



VADEMECUM POUR LA PRISE EN COMPTE DE LA BIODIVERSITE DANS LES PROJETS D'ÉCLAIRAGE PUBLIC

Document technique pour les autorités communales

Vade-mecum pour la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'éclairage public.

Participants à l'élaboration du document :

- SPW ARNE (Thierry Kervyn, Julien Daise, Olivier Vanstipelen, Nicolas Delhayé, François Laviolette)
- SPW ATLPE (Frédéric Douillet, Gwennaël Bataille, Marie-Eve Dorn)
- SPW MI (Denis Cornet, Samir Wariach)
- Union des Villes et communes de Wallonie (Marianne Duquesne)
- ORES (Stéphane Joris, Dominique Wantiez) (carto : Nicolas Nemeth)
- RESA (Nicky Pirard, Olivier Morant) (carto SIG: Bernard Dinon)
- AIEG (Soufiane Kadari)
- AIESH (Guillaume Dubray)
- REW (Mohammed Ouachalih)

Coordination et homogénéisation finales :

SPW ARNE (DEMNA & ACREA)

Mise en page :

Biotope Environnement (Leslie Wilmet)

Editeur responsable :

Bénédicte HEINDRICHS

Directrice générale du Service public de Wallonie – Agriculture Ressources Naturelles Environnement (SPW ARNE)

Citation recommandée :

Kervyn T., Daise J., Wariach S., Cornet D., Duquesne M., Morant O., Wantiez D. & Joris S. (2024). Vade-mecum pour la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'éclairage public. SPW ARNE – DEMNA. 27 p.

Table des matières

INTRODUCTION	1
CONTEXTE – ÉCLAIRAGE PUBLIC	2
2.1. Éclairage public – bref historique.....	2
2.2. Contexte actuel	2
2.3. Typologie des éclairages et des acteurs.....	3
Les éclairages communaux.....	3
Les éclairages régionaux.....	4
2.4. Législation sur l'éclairage public.....	5
2.5. Législation sur la biodiversité	6
2.6. Eclairage : clivage de concepts	7
2.7. Nouvelle approche pour l'éclairage communal	7
ÉCLAIRAGE ET BIODIVERSITÉ.....	8
3.1. Pollution lumineuse : définition	8
3.2. Influence sur la faune et la flore	8
Les effets sur les arthropodes	8
Les effets sur la pollinisation et les plantes.....	9
Les effets sur les batraciens et les poissons.....	9
Les effets sur les oiseaux.....	9
Les effets sur les mammifères sauvages	10
3.3. Influence sur l'Homme	11
ÉTAT DES LIEUX	13
4.1. Objectif de l'analyse	13
4.2. Méthodologie.....	13
4.3. Exploitation des résultats.....	14
ORIENTATIONS FUTURES.....	16
5.1. À l'échelle régionale	18
5.2. À l'échelle communale	19
ACTIONS À L'ÉCHELLE COMMUNALE	20
6.1. Action 1 : suppression de points lumineux superflu	20
6.2. Action 2 : atténuation nocturne de l'intensité lumineuse	21
6.3. Action 3 : emploi de lampes de moindre température de couleur.....	22
6.4. Action 4 : suppression de la dispersion de la lumière vers le haut	22
6.5. Action 5 : autres adaptations du Règlement de police pour restreindre d'autres formes d'éclairage	23
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	24
BIBLIOGRAPHIE.....	25

INTRODUCTION

Depuis quelques années, la question de l'éclairage nocturne suscite un nombre grandissant de questions de la part des citoyens et des autorités publiques. Ce document a pour vocation d'apporter des

éléments utiles les plus objectifs possibles, pour faciliter l'adéquation entre l'intérêt général et les intérêts particuliers sur ce sujet.



CONTEXTE – ÉCLAIRAGE PUBLIC

2.1. Éclairage public – bref historique

Depuis la nuit des temps, l'humain cherche à percer l'obscurité, essentiellement pour couvrir sa sécurité et/ou son sentiment de sécurité.

Ebauchés dès le 19^{ème} siècle grâce aux réverbères au gaz, les réseaux d'éclairage public se sont progressivement étendus des villes vers leurs faubourgs puis les zones rurales, grâce à l'éclairage électrique. Jusque dans les années 1970, l'éclairage électrique de nombreuses communes n'était allumé qu'en début de nuit. Souvent

perçu comme un signe extérieur de progrès, l'éclairage public s'est donc progressivement étendu géographiquement et temporellement.

La vocation première de l'éclairage public était liée à la sécurisation et au balisage pour garantir une visibilité des dangers tels que les obstacles, travaux, ... Aujourd'hui, il est devenu également un moyen de mise en valeur des grands espaces et/ou monuments remarquables.

2.2. Contexte actuel

L'éclairage public fait tellement partie de notre environnement qu'il semble naturel, constant et immuable. De longue date déjà, la Belgique est connue pour son éclairage public bien plus visible depuis l'espace que nombre d'autres pays. Comme la Belgique accueille une densité humaine importante par rapport au reste de l'Europe, la prégnance de l'illumination nocturne y est aussi considérable. Elle résulte d'une période où l'énergie était assez abondante et bon marché pour les opérateurs publics grâce à une tarification privilégiée.

Localement, l'éclairage est quasi proportionnel à la densité humaine. Cependant, en Belgique, on dénombre 17 sources lumineuses pour 100 habitants, contre 12 en moyenne en Europe. Le développement important du trafic automobile et des loisirs a rendu également nécessaire un développement

du réseau d'éclairage, de même que l'urbanisation linéaire des espaces ruraux.

En outre, le halo lumineux est omniprésent, par suite des éclairages nocturnes diffusant largement les faisceaux lumineux, notamment latéralement et parfois même vers le ciel (lampes globes).

Conséquence de ce phénomène, bien peu d'espaces indemnes de pollution lumineuse subsistent actuellement en Wallonie. Les sites où la perception du ciel étoilé reste la plus remarquable

▼ Halo lumineux © Ores



sont principalement les Hautes-Fagnes, la Forêt de Saint-Hubert-Nassogne, la partie ardennaise de la vallée de la Semois et la forêt d'Anlier. Au nord du sillon Sambre-et-Meuse, seules quelques vastes plaines agricoles offrent une moindre pollution lumineuse qu'ailleurs.

Il s'agit notamment de la plaine de Boneffe à Eghezée, de la plaine d'Offus à Ramillies, de la plaine au nord de Burdinne, des abords de l'aéroport de Chièvres, ou des plaines d'Estinnes.

2.3. Typologie des éclairages et des acteurs

Actuellement, plus de 727.000 points lumineux sont allumés toutes les nuits par

les autorités publiques à travers la Wallonie.

Les éclairages communaux

Les gestionnaires de réseau de distribution (ORES, RESA, AIESH, AIEG, REW) jouent un rôle essentiel dans la gestion de l'éclairage public et se positionnent comme de réels partenaires au service des villes et communes de Wallonie.

Le nombre de points lumineux ne cesse d'augmenter, surtout à la suite de l'octroi de permis d'urbanisation ; à titre d'exemple, ils ont augmenté de 3 % entre 2013 et 2019 dans les communes gérées par ORES.

Les 262 communes wallonnes se partagent la propriété de 630.000 points lumineux. La gestion de ces éclairages est confiée par chaque commune à un des cinq gestionnaires de réseau de distribution de Wallonie (Fig. 1).

Ces éclairages communaux bordent les voiries communales, ainsi que certains tronçons de voirie régionale dont l'illumination a antérieurement été jugée utile par certaines autorités communales. Hormis ce cas, l'éclairage des voiries régionales est pris en charge par la Wallonie (voir section suivante).

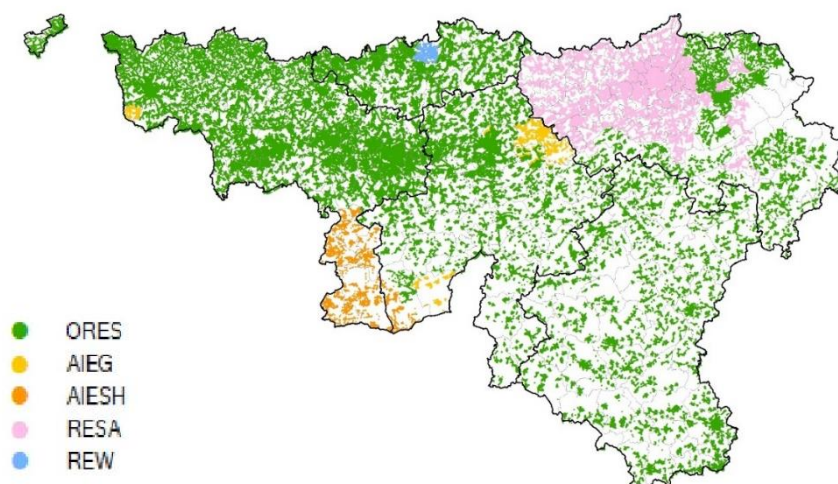


Figure 1 :
Représentation géographique des réseaux d'éclairage des gestionnaires de réseau de distribution.

