ce paramètre (concertation en fonction des enjeux et des usages).

L'éclairage public est conçu en tenant compte des besoins humains, exemples:

- une faible densité de points lumineux en zone peu peuplée;
- des hauteurs de mâts plus faibles en zone piétonne;
- un éclairage puissant sur un terrain de tennis extérieur en soirée.

De la même manière, il serait vertueux de tenir compte des espèces animales et végétales impactées par cet éclairage artificiel, pour les espèces présentant un enjeu de conservation très fort (espèces patrimoniales, en voie de disparition, etc.) comme pour la biodiversité ordinaire sensible aux nuisances lumineuses.

À retenir

Les espèces se sont adaptées depuis toujours à l'alternance jour/nuit. Tout éclairage artificiel aura un impact sur le vivant.

Des espèces sensibles à l'éclairage peuvent n'utiliser que certaines parties d'un territoire considéré, et nécessiter des adaptations spécifiques de l'éclairage (technologie, spécificités techniques de l'installation, aménagements de l'environnement du point lumineux, horaires, etc.). Une réflexion sur un éclairage respectueux de l'environnement devra donc se baser autant que possible sur

un inventaire local des espèces sensibles à l'éclairage (ou sur une analyse des données existantes et une évaluation de la potentialité des milieux). Cette réflexion devra tenir compte de l'utilisation du territoire par ces espèces en fonction des cycles journaliers (ex. :lieu de repos vers lieu d'alimentation) et des cycles annuels (ex.: lieu d'hivernage vers lieu de reproduction). Elle devra également se baser sur une étude à large échelle des possibilités de déplacements offertes à la faune (continuités écologiques).



Références bibliographiques ••• -

- F. HOLKER, C. WOLTER, E. K. PERKIN et K. TOCKNER, 2010 : Light pollution as a biodiversity threat. Trends in ecology & evolution, 25(12):681-682.
- J.P SIBLET, 2008 : Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité, synthèse bibliographique. Rapport MNHN-SPN /MEEDDAT n°8: 28 p.

Insectes

- G. EISENBEIS, 2002: Artificial night lighting and insects in Germany. Conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting.
- D. KOLLIGS, 2000 : [Conséquences écologiques des sources artificielles de lumière sur les insectes nocturnes, en particulier les papillons (Lepidoptera)]. (en allemand) Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Suppl 28: 1-136.
- G. EISENBEIS, 2006: Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. Pp. 281-304, in Ecological consequences of artificial night lighting (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press: Washington D.C., 458 pp.
- A.C.S OWENS, S.M. LEWIS, 2018: The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. Ecol Evol. 2018;00:1-22.
- A. BARGHINI, B.A.S de MEDEIROS, 2012 : UV Radiation as an Attractor for Insects. Leukos Vol 9 n°1 July 2012 -47-56.

Oiseaux

- C. MUSTERS et al. (2009).— The Effects of Coloured Light on Nature. Institute of Environmental Sciences. Leiden University. 43 pp.
- A. RUSS., 2015. Seize the night: European Blackbirds (Turdus merula) extend their foraging activity under artificial illumination. Journal of Ornithology, Vol. 156, pp.123-131

- D. DOMINONI et al., 2013. Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (Turdus merula). Frontiers in Zoology 2013, 10:60
- I. BYRKJEDAL et al., 2012.Do passerine birds utilise artificial light to prolong their diurnal activity during winter at northern latitudes? Ornis Norvegica (2012), 35:
- M. LE CORRE et al., 2002. Light-induced mortality of petrels: a 4-year study from Réunion Island. Biological Conservation. Numéro 105. Pages 93-102.
- T. RAAP et al., 2016. Artificial light at night disrupts sleep in female great tits (Parus major) during the nestling period. Environmental Pollution 215:125-134
- G. SHOUP, 1918. Artificial Lighting of Poultry Houses in Washington. Journal of the American Association of Instructors and Investigators of Poultry Husbandry. Vol 4, Issue 6, pp. 44-47
- B. BRUDERER et al., 1999. Behaviour of migrating birds exposed to X-band radar and a bright light beam. Journal of Experimental Biology. Numéro 202. Pages 1015-1022.
- W. SQUIRES, H. Hanson, 1918. The Destruction of Birds at the Lighthouses on the Coast of California. The Condor, Vol. 20, Issue 1, pp 6-10

Mammifères terrestres

- M. DROUGLAZET, 2016. Élaboration d'un protocole d'étude de l'impact de l'éclairage artificiel sur les déplacements des mammifères terrestres nocturnes. PNR des Causses du Quercy, rapport de M2. 114 pages.
- M.CIACH et al., 2019. Ungulates in the city: light pollution and open habitats predict the probability of roe deer occurring in an urban environment. Urban Ecosystems 22:513-523
- MEB-ANPCEN, 2015. Éclairage du 21e siècle et biodiversité. Les cahiers de Biodiv'2050 : Comprendre. 72 pages



- J. BROWN, 1988. The effects of owl predation on the foraging behavior of desert rodents. Oecologia (1988) 76:408-415
- B. BIRD, 2004. Effects of Coastal Lighting on Foraging Behaviorof Beach Mice. Conservation Biology 18(5):1435
 - 1439
- R. OBRTEL & V. HOLISOVA (1981).- The Diet of Hedgehogs in an Urban Environment. Folia. Zool.30 (3): 193-201.

Chiroptères

- AZAM C. et al. (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 10. Pages 2471-2483.
- J. HALE et al., 2015. The ecological impact of city lighting scenarios: exploring gap crossing thresholds for urban bats.Global Change Biology (2015)21, 2467–2478
- N. DOWNS et al.., 2003, The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of Pipistrellus pygmaeus, Biological conservation, Vol. 111, pp. 247-252.
- S. BOLDOGH et al. (2007). The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. Acta chiropterologica. Vol.9. N° 2. pp.527-534.
- E. STONE et al.. (2009). Street lighting disturbs commuting bats. Current biology. Numéro 19. Pages 1123-1127.

Poissons

- T. DAVIES et al., 2015 Nighttime lighting alters the composition of marine epifaunal communities. Biology Letters, vol. 11
- A. BARDONNET, 2005. Recruitment abundance estimation: Role of glass eel (Anguilla anguilla L) response to light

Amphibiens reptiles

 K. DANANAY, M. BENARD, 2018. Artificial light at night decreases metamorphic duration and juvenile growth in a widespread amphibian. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 285(1882)

- B. WITHERINGTON & R. MARTIN, 1996. Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches. Florida Marine Research Institute Technical Report TR-2. 3ème réédition, 2003.
- R. VAN GRUNSVEN et al.., 2017, Behaviour of migrating toads under artificial lights differs from other phases of their life cycle, Amphibia-Reptilia, Vol. 38, pp. 49-55.
- S. WISE & B. Buchanan, 2006. The influence of artificial illumination on the nocturnal behavior and physiology of salamanders: studies in the laboratory and field. Chapter 10 in Rich, C. and T. Longcore (Eds). Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Island Press; pp. 221-251.
- G. PERRY et al., 2008. Effects of night lights on urban reptiles and amphibians.the Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Urban Herpetology. 3, pp. 239-256

Flore

- E. KNOP et al., 2017. Artificial light at night as a new threat to pollination. Nature. Volume 548. Pages 206-209.
- R. FFRENCH-CONSTANT et.al, (2016). Light pollution is associated with earlier tree budburst across the United Kingdom. Proceedings of the Royal Society. Vol. 283.

Recommandations

- M. ZEALE et al., 2018. Experimentally manipulating light spectra reveals the importance of dark corridors for commuting bats. Glob Change Biol. 2018;24:5909–5918.
- SORDELLO R. (coord.), AMSALLEM J., AZAM C., BAS Y.,
 BILLON L., BUSSON S., CHALLEAT S., KERBIRIOU C., LE VIOL
 I., N'GUYEN Duy-Bardakji B., VAUCLAIR S., VERNY P. (2018).
 Construire des indicateurs nationaux sur la pollution
 lumineuse. Réflexion préliminaire. UMS PatriNat, Cerema,
 CESCO, DarkSkyLab, IRD, Irstea. 47 pages.
- R. SORDELLO et al., 2014. Effet fragmentant de la lumière artificielle. Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment peuvent-ils être pris en compte dans les réseaux écologiques? Muséum National d'Histoire Naturelle. Rapport SPN 2014 50, 32 pages.

Série de fiches « AUBE »

Fiche chapeau	Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage
Fiche n° 01	Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire
Fiche n° 02	Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels
Fiche n° 03	Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité
Fiche n° 04	Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses
Fiche n° 05	Normes, réglementations et recommandations en éclairage public (à paraître)
Fiche n° 06	Concevoir et gérer une installation d'éclairage pour limiter la pollution lumineuse (à paraître)
Fiche n° 07	Moduler l'éclairage artificiel : acceptabilité sociale et responsabilités de chacun (à paraître)
Fiche n° 08	Financer un projet d'éclairage intégrant biodiversité et sobriété énergétique (à paraître)

Mots clés

Pollution lumineuse, éclairage, faune, flore, impact, aménagement, planification, trame noire.



Contributeurs • • • -

Rédacteurs: Samuel Busson et Jean-François Bretaud (Cerema), avec l'appui de Romain Sordello (UMS Patrinat).

Relecteurs: Romain Sordello (UMS Patrinat), Hélène Foglar (Athena-Lum), Clarisse Paillard (Nantes Métropole), Céline Villa (Ifsttar), Pauline Chevalier (Métropole Nice Côte d'Azur), Baptiste Faure (Biotope).

Maquettage Cerema Territoires et ville Service édition

> **Impression** Jouve-Print Mayenne



biodiversite.eclairage@cerema.fr

Photos et illustrations

Cerema/Jean-François Bretaud Cerema/Samuel Busson

Date de publication Septembre 2020

ISSN: 2417-9701 2020/24

Commander ou télécharger nos ouvrages sur

www.cerema.fr

© 2020 - Cerema La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

préalable du Cerema.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Glossaire ••• -

ABC: Atlas de la biodiversité communale

ANPCEN: Association nationale pour la protection du ciel et de l'environnement nocturnes

AOT: Autorisation d'occupation temporaire **CEN**: Conservatoire des espaces naturels

CNRS: Centre national de la recherche scientifique

DPM: Domaine public maritime

EPCI: Établissement public de coopération intercommunale

INPN: Inventaire national du patrimoine naturel

LED: Diode électroluminescente

LPO: Lique de protection des oiseaux

MNHN: Muséum national d'histoire naturelle

PADD: Plan d'aménagement et de développement durable

PLU: Plan local d'urbanisme

SAR: Schéma d'aménagement régional SCoT: Schéma de cohérence territoriale

SDE: Schéma directeur d'éclairage

SRADDET: Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires

TVB: Trame verte et bleue

ULR: Upward light ratio (représente le rapport du flux sortant des luminaires qui est émis dans l'hémisphère supérieur par rapport au flux total sortant des luminaires, lesquels étant dans leur position d'installation).

UV: Ultra violet



AUBE

Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage

Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels

La série de fiches
« AUBE » incite à
concevoir l'éclairage
différemment, par
l'intégration conjointe
des enjeux de
biodiversité, d'usage et
d'économie d'énergie.
Elle décrypte aussi
l'arrêté ministériel du
27 décembre 2018
portant sur les
nuisances lumineuses
afin de vous aider dans
sa mise en œuvre.

Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels. Une fois le diagnostic des enjeux réalisé (fiche n° 01) et au-delà de l'application de la réglementation (fiche n° 04) et des normes (fiche n° 05 à paraître) relatives à l'éclairage, la collectivité dispose de nombreux outils qui peuvent être mobilisés pour mieux prendre en compte la biodiversité nocturne dans l'aménagement de son territoire, et ce sur de multiples thématiques et à différentes échelles:

- des documents de cadrage, schémas régionaux, stratégies et chartes qui fixent des orientations sur des territoires importants: schéma régional de l'aménagement, du développement durable et de l'égalité des territoires (SRADDET), stratégie régionale pour la biodiversité (SRB), chartes de parc naturel régional (PNR) ou de parc national, schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE);
- des outils de planification territoriale et de l'urbanisme: schéma de cohérence territoriale (SCoT) et plan local d'urbanisme (PLU(i));

Collection Connaissances

 des outils contractuels qui permettent de mobiliser des partenaires sur la base du volontariat: contrat de transition écologique (CTE), autorisation d'occupation temporaire du domaine public (AOT), obligation réelle environnementale (ORE);

 des outils de planification des politiques énergétiques (plan climat air énergie territorial - PCAET) et de l'éclairage (schéma directeur de l'éclairage - SDE).

Cette fiche présente les modalités de mobilisation de ces différents outils dans un objectif de réduction de la pollution lumineuse et de ses impacts sur la biodiversité, illustrés par des cas concrets lorsque les ressources documentaires le permettent.

Fiche n° 02 - Septembre 2020



Intégrer la problématique de la pollution lumineuse et des continuités écologiques nocturnes dans les documents de cadrage, stratégies et chartes

Ces documents, élaborés par ou avec les collectivités et approuvés par l'État, planifient l'aménagement et/ou le développement du territoire à grande échelle (d'un ensemble de communes à une région). Ils doivent être pris en compte dans les documents de rangs inférieurs, voire fixent les règles dans l'aménagement du territoire, et permettent ainsi l'intégration croisée d'enjeux contribuant à sa résilience.

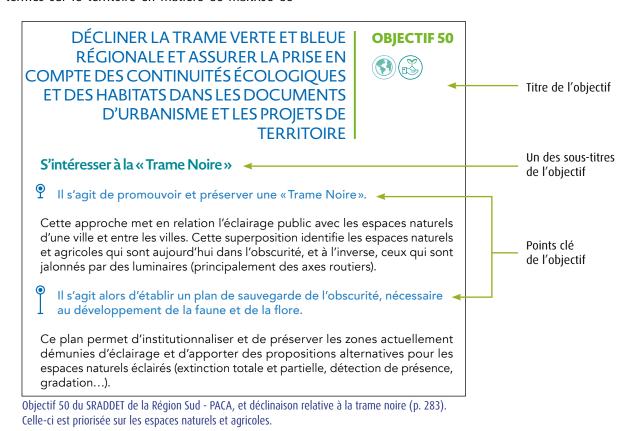
Dans le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET)

Le SRADDET, document de planification à l'échelle régionale, précise la stratégie, les objectifs et les règles générales fixés par la Région dans plusieurs domaines de l'aménagement du territoire.

Il fixe notamment les objectifs de moyen et long termes sur le territoire en matière de maîtrise de l'énergie, de protection et de restauration de la biodiversité. Sur ce dernier volet, la compétence du SRADDET se traduit en particulier par la déclinaison régionale de la trame verte et bleue, par intégration de l'ancien « Schéma Régional de Cohérence Écologique » (SRCE), dont certains exemplaires régionaux intégraient dès 2015 la problématique des espèces nocturnes¹.

Dans le SRADDET, les enjeux de biodiversité nocturne peuvent :

- figurer dans le rapport, qui contient un « diagnostic territorial » très général et dont les objectifs sont opposables (ex.: la prise en compte de la biodiversité nocturne);
- être retranscrits dans les règles au sein du fascicule (ex.: règle orientée vers la prise en compte des enjeux de biodiversité nocturne dans les documents de rangs inférieurs).



¹ Voir le bilan réalisé à ce sujet par Romain Sordello, SPN/MNHN, dans notre rubrique « Pour aller plus loin » en dernière page

Les objectifs et les règles générales du SRADDET doivent prendre en compte les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques (ONTVB) (mises à jour par décret n° 2019-1400 du 17 décembre 2019). Ces ONTVB font référence à plusieurs reprises aux problématiques de pollution lumineuse.

Elles rappellent que la pollution lumineuse peut être un obstacle aux continuités écologiques, dont il faut les préserver; indiquent que la TVB doit permettre de maîtriser l'urbanisation, l'implantation des infrastructures et d'améliorer la perméabilité des infrastructures existantes en intégrant des problématiques connexes à l'urbanisation, notamment les pollutions lumineuses. Parmi les dix lignes directrices qu'elles définissent pour la mise en œuvre de la TVB, la 9e s'intéresse à sa traduction dans les projets d'aménagement et invite à considérer, dans les projets d'infrastructure, les effets diffus liés à ceux-ci et notamment la pollution lumineuse. Elles indiquent enfin que le diagnostic devant mener à l'élaboration d'une TVB régionale devra produire une analyse des interactions positives et négatives entre biodiversité et activités humaines, et notamment sur l'urbanisation et ses effets connexes (dont la lumière artificielle nocturne).

Ils peuvent aussi figurer au sein d'annexes obligatoires (mais non opposables), dont les suivantes sont susceptibles de comporter des éléments relatifs à la trame noire:

- dans le diagnostic thématique biodiversité, et dans l'état initial de l'environnement et des enjeux environnementaux, partie de l'évaluation environnementale du SRADDET.
- les trames noires peuvent être intégrées dans la présentation des continuités écologiques retenues pour constituer la trame verte et bleue (TVB) régionale (et figurer dans l'atlas cartographique de cette trame) si elles étaient identifiées dans le SRCE; à défaut, elles pourront y être intégrées lors des futures révisions du SRADDET.

Enfin, les actions spécifiques au maintien voire à la restauration des trames noires peuvent être proposées:

- dans la stratégie régionale (très générale, qui figure dans le corps du SRADDET);
- et surtout au sein des règles générales (opposables) présentées dans le fascicule; elles

peuvent aussi prendre la forme de mesures d'accompagnement de ces dernières (mesures non opposables mais servant à préciser les règles).

Exemple

Règle sur la restauration des continuités écologiques et mesure d'accompagnement plus spécifique sur la trame noire.

ACTION 16. Ouvrir le champ de la recherche, du développement et de l'expérimentation sur de nouvelles solutions

Cette action a pour cible principale les acteurs suivants: universités, organismes de recherches, services de l'État et collectivités.

Piste d'action 16.6. Développement ou approfondissement de nouvelles recherches sur les différentes trames :

Trame nuit: création ou test de diagnostic des éclairages urbains, analyse des impacts et valorisation de ces résultats comme éléments de porter à connaissance susceptibles d'éclairer les décisions sur le développement des éclairages des monuments naturels ou architecturaux et le prochain schéma.

Action 16.6 du SRCE PACA relative à une « trame nuit », SRCE repris dans une annexe obligatoire du SRADDET

Pour la mise en œuvre du SRADDET (donc par exemple pour la mise en œuvre de ses objectifs en matière de biodiversité), la Région peut par ailleurs conclure, si elle le souhaite, une convention avec un ou plusieurs établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre, un pôle d'équilibre territorial et rural ou une collectivité à statut particulier. Cette convention, qui précise les conditions d'application du SRADDET au territoire concerné, peut par exemple être l'occasion de faciliter la prise en compte de la biodiversité nocturne.

Exemple

En Région Grand Est, des appels à projets peuvent ainsi permettre d'établir ces conventions et d'attribuer des financements aux collectivités ou autres acteurs pour des actions portant sur la TVB.

Dans la Stratégie Régionale pour la Biodiversité (SRB)

En 2004, la France s'est dotée d'une stratégie nationale de la biodiversité dont l'objectif était d'inscrire la biodiversité dans tous les champs des politiques publiques. La loi Grenelle 1 a ensuite lancé l'application d'une stratégie régionale pour la biodiversité dans certaines régions, étendue à toutes les régions dans le cadre de la loi biodiversité du 8 août 2016.

La SRB a pour objectif de faire de la biodiversité un enjeu majeur des politiques de développement du territoire régional. Plusieurs enjeux y sont abordés tels que la préservation des espèces et habitats à forte responsabilité régionale. La préservation des continuités écologiques dont une trame favorable à la biodiversité nocturne en fait partie.

Exemple

La SRB Île-de-France (www.arb-idf.fr/sites/arb-idf/files/document/article/strategie-regionale-biodiversite-idf-2020-2030.pdf) adoptée le 21 novembre 2019, comprend différentes actions qui portent sur la lutte contre la pollution lumineuse et le développement de la trame noire, et notamment l'action A1 (p22 du document), mais aussi les actions C2 (p45), C3 (p47) et D2 (p57).

Dans la Charte de Parc Naturel Régional (PNR)

« La charte d'un PNR est le contrat qui concrétise le projet de protection et de développement durable élaboré pour son territoire. Après avoir été soumise à enquête publique, elle est approuvée par les communes constituant le territoire du Parc, la (ou les) Région(s) et Départements concernés, les partenaires socioprofessionnels et associatifs.

Elle permet d'assurer la cohérence et la coordination des actions menées sur le territoire du Parc par les diverses collectivités publiques. (...) Elle fixe les objectifs à atteindre, les orientations de protection, de mise en valeur et de développement du Parc, ainsi que les mesures qui lui permettent de les mettre en œuvre. » (source: site internet de la fédération des PNR).

Un certain nombre de PNR ont inclus des actions spécifiques à la pollution lumineuse et/ou aux trames noires, selon plusieurs entrées: efficacité énergétique, protection de la biodiversité, protection et valorisation touristique des paysages nocturnes, etc.

Exemple

La Charte du PNR des Baronnies Provençales (2011) définit différentes mesures traitant de pollution lumineuse et de qualité du ciel nocturne, et notamment:

I.1.4 Soutenir une gestion de l'espace favorable à la biodiversité et à la fonctionnalité des milieux

Améliorer les éclairages publics (diminution des puissances, incitation à l'extinction nocturne), afin de préserver la qualité du ciel nocturne, de réduire la pollution lumineuse impactant la faune nocturne (oiseaux, chiroptères, insectes, etc.).

des Baronnies

provencales

II.2.1 Promouvoir par l'éveil des sens, une « destination nature » qui a du sens

Faire émerger une pratique nocturne du territoire et de ses patrimoines, moyen original et qualité naturelle à valoriser, par l'approche de l'astronomie, de l'art, de l'éclairage, de la compréhension du paysage et de la nature de nuit. Une telle pratique doit s'appuyer sur une politique de préservation du ciel noir contre la pollution lumineuse.

Dans la rubrique « Engagements des partenaires », il est par ailleurs précisé que « les communautés de communes et les communes s'engagent à mettre en œuvre un urbanisme concentré qui limite la pollution lumineuse liée au mitage. »

Dans la Charte de Parc National

Le site www.parcnationaux.fr donne la définition suivante: « La charte d'un parc national est un document écrit issu de la concertation avec les communes et les acteurs du territoire. Il a pour objectif de traduire la continuité écologique et l'existence d'un espace de vie qui comprend « le cœur », espace naturel soumis à une réglementation visant à le préserver et « l'aire d'adhésion » constituée des communes dont les territoires sont situés autour du cœur. La charte vise également à fédérer les engagements de chaque collectivité signataire autour d'un projet de développement durable. »

Certaines chartes de parcs nationaux contiennent des engagements relatifs aux questions d'éclairage public et de leurs impacts sur l'environnement, notamment la charte du Parc national des Cévennes (2013) (extrait): « Les 10 engagements forts des communes/ Engagements collectifs :

Engagement n° 7: Engager une réflexion sur l'amélioration des consommations et des impacts de l'éclairage public (mesure 431) »

Entre temps, le Parc des Cévennes a porté le projet et est devenu le cœur d'une Réserve internationale de ciel étoilé (RICE), et s'est doté d'un guide de l'éclairage bien plus ambitieux. Celui-ci a vocation à présenter les principales orientations du plan de gestion de l'éclairage élaborées par l'équipe projet pour obtenir le label.