En grande majorité, les éclairages communaux consistent en une armature greffée sur le support des câbles du réseau électrique aérien basse-tension. Dans le centre urbain, une proportion accrue de candélabres prévaut.

La grande majorité des éclairages communaux utilise dorénavant une puissance nominale d'environ 30 à 50 W (LED), ou concrètement de l'ordre de 18 à 30 W en tenant compte du dimmage préprogrammé à 50 % d'intensité lumineuse entre 22h et 6h.

La puissance nominale moyenne des anciens points lumineux est de l'ordre de 111 W, à savoir approximativement 90 à 140 W pour les lampes à

halogénures/iodures métalliques (MHHP), 70 à 150 W pour les lampes à vapeur de sodium haute pression (NaHP), 36 à 55 W pour les lampes à vapeur de sodium basse pression (NaLP).

Outre ces éclairages destinés aux voiries, les gestionnaires de l'éclairage communal mettent aussi leurs compétences à disposition des autorités communales pour l'illumination d'éléments du patrimoine architectural (fortifications, citadelles, lieux de culte, hôtel de ville, ...) ou du patrimoine naturel (falaises, arbres, ...). Environ deux pourcents du parc communal (pour rappel, 630.000 sources) sont couverts par ces illuminations à travers la Wallonie.



▲ Un candélabre © Ores

▲ Eclairage autoroutier © Luxa.be

▲ Une armature © Ores

Les éclairages régionaux

L'éclairage appartenant au domaine de la Région wallonne illumine presque exclusivement les voiries régionales. La gestion de cet éclairage sur le réseau régional structurant – qui concerne 150.000 points lumineux – a été attribuée en 2019 à un opérateur privé au terme d'un marché public d'une durée de 20 ans (Plan Lumières 4.0). Sur le réseau régional non structurant, la gestion de l'éclairage reste à la charge du Service public de Wallonie via des marchés publics traditionnels et utilise

la même gamme d'éclairage. Cet éclairage borde les autoroutes et certains tronçons des autres voiries régionales.

Souvent disposés sur des candélabres nettement plus hauts, les éclairages régionaux utilisent une puissance nominale de l'ordre de 60 W (LED) à 150 W (notamment NaLP & NaHP) par point lumineux, placés le plus souvent sur des poteaux de 12 mètres de haut.

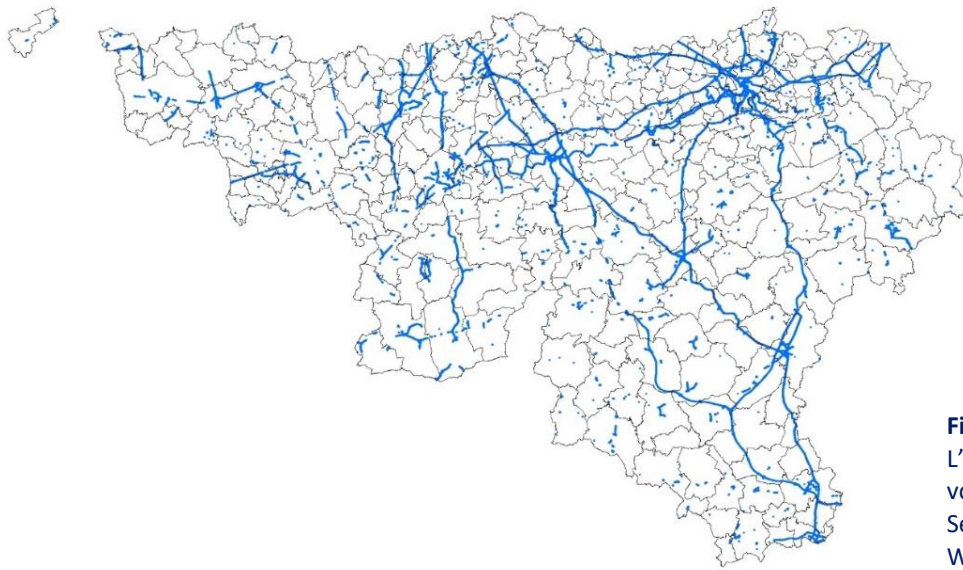


Figure 2 :
L'éclairage des
voies géré par le
Service Public de
Wallonie et la
SOFICO.

2.4. Législation sur l'éclairage public

Le Code de la Route précise que la vitesse de l'utilisateur doit toujours être adaptée aux circonstances, notamment aux conditions de la route, de la circulation et de la visibilité.

En droit belge, la responsabilité des communes face à un danger pour la sécurité publique n'est invoquée et retenue en matière d'éclairage public que dans des situations très exceptionnelles et la plupart du temps s'agissant de situations de chantiers temporaires dont il n'est pas possible le soir de relever les dangers grâce à la seule signalisation. Au niveau civil, ce sont les Bourgmestres et Echevins qui pourraient être appelés à justifier ces situations auxquels des usagers malheureux auraient été confrontés.

Lorsqu'un point lumineux est installé en voirie, les normes d'éclairage public NBN L 18-004 et EN 13201 entrent en application. Elle fixe les exigences de niveaux d'éclairement, d'uniformité et de

luminance à maintenir, en fonction notamment de la typologie des voies, du volume du trafic, ou de la présence de passage pour piéton.

Par ailleurs, le Code civil donne une base légale pour le trouble de la jouissance d'un bien immobilier qui pourrait résulter d'un éclairage public excessif. Dans la plupart des cas, le dialogue et la médiation entre l'autorité publique concernée et le riverain permettent d'éviter une action en justice.

De nombreuses initiatives internationales plaident pourtant pour une meilleure atténuation de la pollution lumineuse. Il s'agit notamment de la déclaration de La Palma du 20 avril 2007 qui résulte notamment d'une décision conjointe de représentants de l'UNESCO, de l'Union astronomique internationale (UAI), de la Convention pour la conservation des espèces migratrices et des espèces sauvages (UNEP-CMS), du Conseil de l'Europe, du Secrétariat de la Convention

sur la diversité biologique, du Programme de l'UNESCO sur l'homme et la biosphère, de la Commission européenne et de la Convention relative aux zones humides d'importance internationale appelée aussi convention de Ramsar.

Dans le même ordre d'idée, la Résolution 1776 adoptée le 12 novembre 2010 par la Commission permanente, agissant au nom de l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe souligne l'importance des effets

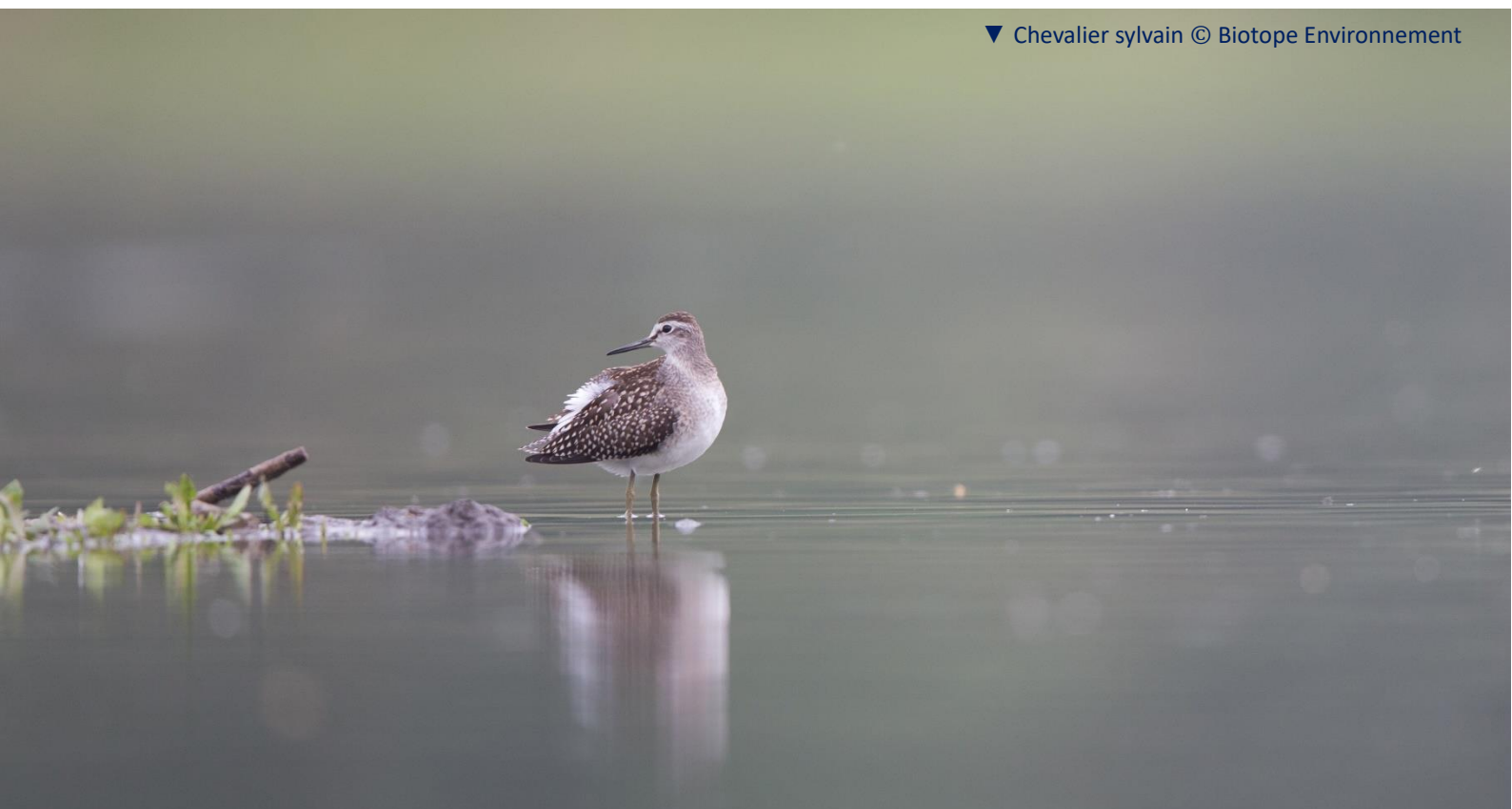
nuisibles de la pollution lumineuse sur l'environnement en général, et sur la biodiversité et la santé de l'homme en particulier. Enfin, la Déclaration de l'UNESCO, en 1992, rappelle que « le ciel étoilé fait partie intégrante du patrimoine mondial à préserver ».

Enfin, il est important de souligner qu'il n'existe AUCUNE obligation d'éclairer l'espace public en Wallonie, ni en Belgique.

2.5. Législation sur la biodiversité

De façon générale, la directive de l'Union européenne 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que des espèces de la faune et de la flore sauvages, plus généralement appelée directive habitats est une mesure prise afin de promouvoir la protection et la gestion des espaces naturels à valeur patrimoniale que comportent ses États membres. Elle s'appuie pour cela sur un réseau cohérent de sites écologiques protégés, le réseau

Natura 2000. Elle prévoit que tout plan ou projet susceptible d'avoir un impact sur les espèces sauvages ou les milieux naturels qu'elle protège doit faire l'objet d'une évaluation appropriée des incidences. Les plans de rénovation de l'éclairage public sont visés, au même titre que tout autre projet susceptible d'avoir un impact sur le réseau Natura 2000 et les espèces sauvages considérées.



2.6. Eclairage : clivage de concepts

Pour l'humain, la vue est la principale façon de percevoir son environnement. L'éclairage donne assurément à l'utilisateur de la voirie – conducteur, cycliste ou piéton – un sentiment de sécurité. Que ce sentiment soit fondé ou non est un vaste débat.

L'équation « éclairage public = sécurité » est ancrée dans les mentalités, de même que son opposé « espace public non éclairé = zone anxiogène ». La sécurité est une chose, le sentiment de sécurité en est une autre. Beaucoup d'études ont abordé le sujet et finalement, il existe autant d'exemples et que de contre-exemples. Ainsi, éclairer une route donne bien sûr une meilleure perception de l'itinéraire ou d'un potentiel danger. Cette meilleure perception de la voirie génère plus de confiance pour adopter une vitesse supérieure. Or cette vitesse accrue réduit finalement le gain effectif de sécurité,

notamment en raison d'une distance de freinage plus longue. Par ailleurs, l'effet stroboscopique d'un éclairage mal dimensionné est aussi susceptible d'induire de la fatigue à l'utilisateur.

En outre, de nombreux autres paramètres que l'éclairage peuvent apporter des éléments de sécurité. La signalisation et/ou le marquage au sol de la voirie peut par exemple guider l'utilisateur aussi adéquatement qu'un éclairage artificiel.

Ces clivages n'entament toutefois pas certaines règles de bon sens. Il semble consensuel qu'un éclairage modéré soit privilégié dans les cœurs de village et de ville, surtout en début de nuit. A contrario, l'éclairage nocturne ininterrompu des voiries en zone non urbanisée ou non urbanisable est davantage questionnable, particulièrement le long des voiries secondaires.

2.7. Nouvelle approche pour l'éclairage communal

Depuis plusieurs années, les gestionnaires de l'éclairage dimensionnent techniquement les éclairages publics sur base de nouveaux paramètres :

- Techniques basées sur des notes de calcul, de façon à correspondre à la norme d'éclairage public NBN L 18-004 & EN 13201
- Code de Bonnes Pratiques de l'Institut belge de l'Éclairage
- Adéquation entre la dimension du projet et l'objectif recherché

- Prise en compte de la durabilité globale (énergie, bilan CO₂)
- Politiques de mobilité et d'éclairage menées par les autorités
- Veille technologique
- Usage d'éclairage LED de températures de couleur plus chaudes
- Intégration de recommandations de suppression de points lumineux soumises aux autorités communales

ÉCLAIRAGE ET BIODIVERSITÉ

Phénomène totalement nouveau pour les écosystèmes à l'échelle de l'histoire de la vie sur terre, les nuits ne sont localement plus illuminées de la lueur pâle de la lune. L'alternance jour-nuit qui réglait le rythme circadien ancestral des êtres vivants est modifié.

La prise de conscience citoyenne du déclin rapide des populations d'insectes, et plus largement de la biodiversité en général, induisent de nouveaux enjeux qu'il convient de prendre en considération.

3.1. Pollution lumineuse : définition

La pollution lumineuse est l'anormale et gênante présence nocturne de l'éclairage artificiel avec ses conséquences sur la faune, la flore, les écosystèmes ainsi que sur la santé humaine.

La pollution lumineuse « astronomique », qui obscurcit la vue du ciel, se distingue de la pollution lumineuse « écologique » qui modifie le comportement des espèces dans l'écosystème.

3.2. Influence sur la faune et la flore

Les effets sur les arthropodes

Le thème de la pollution lumineuse en général, et de son impact sur la biodiversité en particulier, génère actuellement un nombre croissant d'études et de publications scientifiques. Parmi celles-ci, on retiendra en particulier des études sur les papillons de nuit et autres pollinisateurs nocturnes (Acharya & Fenton 1999, Ratcliffe *et al.* 2008, Barber & Kawahara 2013, Van Geffen *et al.* 2014, 2015ab, Minnaar *et al.* 2015, Wakefield *et al.* 2015, van Langevelde *et al.* 2017). La pollution lumineuse est incontestablement un des

facteurs importants du déclin rapide et alarmant des insectes (Owens *et al.* 2020). En estimant prudemment que quelques dizaines d'insectes sont tués par lampadaire et par nuit d'été, ce sont des millions d'insectes qui sont tués chaque nuit d'été par l'éclairage artificiel en Wallonie. Cette hécatombe a des répercussions sur tout le réseau trophique qui dépend de ces espèces et sur les plantes, car de nombreux insectes nocturnes sont phytophages ou pollinisateurs.

Les effets sur la pollinisation et les plantes

L'impact de l'éclairage nocturne est également significatif sur la pollinisation, tant des cultures que des plantes sauvages (Knop *et al.* 2017). En amoindrissant la fructification des plantes à fleurs, les ressources alimentaires s'amenuisent aussi pour les pollinisateurs diurnes, ce qui génère un cercle vicieux défavorable au service écosystémique de pollinisation, dont dépend pourtant une part importante de l'alimentation humaine.

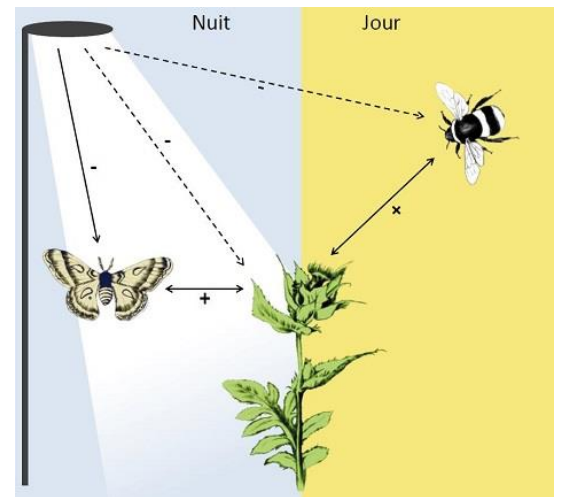


Figure 3 :
L'éclairage nocturne impacte les populations de pollinisateurs nocturnes, ce qui réduit la fructification des plantes à fleurs.

Les effets sur les batraciens et les poissons

L'éclairage artificiel nocturne a un impact important sur le développement physiologique des batraciens : salamandres, tritons, crapauds voient leurs activités entravées lorsque l'éclairage

nocturne est allumé (Baker & Richardson 2006, Wize 2007, Touzot *et al.* 2019). Les poissons de nos rivières sont aussi affectés, notamment dans leur développement, par l'éclairage nocturne (Brüning *et al.* 2011).

Les effets sur les oiseaux

L'engoulement d'Europe

Ce grand oiseau insectivore se nourrit spécifiquement de papillons de nuit (Evens *et al.* 2020).

Il les détecte grâce à ses grands yeux qui lui procurent une vue perçante dans l'obscurité.