Dans le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) et les contrats « eau et climat »

Le SAGE, déclinaison du schéma directeur d'aménagement et gestion des eaux (SDAGE) à une échelle plus locale, fixe les règles générales pour les usages de l'Eau et la gestion des milieux aquatiques à l'échelle du sous-bassin hydrographique (ou d'un autre périmètre).

Le SAGE est constitué de deux documents principaux :

- le Plan d'aménagement et de gestion durable (PAGD) qui définit les enjeux, les objectifs de protection (objectifs opposables au SCoT, et, en l'absence de SCoT, au PLU ou document en tenant lieu, ou carte communale) et les dispositions;
- le règlement et l'atlas cartographique. Le règlement fixe les règles d'application des exigences du SAGE dans le domaine de l'eau. Il est opposable aux tiers et toute décision ou projet doivent être conformes au règlement.

Face aux faibles retours d'expérience de SAGE qui traiteraient du sujet de la pollution lumineuse, il est difficile de lister des recommandations. Toutefois, les dispositions et les règles qui s'appliquent à la trame bleue sont transposables à la trame noire dans le cas où une pollution lumineuse est identifiée sur le territoire avec un impact important sur les continuités écologiques aquatiques et/ou sur les espèces qui leur sont inféodées (poissons, amphibiens, certains insectes, reptiles, mammifères aquatiques et volants...).

La trame noire contribue à la fonctionnalité des milieux aquatiques et des zones humides. On pourrait ainsi envisager dans des SAGE les objectifs suivants: «contribuer à la définition et à la continuité des trames bleue, verte, noire», «préserver les vallées, cours d'eau et habitats rivulaires», «restaurer la continuité écologique» avec renvoi aux articles de règlement qui pourraient encadrer «l'implantation d'installations, ouvrages, travaux ou activités entraînant la destruction d'habitats (aquatiques et rivulaires) et espaces de fonctionnalité pour la faune aquatique d'intérêt patrimonial et particulièrement touchée par la pollution lumineuse ». Il s'agirait de retranscrire l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses (cf. fiche n° 04), dont l'article 4.V interdit l'éclairage direct des surfaces en eau.

De manière opérationnelle, les objectifs du SAGE sont généralement repris dans les contrats « eau et climat » (anciens contrats de rivière). Animés par les agences de l'eau, ils planifient à l'échelle locale un programme d'actions répondant aux enjeux du territoire. C'est un outil souple, adaptatif, fédérateur pour inscrire dans la durée les actions d'adaptation au changement climatique.

Le 11° programme « Eau et Climat (2019-2024) » de l'agence de l'eau Seine Normandie focalise notamment son action sur les thèmes suivants en matière de biodiversité:

- préserver les trames vertes et bleues (les continuités des espaces naturels et aquatiques dans les bassins versants);
- restaurer et protéger les habitats essentiels pour la diversité des espèces des milieux aquatiques et des zones humides.

Le sujet de la trame noire semble avoir toute sa place dans a minima deux des actions phare du programme « eau et climat ».

À retenii

les documents stratégiques à grande échelle permettent de mettre en avant les enjeux et ambitions liés à la biodiversité nocturne du territoire, pour qu'ils soient ensuite intégrés/ déclinés dans la planification, les plans d'action et contrats au niveau local.

Intégrer la problématique de la pollution lumineuse et des continuités écologiques nocturnes dans les documents d'urbanisme

Sont abordés ici les deux principaux types de documents d'urbanisme: le schéma de cohérence territoriale et le plan local d'urbanisme (SCoT et PLU/PLUI). Véritables vecteurs de projets de territoire, ces documents organisent à leurs échelles respectives l'aménagement de l'espace. Ils doivent viser à atteindre certains grands objectifs de l'urbanisme, parmi lesquels la préservation de la biodiversité, ainsi que la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques.

Le schéma de cohérence territoriale (SCoT) est un document d'urbanisme qui, à l'échelle d'un territoire de projet ou bassin de vie (périmètre intercommunal ou au-delà), détermine l'organisation spatiale et les grandes orientations de développement d'un territoire.

Le PLU(i) est un document d'urbanisme qui détermine les conditions d'aménagement et d'utilisation des sols. Il doit être compatible avec le SCoT.

SCOT et PLU(i) comprennent plusieurs pièces obligatoires dans lesquelles les questions de l'éclairage et de la pollution lumineuse peuvent être abordées, notamment au travers de la thématique de la trame verte et bleue (et sa déclinaison nocturne, la trame « noire »), mais aussi des sujets énergétiques et de ressources naturelles.

Remarque préalable: la prise en compte des enjeux de biodiversité nocturne dans les SCoT et PLU est rare et très récente. Il existe de fait peu d'exemples, et encore moins de jurisprudence sur le niveau d'ambition que l'on peut viser sur ce sujet. Nous proposons ci-après une lecture assez volontariste du code de l'urbanisme et des moyens qu'il nous semble proposer pour agir sur le sujet; nous ne pouvons cependant garantir que le juge souscrira à notre interprétation en cas de contentieux sur le document d'urbanisme.

Remarque 2 : Cette fiche ayant été rédigée avant la sortie de l'ordonnance de modernisation des SCoT du 17 juin 2020, elle n'intègre pas les modifications que cette dernière induit ; elle sera donc mise à jour fin 2020 pour intégrer ces évolutions. Il convient de noter que les évolutions prévues par cette ordonnance entreront en vigueur le 1er avril 2021. Elles ne s'appliquent pas aux procédures d'élaboration ou de révision des schémas de cohérence territoriale en cours à cette date.

Ces pièces sont notamment:

Le rapport de présentation (PLU/ PLUi et SCoT)

Le rapport de présentation, première pièce constitutive du PLU(i) et du SCoT, présente notamment le diagnostic du territoire concerné. Ce diagnostic traite entre autres des enjeux répertoriés en matière d'environnement, et notamment de biodiversité.

Pour le SCoT, et pour le PLU(i) soumis à évaluation environnementale, il s'agit d'analyser ici l'état initial de l'environnement et les perspectives de son évolution en exposant notamment, les caractéristiques des zones susceptibles d'être touchées de manière notable par la mise en œuvre de ce document d'urbanisme.

SCOT et PLU(i) doivent également expliquer dans ce rapport comment ont été retenus les choix du projet, et exposer la manière dont ils prennent en compte la préservation et la mise en valeur de l'environnement. Au titre de l'évaluation environnementale, il s'agit plus particulièrement d'analyser les incidences notables prévisibles de la mise en œuvre du SCOT/PLU(i) (soumis à évaluation environnementale) sur l'environnement, d'expliquer les raisons qui justifient le choix opéré au regard des solutions de substitution raisonnables et de présenter les mesures envisagées pour éviter, réduire et, si possible, compenser s'il y a lieu, les conséquences dommageables de la mise en œuvre du schéma sur l'environnement.

Le rapport de présentation constitue donc une opportunité pour appréhender les enjeux liés à la biodiversité nocturne (cf. fiche n° 01), pour objectiver les impacts du document d'urbanisme sur l'environnement, y compris ceux générés par l'éclairage artificiel induit par ce projet d'aménagement du territoire. La loi Biodiversité du 8 août 2016 a en ce sens souligné, en l'introduisant dans le code de l'environnement (C.E.), l'importance de cette dimension nocturne de l'environnement (en particulier des paysages):

- article L110-1 du C.E: (...) les paysages nocturnes (...) font partie du patrimoine commun de la nation.
- article L110-2 du C.E.: (...) Il est du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde et de contribuer à la protection de l'environnement, y compris nocturne.

Exemple

Dans la deuxième révision du SCoT des Vosges Centrales engagée le 29 avril 2019, le diagnostic territorial compris dans le rapport de présentation reprend des éléments relatifs aux enjeux de la trame noire et à la biodiversité nocturne tels que:

- une délimitation des zones à enjeux pour la biodiversité nocturne déclinées par groupes faunistiques sur la base des connaissances disponibles;
- la caractérisation de la pollution lumineuse sur le territoire à travers des données de radiance satellites en distinguant les conditions météorologiques « ciel couvert »/« ciel clair »;
- le croisement des zones à enjeux de la biodiversité nocturne et des zones les plus impactées par la pollution lumineuse, une mise en évidence de la fonctionnalité nocturne des corridors et des réservoirs de biodiversité traduite par la cartographie ci-dessous.

Cette connaissance des enjeux de biodiversité nocturne doit permettre à la collectivité d'arbitrer ses choix de développement en évitant et réduisant au maximum les impacts sur la biodiversité. Dans le rapport de présentation, l'explication des choix non retenus ainsi que la justification des choix retenus

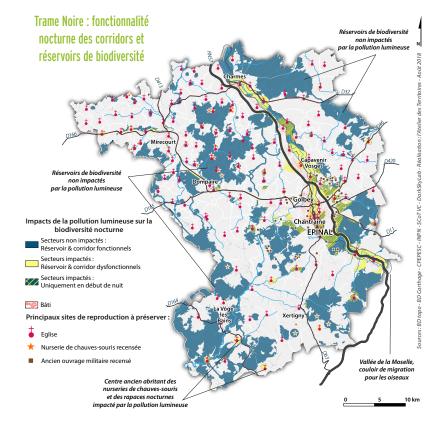
doivent permettre de mettre en avant la bonne mise en œuvre des séquences d'évitement et de réduction.

Le rapport de présentation pourra également rappeler le contexte réglementaire relatif aux nuisances lumineuses, et notamment l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 (cf. fiche n° 04). Ce rappel permettra d'appuyer la prise en compte de cette thématique dans les autres parties constitutives du PLU(i) ou du SCoT.

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durables (PADD) (PLU et SCOT)

Le PADD retranscrit le projet politique du territoire en matière d'urbanisme, d'aménagement, de paysage, notamment en matière de protection des espaces naturels et de préservation ou de remise en état des continuités écologiques retenues pour l'ensemble de l'EPCI ou de la commune (pour le PLU(i): art L141-4 et L151-5 du code de l'urbanisme).

Les collectivités et établissements compétents en matière de SCoT ou de PLU(i) peuvent donc inclure dans ce PADD des orientations générales de préservation et/ou de restauration de continuités écologiques nocturnes, c'est-à-dire des zones où l'obscurité doit être maintenue ou restaurée.



Carte de la trame noire, extrait du guide Mettre en Lumière l'Univers de la Nuit - Guide pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales Volume I: une Trame Noire pour le SCoT, page 37

Pour pouvoir être réellement intégrés, les enjeux de biodiversité nocturne et les orientations de préservation/restauration de ceux-ci doivent toutefois d'être retranscrits dans les autres pièces du document d'urbanisme, notamment dans ses parties opposables.

Le Document d'Orientations et d'Objectifs (DOO) (SCOT)

Seule partie opposable du SCoT, le DOO est le document qui permet de mettre en œuvre les orientations générales du PADD. Il fixe les orientations générales de l'organisation de l'espace et les grands équilibres entre les espaces urbains/à aménager, et les espaces naturels, forestiers et agricoles.

Sur le sujet de la trame noire, le DOO du SCoT des Vosges Centrales (précité) inclut les prescriptions suivantes:

- identifier et limiter les zones de conflits entre les réservoirs de biodiversité définis dans la trame verte et bleue et l'éclairage nocturne;
- identifier et rétablir autant que possible les corridors écologiques dysfonctionnels la nuit du fait de l'éclairage nocturne, perturbant les déplacements des espèces du fait de l'attraction ou de la répulsion des espèces aux sources lumineuses;
- prévoir des mesures d'ajustement de l'éclairage nocturne lorsque cela est possible, en particulier pour les corridors peu fonctionnels d'intérêt général;
- spécifier des mesures de prévention pour certaines espèces emblématiques spécifiquement impactées, comme les rapaces et les chiroptères, en prenant en compte l'heure du jour où l'activité de l'espèce est la plus intense.

En complément de ces prescriptions, ce DOO incite les collectivités à « limiter au strict minimum (voire interdire) l'éclairage public sur les espaces des corridors écologiques » et lorsqu'il est déjà implanté, « à privilégier la sobriété de l'éclairage (limitation des points lumineux et de la puissance installée) et à opter pour des lampadaires n'émettant pas de flux lumineux vers le ciel ».

Enfin, le DOO rappelle que les maires peuvent s'appuyer sur l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses (cf. fiche n° 04) qui réglemente certains paramètres techniques et de temporalité de l'éclairage public et privé et consulter la cartographie de la trame noire du territoire pour mettre en œuvre des mesures destinées à améliorer la fonctionnalité écologique au niveau des zones sensibles identifiées (à compléter par des investigations de terrain), et sur le guide pédagogique « pour une sobriété de l'éclairage public dans les Vosges Centrales » qui reprend des propositions d'actions.

Les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) (PLU, PLUi)

Opposables aux autorisations d'urbanisme dans un rapport de compatibilité (et non de conformité), les OAP déclinent de manière qualitative les ambitions de la collectivité en matière d'aménagement de l'espace. Elles peuvent notamment:

- définir les actions et opérations nécessaires pour mettre en valeur l'environnement, notamment les continuités écologiques, les paysages,
- comprendre des dispositions portant sur la conservation, la mise en valeur ou la requalification des éléments de paysage, (...), sites et secteurs qu'elles ont identifiés et localisés pour des motifs d'ordre (...) écologique » (articles L151-7 et R151-7 du code de l'urbanisme),
- prendre la forme de schémas d'aménagement et préciser les principales caractéristiques des voies et espaces publics (ce qui permet de s'intéresser, dans une certaine mesure, à la question de l'éclairage)...

De plus en plus de PLU(i) comportent des OAP portant sur la trame verte et bleue (TVB). Les corridors nocturnes et autres zones à enjeux de biodiversité nocturne identifiés dans l'état initial de l'environnement donnent lieu à des OAP, qui peuvent couvrir plusieurs thématiques liées à l'éclairage: sobriété énergétique, santé humaine et préservation de la biodiversité.

Ces OAP peuvent être de deux types:

• OAP sectorielles (sur des secteurs à aménager ou à mettre en valeur): ces OAP sectorielles peuvent contenir des orientations spécifiques à la protection de la faune nocturne (ex: bande tampon sans éclairage). Cette approche peut facilement être croisée avec celle de la qualité énergétique du secteur concerné.

Exemple

Sur plusieurs secteurs du PLU de Cébazan (34 - Hérault, approuvé en février 2019), les OAP sectorielles incluent des orientations pour limiter l'éclairage extérieur et l'éclairage public. « L'aménagement du secteur est susceptible d'engendrer l'utilisation d'éclairages nocturnes, créant une rupture pour des espèces lucifuges comme de nombreux chiroptères. Afin de ne pas créer de pollution lumineuse, il conviendra de limiter au maximum l'éclairage nocturne de la zone. Pour cela, les dispositifs d'éclairage seront équipés de faisceaux lumineux dirigés vers le bas et si possible d'intensité modérée ». Ces OAP sont illustrées par des schémas proposés à titre indicatif (préconisations) pour aider les porteurs de projets de construction et d'aménagement à adapter au mieux l'éclairage.

 OAP thématiques (s'appliquant à l'ensemble des projets du territoire sur un thème en particulier). Des orientations répondant aux enjeux de la trame noire peuvent par exemple facilement être intégrées dans des OAP sur les continuités écologiques ou dédiées à une espèce à enjeux, voire dans des OAP sur d'autres thématiques (l'énergie ou le paysage, par exemple).

Exemple

Le PLU de Saint-Louis (68 - Haut-Rhin, approuvé en décembre 2019) comprend une OAP thématique sur la TVB et la nature en ville. L'une des orientations de cette OAP est « d'ajuster l'éclairage pour préserver la trame noire », avec pour objectif d'adapter l'éclairage artificiel nocturne dans les réservoirs et corridors noirs, « afin de limiter ses impacts sur la nature pour favoriser la biodiversité nocturne et de réaliser des économies d'énergie, sans entraver la sécurité ni le confort des activités humaines ». Cette OAP prescrit que « dans les nouveaux projets, les éclairages seront limités au strict nécessaire et des dispositifs d'éclairage économiques seront mis en place afin de diminuer l'intensité lumineuse nocturne ».

Les OAP peuvent édicter des principes de traitement de voies ou d'espaces publics, qui peuvent éventuellement être complétées d'un schéma directeur d'éclairage, ce dernier s'appliquant en général sur les espaces et voies publiques (cf. chapitre *Outil de planification (SDE)* page 13).

Le Règlement (écrit et graphique) du PLU(i)

À la fois écrit et graphique (zonage), le règlement du PLU(i) fixe, en cohérence avec le PADD, les règles générales et les servitudes d'utilisation des sols. Ces règles sont opposables aux autorisations d'urbanisme.

Le code de l'urbanisme propose, pour cette partie du PLU(i), de nombreux outils à disposition des collectivités/établissements porteurs du PLU(i) pour faciliter la prise en compte des enjeux de biodiversité nocturne, notamment (mais pas uniquement) à travers les outils liés aux continuités écologiques (dont la trame noire fait partie).

Au niveau de la délimitation des zones urbaines (U), à urbaniser (AU), agricole (A) et naturelle et forestière (N), le règlement peut par exemple:

- classer préférentiellement en zone naturelle, forestière (N) ou en agricole (zone A si la vocation principale du secteur concerné est agricole) des espaces nécessaires au maintien de la biodiversité nocturne, les zones A et N étant « à protéger » selon le Code de l'urbanisme;
- prévoir dans ces zones des règles adaptées aux enjeux de la biodiversité nocturne.

Plus spécifiquement, sur la protection des continuités écologiques (dont les continuités écologiques nocturnes, ou « trames noires »), le règlement peut:

- · classer en espaces de continuités écologiques (dans le zonage) et assurer la protection réglementaire des éléments de la trame verte et bleue qui sont nécessaires à la préservation ou à la remise en bon état des continuités écologiques (article L113-29 du code de l'urbanisme -CU). Ce classement permet la mise en place d'un règlement spécifique dont les dispositions visent une remise en état de la TVB, et qui constituera une contrainte à intégrer par le demandeur de permis de construire dans la zone concernée. La contrainte peut par exemple viser une qualité d'éclairage minimale à respecter en termes d'impacts sur la biodiversité (température de couleur, orientation et puissance du flux, etc.), qui peut évoluer dans le temps en fonction de l'avancée des connaissances et des technologies sur le marché, voire des autres réglementations s'intéressant à ce sujet;
- dans les zones U du PLU(i), localiser les terrains cultivés et espaces non bâtis nécessaires au

- maintien des continuités écologiques à protéger et inconstructibles, quels que soient les équipements qui les desservent (art L151-23 CU);
- délimiter les sites et secteurs à protéger pour des motifs d'ordre écologique, notamment pour la préservation, le maintien ou la remise en état des continuités écologiques et définir les prescriptions de nature à assurer leur préservation (article L151-23 CU), voire définir des règles nécessaires à leur remise en état (R151-43 CU);
- prévoir des emplacements réservés (...) aux espaces nécessaires aux continuités écologiques (article L151-41 CU): la collectivité peut mobiliser cet article pour acquérir des terrains inclus dans une continuité écologique qu'elle souhaite maintenir ou restaurer.

Sur le sujet des ressources naturelles, l'article R151-31 prévoit que « Dans les zones U, AU, A et N, les documents graphiques du règlement font apparaître, s'il y a lieu », les secteurs où « les nécessités (...) de la préservation des ressources naturelles (...) justifient que soient interdites les constructions et installations de toute nature, permanentes ou non (...) ». L'article R151-34 reprend les mêmes éléments mais en permettant ici « que soient soumises à des conditions spéciales les constructions et installations de toute nature, permanentes ou non (...) ». On pourrait ici viser la préservation d'une ressource naturelle exploitée par l'homme (gibier, ressource halieutique par ex.) sensible à l'éclairage artificiel. Certains poissons migrateurs (saumons, anguilles) sont par exemple impactés par l'éclairage des cours d'eau.

Sur le sujet des performances environne- mentales, le PLU peut délimiter des secteurs dans lesquels le règlement du PLU(i) impose aux constructions, travaux, installations et aménagements de respecter des performances environnementales renforcées qu'il définit (article L151-21). Les performances énergétiques et environnementales ciblées devront ici concerner en premier chef les caractéristiques de l'installation d'éclairage en termes d'efficacité énergétique, mais pourraient également s'intéresser à la question de son impact sur la biodiversité, les éclairages les plus efficaces à ce jour en termes énergétiques n'étant pas les plus adaptés en termes d'impacts sur la biodiversité (cf. fiche n° 03).

Exemple

Le règlement du PLU(i) de Montluel (01 - Ain, approuvé en juin 2013) prescrit dans certaines de ces zones U que « l'éclairage public doit être économe en énergie et doit prendre en compte la gêne nocturne qu'il engendre pour la faune. »

Afin d'assurer un maximum de sécurité juridique à cette partie, il conviendra de s'assurer que toute mobilisation de ces articles dans le règlement trouve bien sa justification dans le rapport de présentation des éléments spécifiques à la biodiversité nocturne et dans le PADD qui aura donné des orientations en ce sens.

À retenir

les communes, intercommunalités et établissements compétents peuvent intégrer dans les différentes parties de leurs SCoT et/ou leurs PLU(i) des orientations voire des prescriptions relatives à l'éclairage artificiel.

En particulier, le règlement du PLU permet, au travers de plusieurs outils et de sa représentation graphique, de sectoriser les zones à enjeux de continuités écologiques et/ou de ressources naturelles du territoire et d'y imposer un certain nombre de critères d'aménagement et de performance au sein du règlement écrit,

voire limiter ou d'interdire les aménagements et installations, notamment les sources lumineuses et constructions, pouvant ainsi contribuer au maintien ou à la restauration des trames noires. Le respect de ces critères sera le cas échéant vérifié dans le cadre de l'instruction des autorisations d'urbanisme.

L'identification et la protection des continuités écologiques nocturnes peuvent constituer un axe important de réduction des pollutions lumineuses impactant la biodiversité.

Outils contractuels à disposition de la collectivité pour mobiliser en faveur de la biodiversité nocturne

Certaines collectivités volontaristes pourraient souhaiter mobiliser largement les acteurs de leur territoire en faveur d'actions de préservation de la biodiversité nocturne. Sont présentés ci-après trois outils contractuels, qui peuvent s'appliquer à des parties prenantes, partenaires et territoires variés.

Le Contrat de Transition Écologique (CTE)

Ce contrat entre une collectivité (EPCI, PETR) et l'État est une démarche volontaire en réponse à un appel à manifestation d'intérêt. Il permet la rencontre et la coopération de tous les acteurs concernés par le sujet de la transition écologique (collectivités, tissu économique, société civile), pour élaborer rapidement un programme d'actions opérationnelles de transition favorables à l'économie locale. Il n'apporte pas de financement dédié, mais bénéficie d'un accompagnement d'ingénierie par l'État, l'Ademe, le Cerema, l'OFB, la Banque des Territoires, etc.

L'inscription d'actions relatives à la trame noire dans un CTE peut constituer un bon moyen de lancer une dynamique et d'atteindre les objectifs fixés.