▼ Engoulement d'Europe © Dûrzan Cîrano



Autrefois répandu sur tout le territoire wallon, il ne subsiste actuellement que dans les landes et les coupes-à-blanc forestières. Si le déclin généralisé des papillons de nuit a réduit sa disponibilité en proies, il est aussi probable que l'éblouissement procuré par la lumière artificielle nocturne lui soit préjudiciable.

La migration nocturne

De nombreux oiseaux migrateurs sont perturbés par l'éclairage artificiel nocturne rencontré au cours de leurs périodes.

Deux effets bien documentés de la pollution lumineuse sur les oiseaux sont la mortalité élevée due à la collision avec des bâtiments et des fenêtres éclairés (Cabrerá-Cruz et al. 2018) et l'échouage des oiseaux de mer qui sont généralement attirés par

Le maintien des populations de cet oiseau migrateur constitue un des objectifs du réseau Natura 2000. L'éclairage artificiel contrecarre cependant les efforts déployés en faveur de cette espèce (Sierro & Erhardt 2019).

des sources lumineuses vers la terre (Rodriguez et al. 2017). Des effets plus subtils de la pollution lumineuse sur les oiseaux sont également connus, tels que la désorientation (Wiltschko et al. 1993), les altérations de la physiologie de la reproduction (Dominoni 2015), la perturbation des rythmes circadiens (de Jong, M. et al. 2016).

Les effets sur les mammifères sauvages

L'impact de l'éclairage sur les chauves-souris est aussi bien documenté (Wray et al. 2006, Rydell 2006, Kuijper et al. 2008, Stone et al. 2009, Stone 2011, Polak et al.

2011, Lacoëuilhe et al. 2014, Mathews et al. 2015, Rowse et al. 2016, Spoelstra et al. 2017, Pauwels et al. 2021).

La Barbastelle

La Barbastelle est un mammifère forestier occupant principalement des cavités dans les arbres. En raison de son régime alimentaire spécialisé dans la prédation de papillons de nuit, cette espèce de chauve-souris a connu un effondrement drastique

de ses populations en Wallonie (Kervyn et al. 2009), tout comme dans le reste de l'Europe occidentale.

Le maintien des populations de ce mammifère protégé constitue un des objectifs du réseau Natura 2000. La reconstitution des populations de cette espèce passe par une atténuation de la pollution lumineuse, surtout aux abords des populations relictuelles.



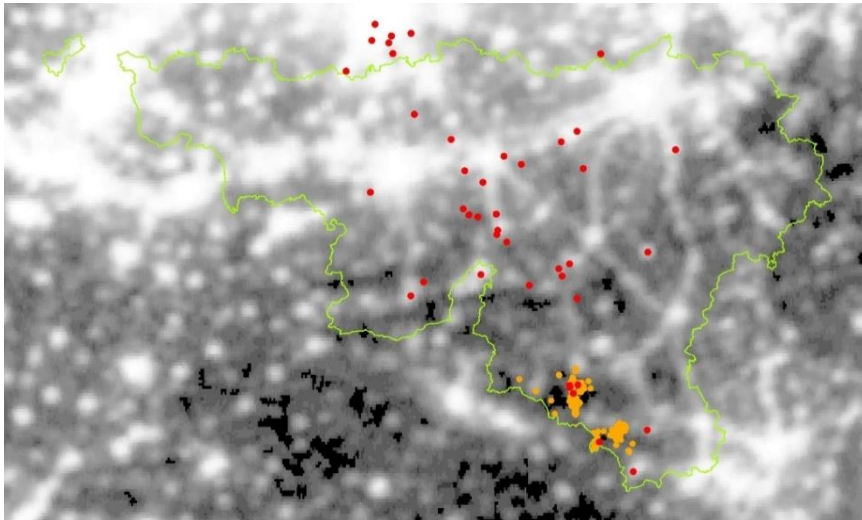


Figure 4 :
Répartition de la Barbastelle en Wallonie entre les périodes 1930-1950 (en rouge) et 2000-2020 (en orange). L'arrière-plan, constitué de la luminance nocturne de la Wallonie acquise par le satellite NOAA (en 2013) montre que cette espèce ne subsiste que dans les poches d'obscurité maintenue dans le sud du territoire.

Le Petit Rhinolophe

En quelques décennies, le Petit Rhinolophe est passé du statut « très abondant » à « en danger critique d'extinction » en Wallonie. La présence d'une végétation ligneuse est importante pour cette espèce qui franchit très peu les espaces ouverts, a fortiori lorsqu'ils sont illuminés artificiellement (Motte et Libois 2002, Stone et al. 2009).

Le maintien des populations du Petit Rhinolophe constitue aussi un des objectifs du réseau Natura 2000. Les efforts déployés en faveur de cette espèce requièrent entre autres d'éviter l'éclairage artificiel dans son domaine vital.



► Petit Rhinolophe © Jean-Louis Gathoye

3.3. Influence sur l'Homme

Le développement de l'éclairage nocturne a procuré des avantages considérables pour l'humanité. Il a profondément modifié les environnements de travail, les liens sociaux et la vie quotidienne.

D'un point de vue physiologique, certaines limites sont perçues aux avantages procurés par l'éclairage. En voici trois à titre

d'exemple : 1. le besoin de dormir dans le noir complet pour un sommeil vraiment réparateur, 2. la sensibilité de la rétine humaine au led blanc trop froid (contenant une forte composante bleue) dérogeant à la norme sur les risques photo-biologiques EN 62-471 et 3. l'éblouissement qui, au-

delà d'être gênant, peut s'avérer dangereux.

Bien que largement documentés, les impacts de l'éclairage nocturne artificiel sur la santé humaine doivent encore être approfondis. Un nombre croissant de recherches indiquent que ces impacts peuvent être substantiels et très répandus, principalement en raison de la modification

de la sécrétion de la mélatonine et du cortisol, hormones importantes pour le sommeil et la régulation du cycle circadien. Parmi les conséquences observées, sont souvent cités : la perturbation du rythme circadien, le cancer du sein, des troubles cardio-vasculaires, certaines formes de diabète et d'obésité (Lewy 1983; Zeitzer *et al.* 2000, Kloog *et al.* 2010 ; Wyse *et al.* 2011 ; Bauer *et al.* 2013).

ÉTAT DES LIEUX

4.1. Objectif de l'analyse

Peu d'action d'atténuation de la pollution lumineuse se sont déployées jusqu'à présent en Wallonie. Avant d'approfondir cette démarche, il est apparu nécessaire

d'établir un état des lieux de la situation, par une analyse exploratoire des données disponibles.

4.2. Méthodologie

Un premier cadastre de l'éclairage régional a pu être dressé sur la base de la localisation de tous les points lumineux publics, avec la collaboration des gestionnaires de réseau de distribution

(GRD) et du SPW Mobilité et Infrastructures. Sur base de la localisation des points lumineux, une analyse par système d'information géographique (SIG) permet d'attribuer à chaque point



Figure 5 : Les points lumineux publics aux abords de sites de grand intérêt biologique (contour jaune) de Moxhe. Les points représentent des éclairages publics situés à moins de 50 mètres de bâtiments (points verts) ou des éclairages gênants pour la biodiversité (points jaunes).

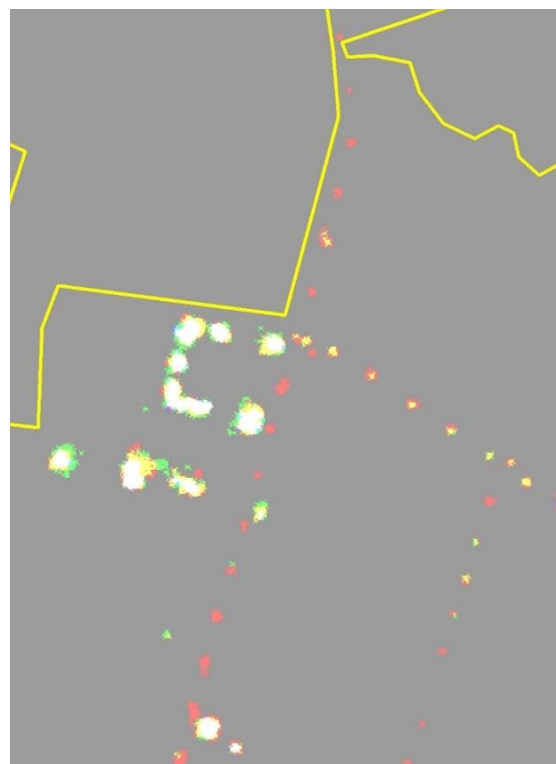


Figure 6 : Au même endroit, la luminance nocturne captée par le satellite Jilin montre l'intensité lumineuse réfléchi vers le ciel, respectivement par une entreprise privée et par l'éclairage public.

lumineux des caractéristiques environnementales intrinsèques :

- Proximité par rapport à tout bâtiment
- Contiguïté à un site Natura 2000
- Contiguïté aux sites de grand intérêt biologique (SGIB)
- Contiguïté aux eaux de surface
- Affectation au plan de secteur de l'emplacement du point lumineux.

Par ailleurs, les cadastres de l'éclairage public ont été confrontés aux premières

images satellitaires nocturnes à haute résolution commandées sur une portion du territoire wallon, le parc naturel des Vallées de la Burdinale et de la Mehaigne (100 km²). La luminance nocturne des éclairages publics connus a pu ainsi être confrontée à la luminance nocturne réellement acquise par un capteur satellitaire. La différence a permis d'évaluer la contribution respective de l'éclairage public et de l'éclairage privé. Certaines zones industrielles (donc privées) constituent des sources importantes de pollution lumineuse (Fig. 5 & 6).

4.3. Exploitation des résultats

Sur les 630.000 points lumineux appartenant aux Villes et Communes de Wallonie placés le long des voiries, il apparaît que 38.624 (6%) sont disposés à l'écart de tout bâtiment et méritent de voir leur pertinence questionnée. Parmi ceux-ci,

2.265 sont contigus à un site Natura 2000, 24.834 autres sont localisés en zone non urbanisable au plan de secteur¹, le solde étant en zone urbanisable non urbanisée (zone inondable, friche industrielle, ...).



Figure 7 :

Des points lumineux placés le long de voiries secondaires en zone agricole ont une utilité particulièrement restreinte. Leur nuisance environnementale est importante et évitable.

¹ Plan d'eau (E01), plan d'eau à créer (E02), zone agricole (R01), zone forestière (R02), zone d'espace vert (R03), zone naturelle (R04), zone de parc (R05)

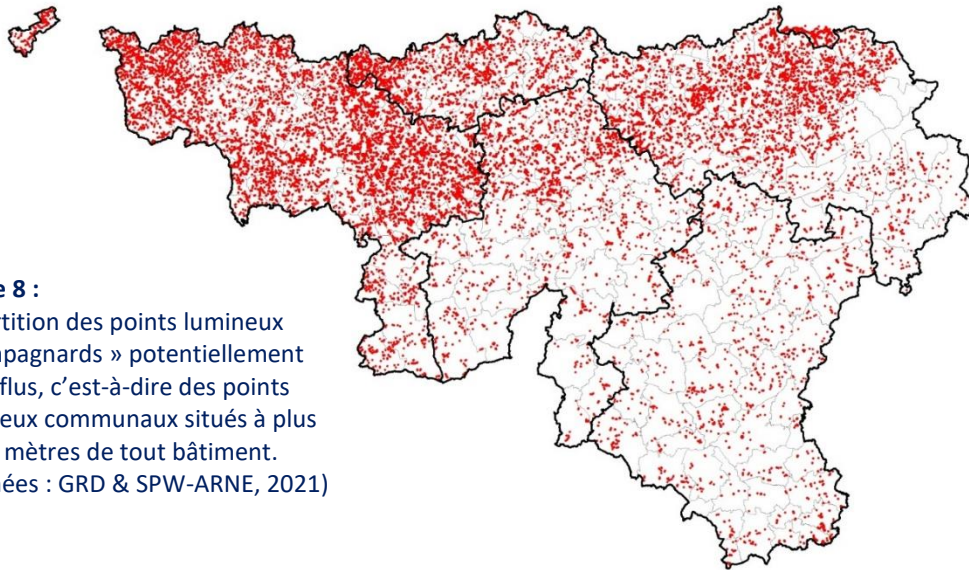


Figure 8 :
Répartition des points lumineux « campagnards » potentiellement superflus, c'est-à-dire des points lumineux communaux situés à plus de 50 mètres de tout bâtiment.
(données : GRD & SPW-ARNE, 2021)

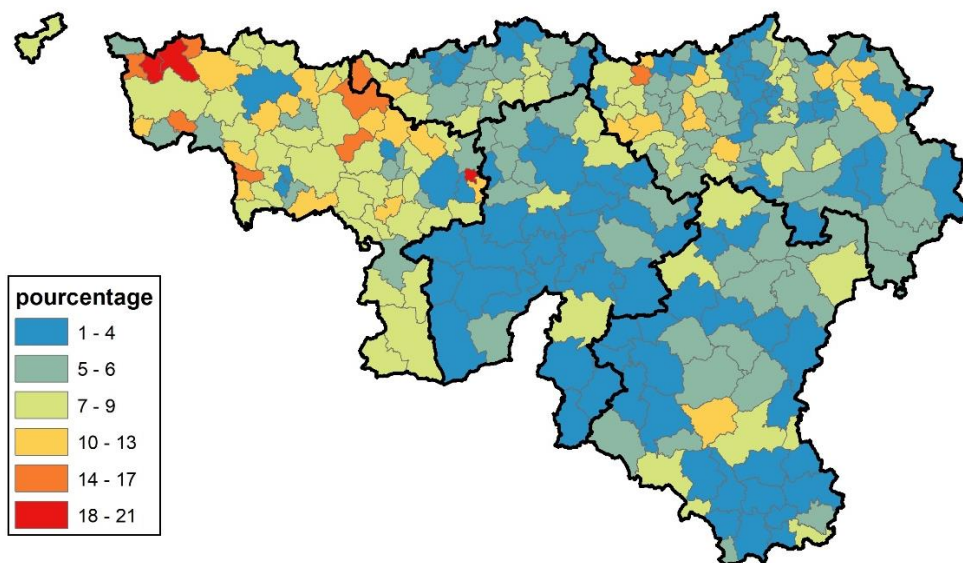


Figure 9 :
Un pourcentage accru de points lumineux « campagnards » s'observe dans certaines communes, particulièrement en Province de Hainaut.
(SPW-ARNE, 2021)

ORIENTATIONS FUTURES

Plusieurs publications scientifiques valident des mesures d'évitement ou des mesures d'atténuation de l'impact de l'éclairage nocturne des voiries (van Langevelde *et al.* 2011, Gaston *et al.* 2012, Longcore *et al.* 2015, Verovnik *et al.* 2015, Lewanzik & Voigt 2017, Spoelstra *et al.* 2017).

D'une façon générale, il est préférable de :

- N'éclairer que lorsque c'est nécessaire ;
- N'éclairer que les surfaces (ou volumes) nécessaires et éviter la dispersion lumineuse ;
- Diriger le flux lumineux sous l'horizontale, strictement vers le sol (Fig. 12) ;
- Équiper les poteaux d'un éclairage dont la température de couleur est inférieure ou égale à 3000 K (Fig. 10) ;
- Limiter drastiquement l'émission en ultraviolet (<400 nm), en violet et en bleu (400-500 nm), éviter si possible l'émission en vert (500-550) (Fig. 10);
- Utiliser des lampadaires n'émettant ni sons, ni ultrasons ;
- Réduire la fenêtre temporelle d'éclairage nocturne aux seules périodes où la densité du trafic routier le justifie ;
- Adapter le niveau d'éclairage en fonction du trafic routier et du respect de la norme actuelle ;
- Utiliser des lampadaires strictement hermétiques aux insectes (étanchéité IP65).