La Communauté d'Agglomération de Marne et Gondoire (77 - Seine-et-Marne) prévoit dans son CTE une action spécifique à la trame noire:

Orientation 2 - Promouvoir un cadre de vie énergétiquement sobre et respectueux de son environnement

Action 4 - Élaboration d'une trame noire
Une étude pour mieux connaître la pollution
lumineuse croisée avec celle sur la faune
nocturne du territoire pour préconiser des actions
de diminution et d'extinction de cette dernière
de certains secteurs du territoire.

Les Autorisations d'Occupation Temporaire du domaine public

L'occupation du domaine public (trottoirs, places, plage, bord de fleuve, etc.) par un commerce doit répondre à des conditions fixées par l'autorité administrative qui est en charge de sa gestion, généralement la commune. Quand l'occupation concerne le domaine public maritime, sauf en cas de délégation, c'est la préfecture qui est l'autorité compétente en

termes d'autorisation. Cette occupation nécessite une autorisation d'occupation temporaire (AOT) du domaine public, qui prend la forme d'un arrêté, et entraîne le paiement d'une redevance.

Ainsi, les commerçants/restaurateurs qui occupent une partie du trottoir, mais également qui exploitent la partie terrestre du domaine public maritime ou fluvial pour une terrasse, etc. sont soumis à une autorisation administrative à durée limitée dans le temps.

Il est possible d'intégrer des prescriptions relatives à l'éclairage dans ces AOT, par exemple en interdisant tout dispositif d'éclairage orienté ou perceptible depuis la plage ou le lagon. Ces dispositions pourraient avantageusement être mobilisées sur les littoraux où de nombreux hôtels et restaurants disposent de terrasses à proximité du rivage, en vue de réduire les nuisances que les éclairages de ces sites génèrent sur l'interface terre-mer.

À titre d'exemple, dans les zones de France métropolitaine où des espèces inscrites à la directive habitat/faune/flore réalisent une étape importante de leur cycle de vie (ex: ponte des tortues marines sur les plages), l'État français se doit d'assurer une qualité d'habitat de reproduction adaptée à ces espèces, et agir pour réduire les nuisances induites par les activités humaines, notamment l'éclairage (jurisprudence européenne s'appliquant en France métropolitaine, affaire C-103/00).

Les Obligations Réelles Environnementales (ORE)

Comme vu précédemment, les enjeux de biodiversité nocturne peuvent se manifester au sein des continuités écologiques nocturnes, corridors empruntés par les espèces mobiles qui se déplacent uniquement ou préférentiellement dans l'obscurité. La lumière artificielle constitue pour elles un obstacle parfois infranchissable (cf. fiche n° 01).

Or, ces continuités écologiques peuvent traverser des espaces publics, sur lesquels la collectivité peut intervenir directement, par exemple par une adaptation de l'éclairage public (réorientation du flux, changement de technologie, diminution de puissance, pose de cache, temporisation voire extinction, etc. cf. fiche n° 06 sur les modes de gestion de l'éclairage, à paraître). Elles peuvent également traverser des terrains privés.

Dans ce cas, pour appuyer l'action menée sur les espaces publics, il est nécessaire de trouver des outils et méthodes permettant de mobiliser les acteurs privés, de manière à apporter de la cohérence et tendre vers une préservation voire une reconstitution des continuités écologiques sur toute leur longueur, indépendamment du statut foncier ou de la maîtrise d'usage des terrains concernés.

Au-delà de la prise en considération « contrainte » de cette thématique via la planification de l'urbanisme (PLU/PLU(i), cf. chapitre *Intégrer la problématique de la pollution lumineuse* page 6) et la délivrance des AOT (cf. chapitre *Les Autorisations d'Occupation Temporaire du domaine public* page 11), un outil récent et d'application volontaire apparaît mobilisable sur ce sujet: il s'agit de l'obligation réelle environnementale (ORE), prévue à l'article L132-3 du code de l'environnement.

Cette ORE est un contrat librement consenti entre le propriétaire (public ou privé) d'un bien immobilier (terrain, bâtiment...) et un cocontractant, qui peut être la collectivité (mairie, communauté de communes, métropole, etc.), ou un établissement public, ou une personne morale de droit privé agissant pour la protection de l'environnement.

L'objet de ce contrat doit porter sur la protection de la biodiversité et des fonctions écologiques; la préservation ou la restauration d'une continuité écologique nocturne rentre donc dans ce cadre. Dans ce contrat, le propriétaire du bien immobilier (ex: une parcelle en bord de cours d'eau, des mares accueillant la reproduction d'amphibiens, un vieux bâtiment accueillant une colonie de chauvesouris, etc.) s'engage sur des obligations actives (obligations de mener des actions) et/ou passives (obligation de ne pas réaliser certaines actions) qu'il appliquera sur son bien, en contrepartie d'engagements pris par le cocontractant (ex: assistance technique/financière/matérielle), et d'une potentielle exonération de la part communale de la taxe sur foncier non bâti (qui doit être votée par la commune du bien immobilier concerné).

Ce contrat, dont la durée est librement définie et qui peut durer jusqu'à 99 ans, peut ainsi être proposé par la collectivité aux habitants possédant des terrains qui se situent dans une continuité écologique identifiée (par exemple dans le document d'urbanisme), et sur laquelle des opérations de préservation ou de restauration pourraient être envisagées. Dans le cas de la trame noire, il pourrait s'agir d'engager une réflexion et des actions pour réduire l'impact de l'éclairage extérieur des jardins (réduction ou suppression du nombre de points lumineux, modification de l'orientation des luminaires, de la technologie employée, application de caches sur les luminaires, etc..), l'implantation de masques de végétation en bordure de cours d'eau, etc.

La commune ou l'intercommunalité cocontractante pourrait porter assistance aux propriétaires concernés, via par exemple l'intervention des services espaces verts, du conseil technique, du suivi d'efficacité des actions, le financement d'actions dédiées, etc.

Une caractéristique intéressante de l'ORE est qu'elle est rattachée au bien immobilier, et non pas à la personne propriétaire de ce bien: elle sera donc transmise aux héritiers ou futurs acquéreurs du bien concerné, pendant la durée prévue par le contrat; ceux-ci seront ainsi tenus de respecter les obligations souscrites initialement, desquelles ils seront informés par le notaire lors de l'achat ou de la succession. L'ORE permet donc aux acteurs privés et publics de mener une action de long terme en faveur de l'environnement, et apparaît particulièrement adaptée pour mobiliser les propriétaires fonciers volontaires dans l'établissement d'une trame noire territoriale.

Pour en savoir plus sur ce dispositif: www.cerema.fr/fr/actualites/decouvrir-obligations-reelles-environnementales-ore

À retenir

Les collectivités peuvent, dans le cadre d'un CTE, engager une démarche partenariale en faveur de la biodiversité nocturne avec les acteurs privés et publics du territoire. Elles peuvent également proposer aux propriétaires privés localisés en zone à enjeux des ORE pour les accompagner dans la réduction de leurs impacts lumineux sur la faune nocturne. Enfin, les communes

ou préfectures qui délivrent des AOT à des commerçants ou personnes privées peuvent conditionner ces autorisations à des pratiques d'éclairage respectueuses des enjeux de biodiversité locaux, en encadrant par exemple la puissance, l'orientation, la technologie, la hauteur des dispositifs d'éclairage, etc.

Intégrer le sujet de la pollution lumineuse dans la planification énergétique et de l'éclairage

Les collectivités peuvent être compétentes sur les volets énergétiques et de l'éclairage public. Elles peuvent alors mobiliser les outils de planification dédiés à ces thèmes pour y intégrer des actions relatives à la lutte contre la pollution lumineuse et ses conséquences.

Politique locale de l'énergie: le plan climat-air-énergie territorial (PCAET)

Le PCAET est un outil de planification, à la fois stratégique et opérationnel, qui permet aux collectivités concernées d'aborder l'ensemble de la problématique air-énergie-climat sur leur territoire. Document programmatif, il doit être pris en compte dans les PLU(i), les documents en tenant lieu, les cartes communales...

Il comprend un diagnostic, une stratégie territoriale, un programme d'actions et un dispositif de suivi et d'évaluation. Lorsque la collectivité ou l'établissement public porteur exerce la compétence en matière d'éclairage, le volet du programme d'actions relatif au secteur tertiaire détaille les actions dédiées à la maîtrise de la consommation énergétique de l'éclairage public et de ses nuisances lumineuses.

Le diagnostic et le plan d'action pourront aller plus loin que les exigences réglementaires strictes, et s'intéresser au parc d'éclairage privé, et/ou à l'éclairage public dans sa globalité. L'EPCI ou un autre acteur local compétent sur la question pourra par exemple proposer une fiche-action de diagnostic énergétique et écologique du parc d'éclairage de différentes catégories d'acteurs, de la sensibilisation des gestionnaires d'éclairage, etc.

- La Communauté d'Agglomération de Marne et Gondoire (77) est en cours d'élaboration de son PCAET. Actuellement arrêté, il fera l'objet prochainement d'une consultation publique d'un mois puis d'une approbation. Son programme d'actions intègre les enjeux liés à la trame noire et à la gestion durable de l'éclairage public. À titre d'exemples:
- l'axe B « bâtiment/habitat »/action B5
 « Réduire la consommation énergétique de l'éclairage public et des bâtiments publics » se fixe notamment comme objectifs:

- une diminution de 20 % des consommations de l'éclairage public,
- l'élaboration d'une trame noire sur la base d'un diagnostic écologique de la biodiversité nocturne et des données de l'éclairage public et une photographie aérienne nocturne.

Dans l'attente des résultats de l'étude trame noire, des recommandations ont été formulées telles que: « mettre en place des mesures de sobriété, d'optimisation et d'amélioration de la performance des équipements (suppression de certains éclairages, remplacement des éclairages sur voirie par des LED avec des capteurs de mouvement, extinction partielle ou totale sur certaines plages horaires) ».

Outil de planification de l'éclairage: Le Schéma Directeur d'Éclairage (SDE)

Problématique et objectifs

Dans le cadre d'une démarche de gestion durable des parcs d'éclairage, il est utile voire nécessaire de s'appuyer sur un document-cadre qui planifie les objectifs en matière d'éclairage d'une collectivité. C'est l'objet du schéma directeur d'éclairage (SDE).

Ce document non réglementaire d'initiative locale permet ainsi de fixer un cadre en termes de préconisations sur les niveaux lumineux (de manière générale en éclairement) mais également, si nécessaire en termes de typologie de lumière, d'équipements d'éclairage, de temporalité...

Ce document a ainsi pour objectif:

- dans le cadre de diagnostics de performance en éclairage, d'évaluer le niveau de service du parc de la collectivité en comparant les performances mesurées en éclairement avec les objectifs fixés. Ainsi, il permet de cerner les secteurs en sous-performance (à rénover) et ceux en sur-performance (réduction des puissances à mettre en œuvre pour économies d'énergie);
- de définir des niveaux d'exigences lumineuses (éclairement, uniformité), qui peuvent être bornés par des valeurs minimales et maximales, si adapté, et en fonction des besoins humains et des réglementations en vigueur, sur les espaces et voies publiques, de manière à ce que tous

les projets d'éclairage, neufs ou en rénovation, soient dimensionnés en ciblant ces exigences. Cette définition permet d'éviter les sur-dimensionnements (constatés sur certaines opérations de rénovation récentes), sources de déperditions lumineuses, énergétiques et financières, et de pollution lumineuse;

- de planifier dans le temps (sur une nuit, une semaine, une saison, une année...) les évolutions de ces exigences en prenant en compte l'évolution des besoins en lumière artificielle nocturne des usagers. Cette analyse permettra de mettre en place, le cas échéant, des systèmes programmés (horloge astronomique, variateur de puissance, télégestion, etc. cf. fiche n° 06 sur les modes de gestion de l'éclairage) permettant d'optimiser le niveau d'éclairage, le confort des usagers et les dépenses énergétiques associées;
- de prendre en compte les enjeux territoriaux, énergétiques, environnementaux (impacts sur la biodiversité, pollution lumineuse dégradant la qualité du ciel nocturne, etc.) pour hiérarchiser les espaces et réduire au maximum les impacts de l'éclairage extérieur sur les zones à enjeux.

Remarque: il existe d'autres démarches volontaires de planification de l'éclairage, qui peuvent également intégrer l'enjeu biodiversité notamment le SCAL, Schéma de cohérence d'aménagement lumière, et le SDAL, Schéma directeur d'aménagement lumière.

Méthodologie préconisée

Pour construire ce SDE, il est nécessaire d'identifier et de croiser, pour un territoire déterminé, les enjeux en matière:

- de besoins nocturnes d'éclairage artificiel (sports/loisirs, déplacements piétons/routiers, activités professionnelles...) et de leur variabilité temporelle (au cours de la nuit, de la semaine, de l'année, effets saisonniers...);
- les enjeux sociaux, économiques, environnementaux du territoire (zones touristiques, commerciales, industrielles, résidentielles, de transit, trames vertes et bleues/noires, colonies de chauves-souris anciennes ou actuelles, reposoirs nocturnes à oiseaux, observatoires astronomiques, développement urbain...).

L'outil de référence pour définir les niveaux d'éclairement à cibler peut être la classification de la norme EN 13201 ainsi que la méthode de détermination des niveaux d'éclairement (cf. fiche n° 05, à paraître), tout en respectant les niveaux de dotation en lumière prévue par l'arrêté du 27 décembre 2018 (cf. fiche n° 04).

Le SDE peut ainsi être constitué d'une cartographie SIG à l'échelle du territoire croisant l'ensemble des informations et hiérarchisant les espaces, leurs enjeux, les exigences lumineuses et leur variabilité temporelle (ce qui peut ainsi entraîner la production de plusieurs cartes correspondant à des périodes temporelles différentes).

Illustration

Croisement des données et des enjeux territoriaux:

- secteurs urbanisés: hiérarchie en fonction des usages urbains (déplacements, activités économiques, sportives, culturels...) et de leur évolution dans le temps;
- enjeux écologiques sur le territoire urbain et hors urbain (cônes d'envol, corridors boisés, ravines et cours d'eau, zones de ponte...);
- secteurs protégés réglementairement ou à préserver, etc.

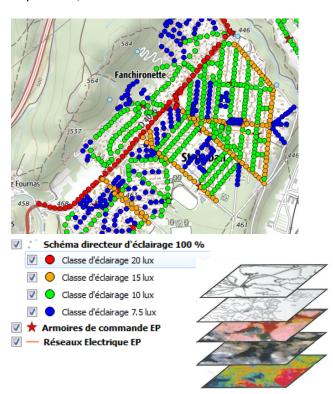


Illustration d'un SDE calé sur la hiérarchisation des besoins sur les espaces et voies publiques (ici, période estivale touristique et mode 100% à la tombée de la nuit)

À retenir

Afin de réduire les nuisances lumineuses d'un territoire, et pour pouvoir être portée par tous et efficace, une politique d'éclairage durable doit à la fois chercher à mobiliser tous les gestionnaires d'éclairage, qu'ils soient publics ou privés, mais aussi s'intéresser aux différents services rendus et impacts de l'éclairage artificiel : questions d'usages/besoins, de performance énergétique,

de coût financier, d'impacts sur la biodiversité, le climat, la qualité du ciel nocturne. Autant de paramètres qui peuvent être intégrés dans le volet « éclairage » du PCAET, plan obligatoire pour certaines catégories d'intercommunalités, et dans le SDE, démarche volontaire spécifique aux questions d'éclairage.



AOT : Autorisation d'Occupation Temporaire (du domaine public)

CTE : Contrat de Transition Écologique

D00 : Document d'Orientations et d'Objectifs, partie d'un

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

LED : Acronyme anglophone pour Diode Électro Luminescente (DEL)

OAP : Orientations d'Aménagement et de Programmation

OFB : Office Français de la Biodiversité

ONTVB: Orientations nationales Trames Vertes et Bleues

ORE: Obligation Réelle Environnementale

PADD : Projet d'Aménagement et de Développement

Durables, partie d'un PLU ou d'un SCoT

PCAET : Plan Climat Air Énergie Territorial **PETR** : Pôle d'équilibre territorial et rural

PLU, PLU(i): Plan Local d'Urbanisme (intercommunal)

PNR : Parc Naturel Régional

RICE: Réserve Internationale de Ciel Étoilé

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale **SDE** : Schéma Directeur d'Éclairage **SIG** : Système d'Information Géographique

SRADDET: Schéma Régional d'Aménagement, de Dévelop-

pement Durable et d'Équilibre des Territoires

SRB : Schéma Régional Biodiversité

SRCE : Schéma Régional de Cohérence Écologique

TVB: Trame Verte et Bleue

Pour aller plus loin ••• -

- · Outils utiles aux collectivités dans le cadre de leur politique d'aménagement : http://outil2amenagement.cerema.fr
- SRADDET PACA: https://connaissance-territoire.maregionsud.fr/avenir-de-nos-territoires/le-schema-regional/
- Dernière version des Orientations Nationales Trame Verte et Bleue : www.legifrance.gouv.fr/affichTexte. do?cidTexte=JORFTEXT0000396452398categorieLien=id
- Bilan de Romain Sordello (MNHN) sur la prise en compte de la pollution lumineuse dans les SRCE: www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references bibliographiques/mnhn-spn bilan srce pollution lumineuse mai 2015.pdf
- SRB Ile de France: www.arb-idf.fr/nos-thematiques/politiques-publiques/strategie-regionale-pour-la-biodiversite-srb
- $\bullet \quad \text{Charte du PNR des Baronnies Provençales}: www.baronnies-provencales.fr/decouvrir/la-charte$
- Charte du Parc national des Cévennes : www.cevennes-parcnational.fr/fr/download/file/fid/523
- · Charte de l'éclairage du Parc des Cévennes : www.cevennes-parcnational.fr/fr/download/file/fid/6174
- Programme « eau et climat » du SAGE Seine Normandie : https://programme-eau-climat.eau-seine-normandie.fr/
- SCoT des Vosges Centrales : www.scot-vosges-centrales.fr/
- PLU de Cébazan (34) OAP: www.cc-sud-herault.fr/uploads/2019/03/OAP.pdf
- PLU de Montuel (01): www.ville-montluel.fr/Plan-Local-d-Urbanisme.html
- PLU de St-Louis (68): www.saint-louis.fr/PLU/3021/13604
- $\cdot \ \ \, \text{CTE Marne et Gondoire (77): www.marneetgondoire.fr/eco-citoyennete/le-contrat-de-transition-ecologique-1854.html} \\$
- · PCAET de Marne et Gondoire (77): www.marneetgondoire.fr/eco-citoyennete/le-plan-climat-air-energie-territorial-1682.html

Série de fiches « AUBE »

Fiche chapeau Fiche n° 01	Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire
Fiche n° 02	Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels
Fiche n° 03	Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité
Fiche n° 04	Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses
Fiche n° 05	Normes, réglementations et recommandations en éclairage public (à paraître)
Fiche n° 06	Concevoir et gérer une installation d'éclairage pour limiter la pollution lumineuse (à paraître)
Fiche n° 07	Moduler l'éclairage artificiel: acceptabilité sociale et responsabilités de chacun (à paraître)
Fiche n° 08	Financer un projet d'éclairage intégrant biodiversité et sobriété énergétique (à paraître)



Contributeurs •••

Rédacteurs: Samuel Busson et Damien Carat (Cerema).

Relecteurs: Pauline Chevalier (MNCA), Romain Sordello (UMS PatriNat), Hélène Foglar (Athena Lum), Xavier Loubert-Davaine (ELIOMYS), Olivier Compagnet (MTE), Valérie Ferrula (DREAL PACA); Agnès Hennequin (ARBE PACA), Florence Bordere, Dominique Deleaz, Juliette Maitre, Sarah Oleï, Julian Pichenot, Christophe Pineau, Isabelle Robinot-Bertrand, Cécile Vo Van (Cerema).

Cerema Territoires et ville Service édition

Impression Jouve-Print Mayenne

Maquettage



🗹 Contact 🐽 –

biodiversite.eclairage@cerema.fr

Photo de couverture Arnaud Bouissou/Terra

Date de publication

Septembre 2020 ISSN : 2417-9701 2020/25

Commander ou télécharger nos ouvrages sur www.cerema.fr

© 2020 - Cerema La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment



AUBF

Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage

Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité

La série de fiches
« AUBE » incite à
concevoir l'éclairage
différemment, par
l'intégration conjointe
des enjeux de
biodiversité, d'usage et
d'économie d'énergie.
Elle décrypte aussi
l'arrêté ministériel du
27 décembre 2018
portant sur les
nuisances lumineuses
afin de vous aider dans
sa mise en œuvre.

Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels.



Les formes que peuvent prendre la lumière artificielle sont aussi diverses que les perceptions de celle-ci par les espèces...

La lumière se décompose en une multitude de longueurs d'ondes, comme le révèle un arc-en-ciel en séparant les longueurs d'ondes de la lumière du jour. Or les longueurs d'ondes ont un impact plus ou moins important sur la biodiversité en fonction des espèces. Les technologies de source présentent des types de rayonnement lumineux variés. Pour diminuer l'impact de l'éclairage sur la biodiversité, il faut notamment considérer la décomposition de leurs rayonnements en longueurs d'ondes. Ainsi, le sujet central de la présente fiche est celui de l'impact du spectre lumineux sur la biodiversité, notamment sur la biodiversité animale. Les végétaux également sont sensibles à l'éclairage artificiel, qui sous certaines conditions, active la photosynthèse, phénomène habituellement diurne.

Fiche n° 03 - Septembre 2020

Rappels sur lumière, spectre d'émission et couleur perçue

La lumière est caractérisée par un spectre d'émission, perçu comme une « couleur » résultante d'une somme d'émissions énergétiques à différentes longueurs d'onde (mesurées en nanomètres - nm), et fortement influencée par sa composante dominante. Le spectre d'émission se représente sous la forme d'une distribution spectrale correspondant à la quantité d'énergie émise à chaque longueur d'onde par la source lumineuse (illustration 1).

Les longueurs d'ondes visibles par l'homme se situent entre 380 nm (le violet) et 780 nm (le rouge) (illustration 2), on parle du spectre visible.

Certaines espèces animales et végétales sont également sensibles à l'ultraviolet (UV) (dont de nombreux invertébrés, certains oiseaux, reptiles, amphibiens, pois-

sons et mammifères) et/ou à l'infrarouge (IR) (les végétaux, certains serpents notamment) émis par les sources lumineuses. Une lumière est perçue « blanche » lorsque sa distribution spectrale se compose d'émissions à des longueurs d'ondes réparties sur l'ensemble du spectre visible.

En fonction d'une émission plus importante dans les courtes (domaine du violet/bleu) ou les grandes longueurs d'ondes (domaine du rouge), le ressenti de la lumière blanche est d'aspect froid (bleuté) ou chaud (orangé) : cette notion est caractérisée par la température de couleur (mesurée en Kelvin, illustration 3).

L'Indice de Rendu des Couleurs (IRC) permet quant à lui de caractériser la capacité de l'éclairage à restituer les couleurs de l'élément éclairé fidèlement par

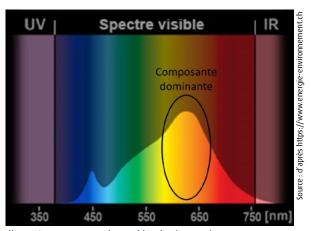


Illustration 1 - Spectre de LED blanche (2700 K)

Violet	Bleu	Vert	Jaune	Rouge	
380 400	500		600	700	780

Illustration 2 - Domaines de spectre visible et couleurs perçues (vision humaine) Source : Matthieu Iodice/Cerema

rapport à l'éclairage en lumière naturelle. Plus l'IRC est élevé, plus les couleurs sont fidèlement restituées (valeurs de 0 à 100).

En effet, choisir des sources lumineuses dont le spectre est restreint dans les courtes longueurs d'ondes implique que les éléments éclairés par ces sources n'aient pas le même rendu visuel que lorsque ceux-ci sont éclairés par la lumière naturelle. Ainsi, une modification de l'impression visuelle colorée peut alors se ressentir. À l'extrême, un objet éclairé en lumière ambrée est vu en nuances d'ambré.

Lorsque l'on choisit une source, il est intéressant de prendre en compte ce facteur de rendu visuel dans la discussion sur l'acceptabilité des nouveaux éclairages installés.



Illustration 3 - Température de couleur

Impact du spectre sur la biodiversité

Lorsque l'on aborde le sujet de la pollution lumineuse sur la biodiversité, il est indispensable de sortir de notre perception anthropocentrée de la lumière pour raisonner en termes de spectre d'émission, car la lumière n'est pas perçue de façon identique par l'humain ou par d'autres espèces (illustration 4). Par exemple, même une LED perçue avec une température de couleur chaude (2 700 K) par l'humain peut avoir des émissions dans le bleu et dans le vert, impactantes pour des espèces sensibles à ces bandes spectrales (illustration 1).

Le rapport AUBE produit en 2018 par le Cerema propose, sur la base de l'étude bibliographique réalisée¹, un tableau des bandes spectrales² à éviter par taxons (illustration 5). Les études sur le sujet sont encore peu nombreuses. La bibliographie existante est très insuffisante pour connaître de manière précise les impacts de la lumière sur la biodiversité.

Ce tableau, bien qu'intéressant demeure incomplet. Sa lecture doit être faite en sachant que les impacts ne sont pas définis, ils peuvent ne pas être de même nature et avoir des conséquences très différentes en fonction du groupe ou de l'espèce considérés.

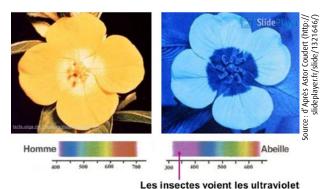


Illustration 4 - Illustration de la vision d'une abeille

Le tableau montre d'une part qu'il n'existe aucune longueur d'onde qui ne présente aucun impact sur au moins l'un ou l'autre compartiment du monde vivant: plus le spectre d'une lampe est large, plus elle est susceptible d'être impactante. Ce constat permet de rappeler que la première question à se poser dans un projet d'éclairage neuf ou en rénovation est :

« Est-il indispensable d'éclairer ? »

	UV (<400 nm)	Violet (400- 420 nm)	Bleu (420- 500 nm)	Vert (500- 575 nm)	Jaune (575- 585 nm)	Orange (585- 605 nm)	Rouge (605- 700 nm)	IR (>700 nm)
	X	X	X	X	0	ś	0	Ś
Mammifères terrestres	ś	ś	X	ś	ś	ś	ś	Ś
Mammifères marins	Ś	ś	ś	ś	ś	ś	ś	Ś
Oiseaux	X	Ś	Х	X	Ś	Х	X	Ś
Tortues marines	Ś	Х	X	X	ś	ś	0	Ś
Autres reptiles	Ś	ş	ś	Ś	ś	ś	ś	Ś
Amphibiens	ŝ	X	x	x	x	x	O X (effet réduit pour certaines espèces)	ģ
Insectes	X	Ś	X	Ś	ś	ś	ŝ	0
Coraux/Invertébrés aquatiques	Ś	ŝ	X	X	Ś	ŝ	0	ŝ
Poissons	X (poissons de profondeur)	Ś	X (poissons de profondeur)	X (poissons de profondeur)	X (poissons de surface)	Ś	X (poissons de surface)	ŝ
Plantes chlorophyliennes	X	Ś	X	X	ŝ	ŝ	X	X

Illustration 5 - Bandes spectrales et leurs impacts par taxon Légende du tableau: (X: effet constaté; 0: pas ou peu d'effet identifié; ?: pas d'information).

¹ Étude bibliographique s'appuyant notamment sur une synthèse de Musters et al. (résumée dans l'article de R. Sordello 2017).

² Partie du spectre visible correspondant à un ensemble délimité de longueurs d'ondes.

Ce tableau confirme d'autre part que les courtes longueurs d'onde (les UV, le violet, le bleu et dans une moindre mesure le vert) impactent de nombreux taxons. Mentionnons un impact sur l'humain des émissions dans les courtes longueurs d'onde : les études montrent qu'une exposition à des éclairages à dominante bleue bloque la production de mélatonine (hormone du sommeil) et retarde le cycle du sommeil en perturbant le rythme biologique veille/sommeil. Ainsi, l'exposition aux écrans est déconseillée avant l'endormissement. Les conséquences chez les animaux seraient du même type en modifiant le cycle jour/nuit. D'autres impacts de l'éclairage sur la biodiversité sont détaillés dans la fiche n° 01 Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire.

Toute lampe émettant dans les courtes longueurs d'onde est donc à éviter dans ou à proximité des zones à enjeux de biodiversité.

Le tableau indique enfin que les longueurs d'onde correspondant au rouge impactent a priori un moins grand nombre de taxons. Il y a moins d'effets des longueurs d'ondes correspondant au jaune-orange identifiés sur les chiroptères (chauves-souris) mais les informations sont insuffisantes pour conclure sur l'ensemble des taxons.

Ainsi, il faut considérer le spectre d'émission des différents types de sources lumineuses en vue de sélectionner le type de source a priori le moins impactant sur la biodiversité (émission limitée dans les courtes longueurs d'ondes).

Technologies de lampes utilisées en éclairage extérieur en regard des enjeux de biodiversité

Les lampes « Vapeur de Mercure » (VM)

Très faible efficacité lumineuse³ (40 à 60 lm/W, à remplacer en priorité).

- Cette technologie est présente en majorité dans les luminaires « boules » et dans certains vieux lampadaires obsolètes.
- Connue par les communes sous le nom de « ballon fluo »
- Commercialisation arrêtée en 2015 en application d'une Directive européenne (règlement n°245/2009 de la commission – 18/03/2009) en raison de leur efficacité lumineuse.
- IRC = 40-60

Enjeu vis-à-vis de la biodiversité

Ces lampes présentent des pics d'émissions notamment dans le bleu, le violet, et l'ultraviolet, et sont de fait fortement impactantes sur la biodiversité.

Préconisations

Technologie de lampe à proscrire et à remplacer en priorité.

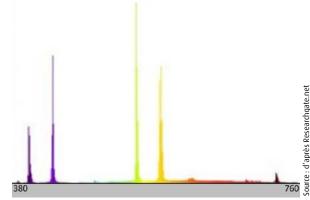


Illustration 6 - Spectre de lampe à vapeur de mercure



Illustration 7 - Lampe à vapeur de mercure (type "boule")

³ L'efficacité lumineuse renseigne sur la puissance nécessaire à une lampe pour produire une certaine quantité de lumière (elle se mesure en lumen/watt). Les valeurs d'efficacité lumineuse peuvent varier de 40 lm/W (lampes à vapeur de mercure) à 150 lm/W (lampes sodium ou LED)

Les lampes Sodium Basse Pression (SBP)

- Lampe « quasi-monochromatique » (longueur d'onde = 580 nm) créant une ambiance orangée (calcul de l'IRC non pertinent, car rayonnement coloré).
- Lampe cependant très intéressante en termes d'efficacité lumineuse (130 à 150 lm/W).
- La grande dimension de ces lampes et par conséquent des luminaires les intégrant génère par contre de fortes déperditions de flux lumineux, source de pollution lumineuse.
- Cette technologie est en train de disparaître du paysage nocturne urbain français en raison de sa couleur, leur commercialisation ne concernant aujourd'hui que le remplacement des lampes existantes (maintenance), notamment dans les tunnels.



Cette technologie peut être considérée comme la moins impactante vis-à-vis de la biodiversité animale, de par son émission monochromatique, et à une longueur d'onde pour laquelle on constate à ce jour le moins d'impact (voir illustration 5).

C'est également la source préférée des astronomes qui filtrent facilement cette raie unique (absence d'UV et de contenu en courtes longueurs d'ondes, d'infrarouge, etc.). Elle ne représente cependant pas une solution crédible pour les motifs exposés ci-dessus.

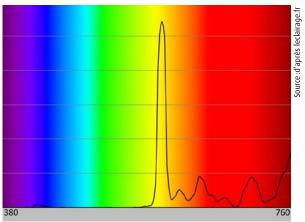


Illustration 8 - Spectre des lampes Sodium Basse Pression



Illustration 9 - Rendu orange des lampes au Sodium Basse Pression

Préconisations

Technologie apportant une bonne réponse face aux enjeux de biodiversité.

Utilisation possible de cette technologie dans les zones le nécessitant en étant vigilant sur la dispersion des flux lumineux (adaptation des conditions d'utilisation).

Toutefois, l'avenir commercial de cette technologie est aujourd'hui compromis face à son désintérêt en raison de l'aspect orangé de la lumière produite.

Les lampes Sodium Haute Pression (SHP)

- Spectre à forte dominante spectrale jaune/ orange/verte, peu d'émission dans le bleu et UV ainsi que le rouge et IR.
- Technologie « à décharge » permettant une baisse de puissance de 25 % maximum (avec une perte de flux bien supérieure), ne permettant pas de fonctionnement par détection de présence.
- Lampes les plus courantes en éclairage public à l'heure actuelle (2/3 du parc d'éclairage) en raison d'une efficacité énergétique élevée (70 à 150 lm/W) et d'un coût réduit.
- Fréquentes en éclairage urbain (rues), routier et industriel.
- IRC = 30-50

Enjeu vis-à-vis de la biodiversité

Les lampes SHP ont un spectre d'émission centré sur la zone du jaune/orange peu impactante pour la biodiversité a priori.

Le spectre de ces lampes est néanmoins plus large que celui des SBP et elles sont donc de fait impactantes pour un plus grand nombre d'espèces. Cette technologie reste en tout cas préférable aux lampes iodures métalliques, vapeur de mercure ou LED blanches concernant les impacts sur la biodiversité animale.

Préconisations

Lampe offrant un bon compromis en termes d'efficacité lumineuse et constitue globalement une réponse moins impactante pour la biodiversité que les lampes VM, IM et LED « standard ».

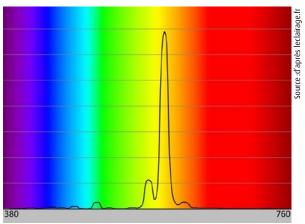


Illustration 10 - Spectre des lampes Sodium Haute Pression



Illustration 11 - Rendu orange des lampes au Sodium Haute Pression

Les lampes Iodures Métalliques (IM)

- Lumière « blanche » avec un spectre à forte dominante verte et jaune et à un degré moindre bleue utilisée dans les mises en lumière patrimoniales et pour les installations sportives (stades, boulodromes) et parfois sur les installations industrielles et commerciales.
- Efficacité lumineuse de 80 à 100 lm/W.
- Émission dans les domaines ultraviolet et infrarouge.
- Technologie « à décharge » permettant une baisse de puissance de 25 % maximum (avec une perte de flux bien supérieure). De plus, la gradation entraîne une détérioration de la couleur émise.
- Avenir commercial compromis du fait du développement des LED.
- IRC = 60-90

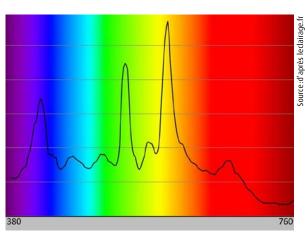


Illustration 12 - Spectre des lampes Iodures Métalliques

Enjeu vis-à-vis de la biodiversité

Lampe dont les longueurs d'ondes (notamment courtes) possèdent une capacité d'attraction sur les oiseaux marins, insectes et, indirectement par la présence des insectes, sur les chiroptères.

Cette technologie contribue parfois fortement à la pollution lumineuse, dans le cas d'inclinaison importante des projecteurs équipés de lampes IM à forte puissance, sur les stades, les infrastructures industrielles, etc.



Illustration 13 - Rendu des lampes aux iodures métalliques

Préconisations

Lampe commercialement supplantée par la LED mais qui constitue une opportunité d'utilisation restant à étudier sur les installations à très forte puissance (> 1 kW) ou dans le cas où il est nécessaire d'avoir un bon rendu des couleurs et maintenir une lumière « blanche » tout en voulant limiter le rayonnement dans les courtes longueurs d'ondes (« bleu ») par rapport à certains types de LED (voir ci-dessous).

Les LED

La LED est une rupture technologique (composants électroniques) par rapport aux autres lampes « à décharge » (mélange gazeux permettant une production de lumière). Ses avantages principaux sont :

- des fortes performances lumineuses et d'importants gains énergétiques,
- une augmentation annoncée de la durée de vie,
- une meilleure maîtrise des flux permettant d'éviter un éclairage en direction du ciel, d'où une réduction du halo lumineux,
- une efficacité élevée du même ordre de grandeur que la SHP (150 lm/W),
- une modulation de puissance proportionnelle au flux lumineux (de 0 à 100 %),
- un fonctionnement possible par détection (on/ off) contrairement aux lampes à décharge qui nécessitent un temps d'allumage de 10/15 minutes,
- une capacité accrue de déploiement des systèmes de télégestion et d'éclairage « intelligent »,
- IRC = 70-95.

En fonction de la composition de leur rayonnement dans les courtes ou grandes longueurs d'ondes (proportions maîtrisées), les LED peuvent émettre une lumière dont le ressenti est plus ou moins chaud (variation de la température de couleur cf. illustration 14).

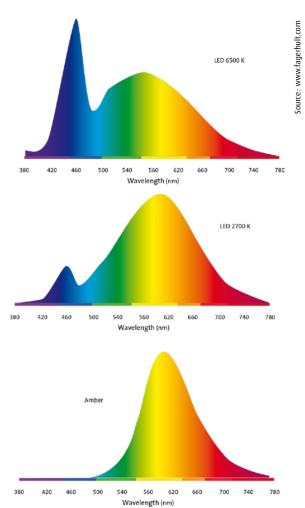


Illustration 14 - Spectres d'émission de LED "blanc froid" (haut), de LED "blanc chaud" (milieu) et de LED ambrée (bas)

Ainsi, il est possible de choisir précisément la température de couleur désirée, sachant qu'une température de couleur basse est assimilée à une faible prépondérance de rayonnement dans les courtes longueurs d'ondes (et donc à un plus faible impact sur la biodiversité).

À l'extrême, un rayonnement ne contenant aucune courte longueur d'onde sera perçu comme orangé (absence de pic dans le bleu). Des solutions LED correspondant à ce type de rayonnement commencent à être commercialisées sous l'appellation de LED «ambrée» (il ne s'agit alors pas d'une LED blanche à faible température de couleur mais d'une LED de couleur). La distribution spectrale d'une telle LED présente un pic plus ou moins « resserré » autour de 600 nm (proche de la lampe SBP, voir illustration 8) et une température de couleur comprise environ entre 1500 et 2000 K. L'IRC n'est pas à calculer pour ce type de rayonnement coloré.

La LED « ambrée » présente toutefois une diminution de l'efficacité lumineuse pouvant être significative par rapport à celle d'une LED « standard » (entre -30 % et -70 %).

La technologie LED présente cependant quelques inconvénients :

- protection à prévoir contre les surtensions (foudre);
- fonctionnement pouvant être altéré sur des réseaux électriques très anciens;
- de fortes luminances pouvant générer de l'éblouissement (du fait d'intensités lumineuses très élevées émises sur une très petite surface);
- des effets de modulation temporelle de la lumière (papillotement ou « flicker ») pouvant entraîner un inconfort pour certaines sources.

Précisons que la LED « blanche » peut impacter le rythme biologique humain (effets sur la production de mélatonine et donc sur le sommeil, etc.) en raison de son pic d'émission dans le bleu. Par contre, aucun risque d'un impact nocif sur le système visuel n'est présent en condition classique d'utilisation (rapport ANSES⁴).



Illustration 15 - Illustration d'un équipement à LED



Illustration 16 - Illustration d'un équipement à LED

⁴ À noter, des précautions sont tout de même à considérer pour les enfants dont l'oeil continue de se développer pendant environ six ans.

Enjeu vis-à-vis de la biodiversité

Les LED émettent sur l'ensemble du spectre visible, or plus le spectre est étroit, moins l'impact sur la biodiversité est important. De plus, à l'exception de certaines LED dites « ambrées », l'émission des LED dans les "courtes longueurs d'ondes" (dans le domaine du bleu) est très prégnante. Attention, certaines LED dites « ambrées » émettent tout de même dans les courtes longueurs d'ondes.

Cette émission dans les courtes longueurs d'ondes est fortement impactante pour de nombreux taxons, notamment les insectes et papillons nocturnes (attraction). Localement, les oiseaux marins y sont aussi sensibles. Cette lumière affecterait également les jeunes tortues lorsqu'elles cherchent à rejoindre le milieu marin à la naissance.

Le rayonnement dans les courtes longueurs d'ondes accroît la contribution de ces sources au halo lumineux⁵.



Illustration 17 - Illustration d'un équipement à LED

Préconisations

L'arrêté de décembre 2018 implique la mise en place d'équipements dont la température de couleur n'excède pas 3000 K (sauf pour certains types d'installations, voir la fiche n° 04 Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses). Il convient de s'y référer pour choisir la température de couleur du luminaire LED installé.

Dans les zones à enjeux de biodiversité, il est recommandé de privilégier des LED ambrées à spectre étroit (sans émission dans le bleu). Cela se fera cependant au détriment de l'efficacité lumineuse (de -30 % à -70 % environ).

Point réglementaire -

La réglementation prescrit une émission à une température de couleur inférieure ou égale à 3 000 K pour certains types d'installations d'éclairage (voir la fiche n° 04 Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses). Cette valeur maximale est abaissée à 2 700 ou 2 400 K pour certains sites à enjeux de biodiversité et de qualité de ciel nocturne. Plus la température de couleur est basse, moins l'impact sur la biodiversité est important. En effet, une température de couleur basse ne peut être obtenue qu'en réduisant fortement la composante en courtes longueurs d'ondes du rayonnement. Certaines sources LED et Sodium Basse et Haute Pression ont des températures de couleur pouvant correspondre à ces seuils.

⁵ Le bleu (courtes longueurs d'ondes du spectre de la LED) est diffusé par les petites particules de l'atmosphère (gaz), d'où une diffusion par temps clair. Le rouge (grandes longueurs d'ondes) se diffuse plus par mauvais temps car il est propagé par les particules d'eau présentes dans l'atmosphère.

Technologies à retenir

Les technologies qui apparaissent, dans l'état actuel des connaissances et des technologies disponibles, comme les plus appropriées pour un usage en zones à enjeux de biodiversité, sont les suivantes:

- la LED ambrée à spectre étroit (en opposition à LED ambrée à large spectre). Ce choix est fait en conscience d'une efficacité énergétique et d'un rendu des couleurs moins bons que ceux d'une LED blanche « standard ». L'impact sur la biodiversité de cette technologie étant peu étudié à ce jour, une confirmation expérimentale est nécessaire.
- le Sodium Basse Pression (SBP). Il est identifié dans la littérature scientifique comme la moins impactante des solutions d'éclairage existantes, même s'il est caractérisé par une mauvaise maîtrise des flux lumineux et un mauvais rendu des couleurs. La limite réside dans l'arrêt progressif de sa commercialisation en France.

 le Sodium Haute Pression (SHP), malgré son spectre plus étendu et ses rayonnements limités mais existants dans le bleu/vert.

Les préconisations ci-avant, doivent être débattues avec les acteurs locaux concernés. Il est en effet nécessaire de concilier les enjeux du territoire et de réfléchir en amont à l'acceptabilité sociale des mesures à mettre en œuvre, souvent gage de réussite d'un projet (par exemple en considérant l'IRC).

Technologie Spectre du rayonnement LED ambrée (spectre étroit) Sodium Basse Pression (SBP) plus commercialisée Sodium Haute Pression (SHP) LED blanche classique lodure Métallique (IM) Vapeur de Mercure (VM)

Illustration 18 - Tableau de synthèse des différentes sources lumineuses

À retenir

Tout éclairage artificiel est susceptible d'impacter la biodiversité, puisqu'il perturbe le cycle naturel jour/nuit. Pour autant, au-delà de la configuration de l'éclairage, certaines technologies sont plus impactantes que d'autres.

Plus le spectre d'émission de la source lumineuse est large, plus elle est susceptible d'affecter un nombre important d'espèces.

Plus le spectre d'émission de la source lumineuse émet dans les courtes longueurs d'ondes, plus elle est impactante pour la biodiversité (ex : Vapeur de Mercure, Iodures Métalliques, LED standard).

Il semblerait donc que les technologies les moins impactantes soient les suivantes: LED ambrée à spectre étroit (sous réserve d'étude scientifique confirmant cette hypothèse), Sodium Basse Pression (en fin de commercialisation) et dans une moindre mesure Sodium Haute Pression.





Illustration 19 - Le rendu visuel de l'environnement sera neutre ou ambré en fonction de la source lumineuse choisie



Textes réglementaires •••

- Règlement (CE) N° 245/2009 de la commission du 18 mars 2019 mettant en œuvre la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences en matière d'écoconception applicables aux lampes fluorescentes sans ballast intégré, aux lampes à décharge à haute intensité, ainsi qu'aux ballasts et aux luminaires qui peuvent faire fonctionner ces lampes, et abrogeant la directive 2000/55/CE du Parlement européen et du Conseil.
- · Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses.
- NF EN 62471 : Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes.IEC, 2008.



Pour aller plus loin ••• –

- Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED), ANSES, 2019.
- Étude AUBE (Aménagement Urbain Biodiversité et Eclairage), île de La Réunion. Aix-en-Provence, Cerema, 2018.
- Couillet, R., Lattuca, C., Anne, C., Bouteveille, A., and Vilmain, S. Éclairage des espaces extérieurs: projet, installation, maintenance, coût, 2019.
- Sordello, R., Longueurs d'ondes lumineuses impactantes pour la biodiversité. Exploitation des résultats de Musters et al. 2009, UMS Patrinat, 2017.

Série de fiches « AUBE »

Fiche chapeau Fiche n° 01 Fiche n° 02	Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels
Fiche n° 03	Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité
Fiche n° 04	Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses
Fiche n° 05	Normes, réglementations et recommandations en éclairage public (à paraître)
Fiche n° 06	Concevoir et gérer une installation d'éclairage pour limiter la pollution lumineuse (à paraître)
Fiche n° 07	Moduler l'éclairage artificiel: acceptabilité sociale et responsabilités de chacun (à paraître)
Fiche n° 08	Financer un projet d'éclairage intégrant biodiversité et sobriété énergétique (à paraître)



Contributeurs •••

Rédacteurs: Jean-François Bretaud, Matthieu Iodice, Paul Verny et Samuel Busson (Cerema).