TEMPÉRATURE DES COULEURS

SPECTRE VISIBLE DES AMPOULES LED EN FONCTION DE LEUR TEMPÉRATURE DE COULEUR

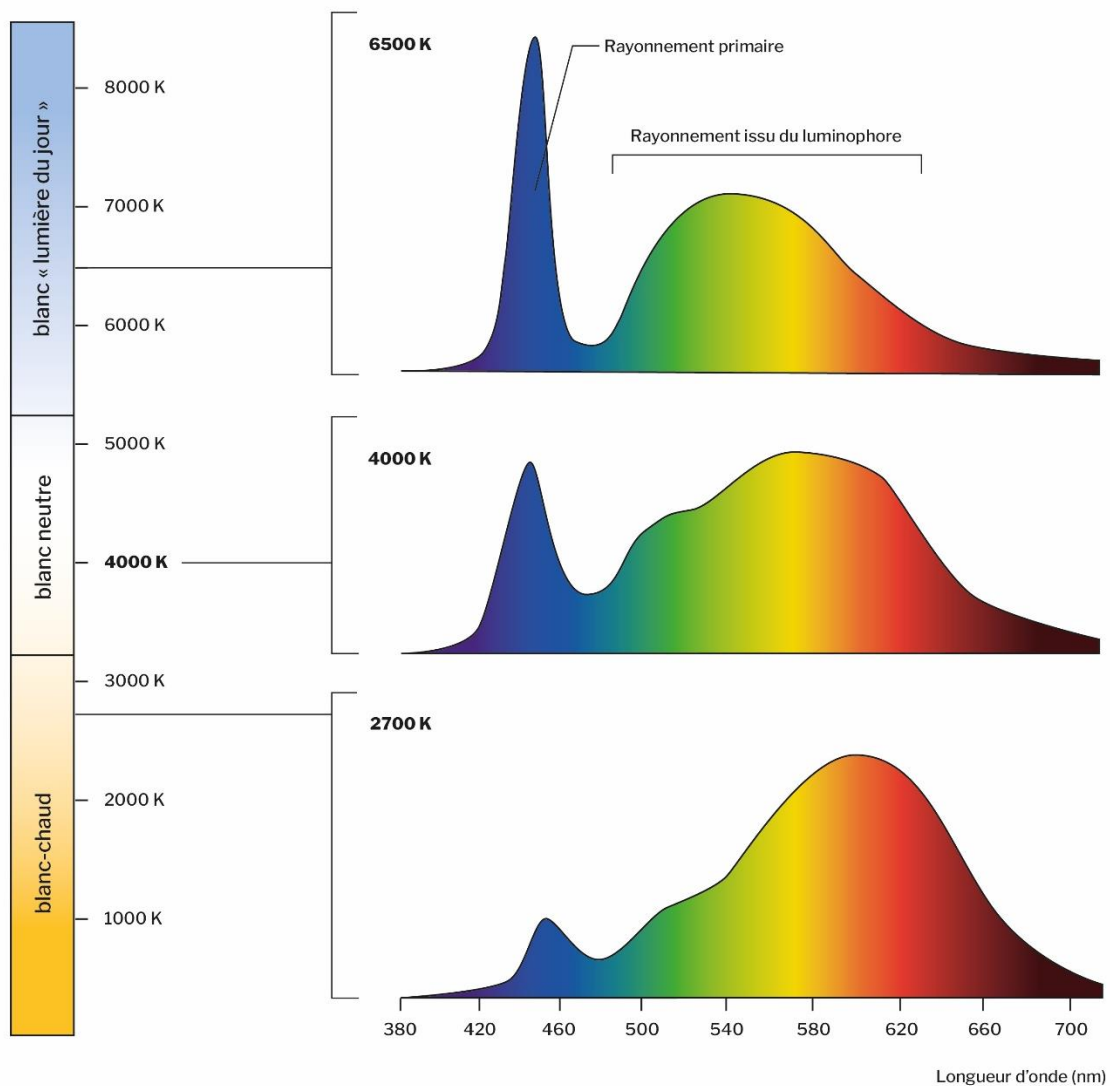


Figure 10 :

Composition du spectre lumineux de trois ampoules LED, en fonction de leur température de couleur, exprimée en Kelvin.

Plus le spectre lumineux comporte de bleu, plus d'organismes vivants l'assimilent à la lumière du jour.

Il convient de souligner que ces recommandations sont, pour la plupart, déjà proposées ou intégrées par les GRD dans le respect des politiques communales de mobilité, éclairage ou redynamisation des centres-villes.

À proximité des sites Natura 2000 ou à proximité de populations d'espèces Natura 2000 sensibles à la lumière (l'Engoulevent d'Europe, la Barbastelle, le Petit Rhinolophe), il convient en outre de :

- Réduire la fenêtre temporelle d'éclairage nocturne : extinction dès 22h, soit toute l'année, soit au minimum entre le 1^{er} avril et le 31 octobre, sauf circonstance accidentogène locale (pluie, brouillard, travaux, incident).
- Équiper les poteaux d'un éclairage dont la température de couleur est inférieure ou égale à 2700 K ;
- Informer les usagers de la route du régime d'éclairage.

5.1. À l'échelle régionale

En décembre 2016, le Gouvernement wallon a fixé ses objectifs de conservation pour le réseau **Natura 2000**. Il y est prévu d'améliorer l'états des populations de chauves-souris sensibles à l'illumination nocturne artificielle, dont les populations ont fortement décliné au cours des dernières décennies. Un objectif chiffré est aussi fixé pour la restauration de la population de l'Engoulevent d'Europe, un oiseau insectivore nocturne : l'objectif de conservation quantitatif pour l'espèce au sein du réseau Natura 2000 à l'horizon 2025 est d'augmenter de 80 unités le nombre d'individus recensés, actuellement établi entre 14 et 35 individus.

En décembre 2018, le Gouvernement wallon a adopté le Plan wallon environnement-santé qui vise à étudier et limiter les risques environnementaux sur la santé humaine. Il comporte notamment les objectifs stratégiques suivants :

- 7a)** Agir en faveur d'éclairages mieux adaptés ;
- 7b)** Assurer un bon état de l'espace public pour soutenir sa (ré)-appropriation par les citoyens.

A titre informatif, une action de réduction de la présence de publicité commerciale sur l'espace public est aussi envisagée. Par ailleurs, les objectifs fixés préalablement au marché public du **Plan Lumière 4.0** restent pleinement d'application. L'objectif est de maximiser les économies d'énergie tout en respectant les niveaux d'éclairage requis. Un dimmage de l'éclairage permet d'en atténuer le niveau d'éclairement au cours de la nuit.

Au-delà des économies d'énergie, les choix de modernisation prennent en compte la durabilité et la pérennité des matériels et leur recyclage. Le projet prend aussi en compte la préservation des zones naturelles et de biodiversité.

Enfin la promotion active du **ciel étoilé comme un atout touristique** se développe en Wallonie, à l'instar des nuits insolites organisées à Neufchâteau par l'Observatoire Centre Ardenne.

Un nombre croissant de communes rurales misent sur le tourisme durable, en accueillant un public davantage urbain et accoutumé au brouillard de la pollution

lumineuse nocturne. L'accès à un ciel étoilé est un atout dans la démarche d'un tourisme durable, comme l'ont bien compris de nombreuses communes françaises détentrices d'un label « communes étoilées » récompensant leur gestion raisonnée et cohérente de l'éclairage sur leur territoire.

Dans les autres États-membres, notamment en France, des dispositions

légalés sont prises pour atténuer la pollution lumineuse. En France, un Arrêté de 2018 relatif à la prévention, la réduction et la limitation des nuisances lumineuses définit des balises dans les thématiques suivantes : sécurité, patrimoine, bâtiments non résidentiels, parkings, événementiel, chantiers, canons à lumières, plans d'eau, réserves naturelles, etc.

5.2. À l'échelle communale

Les objectifs stratégiques à l'échelle communale relèvent des décisions des Collèges communaux. Ils sont a priori en phase avec les objectifs stratégiques régionaux, même si leurs modalités opérationnelles varient selon les opportunités et les sensibilités locales.

Figure 11 : Panneau signalant l'extinction de l'éclairage public en Wallonie



ACTIONS À L'ÉCHELLE COMMUNALE

6.1. Action 1 : suppression de points lumineux superflu

La première action de modernisation du parc d'éclairage d'une commune – indispensable et préalable à toute autre – consiste à évaluer la pertinence de la localisation et du maintien éventuel des points lumineux existants. C'est là que se situe le véritable potentiel d'amélioration importante et immédiate pour la biodiversité !

À cet égard, l'analyse exploratoire délivrée par le Service public de Wallonie et les GRD permet d'aborder cette question avec les mêmes critères pour toutes les communes de Wallonie. Le résultat de cette analyse est consultable sur le Géoportail.² Les points lumineux communaux potentiellement superflus y sont présentés selon trois priorités :

- les points lumineux dans les sites Natura 2000 ou à moins de 50 mètres de ceux-ci (en rouge) ;
- les autres points lumineux en zone non urbanisable au plan de secteur (en orange) ;
- les points lumineux en zone urbanisable au plan de secteur (en jaune), mais non urbanisée.

Ces trois catégories ne concernent que des points lumineux situés à plus de 50 mètres de tout bâtiment renseigné au cadastre (Fig 7 & 8).

Une attention particulière mérite d'être portée à la manière de valoriser le patrimoine.

Après avis des commissions consultatives concernées (Conseil de police, CCATM, ...), chaque Collège communal peut mettre ce point à l'ordre du jour et prendre une décision sur la suppression de points lumineux ou sur une adaptation de l'éclairage. La suppression de l'éclairage dans les zones non urbanisables du plan de secteur doit être envisagée, sauf contrainte sécuritaire précise (zone accidentogène pour les usagers de la route), avec une priorité pour les zones biologiquement les plus sensibles (Natura 2000, réserves naturelles, SGIB³, Structure écologique principale cours d'eau et plans d'eau, ...).

Une éventuelle adaptation de la signalisation de tronçons de la voirie, par un meilleur marquage au sol ou une meilleure signalisation verticale, peut aussi être envisagée concomitamment.

²

(<https://geoportail.wallonie.be/walonmap#SHARE=CAD630E9976A3D29E053D0AFA49DD278>)

³ L'inventaire des sites de grand intérêt biologique (SGIB) a pour but de recenser (identifier, localiser et décrire) les espaces naturels ou semi-naturels terrestres ou aquatiques remarquables en Wallonie.

6.2. Action 2 : atténuation nocturne de l'intensité lumineuse

Dans un second temps, chaque Collège est invité à se prononcer sur l'atténuation nocturne de l'intensité lumineuse de l'éclairage communal. Actuellement, l'atténuation (dimmage) n'est d'application que pour l'éclairage LED. Celui-ci est variable selon les GRD ou les décisions communales antérieures. A titre

d'exemple, le dimmage est fixé à 50 % entre 22h et 6h du matin (voire entre 20h et 6h), de façon standard, pour ORES et RESA. Par ailleurs, certaines communes rurales (Amel, Waimes, Bullingen) appliquent une extinction complète entre minuit et 6h du matin.