Relecteurs: Romain Sordello (UMS Patrinat), Hélène Foglar (Athena-Lum), Clarisse Paillard (Nantes Métropole), Céline Villa (Université Gustave Eiffel), Pauline Chevalier (Métropole Nice Côte d'Azur).

Maquettage Cerema Territoires et ville

Cerema Territoires et ville Service édition



Contact ••• –

Impression
Jouve-Print biodiversite.eclairage@cerema.fr

Photos de couverture

Mayenne

Vue sur le front de mer des Sables d'Olonne Cerema/Jean-François Bretaud

Date de publication

Septembre 2020 ISSN: 2417-9701 2020/26

Commander ou télécharger nos ouvrages sur www.cerema.fr

© 2020 - Cerema La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment



AUBE

Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage

Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses

La série de fiches
« AUBE » incite à
concevoir l'éclairage
différemment, par
l'intégration conjointe
des enjeux de
biodiversité, d'usage et
d'économie d'énergie.
Elle décrypte aussi
l'arrêté ministériel du
27 décembre 2018
portant sur les
nuisances lumineuses
afin de vous aider dans
sa mise en œuvre.

Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels.



Le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) a publié en 2018 un arrêté ministériel visant à réduire le phénomène des nuisances lumineuses. Celui-ci a notamment pour objectif de réduire l'incidence de l'éclairage artificiel sur la biodiversité en encadrant par des prescriptions techniques et temporelles les installations d'éclairage publiques et privées.

Ce texte, bien qu'assez technique, s'adresse à un public très large, ce qui a incité le Cerema à rédiger cette fiche de vulgarisation. Elle s'adresse aux gestionnaires d'éclairage public et privé (collectivités, commerçants, particuliers, etc.) et permet aux lecteurs de comprendre à quels titres ils sont concernés et comment ils peuvent contribuer à réduire les nuisances lumineuses.

Cette fiche suit la structure de l'arrêté ministériel, en détaillant les différentes catégories d'installations d'éclairage, les prescriptions temporelles (extinctions) et techniques (température de couleur, niveau et répartition du flux lumineux) qui s'y appliquent. Elle présente ensuite les cas spécifiques des zones à enjeux de biodiversité et astronomiques et conclut sur le calendrier de mise en application des prescriptions de l'arrêté.

Cette fiche est également disponible en libre-accès sur le site du Cerema.

Elle est ici conçue pour être consultée en format numérique et comprend des liens cliquables. En cas d'impression papier, un certain nombre de ressources dont les cartes dynamiques et les textes de références ne seront donc pas accessibles.

Fiche n° 04 - Septembre 2020

L'évolution réglementaire

L'arrêté sur la prévention, la réduction et la limitation des nuisances lumineuses du 27 décembre 2018¹ abroge l'arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels afin de limiter les nuisances lumineuses et les consommations d'énergie (Article 7 de l'arrêté). Il reprend certaines prescriptions de ce précédent arrêté et en ajoute de nouvelles. De plus, il complète les prescriptions prévues par le décret du 12 juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses.

Cet arrêté émerge dans un contexte de meilleure prise en compte des nuisances lumineuses et s'accompagne de la publication du rapport À la reconquête de la nuit - La pollution lumineuse: état des lieux et propositions rédigé par le CGEDD (Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable).

En plus du travail ci-après réalisé par le Cerema, le MTES a produit deux documents explicatifs relatifs à cette nouvelle réglementation (notice explicative et plaquette).

Pourquoi cet arrêté de régulation de l'éclairage nocturne?

L'éclairage artificiel nocturne impacte la biodiversité (phénomènes d'attraction/répulsion, fragmentation des habitats, modification des rapports proies/ prédateurs, désorientation, etc.) et la qualité du ciel nocturne (halo lumineux au-dessus des villes). En application des lois Grenelle I et II (2009-2010) et de la loi pour la reconquête de la biodiversité,

de la nature et des paysages (2016), cet arrêté vise à restreindre ces impacts en définissant des prescriptions temporelles et techniques appliquées à plusieurs types d'installations d'éclairage. Il ne concerne pas les éclairages publicitaires (enseignes, pré-enseignes...) réglementés par le décret du 30 janvier 2012, ni le mobilier urbain.

Structure de l'arrêté ministériel

L'arrêté se décompose en différents articles:

- L'article 1 définit les catégories d'installations d'éclairage;
- L'article 2 détaille des prescriptions temporelles (extinctions);
- L'article 3 détaille des prescriptions techniques;
- L'article 4 et l'article 6 détaillent des prescriptions particulières pour des sites à enjeux de biodiversité (espace naturel) ou des sites astronomiques;
- L'article 5 précise les conditions de contrôle de conformité;

- L'article 7 mentionne que le présent arrêté abroge l'arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels afin de limiter les nuisances lumineuses et les consommations d'énergie;
- L'article 8 détaille le calendrier d'entrée en vigueur des dispositions de l'arrêté.

2/16

¹ Arrêté modifié par l'arrêté du 29 mai 2019 et l'arrêté du 24 décembre 2019 (la présente fiche tient compte de ces mises à jour).

Article 1: Définition des catégories d'installations d'éclairage

L'article 1 définit sept catégories d'installations d'éclairage auxquelles font référence les autres articles de l'arrêté.

Les prescriptions de l'arrêté varient en fonction des catégories d'installation concernées.

Précisons que, d'après la notice explicative du ministère, les installations de balisage ne sont pas concernées par l'arrêté (flux émis inférieur à 100 lumens).

(a) Eclairage extérieur :

Sécurité et confort des usagers sur l'espace public ou privé (voirie, cheminements piétons et modes actifs, etc.)

Exceptions: Eclairage et signalisation des véhicules, tunnels, éclairages impactant la sécurité aéronautique, ferroviaire, maritime et fluviale



(b) Mise en lumière :

- du patrimoine
- du cadre bâti
- des parcs et des jardins (publics ou privés, accessibles au public ou appartenant à des entreprises, bailleurs sociaux ou copropriétés)



(c) Equipements sportifs (plein air ou découvrables)



(d) Bâtiments non résidentiels :

Illumination des bâtiments et éclairage intérieur émis vers l'extérieur (locaux à usage professionnels, culturels, de loisirs, administratifs, commerces, etc.)

Exceptions : gares de péage



(e) Parcs de stationnement (non couverts ou semi-couverts)



(f) Evènementiel extérieur temporaire

(festival, défilé, marchés et illuminations de Noël...)



(g) Chantiers en extérieur

Article 2: les plages horaires d'extinction

L'article 2 définit des conditions temporelles pour trois moments d'allumage et d'extinction de l'éclairage: allumage en fin de journée, extinction (de nuit), et allumage au matin. Aucune condition temporelle d'extinction en début de journée en fonction du lever du soleil n'est donnée par l'arrêté.

Précisons que d'après la notice explicative du ministère, les prescriptions temporelles s'appliquant aux installations d'éclairage intérieur des locaux à usage professionnel concernent aussi les luminaires qui n'éclairent pas délibérément vers l'extérieur.

Où? Cas général, sur tout le territoire	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	Allumage (Icône = au plus tôt au coucher du soleil)	Extinction (de nuit) Au plus tard :	Allumage (matinal) Au plus tôt :
	Eclairages extérieurs (a) liés à une activité économique et situés dans un espace clos		1h après la fin d'activité	ou In avant le début d'activité
	Eclairage de mise en lumière du patrimoine et des parcs et jardins (b)	*	ou In après la fermeture des parcs et jardins	
STORE	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)		à 1h du matin	
	Éclairage intérieur des locaux à usage professionnel (d)		1h après la fin d'occupation des locaux	OU Ih avant le début d'activité
STORE	Eclairage de vitrines de magasins de commerce ou d'exposition (d)		à 1h du matin OU 1h après la fin d'activité	ou Ih avant le début d'activité
P	Eclairage des parcs de stationnement (e) annexés à un lieu ou zone d'activité	*	2h après la fin d'activité	ou In avant le début d'activité
and the same	Eclairage des chantiers extérieurs (g)		1h après la fin d'activité	
Icônes créées p	oar freepik et ibran	dify/freepik		

Pour aller plus loin...

Le Préfet peut prescrire des adaptations locales plus restrictives (prise en compte de sensibilités environnementales locales).



Il est possible d'adapter ces restrictions lorsque ces installations sont couplées à certains dispositifs (détection de présence, asservissement à l'éclairage naturel), pour les catégories a, b, d et e.

Certaines dérogations peuvent être prises par le



Préfet et le Maire dans certaines conditions (cf. Art. 2 VII) pour les catégories b et d.

L'avis du Cerema

La notion d'allumage au coucher du soleil au plus tôt est sollicitée dans l'arrêté pour tenir compte de la lumière naturelle produite par le soleil. Cependant, il peut être tout aussi intéressant de considérer également une extinction des installations d'éclairage au lever de soleil.

L'arrêté encourage de lancer une réflexion sur les possibilités d'extinction avec les différents acteurs impliqués dans la lutte contre les nuisances lumineuses au niveau local. Il peut être particulièrement intéressant de mener cette réflexion pour l'éclairage de voirie, non considéré par les prescriptions temporelles de l'arrêté.

Articles 3 et 5 : les prescriptions techniques et les contrôles de conformité

L'article 3 définit les prescriptions techniques des luminaires à respecter en fonction de leurs catégories d'usage.

L'article 5 détaille les contrôles de conformité associés aux prescriptions de l'arrêté.

Le premier paragraphe de l'article 3 justifie les prescriptions techniques à respecter:

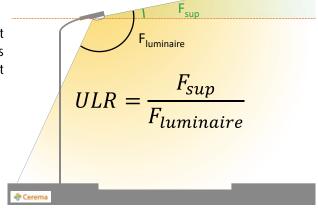
« Les émissions de lumière artificielle des installations d'éclairage extérieur et des éclairages intérieurs émis vers l'extérieur sont conçues de manière à prévenir, limiter et réduire les nuisances lumineuses, notamment les troubles excessifs aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes, entraînant un gaspillage énergétique ou empêchant l'observation du ciel nocturne. »

Ce paragraphe définit les indicateurs utilisés, puis détaille les seuils prescrits pour ces indicateurs.

Définition des prescriptions techniques

ULR (Upward Light Ratio)

L'ULR (Upward Light Ratio) représente le rapport du flux sortant des luminaires qui est émis dans l'hémisphère supérieur (F_{sup}) au flux total sortant des luminaires ($F_{luminaire}$).



Flux à prendre en compte pour le calcul de l'ULR

Code Flux CIE n° 3

Le code de flux CIE n° 3 représente la proportion de flux lumineux émis dans l'hémisphère inférieur dans un angle solide de $3\pi/2$ stéradian (angle solide équivalent à un cône de demi-angle 75,5° soit un angle total de 151°) par rapport au flux lumineux émis dans tout l'hémisphère inférieur.



Flux à prendre en compte pour le calcul du Code Flux CIE n° 3

Température de couleur

La température de couleur (mesurée en Kelvin « K ») caractérise le ressenti d'une lumière blanche produit par une source lumineuse. La lumière peut être qualifiée de chaude (valeur basse de température de couleur, teinte orangée) ou froide (valeur élevée de température de couleur, teinte bleutée).



Illustration de la variation de la température de couleur

Densité surfacique de flux lumineux installé

La densité surfacique de flux lumineux installé (DSFLI) représente le rapport entre le flux total émis par l'installation d'éclairage (somme des flux des différentes sources de l'installation, à la date d'installation d'après la notice du Ministère) et l'ensemble de la surface destinée à être éclairée par l'installation d'éclairage. Elle s'exprime en lumen par mètre carré. Précisons que dans ce calcul les

Le flux lumineux maximal d'une installation se calcule donc à partir de la surface à éclairer, via la valeur de densité surfacique de flux lumineux définie par l'arrêté (voir tableau ci-après).

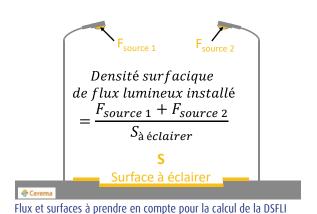
flux considérés sont les flux des sources présentes

à l'intérieur des luminaires, et non pas les flux

sortants des luminaires.

La notice explicative du ministère détaille la définition du flux d'une source, en s'appuyant sur la définition d'une source lumineuse présente dans le règlement (UE) 2019-2020*. Remarquons que ce texte précise par contre que pour le cas particulier où un luminaire LED ne peut être démonté afin de vérifier le flux du composant LED séparément (plateau, puces, etc.), le flux du luminaire est à considérer pour les calculs.

*Règlement établissant des exigences en matière d'écoconception applicables aux sources de lumière et aux appareils de contrôle séparés, en application de la directive 2009/125/CE



Quelles prescriptions techniques pour quelles catégories d'usage?

Les prescriptions techniques sont définies par des seuils détaillés pour certaines catégories d'installations d'éclairage:

Où ? Cas général, sur tout le	général, d'éclairage out le auxquelles les		ULR Code Flux CIE n°3		Densité surfacique de flux lumineux installé (lumen / m²)	
territoire	dispositions s'appliquent				En agglomération	Hors agglomération
	Eclairages extérieurs (a)	< 1 % (données fabricant) < 4% sur luminaire installé	> 95 %	≤ 3000 K	<35	< 25
	Mise en lumière des parcs et jardins (b)				< 25	< 10
STORE	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)			≤3000 K	< 25	< 20
P	Eclairage des parcs de stationnement (e)	< 1 % (données fabricant) < 4 % sur luminaire installé	> 95 %	≤ 3000 K	< 25	< 20
Icônes créées par freepik et ibrandify/freepik						

Agglomération/hors agglomération: distinction se basant sur les panneaux d'entrée/sortie d'agglomération

Précisons que, d'après la notice du ministère, pour la catégorie d:

- les prescriptions techniques ne s'appliquent pas aux luminaires d'éclairage intérieur des locaux à usage professionnel lorsque ceux-ci n'éclairent pas délibérément vers l'extérieur;
- le calcul de DSFLI s'applique à l'éclairage des façades des bâtiments non résidentiels (autres que mise en lumière du patrimoine), et non pas à l'éclairage intérieur. La surface à considérer pour ce calcul est donc la surface à éclairer de la façade.

De plus, deux points supplémentaires sont indiqués dans l'arrêté:

Compatibilité avec l'accessibilité PMR

Un cas particulier est prévu pour les cheminements extérieurs accessibles aux personnes à mobilité réduite (PMR) ainsi que les parcs de stationnement extérieurs et leurs circulations piétonnes accessibles aux PMR. Sur ces espaces et infrastructures, aucune contrainte sur la densité surfacique de flux lumineux ne s'applique, mais l'éclairement au sol doit être de 20 lux maximum (possibilité de considérer un facteur de maintenance² dans ce cas précis d'après le ministère).

La notice explicative précise que si la réglementation d'accessibilité* aux établissements recevant du public (ERP) s'applique et préconise un seuil minimal d'éclairement à 20 lux moyen,

² Facteur correctif pour prendre en compte la diminution progressive de la quantité de lumière produite par l'installation (baisse de flux de la source lumineuse, empoussièrement du luminaire)

l'éclairement doit être de 20 lux en tout point pour respecter les deux réglementations.

*Arrêté du 20 avril 2017

Lumière intrusive

L'avis du Cerema

Cette exigence d'accessibilité porte uniquement sur les zones accessibles aux PMR et les parcs de stationnement extérieurs (des ERP), et pas sur l'ensemble des espaces/ infrastructures concernés. Par ailleurs, la réglementation ERP précise que cette exigence s'applique en présence d'usagers: il est tout à fait envisageable d'asservir les installations d'éclairage concernées à un système de détection de présence ou d'éteindre l'éclairage de ces espaces extérieurs lorsque l'ensemble des aménagements est fermé au public.

Il est demandé que les installations d'éclairage n'émettent pas de lumière intrusive excessive dans les logements (illustration ci-contre), cependant aucune valeur limite n'est prescrite dans l'arrêté.



Lumière intrusive : le flux lumineux de la lanterne d'éclairage public pénètre directement dans les habitations

Contrôles de conformité

L'article 5 explicite trois types de contrôles de conformité. Les contrôles de conformité relèvent de la compétence du maire, ou de l'État pour les installations communales.

Vérification des données techniques

Le gestionnaire doit tenir à disposition les données techniques suivantes:

- ULR (%);
- code de flux CIE n° 3 (%);
- température de couleur (K);
- puissance électrique du luminaire en fonctionnement au régime maximal (W);
- flux lumineux nominal de la source en fonctionnement au régime maximal (lumen);
- · date d'installation de la tête du luminaire.

Contrôle visuel

Vérification de la conformité aux contraintes temporelles définies dans l'article 2.

Contrôle par mesures et par calculs

Vérification de la conformité aux prescriptions techniques définies dans l'article 3.

Articles 4 et 6: cas spécifiques des sites astronomiques et des zones à enjeu de biodiversité

L'article 4 précise différents niveaux de prescriptions relatives à l'éclairage, selon que l'on se trouve au sein d'un espace naturel, à proximité d'un site astronomique ou de surfaces en eau. Il n'apporte pas de modification concernant la temporalité (extinctions nocturnes, voir partie sur l'article 2).

L'article 6 s'intéresse spécifiquement aux sites astronomiques. Les différents espaces distingués dans l'article 4 de l'arrêté ministériel, ainsi que les prescriptions spécifiques qui s'y appliquent, sont présentés ci-après:

- sites d'observation astronomique,
- réserves naturelles,
- parcs naturels régionaux, parcs naturels marins et parcs nationaux,
- en cœur de parc national.

Des prescriptions sont ensuite détaillées concernant les canons à lumière et rayons lasers, ainsi que les surfaces en eau.

Dans les sites d'observation astronomique



L'article **4.I** s'applique dans le périmètre des 11 sites astronomiques (périmètre d'un cercle de rayon de 10 kilomètres centré sur chaque site) listés dans l'arrêté ministériel 27 décembre 2018, dont

deux cartes sont proposées ici (cliquez sur le territoire voulu: France métropolitaine, La Réunion).

Les prescriptions techniques prévues à l'article 3 qui s'appliquent dans le périmètre des sites astronomiques doivent respecter les valeurs « hors agglomération »; les prescriptions complémentaires par rapport au cas général sont identifiées en orange dans le tableau suivant.

L'article 6 précise que les collectivités situées dans le périmètre des sites astronomiques peuvent déroger aux obligations de cet article 4.1, mais doivent dans ce cas réaliser un plan de lutte contre les nuisances lumineuses qui permettra d'obtenir des résultats équivalents à ceux obtenus par le respect des prescriptions de l'arrêté.

s appliquelli	dalis le pei	illielle des	sites		
Où ? Dans le périmètre des sites astronomiques	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	ULR	Code Flux CIE n°3	Température de couleur	Densité surfacique de flux lumineux installé en lumen / m² (Ces valeurs s'appliquent à la fois en et hors agglomération)
	Eclairages extérieurs (a)	< 1 % (données fabricant) <4% sur luminaire installé	> 95 %	≤ 3000 K	< 25
	Mise en lumière du patrimoine, du cadre bâti et des parcs et jardins (b)	= 0 sur luminaire installé			< 10 (uniquement pour la mise en lumière des parcs et jardins)
STORE	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)			≤3000 K	< 20
P	Eclairage des parcs de stationnement (e)	< 1 % (données fabricant) < 4 % sur luminaire installé	> 95 %	≤ 3000 K	< 20
San Section 1	Eclairage des chantiers extérieurs (g)			≤ 3000 K	
Icônes créées par	freepik et ibrandify	//freepik			
					Sites astronomiques de métropole et de la Réunio Le périmètre de 10 km de rayon où s'appliquent les règles spécifiques à ces espaces est visible autour l'observatoire des Makes à





on. bservatoire des Makes à la Réunion. Cartes réalisées grâce à macarte.ign.fr

- Emplacement des observatoires
- Site astronimique

Dans les réserves naturelles



L'article **4.II** s'applique dans les réserves naturelles nationales, régionales, de Corse, et leurs périmètres de protection.

Cliquez sur le territoire voulu pour visualiser les espaces correspondants: France métropolitaine, Guyane, Antilles (Guadeloupe, Martinique, Saint-Barthélémy, Saint-Martin), La Réunion, Terres Australes et Arctiques Françaises, Mayotte. Les prescriptions techniques prévues à l'article 3 qui s'appliquent dans le périmètre des réserves naturelles doivent respecter les valeurs « hors agglomération »; les prescriptions complémentaires par rapport au cas général sont identifiées en orange dans le tableau suivant.

Dans ces réserves naturelles et leur périmètre de protection, la possibilité est donnée au Préfet d'arrêter des prescriptions plus strictes, depuis le 1^{er} janvier 2020, pour les installations d'éclairage mises en service après cette date.

Où? En réserve naturelle nationale, régionale ou de Corse	Installations d'éclairage auxquelles les dispositions s'appliquent	ULR	Code Flux CIE n°3	Température de couleur	Densité surfacique de flux lumineux installé en lumen / m² (Ces valeurs s'appliquent à la fois en et hors agglomération)
	Eclairages extérieurs (a)	< 1 % (données fabricant) <4% sur luminaire installé	> 95 %	≤ 2400 K	< 25
	Mise en lumière du patrimoine, du cadre bâti et des parcs et jardins (b)	= 0 sur luminaire installé		≤ 2400 K	< 10 (uniquement pour la mise en lumière des parcs et jardins)
	Eclairage des équipements sportifs (plein air ou découvrables) (c)			≤ 2400 K	
STORE	Éclairage des bâtiments non résidentiels (d)			≤ 2400 K	< 20
P	Eclairage des parcs de stationnement (e)	< 1 % (données fabricant) < 4 % sur luminaire installé	> 95 %	≤ 2400 K	< 20
***************************************	Evènementiel extérieur temporaire (f)			≤ 2400 K	
- CALLERY OF THE STATE OF THE S	Eclairage des chantiers extérieurs (g)			≤ 3000 K	
Dans les réserves naturelles, le préfet peut arrêter des prescriptions <u>plus strictes</u> en termes critères techniques par rapport aux cas décrits ci-dessus, et en termes de temporalité prapport au cas général, après consultation des instances de gestion et de consultation de réserve concernée.					rmes de temporalité par
Icônes créées _I					

Dans les parcs naturels régionaux, parcs naturels marins et parcs nationaux







L'article **4.III** s'applique dans les parcs naturels régionaux et parcs naturels marins, et dans les territoires des communes ayant adhéré à la charte d'un parc national (Cliquez sur le territoire voulu pour visualiser les espaces correspondants: France métropolitaine, Antilles (Guadeloupe, Martinique), Guyane, Mayotte, La Réunion, Îles éparses).

Il comprend également une prescription particulière pour le cœur des parcs nationaux.

Dans les parcs naturels régionaux et parcs naturels marins, et dans les territoires des communes ayant adhéré à la charte d'un parc national, le préfet peut arrêter des prescriptions temporelles et techniques plus strictes, qui peuvent s'appliquer à tous les types d'installations d'éclairage décrits à l'article 1, après consultation des instances gestionnaires et consultatives de l'espace en question (Calendrier: depuis le 1er janvier 2020, pour les installations mises en service après cette date):

- · les communes classées en parc naturel régional,
- le conseil de gestion du parc naturel marin,
- ou le conseil d'administration de l'établissement public du parc national,
- et après avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques (CODERST).

En cœur de parc national

Les températures de couleur des installations d'éclairage sont encadrées, selon que l'installation se trouve:

- en agglomération, où la limite est fixée à 2700K,
- ou hors agglomération, où la limite est fixée à 2 400K (la limite de l'agglomération étant physiquement représentée par le panneau d'entrée/ de sortie de la commune ou du hameau).

Cliquez sur le territoire voulu: France métropolitaine, La Réunion, Guadeloupe, Guyane



Sur cette photo prise depuis le cœur du parc national du Mercantour, on perçoit nettement la pollution lumineuse émise depuis le littoral des Alpes Maritime et qui se diffuse sur la couche nuageuse

Cas spécifique des surfaces en eau

Enfin, l'article **4.V** s'intéresse au cas spécifique des surfaces en eau (les espèces aquatiques et marines étant particulièrement sensibles aux nuisances lumineuses): cours d'eau, plans d'eau, lacs, étangs, domaines publics fluvial (DPF) et maritime (DPM), ainsi qu'à la partie terrestre du DPM. Sur celles-ci, tout éclairage direct par les installations d'éclairage visées à l'article 1 est interdit.



Éclairage direct de la partie terrestre et maritime du DPM



Éclairage d'un cours d'eau urbain depuis les infrastructures le longeant et le traversant.

Il est cependant prévu des exceptions liées au Code du travail (pour les professions de manutention portuaire), à des motifs de sécurité dans les zones de circulation et de stationnement en bordure de plan d'eau, à un événement particulier, à une autorisation d'occupation temporaire (AOT) du DPM ou du DPF. L'interdiction d'éclairage direct des surfaces en eau ne s'applique pas non plus aux installations portuaires de manutention ou d'exploitation industrielle, commerciale et de pêche, ni au plan d'eau immédiatement adjacent aux installations, au sein du DPM et du DPF.

En bord de mer, enfin, toute nouvelle installation en zone littorale et visible depuis la mer ou la plage devra être orientée dos à la mer, ou dotée d'un dispositif de masquage, de manière à ce que le point lumineux ne soit pas directement perceptible depuis la mer ou la plage. Calendrier: depuis le 1er janvier 2020.



Installation portuaire, Grand port maritime de la Réunion

Canons à lumière et rayons lasers

L'article 4.IV indique que les canons à lumière dont le flux lumineux est supérieur à 100 000 lumen, et les installations à faisceaux de rayonnement laser, sont depuis le 29 décembre 2018 interdits dans :

- les sites d'observation astronomique listés ici (sauf équipement nécessaire au fonctionnement de ces observatoires); (cliquez sur le territoire voulu pour visualiser les espaces correspondants: France métropolitaine, La Réunion);
- les parcs nationaux (cœur de parc et aire d'adhésion) (Cliquez sur le territoire voulu : France métropolitaine, La Réunion, Guadeloupe, Guyane);
- les réserves naturelles (nationales, régionales, de Corse) et leur périmètre de protection (Cliquez sur le territoire voulu : France métropolitaine, Guyane, Antilles (Guadeloupe, Martinique, Saint-Barthélémy, Saint-Martin), La Réunion, Terres Australes et Arctiques Françaises, Mayotte;
- les parcs naturels régionaux et les parcs naturels marins (Cliquez sur le territoire voulu pour visualiser les espaces correspondants : France métropolitaine, Martinique, Guyane, Îles éparses) ;
- les sites classés et sites inscrits mentionnés aux articles L. 341-1 et L. 341-2 du Code de l'environnement;
- les sites Natura 2000;
- une carte cumulant tous ces espaces à statut est disponible en cliquant sur le lien suivant : carte cumulative.

L'article 4.VI précise que le Préfet peut également interdire à titre temporaire ou permanent ces installations sur d'autres territoires (et donc sur tout le territoire), pour tenir compte de la sensibilité particulière de certaines espèces animales à la lumière artificielle (Calendrier: depuis le 1^{er} janvier 2020, pour les installations mises en service après cette date).

Article 8: le calendrier de mise en vigueur

L'article 8 détaille le calendrier de mise en vigueur des dispositions indiquées dans l'arrêté:

- depuis le 1^{er} janvier 2020, toute nouvelle installation doit être conforme à l'ensemble des prescriptions de l'arrêté ministériel.
- les mises en conformité des installations existantes (mises en service avant le 1^{er} janvier 2020) s'échelonnent du lendemain de la parution de l'arrêté jusqu'au 1^{er} janvier 2025, avec des échéances intermédiaires. Ces échéances sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

La notice explicative publiée par le ministère précise la notion de "mise en conformité" des installations:

« Les installations existantes se mettent en conformité au fur et à mesure de leur rénovation ou de leur remplacement. Il convient de noter

que s'entend par rénovation ou remplacement un changement programmé, quel que soit le nombre d'éléments à remplacer. N'entrent pas dans le champ l'entretien courant des installations d'éclairage ou le remplacement d'un luminaire à l'identique dû à un événement hors usure normale ou vétusté (par exemple le remplacement d'un lampadaire endommagé par un accident routier). Le remplacement de la pièce s'effectue alors à l'identique de la pièce usagée. Une modification programmée même partielle d'une installation d'éclairage entre dans le champ de la rénovation: par exemple, changer uniquement le luminaire (nouveau luminaire, rétrofit...) ou la température de couleur de l'ampoule ou du bloc LED et non le pied d'une série de lampadaires est considéré comme une rénovation et l'intégralité de l'arrêté s'applique. »

	Date d'entrée en vigueur	Dispositions	Articles correspondants	Installations d'éclairage concernées
2019	29/12/2018	Prescriptions temporelles des bâtiments non résidentiels	Art. 2 – III	STORE
1		Interdiction des canons à lumière et des faisceaux lasers (espaces naturels et sites d'observation astronomique)	Art. 4 - IV	Toutes catégories
2020	01/01/2020	Prescriptions techniques concernant l'ULR pour les luminaires qui en permettent le réglage	Art. 3-II-1°	P
ı		Possibilité de prendre des prescriptions par arrêté préfectoral pour les paragraphes II, III et VI de l'article 4	Arrêtés préfectoraux de l'art. 4 – II,III,VI	Toutes catégories
ı		Interdiction de l'éclairage direct des cours d'eau, du DPM, DPF, à l'exception des installations destinées à favoriser la sécurité des déplacements	Art. 4 - V	Toutes catégories
2021	01/01/2021	Prescriptions temporelles hormis celles des bâtiments non résidentiels, lorsque la création d'un réseau d'alimentation séparé n'est pas requise	Art. 2 hors III	†
2025	01/01/2025	Remplacement obligatoire des installations lumineuses dont l'ULR est supérieur à 50% (par des luminaires conformes aux dispositions de l'arrêté)		Sites d'obs. astro. et réserves nat.

On peut notamment retenir qu'au 1er janvier 2025, les installations visées par une prescription technique sur l'ULR et émettant plus de 50% de leur flux dans l'hémisphère supérieur devront être remplacées. Cette prescription s'applique donc:

- aux installations appartenant aux catégories a (éclairage extérieur) et e (parcs de stationnement), sur tout le territoire,
- aux installations de la catégorie b (mise en lumière), uniquement dans les périmètres des sites astronomiques ainsi que dans les réserves naturelles et leurs périmètres de protection.

Elle vise en particulier les luminaires de type « boule », illustrés ci-dessous.



Luminaires de type « boule » éclairant dans toutes les directions, et surtout vers le ciel

L'arrêté modificatif du 24 décembre 2019 ajoute une dérogation concernant la prescription sur l'ULR (une des prescriptions techniques définies dans l'article 3) pour certains types de luminaires à intérêt historique ou architectural (liste détaillée dans l'arrêté modificatif).

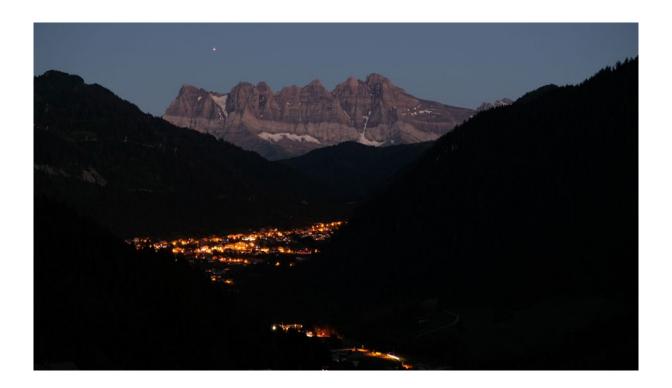
Ces types de luminaires, quand ils appartiennent aux catégories a (éclairage extérieur de sécurité et confort) ou e (parcs de stationnement), ne seront concernés par les deux obligations suivantes qu'après le 31 décembre 2023:

- l'obligation de respecter la prescription sur l'ULR (article 3) pour les nouvelles installations,
- l'obligation de respecter la prescription sur l'ULR pour les luminaires qui en permettent le réglage pour les installations existantes (article 8).

À retenir

L'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 détaille des prescriptions temporelles et techniques, différenciées en fonction de la catégorie d'installation d'éclairage concernée. Ces prescriptions visent notamment à diminuer l'impact de l'éclairage sur la biodiversité, et sont plus contraignantes pour les zones à enjeux de biodiversité ou de qualité de ciel nocturne. Les prescriptions temporelles définissent des horaires où l'éclairage concerné

doit être éteint. Les prescriptions techniques présentent des seuils réglementaires fixés pour quatre indicateurs (ULR, code flux CIE n° 3, température de couleur, densité surfacique de flux lumineux installé). Toute installation mise en service après le 1^{er} janvier 2020, sauf exceptions, doit respecter l'intégralité de l'arrêté. Pour les installations mises en service avant cette date, un calendrier de mise en application des prescriptions est détaillé dans l'arrêté.



Lexique •••

Upward Light Ratio (ULR): représente le rapport du flux sortant des luminaires qui est émis dans l'hémisphère supérieur au flux total sortant des luminaires.

Code de flux CIE n° 3 : représente la proportion de flux lumineux émis dans l'hémisphère inférieur dans un angle solide de $3\pi/2$ stéradian (angle solide équivalent à un cône de demi-angle 75,5° soit un angle total de 151°) par rapport au flux lumineux émis dans tout l'hémisphère inférieur.

Température de couleur (en Kelvin « K ») : caractérise le ressenti d'une lumière blanche produit par une source lumineuse. La lumière peut être qualifiée de chaude (valeur basse de température de couleur, teinte orangée) ou froide (valeur élevée de température de couleur, teinte bleutée).

Densité surfacique de flux lumineux installé (DSFLI, en lumen par m²) : représente le rapport entre le flux total émis par l'installation d'éclairage et l'ensemble de la surface destinée à être éclairée par l'installation d'éclairage.



😸 Textes réglementaires 🐽 🗕

Arrêté du 24 décembre 2019 modifiant l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses.

www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=23B4EAA6513D69C41FF990A58B2E2D49.

tplgfr28s_1?cidTexte=JORFTEXT000039726644&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000039726311

Arrêté du 29 mai 2019 modifiant l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses.

www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=F2D80DB662E20C5DB5459ECA17237611.

tplgfr29s_2?cidTexte=JORFTEXT000038702429&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000038702368

Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037864346&dateTexte=&categorieLien=id

Décret n° 2012-118 du 30 janvier 2012 relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux préenseignes. www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025240851&categorieLien=id

Série de fiches « AUBE »

Fiche chapeau Fiche n° 01 Fiche n° 02	Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels
Fiche n° 03	Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité
Fiche n° 04	Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses
Fiche n° 05	Normes, réglementations et recommandations en éclairage public (à paraître)
Fiche n° 06	Concevoir et gérer une installation d'éclairage pour limiter la pollution lumineuse (à paraître)
Fiche n° 07	Moduler l'éclairage artificiel : acceptabilité sociale et responsabilités de chacun (à paraître)
Fiche n° 08	Financer un projet d'éclairage intégrant biodiversité et sobriété énergétique (à paraître)

Maquettage

Cerema Territoires et ville Service édition



Pour aller plus loin ••• -

- Décryptage : l'arrêté ministériel "nuisances lumineuses", Cerema, 2019.
 www.cerema.fr/fr/actualites/decryptage-arrete-ministeriel-nuisances-lumineuses-contexte.
- CGEDD, Auricoste, I., Landel, J.-F., et Simoné, M. À la reconquête de la nuit La pollution lumineuse: état des lieux et propositions, 2018
 https://cgedd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Affaires-0010973/012301-01_rapport-publie.pdf
- Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses (notice explicative), ministère de la Transition écologique et solidaire, 2019 www.ecologique-solidaire.gouv.fr/arrete-du-27-decembre-2018-relatif-prevention-reduction-et-limitation-des-nuisanceslumineuses#e0.
- Nuisances lumineuses de nouvelles obligations, Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2019 www.ecologique-solidaire.qouv.fr/sites/default/files/Plaquette%20arr%C3%AAt%C3%A9%20nuisancesLumineuses.pdf.

Impression Jouve-Print Mayenne

Photo de couverture

Éclairage nocturne de la ville de St Denis (La Réunion) -Cerema/Samuel Busson

Photos

Cerema/Samuel Busson

Schémas Cerema

Icônes et pictogrammes

freepik et ibrandify/freepik.



Contributeurs • • • -

Rédacteurs: Samuel Busson, Matthieu Iodice, Paul Verny et Romain Borrod (Cerema).

Relecteurs: Hélène Foglar (Athena-Lum), Roger Couillet (Ville de Douai).



Contact ••• —

biodiversite.eclairage@cerema.fr

Date de publication Septembre 2020

ISSN: 2417-9701 2020/27

Commander ou télécharger nos ouvrages sur www.cerema.fr

© 2020 - Cerema La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment





AUBE Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage

Améliorer l'acceptabilité de la modulation de l'éclairage grâce à la participation citoyenne, la concertation et la co-construction

La série de fiches « AUBE » incite à concevoir l'éclairage différemment, par l'intégration conjointe des enjeux de biodiversité, d'usage et d'économie d'énergie.
Elle décrypte aussi l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 portant sur les nuisances lumineuses afin de vous aider dans sa mise en œuvre.

Elle s'adresse aux élus et techniciens des collectivités territoriales, gestionnaires, aménageurs et bureaux d'études des domaines de l'éclairage et de l'écologie, et aux gestionnaires d'espaces naturels.

Une modulation ou extinction de l'éclairage public permet de réduire les consommations énergétiques, améliorer la visibilité du ciel nocturne et limiter les impacts de la lumière sur la biodiversité. Cependant, une telle démarche est parfois redoutée par les bénéficiaires de ce service, pour des raisons variées. Pour aboutir, elle doit donc prendre en compte les usages, besoins et aspirations, afin de trouver le bon compromis entre service public, facture énergétique, préservation de la biodiversité et du ciel nocturne. Cette fiche explore les enjeux et pistes d'actions possibles pour une telle approche. Dans un premier temps, elle définit ce qui est entendu par modulation, puis explicite la notion d'acceptabilité et identifie les obstacles au changement; enfin, elle propose différentes méthodes pour associer la population à une démarche de modulation.



Fiche n° 07 - Février 2022

La modulation d'éclairage: préambule, enjeux et usages

Une brève histoire de l'éclairage public

Historiquement, c'est l'enjeu de sécurité des déplacements qui a conduit à éclairer la nuit. L'éclairage public a été instauré en France sous Louis XIV, les citoyens étaient alors invités à équiper leur façade de chandelles. Depuis, les technologies ont évolué et les enjeux liés à l'éclairage également: la généralisation de l'éclairage électrique et les nouveaux usages des villes la nuit (tourisme, vie nocturne) ont conduit à un éclairage important et étendu des espaces urbains, notamment des chaussées. Aujourd'hui, c'est le retour à une certaine sobriété qui est visé. Sans pour autant replonger la ville dans le noir, les enjeux de biodiversité, de santé mais aussi d'économie d'énergie incitent à repenser la gestion de l'éclairage public, afin de trouver un équilibre entre, d'une part, les besoins et envies des usagers pour une vie nocturne attractive et sécurisante et, d'autre part, le respect des écosystèmes nocturnes et le retour de la nature en ville.

Définition, objectifs et modalités de la modulation d'éclairage

Définition et grands objectifs

Dans toute cette fiche, une modulation de l'éclairage est entendue comme une optimisation de celui-ci visant à réduire les pollutions lumineuses, afin d'améliorer la visibilité du ciel nocturne et de limiter les impacts de la lumière artificielle sur la biodiversité.

La nature en ville est une demande croissante de la société civile, liée à la fois au cadre de vie, à une prise de conscience écologique et des services rendus par la nature. La collectivité réaménage ou créé ainsi de nouveaux espaces et paysages, au sein desquels les effets négatifs de l'éclairage sur la biodiversité -présente ou attendue-doivent être limités.

La modulation peut également avoir pour objectifs l'amélioration du service rendu, une réduction des consommations énergétiques, une optimisation des horaires d'utilisation ou bien encore du nombre de points lumineux.

L'optimisation de l'éclairage public (et privé) (flux lumineux mieux orienté, abaissement à partir d'une certaine heure...) permet également de réduire les lumières intrusives dans les logements situés en bord de rue ou sous les luminaires.

Point réglementaire -

Lumières intrusives

L'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 demande la prise en compte de cette question de l'éclairage intrusif lors de projets d'éclairage (quelle que soit la source, et sans fixer de seuil).

Comment faire?

Arrêté du 27/12/18

La modulation d'éclairage peut passer par l'installation d'un matériel d'éclairage neuf. Cependant, il est également possible de moduler l'éclairage en conservant le matériel en place, en réduisant la puissance des sources, en ajoutant des fonctions d'abaissement si la technologie le permet, voire en éteignant par secteur (cf. fiche n° 06). Cela est notamment intéressant quand le parc est récent, ou si l'on veut conserver des lampes SHP (sodium haute pression, cf. fiche n° 03), réputées globalement moins néfastes pour la biodiversité que les LED actuellement déployées.

Des éclairages différents en fonction des usages

Les attentes en matière d'éclairage et de modulation sont étroitement liées au territoire, aux usages et aux populations qui le fréquentent: l'éclairage attendu dans une rue commerçante ou un lotissement n'est pas nécessairement le même. Ainsi, de nombreux facteurs sont à considérer pour obtenir une modulation pertinente et adaptée:

• les usagers (enfants, femmes, étudiants, travailleurs, personnes en situation de handicap, touristes...). Par exemple, le sentiment de sécurité perçue, notamment par les femmes, joue un rôle sur leurs pratiques nocturnes [Mallet, 2017] et il est indispensable de prendre en compte les usagers au cours d'une réflexion portant sur l'éclairage;

- le type de rue et la fonction qu'elle assure (boulevard, axe routier important, rue piétonne...). À ce titre, la norme NF EN 13201 (cf. fiche n° 05) permet de classer les rues par typologie d'usages et d'usagers;
- le type de quartier (résidentiel, de centreville, touristique, quartier aux fonctions mixtes, gare, hameau isolé...) et ses ambiances, actuelles ou voulues. La modulation envisagée sera à adapter selon les fonctions assurées par le quartier et l'ambiance souhaitée, tout en veillant à une continuité avec les quartiers adjacents pour limiter l'effet de contraste (cf. page 13, le retour d'expérience de Saint-Malo);
- les usages (passage, promenade, courses...).
 Il convient de distinguer les usages réels, et les usages voulus. En effet, l'éclairage, par les ambiances qu'il crée et qui peuvent évoluer en fonction de l'heure, est un levier pour inciter, par exemple, à la flânerie ou à la promenade;
- les cycles de fréquentation. Un même quartier peut accueillir différents usages et usagers selon l'heure: le niveau d'éclairage idéal tôt le matin n'est peut-être pas le même que pour la soirée ou le milieu de nuit. Sur un cycle annuel, une ville touristique peut l'adapter lors de ses pics de fréquentation;
- la durée du jour. L'éclairage et sa modulation doivent en tenir compte et s'y adapter autant que possible, par exemple, en assurant un éclairage plus intense le matin et le soir en hiver lorsque les nuits sont longues et la fréquentation importante (heures de pointe) et un éclairage plus tamisé pour les courtes nuits d'été, qui commencent très tard.

Certaines communes ont fait le choix d'une extinction totale de l'éclairage public, dans une tranche horaire délimitée de la nuit, voire toute la nuit. À ce titre, 36 des 70 communes du Parc naturel régional du Gâtinais français, engagé de longue date dans la réduction de l'éclairage public, pratiquent une extinction totale en été (mesure par ailleurs particulièrement favorable à la biodiversité).

Enjeux économiques et usages nocturnes

Lorsque l'on pense éclairage public la nuit, il est souvent question d'ambiances, de mise en valeur patrimoniale d'une place, d'un quartier ou d'une ville¹ (voir figure 1). Lyon, la ville des lumières, Bordeaux et son miroir d'eau... La concurrence est rude, et la ville nocturne, où se croisent des enjeux économiques et touristiques, peut permettre de se démarquer. Or, ce ne sont pas nécessairement les endroits les plus fréquentés d'une ville, la nuit, qui sont les plus éclairés. Il est donc primordial, lorsque l'on entreprend une démarche de modulation de l'éclairage, de savoir pourquoi on éclaire à tel endroit, si c'est nécessaire, tout en prenant en compte les usages et l'avis des usagers, et les enjeux économiques et environnementaux. Certains secteurs et sites tels que les rues piétonnes des centres-villes ou certains bâtiments font l'objet d'un éclairage d'ambiance recherché, alors que d'autres secteurs parfois très fréquentés la nuit (zone d'activités avec discothèques, restaurants, bars...) ont un éclairage plus fonctionnel (exemple des quais de Paludate à Bordeaux²). Parfois, l'éclairage privé (banques, restaurants, bars...), qui vise en général à être vu, sous la forme de devantures qui attirent l'œil du client, s'ajoute à l'éclairage public qui vise, lui, à mieux voir ou mettre en valeur le patrimoine, et s'en démarque en créant une ambiance très différente. Cet éclairage privé, complété par une publicité lumineuse parfois dense et anarchique, et caractérisé par une moins bonne maîtrise des flux lumineux, notamment vers l'horizon et le ciel, renforce la pollution lumineuse du secteur nocive pour la biodiversité (cf. fiches n° 01 et 03 notamment).

Point réglementaire

Lumières intrusives

Arrêté du 27/12/18

L'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses s'intéresse et encadre également les installations d'éclairage privé (cf. fiche n° 04).

¹ À noter cependant que l'éclairage de mise en valeur du patrimoine doit être éteint au plus tard à 1h depuis 2013.

² Voir l'article de Sandra Mallet et Cécilia Comelli (2017) dans la section « Pour aller plus Ioin » (p 15)

Rendre la ville attractive aux habitants et aux touristes est un véritable enjeu. Les techniques d'éclairage développées et les outils qu'emploient les aménageurs, tels que les SDAL³, permettent de choisir de donner à voir telle ou telle partie d'une ville et fabriquer « une sorte de paysage idéal » [Mallet, 2011]. Le « décor » peut être changé selon l'évènement et un autre paysage peut être proposé. « Oubliée,

la nuit où tout se confond, où l'on est temporairement aveugle » [Bertin & Paquette, 2015]: ce que l'on voit est visible parce que cela a un intérêt valorisant pour la ville (architecture, lieux historiques, port, quais, renouvellement urbain, miroir d'eau, évènements...). La lumière permet en effet de jouer sur la perception et l'impact visuel d'un espace urbain.