Eteindre complètement l'éclairage public la nuit ?

Oui mais...

Avec le déploiement massif de la technologie LED, certains s'interrogent sur le rôle et la pertinence de l'éclairage public la nuit.

Intuitivement, on pourrait imaginer que l'extinction de l'éclairage présenterait de multiples avantages, par exemple en termes d'économie – à la fois d'énergie et de coûts, via l'arrêt de la consommation – ainsi que via la réduction des nuisances lumineuses pour la faune ou la flore. Qu'en est-il exactement ?

Pas d'activité nocturne ? Pas si sûr ...

D'importantes activités humaines se déroulent la nuit. Le personnel médical, les transporteurs routiers ainsi que les taxis, ... Ces professionnels doivent continuer de se déplacer en toute sécurité et il est nécessaire aussi d'assurer la sécurité des citoyens dans

les activités récréatives qui agrémentent notre quotidien et participent au bien-être général (restaurants, concerts, fêtes locales, rencontres sportives ...) L'extinction de l'éclairage public ne doit pas devenir une source de danger, particulièrement dans les villes et les parcs urbains.

Quid de la technique ?

L'extinction d'une ou plusieurs zones, voire de la totalité d'un territoire communal, ne peut pas se concevoir comme une « simple extinction » au niveau d'un interrupteur, bien souvent ce choix nécessitera une analyse technique et des investissements soit au niveau des circuits, soit au niveau

des commandes d'allumage, soit au niveau des luminaires.

En outre, l'impact environnemental des nouvelles technologies (télégestion et détection) doit être pris en compte : la production et la maintenance de ces technologies sont fortes consommatrices d'énergie et de métaux rares, lourds, voire polluants.

Quid de la législation ?

Aucune législation n'impose d'éclairer les voiries. Quand un éclairage est placé, il est recommandé que son fonctionnement corresponde aux normes techniques belge NBN L18- 004 et européenne EN 13201. L'extinction de l'éclairage est dorénavant prévue par ces normes.

La mise en place d'une signalétique adéquate est recommandée pour prévenir les usagers d'une période d'extinction nocturne (Fig. 10).

Dégager de belles économies d'énergies ?

Certaines mesures ont déjà été mises en place (ou sont en passe de l'être) comme la réduction du niveau d'éclairage de 50% entre au cœur de la nuit du fait d'une fréquentation moindre des axes.

6.3. Action 3 : emploi de lampes de moindre température de couleur

L'évolution des techniques d'éclairage est rapide. Le choix des modèles de lampes LED à couleur chaude (<3000 K) est nettement plus étendu qu'antérieurement. Leur consommation électrique devient proportionnellement moindre aussi. Dès lors, pour réduire l'émission de lumière

dans le spectre bleu, chaque Collège communal est invité à choisir par défaut les lampes LED dont la température de couleur est la plus chaude possible (<3000 K). Proscrire le plus de 4000 K. Cette recommandation ne s'applique pas pour les zones de conflits (passage pour piétons, ...).

6.4. Action 4 : suppression de la dispersion de la lumière vers le haut

Chaque collège communal est par ailleurs invité à prendre une disposition – au travers du Règlement de police - fixant qu'aucune lumière ne peut être émise au-dessus de l'horizontale. Des dérogations peuvent évidemment être accordées aux installations de sécurité pour lesquelles il n'existe aucune alternative.

Cette disposition permet d'augmenter la part utile de l'éclairage dans la commune, en faisant usage de lumières strictement dirigée vers le bas (indice ULOR = 0). Elle implique donc aussi de renoncer aux éclairages encastrés au sol, ou tout autre éclairage dirigé intentionnellement vers le haut (canons à lumière).

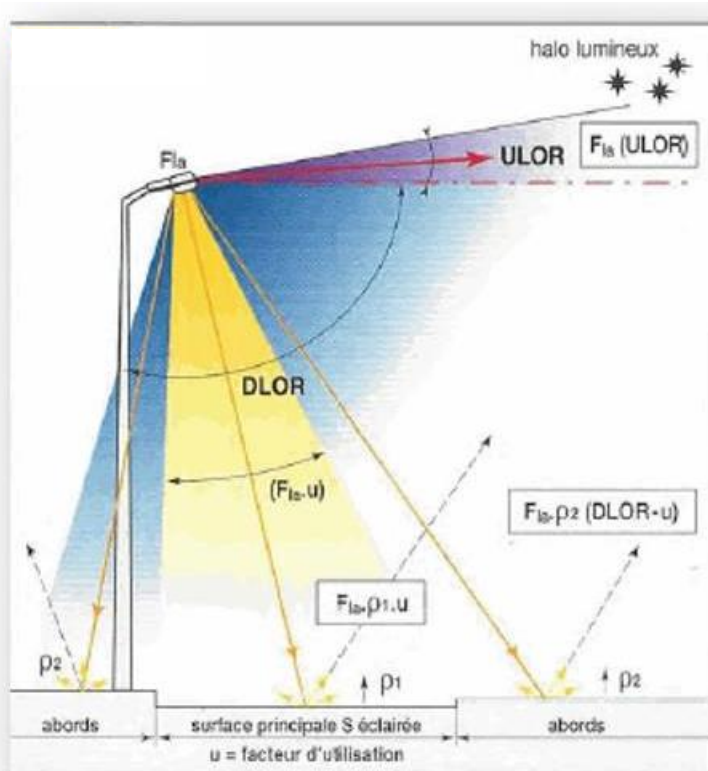


Figure 12 :
Représentation
schématique de
l'indice ULOR

6.5. Action 5 : autres adaptations du Règlement de police pour restreindre d'autres formes d'éclairage

Il est important que les autorités publiques montrent l'exemple en matière d'atténuation de la pollution lumineuse, pour remporter l'adhésion des particuliers et des entreprises sur cette thématique.

Après avoir mené les actions précédentes, les autorités communales sont invitées à prendre des dispositions complémentaires au travers du Règlement de police, dans la mesure où elles intéressent la tranquillité publique à travers le désagrément engendré. Par exemple :

- Eteindre les panneaux publicitaires et les éclairages des vitrines d'exposition après 22h, ou veiller à ce que leur

niveau d'éclairage soit inférieur à celui de l'éclairage public ;

- Moduler l'éclairage des installations extérieures de sports et de loisirs, par exemple en appliquant un niveau d'éclairage moindre pour les entraînements que pour les compétitions officielles ;
- Atténuer l'éclairage autour des habitations, des entreprises et des bâtiments industriels.

Ces dispositions peuvent aussi se baser juridiquement sur l'article 58 quinquies de la Loi sur la Conservation de la Nature, en se fondant cette fois-ci sur la nécessité de ne pas perturber les espèces animales.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'éclairage public n'a cessé de prendre de l'ampleur depuis des décennies. Ses bienfaits directs pour les activités humaines ne manquent pas. L'évolution technologique de l'éclairage public est aussi considérable ; elle permet de substantielles économies d'énergie au bénéfice des pouvoirs publics.

Si l'impact énergétique de l'éclairage se réduit, son impact sur d'autres composantes de notre environnement ne diminue cependant pas. De nombreux pans de la biodiversité sont perturbés par les émissions lumineuses nocturnes. Ces impacts, cumulés au cours des dernières décennies se marquent de plus en plus. Le déclin des insectes, surtout les pollinisateurs, en est une des expressions les plus inquiétantes. Ces bouleversements se répercutent alors aussi sur toutes les chaînes alimentaires.

Il est crucial de profiter du passage aux nouvelles technologies LED pour

moderniser l'éclairage public d'une façon telle que son impact sur la biodiversité diminue. Cette modernisation devrait permettre de recentrer l'éclairage sur les zones urbanisées tout en l'estompant des espaces ruraux les plus propices à la biodiversité.

Ces opportunités sont à portée de main et ne demandent qu'à être saisies.

À terme, l'attention portée à la réduction des nuisances lumineuses pourraient même être valorisée au sein d'un territoire communal. L'observation améliorée d'un ciel étoilé est un élément recherché par beaucoup de vacanciers, un atout touristique.

La communication sur une meilleure prise en compte de la biodiversité et de la santé humaine est un autre atout qui constitue un retour sur investissement, et dans le cas présent, même un retour sur économies !

BIBLIOGRAPHIE

- Acharya, L., Fenton, M.B. (1999) Bat attacks and moth defensive behaviour around street lights. *Canadian Journal of Zoology*, 77, 27–33.
- Baker, B.J., Richardson, J.M.L. (2006) The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota*. *Canadian Journal of Zoology*, 84(10), pp.1528-1532.
- Barber, J.R., Kawahara, A.Y. (2013) Hawkmoths produce anti-bat ultrasound. *Biology Letters*, 9, 20130161.
- Bauer, S.E., Wagner, S.E., Burch, J., Bayakly, R., Vena, J.E. 2013. A case-referent study: light at night and breast cancer risk in Georgia. *Int. J. Health Geog.* 12: 23.
- Bennie, J., Davies, T. W., Duffy, J. P., Inger, R., Gaston, K. J. (2014) Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights. *Nature, Scientific reports*, 4, 3789
- Brüning, A., Hölker, F., Wolter, C. (2011) Artificial light at night: implications for early life stages development in four temperate freshwater fish species. *Aquatic Sciences*, 73(1), 143-152.
- Cabrera-Cruz, S. A., Smolinsky, J. A., Buler, J. J. (2018) Light pollution is greatest within migration passage areas for nocturnally migrating birds around the world. *Scientific reports*, 8(1), 1-8.
- de Jong, M., Jeninga, L., Ouyang, J. Q., van Oers, K., Spoelstra, K., Visser, M. E. (2016) Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night. *Physiol. Behav.* 155, 172–179
- Dominoni, D. M. (2015) The effects of light pollution on biological rhythms of birds: an integrated, mechanistic perspective. *J. Ornithol.* 156, S409–S418.
- Evens, R., Conway, G., Franklin, K., Henderson, I., Stockdale, J., Beenaerts, N., Smeets, K., Neyens, T., Ulenaers, E., Artois, T. (2020) DNA diet profiles with high-resolution animal tracking data reveal levels of prey selection relative to habitat choice in a crepuscular insectivorous bird. *Ecology and evolution*, 10(23), 13044-13056.
- Gaston, K. J., Davies, T. W., Bennie, J., Hopkins, J. (2012) REVIEW: Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1256-1266
- Kervyn, T., Lamotte, S., Nyssen, P., Verschuren, J. (2009) Major decline of bat abundance and diversity during the last 50 years in southern Belgium. *Belgian Journal of Zoology*, 139, 124-132.
- Kloog, I., Stevens, R.G., Haim, A., Portnov, B.A. (2010) Nighttime light levels co-distribute with breast cancer incidence worldwide. *Cancer Causes Control*, 21, 2059–2068.
- Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, C., Hörler, M., Fontaine, C. (2017) Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, 548(7666), 206-209.
- Lacoeuilhe, A., Machon, N., Julien, J. F., Le Bocq, A., Kerbiriou, C. (2014) The influence of low intensities of light pollution on bat communities in a semi-natural context. *PLoS ONE*, 9(10) <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0103042>
- Lewanzik, D., Voigt, C. C. (2017) Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats. *Journal of Applied Ecology*, 54(1) <http://doi.org/10.1111/1365-2664.12758>
- Lewy, A.J. (1983) Effects of light on human melatonin production and the human circadian system. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psych.* 7, 551–556.
- Longcore, T., Aldern, H. L., Eggers, J. F., Flores, S., Franco, L., Hirshfield-Yamanishi, E., Petrincic, L.N., Yan, W.A., Barroso, A. M. (2015). Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667), 20140125.
- Mathews, F., Roche, N., Aughney, T., Jones, N., Day, J., Baker, J., Langton, S. (2015) Barriers and benefits: implications of artificial night-lighting for the distribution of common bats in Britain and Ireland. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 370, issue 1667 pp. 20140124

- Merckx, T., Slade, E. M. (2014) Macro-moth families differ in their attraction to light: implications for light-trap monitoring programmes. *Insect conservation and diversity*, 7(5), 453-461.
- Minnaar, C., Boyles, J. G., Minnaar, I. A., Sole, C. L., Mckechnie, A. E. (2015) Stacking the odds: Light pollution may shift the balance in an ancient predator-prey arms race. *Journal of Applied Ecology*, 52(2) <http://doi.org/10.1111/1365-2664.12381>
- Motte, G., Libois, R. (2002) Conservation of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800) (Mammalia: Chiroptera) in Belgium. A case study of feeding habitat requirements. *Belgian Journal of Zoology*, 132(1), 49-54.
- Owens, A. C., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K., Seymoure, B. (2020) Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation*, 241, 108259.
- Parkins, K. L., Elbin, S. B. Barnes, E. (2015) Light, glass, and bird-building collisions in an urban park. *Northeast. Nat.* 22, 84–94.
- Pauwels, J., Kerbiriou, C., Yves, B. A. S., Valet, N., Isabelle, L. E. (2021) Adapting street lighting to limit light pollution's impacts on bats. *Global Ecology and Conservation*, e01648.
- Polak, T., Korine, C., Yair, S., Holderied, M.W. (2011) Differential effects of artificial lighting on flight and foraging behaviour of two sympatric bat species in a desert. *Journal of Zoology*, 285, 21–27.
- Ratcliffe, J.M., Soutar, A.R., Muma, K.E., Guignon, C., Fullard, J.H. (2008) Anti-bat flight activity in sound-producing versus silent moths. *Canadian Journal of Zoology*, 86, 582–587.
- Rodríguez, A., Holmes, N. D., Ryan, P. G., Wilson, K.-J., Faulquier, L., Murillo, Y., Raine, A. F., Penniman, J. F., Neves, V., Rodríguez, B., Negro, J. J., Chiaradia, A., Dann, P., Anderson, T., Metzger, B., Shirai, M., Deppe, L., Wheeler, J., Hodum, P., Gouveia, C., Vanda Carmo, Carreira, G.P., Delgado-Alburqueque, L., Guerra-Correa, C., Couzi, F.-X., Travers, M., Le Corre, M. (2017) Seabird mortality induced by land-based artificial lights. *Conservation Biology*, 31(5), 986–1001. <http://www.jstor.org/stable/44973632>
- Rydell, J. (2006) Bats and Their Insect Prey at Streetlights. In: *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Edited by: C. Rich, T. Longcore. pp. 43–60, Washington: Island Press.
- Siblet, J-P. (2008) Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité Grindavik té. Synthèse bibliographique. Rapport MNHN-SPN/MEEDDAT n°8.
- Sierro, A., Erhardt, A. (2019) Light pollution hampers recolonization of revitalised European Nightjar habitats in the Valais (Swiss Alps) *Journal of Ornithology*, 160(3), 749-761.
- Spoelstra, K., van Grunsven, R. H., Ramakers, J. J., Ferguson, K. B., Raap, T., Donners, M., Veenendaal, E.M., Visser, M. E. (2017) Response of bats to light with different spectra: light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1855), 20170075.
- Spoelstra, K., van Grunsven, R. H., Donners, M., Gienapp, P., Huigens, M. E., Slaterus, R., ... Veenendaal, E. (2015) Experimental illumination of natural habitat—an experimental set-up to assess the direct and indirect ecological consequences of artificial light of different spectral composition. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 370(1667), 20140129.
- Stone, E. L., Jones, G., Harris, S. (2009) Street lighting disturbs commuting bats. *Current biology*, 19(13), 1123-1127.
- van Geffen, K. G., van Eck, E., de Boer, R. A., van Grunsven, R. H., Salis, L., Berendse, F., Veenendaal, E. M. (2015) Artificial light at night inhibits mating in a Geometrid moth. *Insect Conservation and Diversity*, 8(3), 282-287.
- Van Geffen, K.G., Groot, A.T., Van Grunsven, R.H., Donners, M., Berendse, F., Veenendaal, E.M. (2015a) Artificial night lighting disrupts sex pheromone in a noctuid moth. *Ecological Entomology*, 40, 401–408.
- Van Geffen, K. G., Van Grunsven, R. H. A., Van Ruijven, J., Berendse, F., Veenendaal, E. M. (2014) Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life history changes in a moth. *Ecology and Evolution*, 4(11), <http://doi.org/10.1002/ece3.1090>
- Van Grunsven, R. H., Donners, M., Boekee, K., Tichelaar, I., Van Geffen, K. G., Groenendijk, D., ... Veenendaal, E. M. (2014) Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models. *Journal of insect conservation*, 18(2), 225-231.

- Van Langevelde, F., Ettema, J.A., Donners, M., Wallis De Vries, M.F., Groenendijk, D. (2011) Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological Conservation*, 144, 2274–2281.
- Van Langevelde, F., Van Grunsven, R.H., Veenendaal, E.M., Fijen, T.P. (2017) Artificial night lighting inhibits feeding in moths. *Biology Letters*, 13, 20160874.
- Verovnik, R., Fišer, Ž., Zakšek, V. (2015) How to reduce the impact of artificial lighting on moths: A case study on cultural heritage sites in Slovenia. *Journal for Nature Conservation*, 28, 105–111.
- Wakefield, A., Stone, E. L., Jones, G., Harris, S. (2015) Light-emitting diode street lights reduce last-ditch evasive manoeuvres by moths to bat echolocation calls. *Royal Society open science*, 2(8), 150291.
- Wiltschko, W., Munro, U., Ford, H. Wiltschko, R. (1993) Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds. *Nature* 364, 525–527
- Wise, S. (2007) Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: amphibians as models. *Starlight: A Common Heritage*; Cipriano, M., Jafar, J., Eds, pp.209-218.
- Wyse, C.A., Selman, C., Page, M.M., Coogan, A.N., Hazlerigg, D.G. (2011) Circadian desynchrony and metabolic dysfunction; did light pollution make us fat? *Medical Hyp.* 77: 1139–1144.
- Zeitler, J.M., Dijk, D.J., Kronauer, R., Brown, E., Czeisler, C. (2000) Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *J. Physiol.*, 526, 695–702.