Lumière et expérience urbaine

La lumière, selon qu'elle est considérée comme protectrice, sécuritaire, informative, décorative, romantique ou divertissante (suivant la sensibilité et l'expérience de chacun ainsi que de la volonté de l'aménageur), amène à une expérience variée des paysages nocturnes. Ainsi, la lumière artificielle crée un paysage nouveau, une sorte d'entre-deux où « nous ne sommes ni le jour – parce que temporellement nous sommes la nuit –, nous ne sommes ni la nuit – parce que l'obscurité disparaît –, nous sommes dans un paysage entre-deux. » [Bertin & Paquette, 2015].



Figure 1 - Mise en valeur du patrimoine architectural de Nantes la nuit, Quai Turenne

Les obstacles au changement

La résistance au changement et l'acceptabilité

Les individus ont tendance à s'opposer au changement, quel qu'il soit. C'est ce que les psychologues appellent « la résistance au changement ». Parfois, cette résistance peut apparaître comme incompréhensible. Cependant, ce refus peut, au contraire, être tout à fait rationnel si l'on se place du point de vue des usagers.

Afin de comprendre ce qui pousse les personnes à agir d'une certaine façon et plus particulièrement ce qui pousse les individus à accepter d'utiliser, ou non, une nouvelle technologie, les chercheurs ont développé des modèles d'acceptabilité qui distinguent l'acceptabilité pratique et l'acceptabilité sociale. L'acceptabilité pratique renvoie à des aspects ergonomiques et fonctionnels. De ce point de vue, pour qu'un objet ou un service soit accepté, il faut qu'il soit

utilisable et utile, qu'il réponde à des besoins. L'acceptabilité sociale renvoie, quant à elle, à des notions de valeur et d'image. Ainsi, à titre d'exemple, des aides à la conduite avaient été bien évaluées par des utilisateurs potentiels dans la mesure où elles répondaient à un problème de sécurité routière (acceptabilité pratique), pour autant, ces utilisateurs ne souhaitaient pas les utiliser pour eux-mêmes: le recours à des aides à la conduite pouvait renvoyer l'image d'un mauvais conducteur (acceptabilité sociale).

Prendre en compte l'acceptabilité, c'est-à-dire comprendre la manière dont les individus perçoivent et réagissent à un objet technique (ex: véhicule autonome), organisationnel (ex: nouvelle organisation d'une équipe de travail) ou serviciel (ex: livraison de repas à domicile), permet d'identifier les freins et leviers à cette acceptabilité et d'y travailler en modifiant l'innovation, pour qu'elle corresponde mieux aux besoins, aux attentes et aux valeurs des personnes. Mais on peut

³ Schéma Directeur d'Aménagement Lumière

également accompagner les personnes en leur apportant des informations ou de l'aide. pour qu'elles affinent leurs représentations de l'objet et soient mieux à même d'accepter le changement. Pour reprendre l'exemple des aides à la conduite, la communication réalisée à l'époque par les constructeurs a cherché à valoriser l'usage de ces dispositifs. Mieux encore, on peut agir simultanément sur l'objet et les individus, dans une logique de co-construction afin que des ajustements réciproques s'opèrent. À ce sujet, on considère d'ailleurs que l'acceptabilité est un processus évolutif: on distingue trois types d'acceptabilité qui correspondent à trois moments où il conviendrait d'agir: l'acceptabilité (i) a priori lorsque l'objet ou le service n'est pas encore déployé ou que le changement n'a pas encore eu lieu; (ii) l'acceptation au début du déploiement ou du changement; puis (iii) l'appropriation après plusieurs mois.

Finalement, prendre en compte l'acceptabilité, c'est se donner les moyens de comprendre les freins et les leviers au changement, et d'accompagner ce changement à tous les niveaux (techniques et humains) pour qu'au final il soit accepté par les personnes car acceptable.

Les freins à l'acceptabilité de la modulation de l'éclairage public

Sentiment d'insécurité et service public

Une modulation de l'éclairage peut passer par plusieurs actions: abaissement de l'intensité lumineuse à certaines heures, extinction tout ou partie de la nuit, suppression de certains points lumineux, modification de la couleur en cours de nuit, etc. Ces actions de modulation de l'éclairage public peuvent parfois être perçues de manière négative par les populations concernées qui peuvent les percevoir comme synonyme d'une hausse de l'insécurité⁴ (de leur personne lors des déplacements, et de leurs biens vis-à-vis des cambriolages) et d'une baisse de la considération du politique pour le citoyen. La baisse du niveau d'éclairage peut alors être vue comme une dégradation d'un service public pourtant jugé acquis par le plus grand nombre.

Sensibilité spécifique des publics vulnérables à une modulation de l'éclairage

En fonction du niveau de modulation atteint, il est possible que certains usagers, notamment les plus vulnérables, rencontrent davantage de difficultés dans leurs déplacements nocturnes, voire renoncent à se déplacer la nuit. Les arguments liés à l'accessibilité des espaces publics pour les personnes à mobilité réduite (PMR), en particulier les personnes malvoyantes, sont ainsi souvent mobilisés pour contrer une volonté de modulation. Il est à noter qu'il n'existe pas de minimum d'éclairement réglementairement imposé sur les espaces publics5. La collectivité devra en revanche toujours répondre aux obligations d'homogénéité de l'éclairage sur les espaces accessibles aux PMR en veillant à garantir un bon repérage des cheminements et des zones de conflits (cf. fiche n° 04 et 05). Par ailleurs, une modulation réfléchie et raisonnée, ainsi que l'utilisation d'outils techniques tels que la détection de présence peuvent permettre d'allier baisse de l'intensité lumineuse (et/ ou de la durée d'éclairage à pleine puissance) et augmentation du confort des usagers, notamment des piétons. En effet, de nombreux schémas d'éclairage (SDE, SCAL, SDAL - voir glossaire) aujourd'hui effectifs sont basés sur la norme NF EN 13201. Or, celle-ci s'appuie sur une méthode essentiellement pensée pour les automobilistes et autres usagers motorisés de la route⁶, alors que le milieu urbain est caractérisé par une plus grande complexité des flux et une diversité d'usages, notamment piétons (cf. fiches n° 02 et n° 06). Malgré un niveau d'éclairement parfois important sur la chaussée, les espaces piétons sont souvent peu éclairés: une démarche globale incluant de la modulation et une réflexion renouvelée sur la conception de l'éclairage peut être une opportunité pour identifier ces zones et trouver des solutions pour améliorer qualitativement leur éclairage, tout en diminuant l'énergie globale consommée.

⁴ Les études actuelles ne permettent pas de trancher sur l'impact de l'éclairage sur une hausse ou une baisse de l'insécurité, les résultats étant contradictoires.

⁵ Cependant, il est à noter qu'en présence d'usagers, il ne faut pas avoir un éclairement moyen inférieur à 20 lux sur le cheminement extérieur des ERP (Établissements Recevant du Public) et IOP (Installations Ouvertes au Public).

A noter, dans son application, cette norme recommande des niveaux d'éclairement qui apparaissent aujourd'hui parfois surestimés par rapport aux besoins et attentes.

Le défi principal de la modulation: la modification des habitudes et représentations des usagers

Très souvent, l'innovation est accompagnée d'un discours auprès des bénéficiaires qui consiste à dire que « cela ne changera rien ». Or, agir sur l'éclairage public peut amener à modifier les repères et habitudes des usagers. Cette perte de repères peut engendrer un stress qui, s'il est souvent passager, peut être handicapant, voire bloquant: l'usager a alors l'impression qu'on le prive d'une liberté auparavant acquise. Par ailleurs, cette impression de perte de liberté peut engendrer un effet de réactance [Brehm, 1966] qui conduit l'individu à adopter des comportements lui permettant de retrouver cette liberté perdue (i.e., opposition à la modulation). Si cette perte, réelle ou supposée, s'accompagne de plus d'une non-reconnaissance par la puissance publique du changement subi par les usagers, la modulation peut être vécue comme une sanction, une décision arbitraire, voire un mépris. La transition vers un niveau d'éclairage modulé est une phase délicate qui nécessite un accompagnement et une implication des populations, notamment des plus vulnérables (personnes en situation de handicap, personnes âgées). Associées aux choix des modalités et objectifs de la démarche, celles-ci pourront s'approprier la démarche afin qu'elle s'intègre à leurs habitudes de vie.

À Nantes⁷, un débat sur le sujet de la modulation permet de donner la parole à des usagers déjà conscients des enjeux environnementaux et énergétiques, et favorables à cette modulation, permettant alors d'insuffler une dynamique.

L'acceptation par l'usager d'une modulation de l'éclairage peut passer par une réappropriation de la nuit. Celle-ci se confronte cependant à l'imaginaire collectif et aux peurs individuelles liés à la nuit (peur ancestrale du noir, appréhension de la faune nocturne) [Bertin et Paquette, 2015]. En effet, si à une époque le cycle de la lumière naturelle rythmait les journées de l'être humain et a fortiori celles des autres espèces vivantes, animales et végétales (on parle de rythme circadien), il n'en est plus rien, ou presque, aujourd'hui. Le développement de nos sociétés a apporté et démocratisé l'éclairage artificiel à l'échelle de la planète. Cependant, des initiatives existent pour aider à se réapproprier la nuit, telles que le programme LAPANTE (cf. page 13).

Comment favoriser l'appropriation de la modulation d'éclairage par les usagers?

Prendre en compte l'acceptabilité pratique et sociale

Afin de s'assurer de la réussite pérenne d'une modulation d'éclairage public, il convient de travailler sur l'acceptabilité pratique et sociale. Travailler sur l'acceptabilité pratique consiste à prendre en compte les usages pour proposer un éclairage adapté aux besoins des personnes (voir paragraphe Des éclairages différents en fonction des usages page 2). En particulier, au-delà des approches génériques (e.g., par type de rue, types de quartiers...), il convient de prendre en compte les pratiques d'usage des individus, et donc leurs besoins réels et non pas supposés. Par ailleurs, travailler sur l'acceptabilité sociale revient à considérer les facteurs sous-jacents aux usages (représentations, attitudes...) (voir paragraphe

Les freins à l'acceptabilité page 5). Pour étudier et faciliter l'acceptabilité pratique et sociale, on peut avoir recours à des enquêtes (entretiens, questionnaires) mais aussi à toutes les autres démarches d'information, de consultation et de concertation. Ces moments d'échanges doivent nourrir la réflexion technique afin qu'in fine, la modulation qui sera proposée soit acceptée par les usagers car acceptable. Et dans un double mouvement, ces échanges doivent également permettre aux usagers de modifier leurs préconceptions et de s'approprier le changement.

Il est possible de réaliser des enquêtes à différents moments de la révision du schéma directeur d'éclairage (SDE, ou équivalent), quand il existe, ou en amont d'un projet d'éclairage public (cf. fiche n°02): (1) lorsque l'éventuel SDE est encore effectif pour déceler les zones

⁷ Cf. thèse de Nicolas Houel, citée dans la section « Pour aller plus loin » en fin de document.

améliorables, et celles pour lesquelles on peut déjà envisager une modulation (phase d'acceptabilité a priori); (2) lors de tests en temps réel (on module qualitativement et/ou quantitativement l'éclairage pour l'occasion, en fonction des objectifs) (phase d'acceptation); (3) une fois la modulation effectuée, pour faire une évaluation du ressenti quand le changement a été intégré par les usagers, plusieurs semaines voire plusieurs mois dans l'idéal après la modification d'éclairage (phase d'appropriation) (voir paragraphe La résistance au changement page 4).

Une communication claire sur le projet est conseillée le plus en amont possible de la réflexion: les citoyens attendent de la transparence. Les quelques expériences sur le sujet de l'acceptabilité d'une modulation, et notamment celle menée par le Cerema à Saint-Malo (voir page 12), ont montré que les usagers étaient fortement intéressés par la thématique de l'éclairage, tant au niveau technique et technologique, que du point de vue des ambiances apportées à l'espace public. Ils le sont également de plus en plus vis-à-vis de la biodiversité: progressivement, la nature en ville, diurne mais aussi nocturne, devient un sujet de considération pour une partie de la population.

Mais l'information ne suffit pas. Les citoyens attendent également dialogue et proximité avec les décideurs politiques, ce que permettent la participation citoyenne et les réunions d'information. La participation citoyenne permet d'être le plus en cohérence possible avec les expériences des usagers, voire d'expérimenter des modulations plus ambitieuses sur certains sites bien ciblés, avec le soutien de la population. D'autre part, une démarche exemplaire de ce type en matière d'éclairage peut permettre d'engager la réflexion sur d'autres sujets connexes, par exemple la nature en ville. Les processus de consultation et de co-construction, pour tenir compte des évolutions régulières des technologies et des besoins et attentes des citoyens, devraient idéalement être menés en continu. Une sortie unique ne suffit pas, par exemple, à établir un schéma directeur qui s'appliquera pendant 20 ans.

La collectivité peut faire le choix de mener ces phases participatives à différentes échéances et fréquences: à échéance régulière (exemple: 2 ou 5 ans), ou en début puis fin de mandat, ou préalablement à chaque renouvellement de contrat du prestataire en charge de l'éclairage.

Tests de modulation ou d'extinction: informer ou non la population?

De manière générale, l'information de la population permet de la sensibiliser aux enjeux de l'éclairage et la concertation nourrit également les services techniques et politiques, qui collectent ainsi des informations précieuses des citoyens sur la performance de l'éclairage public. Les riverains et utilisateurs professionnels expriment leur ressenti, par exemple en termes de confort ou de sécurité, et participent ainsi à une co-construction de l'éclairage.

Cependant, lors de tests de modulation ou d'extinction, la question d'informer ou de ne pas informer peut se poser, car les deux options comportent avantages et inconvénients. Informer permet de ne pas surprendre l'usager, qui pourrait croire à une défaillance technique et non à une expérimentation; ne pas informer peut permettre dans certains cas d'éviter une réaction de refus réflexe de toute modulation. À noter qu'un abaissement limité (par ex. de quelques lux) sera quasi imperceptible par l'œil humain; dans ce cas, ne pas informer du test peut être envisagé. Si le doute persiste sur la stratégie à adopter, mieux vaut prévenir la population. Enfin, en cas de crainte de rejet, l'expérimentation peut être progressive (réduire par pallier l'éclairage une partie de la nuit, et tester une extinction en fin de démarche). Les collectivités, avec leur connaissance du territoire, des quartiers et de leurs habitants, déterminent la meilleure stratégie. Dans tous les cas, un retour aux usagers est indispensable, qu'ils aient remarqué le changement ou non!

Quels sujets aborder?

Le rapport qu'un individu entretient avec l'éclairage n'est pas purement utilitaire, il a également des ressentis (confort, sécurité...), des représentations sur la manière dont cela fonctionne techniquement, sur le coût, les impacts sur la biodiversité, etc. Par conséquent, tous les éléments qui peuvent concourir à son acculturation sur le sujet doivent être abordés, y compris des considérations techniques dont on pourrait penser, à tort, qu'elles n'intéressent pas les habitants.

Renouvellement du parc et économies d'énergie

Il est possible de communiquer sur l'intérêt du renouvellement du parc de luminaires, en présentant en toute transparence les avantages et inconvénients des anciennes et nouvelles technologies sur les sujets des consommations énergétiques, de la possibilité de moduler, de la maîtrise du flux, des différents spectres et de leur impact sur la biodiversité... les nouvelles technologies présentant sur plusieurs de ces thèmes des avantages indéniables (cf. fiches n° 03 et 06). Pour ce faire, construire une analogie avec l'éclairage domestique permet de vulgariser le propos (maîtrise des consommations, adaptabilité aux évolutions des usages, praticité et durabilité, variété des températures de couleur, mais aussi impact de la lumière bleue sur les êtres vivants...).





Figure 2 - Lampadaire contemporain (à gauche) et lampadaire classique à droite pour 2 ambiances différentes

L'argument des économies réalisées par la collectivité doit être avancé avec précaution: à l'énonciation de cet argument, les administrés peuvent penser que les impôts locaux vont diminuer. Le politique devra cependant arbitrer entre cette piste, celle de la compensation de la hausse du prix de l'énergie et celle du réinvestissement dans l'amélioration continue du parc de luminaires. Il faudra ainsi convaincre que le gain financier est réinvesti stratégiquement, et qu'à défaut de diminuer les impôts, il limite la hausse de ceux-ci et participe à la maîtrise des budgets de fonctionnement et des dépenses publiques.

Amélioration du confort des riverains

L'optimisation de l'éclairage public (et privé) permet également de réduire les lumières intrusives dans les logements situés en bord de rue ou sous les luminaires (flux lumineux mieux orientés, abaissement à partir d'une certaine heure...). Cet argument fera écho chez les personnes inquiètes de l'impact de l'éclairage sur la qualité du sommeil (les derniers résultats scientifiques prouvant que quelques lux suffisent à le perturber [Phillips, 2019]). Ce sujet mérite une sensibilisation spécifique des élus, techniciens et citoyens.

Point réglementaire

Lumières intrusives

Arrêté du 27/12/18

L'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 demande la prise en compte de cette question de l'éclairage intrusif lors de projets d'éclairage (quelle que soit la source, et sans fixer de seuil).

Nature en ville, ciel étoilé, trame noire et biodiversité

Comme introduit dans le paragraphe Définition, objectifs et modalités de la modulation d'éclairage page 2, la nature en ville est un sujet émergent à la fois lié au cadre de vie mais également à un nécessaire retour de la biodiversité en ville. Il faut donc croiser les réflexions sur l'éclairage et sur la biodiversité, afin d'assurer la protection, voire le développement des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques nocturnes, constitutifs de la trame noire (cf. fiches n°01 et 02) pour que les choix adoptés soient les plus pérennes possibles. Une des méthodes proposées dans la bibliographie pour son élaboration (Exemple : guide Trame noire de l'OFB8) consiste à analyser la pollution lumineuse qui affecte les trames vertes et bleues.

Dans les études paysagères ou d'urbanisme « classiques », l'évaluation de l'éclairage et de la trame noire (cf. fiche n° 02) est souvent insuffisante voire absente, tout comme la prise en compte des usages, qu'ils soient festifs, contemplatifs ou liés à la mobilité, pour une modulation de l'éclairage selon les lieux et la temporalité. Outre les usages, la question de la biodiversité devrait être placée au cœur des projets, tandis qu'elle subit une érosion massive et globale, et alors même qu'elle rend de nombreux services indispensables à l'homme, appelés « services écosystémiques ». Par exemple, l'éclairage artificiel impacte les chauves-souris, y compris celles chassant sous les lampadaires (cf. fiche n° 01), alors qu'elles ingurgitent chaque nuit d'été plus d'un tiers de leur poids en moustiques et autres insectes volants.

 $^{8 \}hspace{0.5cm} www.trameverteetbleue.fr/documentation/references-bibliographiques/trame-noire-methodes-elaboration-outils-pour-sa-mise$

Pollution lumineuse et paysages nocturnes

Le terme de pollution lumineuse voit le jour dans les années 1970 suite à l'alerte des astronomes: face au développement massif de l'éclairage nocturne, les sites d'où l'on peut contempler les étoiles se raréfient. La perte de ce paysage céleste est particulièrement vraie en ville, où l'éclairage urbain est un acquis et se défend sur plusieurs points, au détriment du ciel nocturne: sécurité des déplacements, sentiment de sécurité des biens et des personnes, qualité et confort des espaces publics la nuit...

Dans cette dynamique et au fil des ans, plusieurs associations françaises telles que l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne (ANPCEN), France Nature Environnement, Noé Conservation; ou internationales telles que l'International Dark Sky Association, proposent des démarches, chartes d'engagement et « labels » tels que les Réserves Internationales de Ciel Etoilé (RICE*), Villes et Villages étoilés, etc., à destination des communes et autres collectivités, pour la préservation de la biodiversité, du ciel et de l'environnement nocturne via la lutte contre la pollution lumineuse. Outre l'aspect céleste des paysages nocturnes, le ciel de nombreux territoires est pollué d'un halo, impactant considérablement les paysages terrestres à distance.**

Certaines collectivités (communes, PNR, syndicats mixtes de SCoT) et Parcs nationaux prennent déjà en compte la pollution lumineuse dans leur document d'urbanisme ou charte, et aspirent à protéger leur environnement et leurs paysages nocturnes (cf. fiche n° 02).

Des initiatives concrètes en découlent sur le territoire. Le Parc National des Cévennes a engagé depuis 2018, dans le cadre de la labellisation RICE, une démarche d'observatoire photographique des paysages nocturnes, afin de prendre la mesure de l'impact de l'éclairage artificiel sur le paysage, et de son évolution dans le temps.

Article L110-1 du Code de l'environnement: "Les espaces, ressources et milieux naturels terrestres et marins, les sites, les paysages diurnes et nocturnes, la qualité de l'air, les êtres vivants et la biodiversité font partie du patrimoine commun de la nation. Ce patrimoine génère des services écosystémiques et des valeurs d'usage."

- *Trois RICE existent à ce jour en France : la RICE du Pic du Midi dans les Pyrénées, la RICE des Cévennes et depuis 2019 la RICE Alpes Azur Mercantour dans les Alpes Maritimes.
- ** Lire l'article suivant pour illustration du halo lumineux à distance: https://theconversation.com/comment-la-pollution-lumineuse-est-devenue-laffaire-de-tous-71724

3.3 Approches et méthodes à mobiliser pour associer les usagers

De l'éclairage public au ciel nocturne

Les notions de « ciel nocturne » ou de « paysage nocturne » peuvent être plus porteuses de sens que le terme technique d'éclairage public, lorsqu'il s'agit de communiquer ou de sensibiliser, ou bien de mobiliser des participants à des réunions, ou des volontaires à des expérimentations.

Informer et documenter

La première étape indispensable à une démarche de modulation est d'informer la population des raisons qui motivent cette action, ses enjeux et les gains attendus (financiers, énergétiques, écologiques, de confort, d'usage...). À cette fin, le recours à la revue communale, aux réseaux sociaux, au site web de la collectivité et à la presse locale sont les premiers canaux de communication, à mobiliser tout au long de la démarche.

« C'est beau Niort la nuit »



Figure 3 - Sensibilisation et information de la population de Niort vis-à-vis de la démarche d'extinction de l'éclairage public

À Niort, une démarche d'information a été initiée en 2020 pour informer la population des enjeux en lien avec l'extinction de l'éclairage: biodiversité, confort des habitants, ciel nocturne, économies d'énergie. La population est également invitée à donner son avis sur cette expérimentation d'extinction et à participer aux démarches de concertation prévues à partir de l'été 2020.

(Source: https://www.vivre-a-niort.com/actualites/dernieres-infos/la-ville-experimente-un-eclairage-public-raisonne-9232/index.html).

Une sensibilisation à minima permet de dissiper certaines craintes et doutes et contribue à un débat plus objectif sur l'opportunité d'une modulation. Qu'elles soient justifiées ou non, ces réticences sont à considérer en amont des projets et avec pédagogie lors d'une démarche de modulation, de manière à rassurer et à y répondre, en impliquant la population dans cette réflexion.

Compléter la démarche de communication par le biais de la concertation, en réalisant des affichages d'information dans les rues concernées et à proximité est également envisageable de même qu'organiser une rencontre entre les administrés et les services techniques en charge de l'éclairage public.

Point de vigilance - Anticiper les contradictions apparentes

Les citoyens, lorsqu'ils n'adhèrent pas de prime abord à une initiative, peuvent rechercher toute incohérence dans les politiques publiques qui pourrait abonder dans le sens d'un refus. Il convient donc de veiller à bien communiquer et expliquer toute action en lien avec l'éclairage public, et éviter, par exemple, de faire en même temps une modulation sur un quartier et une mise en lumière sur un autre sans expliquer les tenants et les aboutissants de ces choix, et faire en sorte, si possible, qu'ils soient partagés par la population.

3.3.2 Consulter, concerter

Les méthodes proposées ci-après peuvent être utilisées seules ou combinées. Elles ont toutes pour objectif de recueillir les ressentis des usagers ou leurs pratiques afin d'évaluer les marges de manœuvre pour une modulation de l'éclairage public. Pour certaines méthodes, ce recueil aura principalement lieu au travers de la mesure directe des pratiques des usagers (avec l'observation in situ ou les balades et parcours commentés par exemple). Pour d'autres, il passera par la mesure plus indirecte de leurs perceptions (avec le questionnaire ou les micro-trottoirs par exemple). Il n'est pas obligatoire d'atteindre la représentativité, mais plutôt de chercher à « trianguler » les données: réaliser plusieurs enquêtes, avec différents dispositifs, dans plusieurs lieux, à différents moments, afin de croiser les résultats et d'obtenir une tendance qui sera un guide pour la réflexion. Le choix de modulation final est ensuite effectué par la collectivité et ses services techniques. Certaines de ces méthodes peuvent également permettre d'évaluer l'acceptabilité dans une logique de bilan après modulation.

À noter qu'au-delà de l'enquête, ces moments d'interaction avec la population sont l'occasion de sensibiliser aux enjeux de l'éclairage et, notamment, ses impacts sur la biodiversité nocturne vivant dans l'espace concerné par le projet.

Une synthèse des méthodes possibles est proposée dans le tableau pages 11 et 12.



Une idée lumineuse!

Adopté par plus de 8000 communes en France, l'extinction de l'éclairage public nocturne est souvent sujet à controverse. Pourtant les chiffres démontrent qu'il n'existe aucune corrélation entre l'obscurité et l'insécurité. Néanmoins, afin de faciliter les diverses interventions des forces de l'ordre, des sapeurs pompiers et autres, la ville de Givors en lien avec le SIGERLy (syndicat de gestion des énergies de la région lyonnaise) a décidé de mettre en œuvre un système novateur. En effet, les 4 000 points lumineux

implantés sur notre commune sont désormais pilotés au moyen d'une centaine d'armoires électriques équipées d'horloge LoRA. Un dispositif dédié à la télégestion à distance des armoires d'éclairage public. Elles permettent d'interagir à distance, mais également de choisir avec précisions la zone concernée pour le rétablissement temporaire de l'éclairage nocturne et cela sans le déplacement du technicien d'astreinte. Une innovation technique sur laquelle nous reviendrons plus en détail dans un prochain numéro.



Figure 4 - Exemple de communication de la Ville de Givors. Cet article s'inscrit dans une démarche de communication plus large sur l'extinction de l'éclairage (Source : Vivre à Givors n°219, 2019, p.15 / https://www.givors.fr/publication/vivre-a-givors-decembre-2019-n-219/).

Mesurer l'acceptabilité de la modulation de l'éclairage public : les méthodes d'enquêtes

Méthodes d'enquêtes	Quelle enquête pour quel type de données ?	Objectifs	Dispositif et remarques
aratoires olore	Observation in situ (Données qualitatives)	 Accéder aux pratiques des usagers. Affiner la préparation d'autres méthodes (trajets à effectuer, thèmes à aborder). Construction d'hypothèses par repérage des pratiques des usagers face aux composantes de l'espace (obstacles, zone d'ombre). 	 L'observateur s'installe dans un espace choisi, sans attirer l'attention pour ne pas perturber le comportement naturel des individus. Il engrange le plus d'informations possibles sur l'utilisation de l'espace, les usagers qui le fréquentent, les pratiques, les ambiances Des notes, schémas et photos sont réalisés.
Enquêtes préparatoires © On explore	Micro-trottoir (Données qualitatives)	 Déterminer qui sont les principaux usagers du lieu aux temporalités choisies (touristes, travailleurs, habitants, promeneurs). Recueillir sur le vif les ressentis spontanés d'une grande diversité d'usagers. Affiner la préparation d'autres méthodes (trajets à effectuer, thèmes à aborder). 	 L'enquêteur interpelle des passants et leur pose quelques questions sur l'ambiance nocturne des lieux. L'entretien est généralement court (quelques minutes) mais peut être étoffé si la personne a un peu de temps à consacrer à l'enquêteur. Cette méthode permet d'interroger rapidement un grand nombre de personnes et de recueillir les éléments les plus importants à leurs yeux (ceux qu'ils auront évoqués en premier, sans avoir eu besoin d'y réfléchir).
Enquêtes confirmatoires © On valide ou on invalide des hypothèses	Questionnaire (Données qualitatives)	 Accéder aux perceptions des usagers. Recueillir des données sur un échantillon large, dont les résultats sont susceptibles d'être généralisés. 	 Diffusion à large échelle, en ligne (via le site de la collectivité, les réseaux sociaux, les associations) et/ou sous forme papier (boîtage, accueil des services municipaux). Sous format papier, il faut penser aux boîtes de dépôt pour recueillir les questionnaires remplis (mairie, écoles, commerces de proximité) ou à fournir une enveloppe timbrée pour renvoi gratuit. Si viser un échantillon représentatif de réponses est tentant, cet objectif est souvent difficile à atteindre. Cependant, même si les réponses ne sont pas représentatives de toute la population concernée, elles peuvent néanmoins donner une tendance et indiquer les enjeux principaux liés à l'éclairage public. Attention chaque question doit porter sur une seule idée. Avantages: permet un recueil quantitatif sur un échantillon important dans un espace géographique donné (du quartier à la ville, en fonction notamment du mode de diffusion – en ligne ou papier). Inconvénients: construction des énoncés parfois biaisée par les représentations initiales des techniciens. Des entretiens préalables permettent de contourner la difficulté en donnant l'accès aux pratiques et représentations réelles des individus. Les espaces de commentaires libres sont utiles, car souvent riches, mais plus complexes à exploiter lors de l'analyse des réponses.
v	Parcours commenté individuel	 Accéder aux ressentis et aux pratiques le plus directement possible, sur le terrain et en temps réel. Comprendre les stratégies de déplacement la nuit, notamment à travers le regard de piétons vulnérables (personnes âgées, ayant une déficience visuelle, etc.). 	 Deux enquêteurs accompagnent un volontaire le long d'un trajet prévu. Ce trajet est toutefois modifiable selon les circonstances ou échanges avec le volontaire. Un enquêteur est au côté du volontaire, invité à s'exprimer librement sur ses ressentis, habitudes, expériences et anecdotes en lien avec les lieux ou le parcours. Le second enquêteur les suit à une dizaine de mètres derrière et filme le parcours pour pouvoir mieux comprendre les propos du volontaire et illustrer ses paroles, enregistrées grâce à un micro-cravate.

Enquêtes confirmatoires

On valide ou on invalide des hypothèses



- Accéder aux ressentis, pratiques et attentes des usagers.
- Comprendre les stratégies de déplacement la nuit.
- Mettre en débat les différents ressentis et les différentes opinions, sur la perception des ambiances nocturnes.
- Ces balades regroupent au maximum une dizaine de participants volontaires aux profils variés.
- Le groupe, guidé et encadré par au moins trois enquêteurs (un ou deux animateurs, un cameraman et un preneur de notes), effectue un parcours défini à l'avance (mais adaptable si nécessaire), au cours duquel les usagers sont invités à s'exprimer librement sur leurs ressentis et habitudes, à partager des anecdotes, etc.
- Des points d'arrêt réguliers (prévus ou décidés sur le vif en fonction des échanges) sont effectués afin de partager les avis de chacun, de s'assurer que tous s'expriment et de dégager un éventuel consensus ou dissensus sur les sujets évoqués.
- Lorsque le parcours s'y prête, une certaine latitude est laissée aux usagers pour choisir leur itinéraire. Ils devront expliquer les raisons de ce choix (de tel côté de la rue par rapport à l'autre, choix de traverser à tel ou tel endroit...).
- Pour plus de retours et de détails, il est préférable de prévoir une session de restitution de la balade juste après celle-ci, en salle, avec cartes du parcours et post-it pour recueillir les derniers témoignages et ressentis.

Note: Données qualitatives: elles ne sont pas généralisables mais permettent une analyse plus fine des comportements et ressentis. Données quantitatives: elles peuvent être généralisables à une population plus large.

Une rencontre entre les services techniques de Saint-Malo et les habitants

En partenariat avec les services techniques de la Ville de Saint-Malo, le Cerema a réalisé en 2018 une enquête visant à évaluer l'acceptabilité du nouveau schéma directeur d'éclairage et de modulation de la cité bretonne. À l'occasion d'une balade nocturne réalisée

dans le cadre de l'expérimentation de modulation de l'éclairage public, les services techniques ont répondu aux questions des administrés et ont pu constater que leur métier, pourtant très technique, suscitait beaucoup d'intérêt. Au terme de la rencontre, les usagers se sont dits très satisfaits d'avoir pu davantage comprendre les contraintes techniques liées à l'éclairage, et de fait les décisions politiques qui en découlent. Forts de cette nouvelle compréhension, ils ont également proposé aux services techniques des lieux particuliers où selon eux, il était possible de diminuer plus fortement l'éclairage.



Source: Cerema

Figure 6 Débriefing en
salle d'une balade
nocturne animée
par le Cerema,
entre usagers et
services techniques
de la Ville de Saint-



Source: Cerema

Figure 7 - Dans un quartier résidentiel de Saint-Malo, parcours commenté réalisé de nuit dans le cadre d'un test de modulation



Figure 5 - balades urbaines nocturnes organisées par le Cerema à St Malo



Source: Cerema

Figure 8 - Sur l'esplanade Saint-Vincent, à Saint-Malo, mur d'expression, variante animée d'un micro-trottoir où les passants prennent le crayon pour écrire leurs impressions

Quelques éléments sur la perception des espaces nocturnes: retour d'expérience de Saint-Malo

Les enquêtes ont permis une modulation ambitieuse. Au-delà des critères habituels d'intensité lumineuse et de contraste, d'autres caractéristiques influençant la perception des espaces publics la nuit ont été mises en avant:

- la température de couleur des luminaires (cf. fiche n° 03) influence l'ambiance créée: certaines personnes jugent la lumière blanche trop froide, tandis que d'autres trouvent la lumière jauneorangée datée. Cependant, en fonction des caractéristiques du quartier (quartier ancien ou moderne) et de ses fonctions (touristique, fort trafic routier ou multimodal...), les couleurs étaient mieux acceptées lorsque les usagers percevaient une certaine cohérence (jaune-orangé pour un quartier historique, blanc pour un quartier de gare). Quoi qu'il en soit, une lumière dite « blanc chaud » (environ 3000 K, qui est désormais la limite maximale pour l'éclairage de voirie suite à l'arrêté ministériel de 2018, cf. fiche n° 04) semble convenir au plus grand nombre.
- l'indice de rendu des couleurs (IRC) influence également l'ambiance. Un IRC relativement faible (exemple des lampes au sodium haute pression) altère la perception des couleurs, faisant apparaître la scène visuelle selon un dégradé de nuances de jaune. À intensité égale, les usagers trouvent souvent que la lumière blanche éclaire « mieux » que la lumière jaune.
- la nature du mobilier urbain (candélabres, bancs, poubelles, barrières, potelets...) participe de la création d'une ambiance en fonction du style mais aussi de l'état d'entretien.
- la typologie de voirie influence les attentes en matière d'éclairage (trafic automobile plus ou moins important, largeur et trajectoire de la rue, mixité des usages et des risques de conflits entre modes de déplacement).
- une répartition hétérogène des points lumineux sur un même espace (par exemple une place ou une esplanade), impliquant l'apparition de zones bien éclairées et de zones plus sombres, peut engendrer un sentiment d'insécurité chez les usagers. Une bonne uniformité de l'éclairage mais à des niveaux plus faibles est souvent plus confortable.
- les transitions brusques entre secteurs très éclairés (rues commerçantes, boulevards) et secteurs moins éclairés (rues secondaires, parcs, esplanades) peuvent de même inquiéter. Il convient d'établir des transitions douces de manière à ne pas créer une discontinuité trop forte.

Même si ces résultats concernent le contexte urbain de Saint-Malo, on peut supposer que ces grands principes se vérifient en milieu rural. On constate cependant que les extinctions d'éclairage concernent à ce jour essentiellement des communes rurales. Au-delà des questions de densité de population et d'équipements, il est possible qu'en campagne, les habitants soient plus habitués à vivre avec la nuit (trajets fréquents sur des départementales non éclairées, liens plus développés avec la nature), pouvant impliquer une plus forte tolérance voire attente d'une modulation ou extinction d'éclairage.

Sensibilisation aux enjeux de la nuit via des balades nocturnes

Certaines associations se sont données pour mission de sensibiliser les populations aux enjeux de la nuit « naturelle ». Agir pour l'Environnement a ainsi créé l'opération « Le jour de la nuit » qui s'intéresse à la biodiversité, aux paysages et au ciel nocturne, via des balades nocturnes, l'observation des étoiles, et l'extinction de l'éclairage. Les Nuits des étoiles qui ont lieu tous les ans en août sont aussi une occasion pour sensibiliser la population.

Se réapproprier la nuit, l'enjeu du programme LAPANTE

Le programme LAPANTE (L'Avènement des PAysages Nocturnes dans la Transition Ecologique) a pour mission de comprendre et d'accompagner l'extinction des éclairages publics, en étudiant le lien entre les paysages nocturnes et les habitants et usagers, et en expérimentant des méthodes participatives pour agir sur ce lien. Ainsi, en 2016, des marches nocturnes ont été réalisées avec des habitants sur un même parcours dans la commune d'Auzeville (31), alors que l'éclairage public était allumé puis éteint. L'expérience a montré qu'une fois les lieux réappropriés (ré-apprivoisés) dans leur dimension nocturne, les usagers se montraient beaucoup moins réfractaires à une extinction totale de l'éclairage public à certains moments de la nuit

La liste des méthodes proposée ci-avant n'est pas exhaustive et celles-ci ne sont pas figées. En fonction du contexte et des enjeux propres au territoire, et des moyens et compétences à disposition, les méthodes peuvent être adaptées, et d'autres sont à inventer.

Dans tous les cas, il est recommandé de se faire accompagner par une entité tierce, de préférence compétente en psychologie, afin de limiter les biais lors des enquêtes (sur la façon dont sont posées les questions par exemple) et d'éviter d'être pris à partie en tant que représentant de la collectivité locale.

Recommandation

Lors de la réalisation d'enquêtes, avoir une approche plus systémique sur « les espaces publics la nuit », plutôt que centrée sur l'éclairage, a des vertus: cela permet à l'enquêteur d'appréhender le ressenti de l'usager au regard de différents facteurs (éléments de l'espace urbain, configuration de la rue, façades peu accueillantes...) plutôt que sur l'éclairage seul.

Co-construire

La co-construction va plus loin que la consultation, car elle aboutit à des propositions concrètes qui sont construites avec l'apport des usagers. Elle s'appuie sur la volonté de la collectivité de prendre en compte les retours des habitants. Idéalement, elle doit être initiée dès le lancement de la réflexion. D'après certaines recherches en psychologie, cette démarche permet d'atteindre une meilleure acceptabilité des mesures mises en œuvre.

La collectivité, sauf si elle dispose des compétences nécessaires en interne, pourra se faire accompagner d'un prestataire (psychologue, bureau d'étude spécialisé en concertation, etc.) sur cette démarche.

Certaines méthodes présentées précédemment sont alors à compléter de phases de réflexion collectives, par exemple, sous forme d'ateliers participatifs, qui peuvent se tenir indépendamment ou à la suite des parcours commentés ou des balades urbaines nocturnes.

En résumé

La modulation de l'éclairage nocturne (d'un point de vue qualitatif, quantitatif et temporel) est un enjeu fort pour l'économie, la biodiversité et la qualité de vie. Si elle permet d'allier écologie et économies d'énergies pour les collectivités, elle offre également aux habitants la possibilité d'améliorer l'observation du ciel nocturne ainsi qu'un cadre de vie plus naturel et plus respectueux des cycles biologiques du monde vivant auquel ils appartiennent. Sur ces sujets, les avantages sont indéniables, mais viennent parfois se heurter aux enjeux économiques locaux (tourisme, attractivité commerciale), aux contraintes quotidiennes et aux habitudes culturelles des usagers. C'est pourquoi une sensibilisation aux enjeux, ou une participation voire une co-construction d'une stratégie d'éclairage avec la société civile est gage d'acceptation d'une modulation, voire d'une extinction concertée de l'éclairage. Les solutions technologiques modernes doivent

prendre en compte la biodiversité et le confort des usagers: si les LED « standard » apparaissent en 2020 comme une solution idéale d'un point de vue énergétique, elles peuvent, dans certains cas et secteurs à enjeux environnementaux, apparaître moins pertinentes que les lampes SHP traditionnelles, moins efficientes, génératrices de plus de déperditions lumineuses mais aussi potentiellement moins impactantes pour les êtres vivants. En conclusion, c'est un équilibre qu'il faut trouver entre technologie et biologie des êtres vivants, entre économie locale et biodiversité, le tout dans l'écoute de la population. Et si impliquer les citoyens dans une telle démarche permettait de réduire l'empreinte énergétique des collectivités, tout en sensibilisant sur la biodiversité et en favorisant le retour de la nature, de jour comme de nuit, dans les espaces habités? Et si le retour de la nature, sujet de nombreuses politiques, incluait le retour de l'obscurité?



Glossaire •••

SDE: Schéma Directeur d'Eclairage

SDAL: Schéma Directeur d'Aménagement Lumière

SCAL: Schéma de Cohérence d'Aménagement

Lumière

PNR: Parc Naturel Régional SHP: Sodium Haute Pression **LED**: Light Emitting Diode (Diode électrolumines-

cente)

SCoT: Schéma de Cohérence Territoriale **RICE**: Réserve Internationale de Ciel Etoilé

TVB: Trame verte et bleue, constituée de l'ensemble des réservoirs de biodiversité et corridors de déplacement permettant aux espèces d'un territoire d'accomplir l'ensemble de leur cycle de vie.



🗗 Pour aller plus loin 🔸 -

- Samuel Challéat. Le « paysage nocturne », nouvel outil pour l'action collective territorialisée contre les nuisances et pollutions lumineuses? Formation de haut niveau « Paysage » de l'OSU de Rennes (action DiPEE CNRS-InEE) -Paysages sonores, paysages lumineux, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR), CNRS-InEE, Dec 2016. Rennes, France.
 - $https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01564011/file/osur_formation-paysage-8 dec 2016_samuel-challe at.pdf$
- Sandra Mallet et Cécilia Comelli, « Politiques d'éclairage public et transformations des espaces urbains: une approche critique », Cybergeo: European Journal of Geography [En ligne], Politique, Culture, Représentations, document 833, mis en ligne le 27 octobre 2017. http://journals.openedition.org/cybergeo/28796
- Sylvain Bertin et Sylvain Paquette, « Apprendre à regarder la ville dans l'obscurité: les « entre-deux » du paysage urbain nocturne », Environnement Urbain / Urban Environment [En ligne], Volume 9 | 2015, mis en ligne le 19 octobre 2015. http://journals.openedition.org/eue/603
- Sandra Mallet, « Paysage-lumière et environnement urbain nocturne », Cairn [Online], Espaces et Sociétés, 2011, n°146, page 35-52. https://www.cairn.info/revue-espaces-et-societes-2011-3-page-35.htm
- Luc Gwiazdzinski, « la nuit dernière frontière de la ville » / HAL [en ligne].
 https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00642968/file/La nuit dernière de la vi.pdf
- Site internet du collectif RENOIR (Ressources environnementales nocturnes & territoires) https://renoir.hypotheses.org/1265
- CGEDD. A la reconquête de la nuit. La pollution lumineuse: état des lieux et propositions, Nov 2018 https://www.vie-publique.fr/rapport/38675-la-pollution-lumineuse-etat-des-lieux-et-propositions
- BRUDED. Réduire l'éclairage public, retours d'expériences https://www.bruded.fr/wp-content/uploads/2017/11/plaquette-reduire-l_eclairage-public.pdf
- AFA. Ne plus avoir peur de la nuit, 2012 https://media.afastronomie.fr/Expo_Songe_dune_nuit_etoilee/pdf/Guide-Nuit.pdf
- Cerema, « Étude d'acceptabilité du schéma directeur d'éclairage de la Ville de Saint-Malo », Rapport d'étude, Mai 2018.
- Nicolas Houel, « Pédagogie de la sobriété lumineuse », 2020.

Série de fiches « AUBE »

Fiche chapeau	Intégrer la biodiversité dans la planification et la maintenance de l'éclairage
Fiche n° 01	Adapter l'éclairage aux enjeux de biodiversité du territoire
Fiche n° 02	Intégrer les enjeux de biodiversité nocturne dans la planification et les outils opérationnels
Fiche n° 03	Choisir une source d'éclairage en considérant l'impact de son spectre lumineux sur la biodiversité
Fiche n° 04	Comprendre l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 relatif aux nuisances lumineuses
Fiche n° 05	Comprendre la réglementation, les normes et les recommandations en éclairage extérieur (à paraître)
Fiche n° 06	Concevoir et gérer une installation d'éclairage pour limiter la pollution lumineuse (à paraître)
Fiche n° 07	Améliorer l'acceptabilité de la modulation de l'éclairage grâce à la participation citoyenne, la concertation et la co-construction
Fiche n° 08	Financer un projet d'éclairage intégrant biodiversité et sobriété énergétique (à paraître)



Contributeurs • • •

Maquettage
Cerema DSC
Pôle édition
et valorisation
des connaissances

Rédacteurs: Roxane Joly, Erwan Vatan, Samuel Busson, Stéphanie Bordel, Marlène Bel (Cerema)
Relecteurs: Romain Sordello (UMS Patrinat), Helène Foglar (Athena Lum), Nicolas Houel
(L'observatoire de la nuit), Caroline Vickridge (NOE), François Chevaux, Marion Torterotot, Paul Verny,
Florian Greffier (Cerema).

Impression Jouve-Print Mayenne



biodiversite.eclairage@cerema.fr

Photo de couverture Cerema/Samuel Busson

> Date de publication Février 2022 ISSN : 2417-9701 2022/06

Commander ou télécharger nos ouvrages sur www.cerema.fr

La collection «Connaissances » du Cerema

© 2022 - Cerema La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema. Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment