

# Étude sur l'impact de la pollution lumineuse sur l'avifaune en Gironde



[www.aquitaine.lpo.fr](http://www.aquitaine.lpo.fr)



Rédaction : Aurélien Besnard, Muriel Bourgeois.

Relecture : Chloë Bizien, Victoria Buffet, Annabelle Roca.

Image de couverture : Thong Vo on Unsplash.

### **LPO Délégation territoriale Aquitaine**

433, chemin de Leysotte • 33140 VILLENAVE D'ORNON

Tél : 05 56 91 33 81 • [aquitaine.lpo.fr](http://aquitaine.lpo.fr) • [aquitaine@lpo.fr](mailto:aquitaine@lpo.fr)

N° Siret : 784 263 287 00152

Association reconnue d'utilité publique



**AGIR** pour la  
**BIODIVERSITÉ**

# Sommaire

I. Synthèse bibliographique	5
I.1 Impacts de la pollution lumineuse sur l'orientation et les déplacements nocturnes des oiseaux	7
I.2 Impacts de la pollution lumineuse sur les rythmes biologiques des oiseaux	10
I.3 Impacts de la pollution lumineuse sur la sélection d'habitat des oiseaux	13
I.4 Analyse des enjeux concernant l'impact de la pollution lumineuse sur l'avifaune de la Gironde	15
II. Etat des lieux de la prise en compte de la pollution lumineuse	19
II.1 Historique	19
II.2 Réglementation	20
II.3 Application sur le territoire girondin	21
<b>Fiche action 1</b> : Techniques d'éclairage	24
<b>Fiche action 2</b> : Cartographie des installations d'éclairage et aménagement du territoire	28
<b>Fiche action 3</b> : Sociologie, prise en compte des besoins des usagers, consultation publique	30
<b>Fiche action 4</b> : Éducation à l'environnement	32
<b>Fiche action 5</b> : Professionnels, élus, aménageurs	34
<b>Fiche action 6</b> : Tourisme et événementiel	37
<b>Fiche action 7</b> : Amélioration des connaissances sur la migration nocturne en Gironde et des impacts de la pollution lumineuse sur les oiseaux migrateurs	39
<b>Fiche action 8</b> : Évaluation de l'impact de la pollution lumineuse sur les populations locales d'Engoulevent d'Europe	40
<b>Fiche action 9</b> : Évaluation de l'impact de la pollution lumineuse sur les oiseaux de zones humides en Gironde	41
<b>Fiche action 10</b> : Évaluation de l'impact de la pollution lumineuse sur les oiseaux communs et sensibilisation des collégiens	42
Bibliographie	43



# I. Synthèse

## bibliographique

Aujourd'hui, en Europe, plus de 60 % de la population est incapable de voir la Voie Lactée car leur environnement nocturne est trop éclairé (Falchi et al., 2016, figure 1). Cette pollution lumineuse augmente de 2,2 % par an au niveau mondial sur la période récente (2012-2016 ; Kyba et al., 2017). Cet éclairage artificiel nocturne, au-delà de nous priver de l'accès aux paysages célestes, a des conséquences importantes sur la biodiversité, et notamment sur l'avifaune.

Bien que certains impacts de l'éclairage artificiel nocturne soient connus de longue date par les ornithologues (Kumlien, 1888), la grande partie de la bibliographie scientifique concernant la pollution lumineuse est postérieure à 2010 (figure 2). Cela traduit un développement récent de ce sujet de recherche. Il reste donc encore de larges pans de ce sujet à investiguer, tant du point de vue des types d'impacts, de leur quantification et des espèces qui sont concernées. Néanmoins, la littérature fait mention de conséquences multiples de la pollution lumineuse nocturne sur l'avifaune. Ces impacts sont présentés ci-dessous en trois parties. La première met en évidence les conséquences négatives de la pollution lumineuse sur **l'orientation et les déplacements nocturnes** des oiseaux, en particulier lors de la

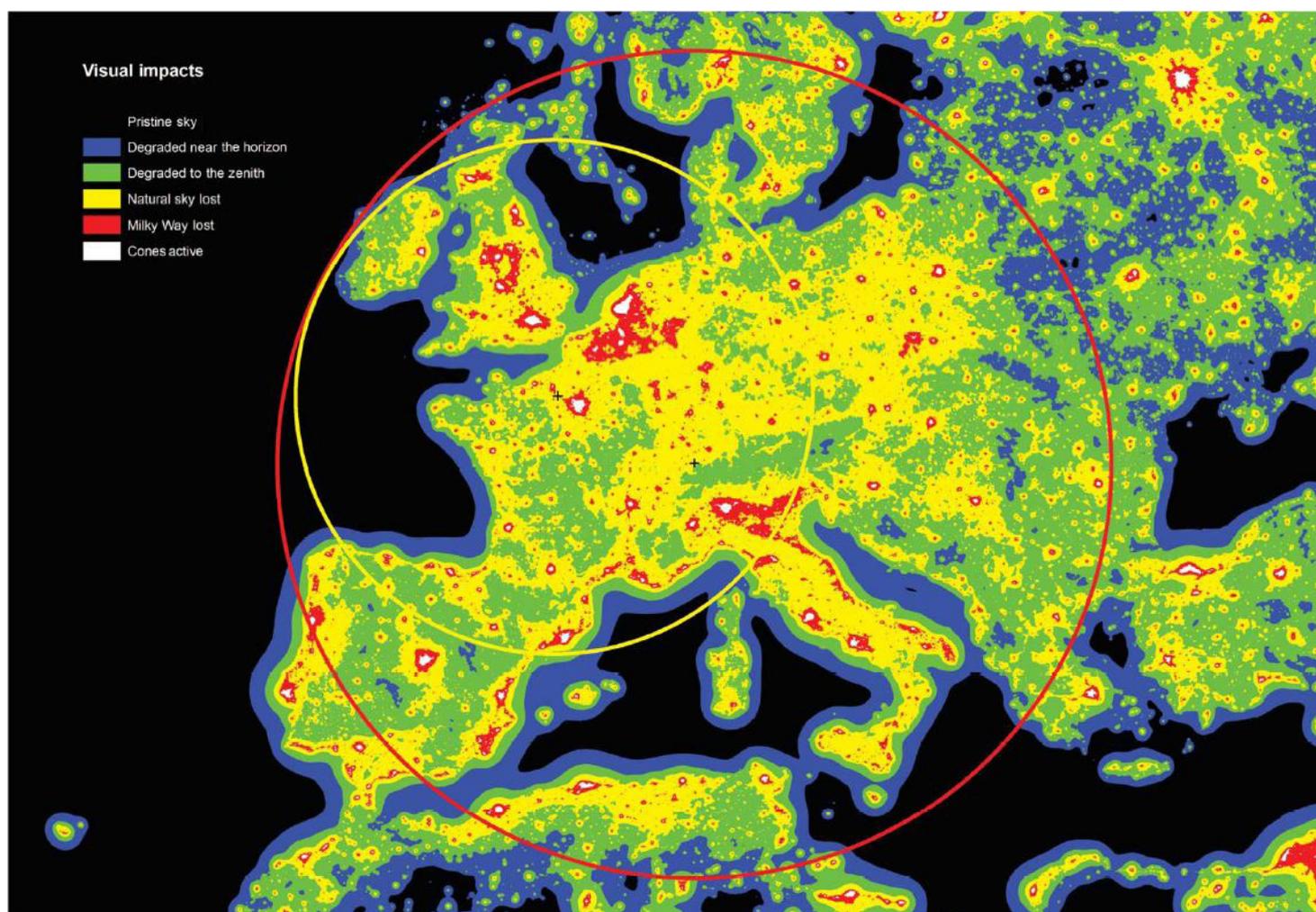


Figure 1 : Positions sur la planète les plus éloignées d'un ciel vierge de pollution lumineuse (cercle rouge) et relativement épargnées par la pollution lumineuse au zénith (cercle jaune). Les couleurs correspondent à des niveaux de luminosité du ciel nocturne ; jusqu'à 1% au-dessus de la lumière naturelle (noir) ; entre 1% et 8% au-dessus du niveau de lumière naturelle (bleu) ; de 8% à 50% au-dessus de la luminosité naturelle nocturne (vert) ; à partir de 50% au-dessus du niveau naturel de luminosité jusqu'à ce que la Voie Lactée ne soit plus visible (jaune) ; du niveau de lumière qui empêche de voir la Voie Lactée jusqu'à ce que les cônes soient stimulées (rouge) ; et les très hauts niveaux d'intensité lumineuse nocturne, avec aucune adaptation à l'obscurité pour les yeux humains (blanc), Falchi et al., 2016.

période de migration. La seconde partie regroupe les exemples de **modifications physiologiques** dues à une exposition à la lumière artificielle nocturne et aux conséquences induites sur le comportement des oiseaux, en particulier sur les **rythmes biologiques**. La troisième partie concerne l'impact de la pollution lumineuse sur la **sélection d'habitat** chez les oiseaux.

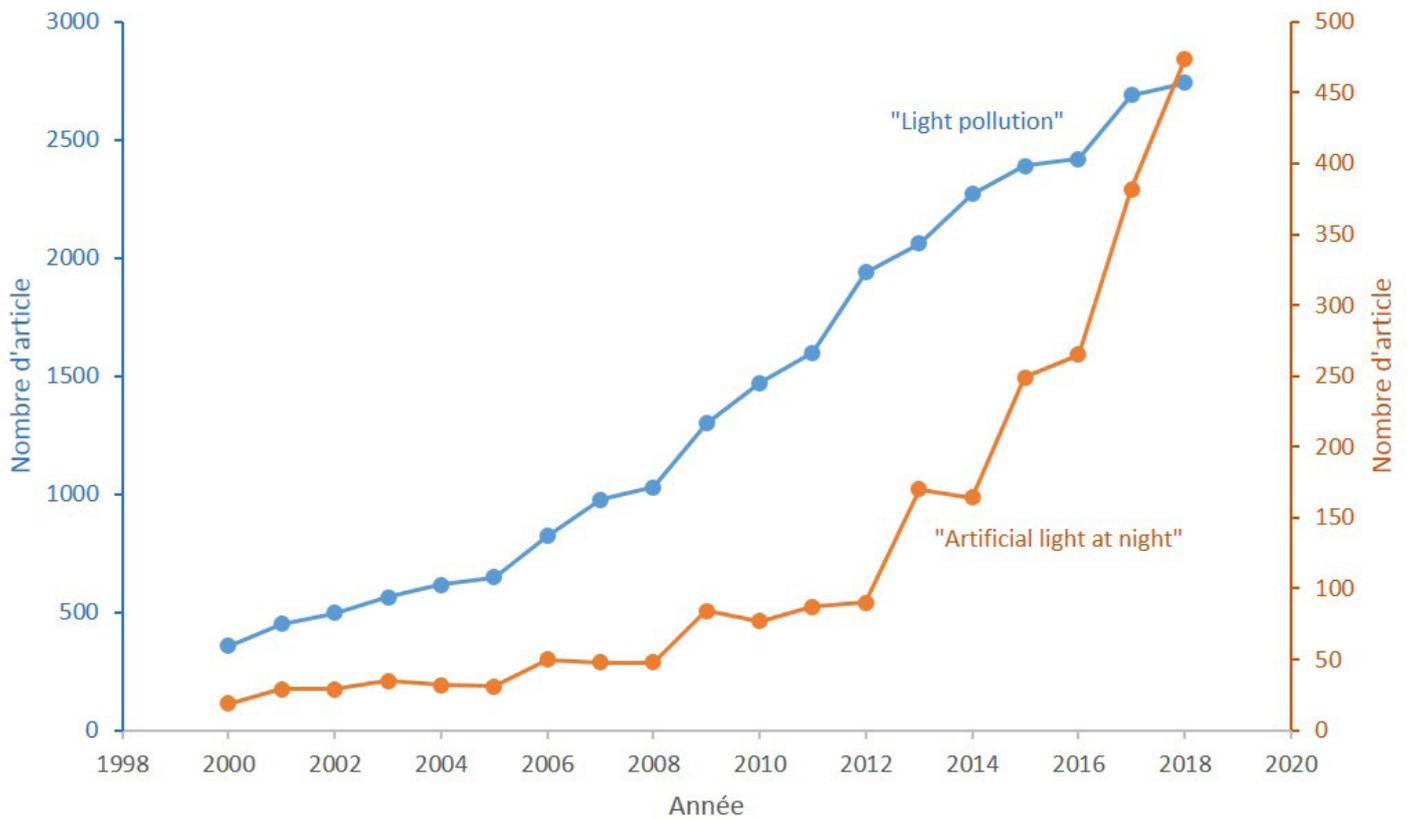
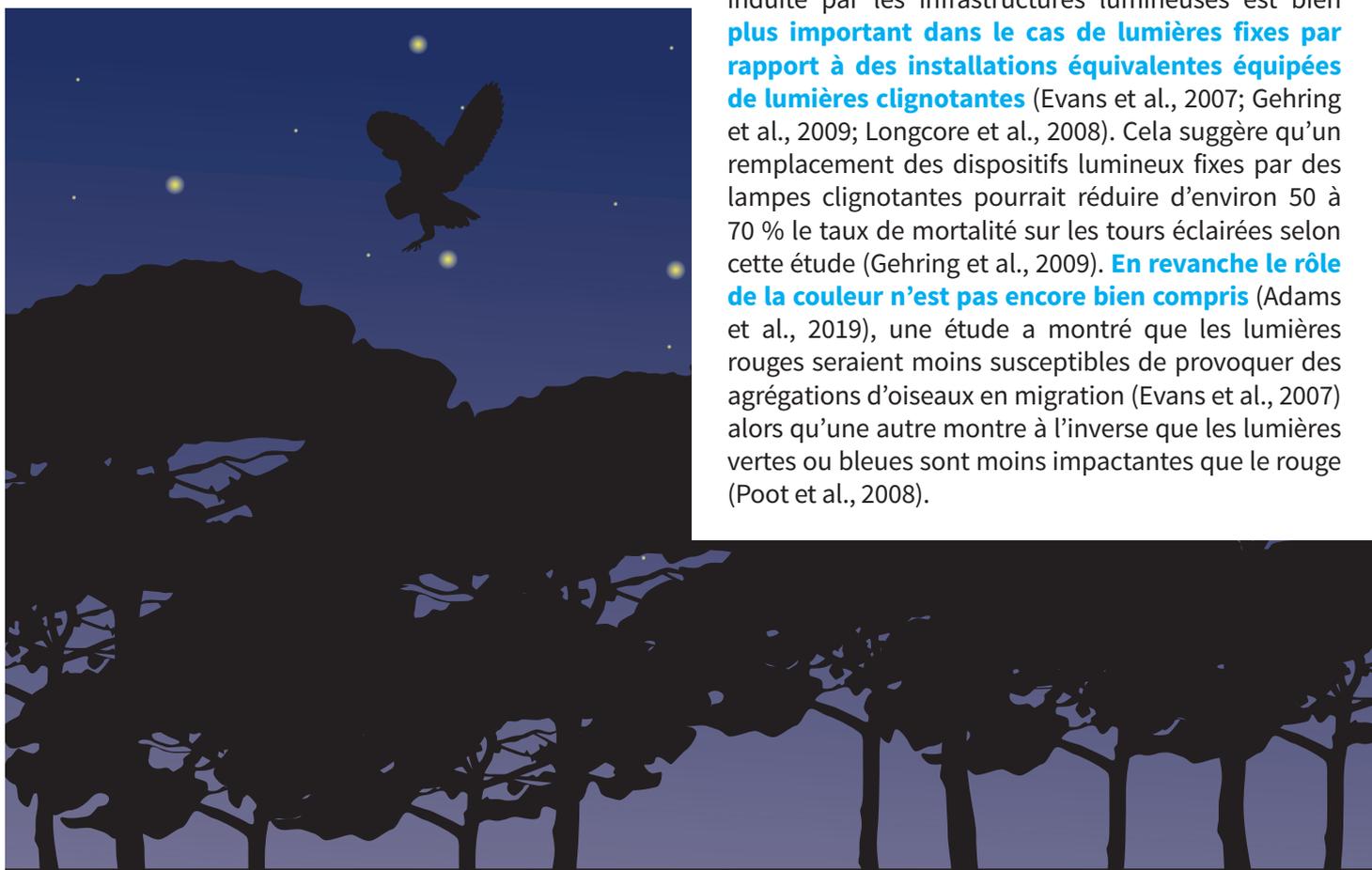


Figure 2 : Évolution du nombre d'article scientifique par année concernant la pollution lumineuse, basée sur une requête des termes « light pollution » et « artificial light at night » avec le moteur de recherche Google Scholar.

# I.1 Impacts de la pollution lumineuse sur l'orientation et les déplacements nocturnes des oiseaux

Les premières observations de l'impact de la pollution lumineuse sur les oiseaux concernent la **migration nocturne**. Des phénomènes spectaculaires de **mortalité massive** au pied de sources importantes de lumière ont été rapportés depuis plus d'un siècle dans la littérature scientifique (Kumlien, 1888). Ces phénomènes se produisent en période de migration, principalement par temps brumeux mais aussi par temps clair dans certains cas (Van Doren et al., 2017). Les oiseaux semblent être **désorientés par des sources lumineuses**, ce qui peut entraîner une mortalité importante. Ces phénomènes ont été mis en évidence pour des infrastructures verticales tels que des tours éclairées (Kumlien, 1888) ou des phares (Jones and Francis, 2003) avec une mortalité d'autant plus élevée que la structure est haute (Longcore et al., 2008).

Cependant, l'éclairage public proche du sol peut également induire une mortalité massive dans certaines situations (Brun 2013 comm. pers.). Une étude en Amérique du nord a quantifié l'impact de la mortalité liée aux dizaines de milliers d'antennes de communication éclairées, à partir de plusieurs centaines de milliers de cadavres collectés (Longcore et al., 2013). La mortalité totale estimée se compte en millions d'individus par an. Cela peut représenter une part non négligeable de la population totale chez certaines espèces faisant l'objet de mesures de conservation (entre 1 et 9 % de la population estimée). De plus, une étude basée sur la superposition entre les enveloppes de distribution lors des différentes phases biologiques des oiseaux (reproduction, hivernage et migration) et des cartes quantifiant la pollution lumineuse, a mis en évidence que les zones fréquentées par les oiseaux lors de leurs périodes de migration sont celles qui sont les plus concernées par la pollution lumineuse pour l'ensemble de leur cycle (Cabrera-Cruz et al., 2018). Ces conséquences **touchent particulièrement les jeunes** effectuant leur première migration qui sont plus fortement influencés par les sources de pollution lumineuse nocturne que les adultes (Rich and Longcore, 2005). Ces individus peu expérimentés ont alors plus tendance à s'écarter des voies normales de migration à cause de ces perturbations. Tous les types de sources de lumière n'ont pas le même impact sur les oiseaux migrateurs. Ainsi, la mortalité induite par les infrastructures lumineuses est bien **plus important dans le cas de lumières fixes par rapport à des installations équivalentes équipées de lumières clignotantes** (Evans et al., 2007; Gehring et al., 2009; Longcore et al., 2008). Cela suggère qu'un remplacement des dispositifs lumineux fixes par des lampes clignotantes pourrait réduire d'environ 50 à 70 % le taux de mortalité sur les tours éclairées selon cette étude (Gehring et al., 2009). **En revanche le rôle de la couleur n'est pas encore bien compris** (Adams et al., 2019), une étude a montré que les lumières rouges seraient moins susceptibles de provoquer des agrégations d'oiseaux en migration (Evans et al., 2007) alors qu'une autre montre à l'inverse que les lumières vertes ou bleues sont moins impactantes que le rouge (Poot et al., 2008).



À titre d'exemple, ce phénomène de mortalité a été observé plusieurs fois au col d'Organbidexka (Larrau - 64) qui est un site important pour la migration postnuptiale des oiseaux en Europe. Le relief orographique des Pyrénées y concentre de très nombreux oiseaux migrateurs ce qui en fait un lieu privilégié de l'étude de la migration ([migracion.net](http://migracion.net)). En 2013, les salariés et bénévoles de la LPO qui étaient en charge du suivi visuel de la migration ont reporté une mortalité importante lors la nuit du 30 au 31 octobre, concernant plusieurs centaines d'individus de plus d'une dizaine d'espèces différentes, allant du Pouillot véloce (*Phylloscopus collybita*) à la Grue cendrée (*Grus grus*) (Brun 2013 comm. pers.). C'est notamment plus de 250 Grives musiciennes (*Turdus philomelos*) qui ont été ramassées mortes et des dizaines qui ont été observées épuisées au sol, apparemment désorientées par les lampadaires dans le brouillard (Brun 2013 comm. pers.). Certains oiseaux sont ainsi observés « fonçant obstinément vers les lumières » qui éclairent les abords de chalets d'Iraty (Larrau - 64). Les oiseaux collectés avaient des fractures aux ailes ou au crane liées à des collisions avec les arbres ou les bâtiments. Une grande partie de ces oiseaux ont été collectés par des chasseurs locaux qui connaissent ce phénomène récurrent lorsqu'il y a du brouillard et qu'ils nomment la « cueillette ».



Cadavres de passereaux retrouvés mort à Iraty (Larrau - 64) lors de la nuit du 30 octobre 2013 © Marine Quent

Un autre exemple emblématique, qui est aussi un des plus étudié de l'impact de la pollution lumineuse sur les oiseaux en migration, concerne le mémorial lumineux pour les victimes du 11 septembre 2001 (Tribute in Light). Ce mémorial situé à Manhattan (New York, Etats-Unis), est constitué de deux larges faisceaux qui éclairent le ciel via 88 puissants projecteurs qui symbolisent les tours jumelles détruites, pour rendre hommage aux victimes.



Ce mémorial est mis en place chaque année au mois de septembre, à la date anniversaire des attentats. Cette période correspond à une intense activité de migration nocturne au-dessus de la ville pour beaucoup d'espèces d'oiseaux, entre leurs zones de reproduction canadiennes et leurs sites d'hivernage des Caraïbes ou d'Amérique du Sud. Lorsque l'installation est allumée, des ornithologues ont remarqué que des oiseaux s'agrègent en grand nombre dans cette zone, en volant de manière circulaire à vitesse réduite et en criant fréquemment (Van Doren 2017). Ce phénomène a été quantifié par une étude radar et c'est ainsi plus de 1,1 million d'oiseaux (IC95 : 0,6-1,6 million) qui ont été impactés par cette unique source lumineuse pendant les 7 nuits étudiées (Van Doren 2017). Ces modifications de comportements induisent une dépense énergétique supplémentaire par rapport à un vol direct. De plus, de nombreux oiseaux morts ont été observés, probablement suite à une collision avec les surfaces vitrées d'immeubles voisins. Cependant, la mortalité induite par cette installation est difficile à estimer (Van Doren 2017). L'installation est maintenant surveillée par des ornithologues à chaque mise en fonctionnement et les faisceaux sont éteints si le nombre d'oiseau dénombré dépasse un seuil. En quelques minutes après l'extinction, les oiseaux se dispersent et reprennent une activité migratoire normale. Ce rapide retour à la normal suggère que le fait d'éteindre les sources de lumière de manière sélective lors des nuits de forte migration permettrait de réduire la mortalité induite par l'éclairage artificiel nocturne sur les oiseaux.

Ces modifications du comportement en migration induites par la pollution lumineuse sont liées notamment à une **perturbation des mécanismes d'orientation des oiseaux**. Ces mécanismes sont multiples et le rôle de chacun n'est pas encore parfaitement connu (Adams et al., 2019). Cependant, **nous savons que chez les nombreuses espèces qui migrent la nuit, comme beaucoup de passereaux et de canards notamment, la position des étoiles est utilisée pour s'orienter** (Berthold, 1879). Les halos lumineux autour des villes interfèrent avec les points de repères des oiseaux, ils peuvent ainsi être désorientés et tourner en rond pendant des heures (Bruderer, 2002). Lors de ces détours, ceux qui ne meurent pas par collision ou épuisement, **gaspillent les précieuses ressources énergétiques** qu'ils avaient accumulées pour franchir les obstacles naturels sur leur route tels que la Méditerranée ou le Sahara pour les espèces européennes (Bruderer, 2002). Il est possible également que la pollution lumineuse interfère avec le compas magnétique qui leur sert à

s'orienter, lorsqu'ils sont exposés à certaines **longueurs d'ondes** ou à certaines intensités lumineuses (Wiltschko et al., 2010). Cependant, les mécanismes qui induisent que les oiseaux désorientés soient attirés par la source de lumière ne sont pas encore bien compris (Adams et al., 2019). Une des hypothèses est qu'en cas de mauvaises conditions de visibilité pendant la nuit (brume, brouillard ou couche nuageuse) les oiseaux se dirigeraient vers ces **repères lumineux** afin de voler au-dessus de la couche nuageuse (Bruderer, 2002). Les oiseaux ayant évolué pendant des millions d'année avec la lune et les étoiles comme seules sources de lumière nocturne, l'émergence de sources de lumière anthropiques dans le paysage nocturne crée ainsi un piège écologique en orientant les oiseaux migrateurs vers des zones de collision potentielle.



Traquet motteux en halte migratoire © Daniel Godinou

Bien que ce soit le plus illustré, la migration n'est pas le seul cas où des oiseaux ont été observés désorientés par la pollution lumineuse. Il y a également plusieurs témoignages recensés concernant les jeunes de certaines espèces pélagiques (Fontaine et al., 2011; Le Corre et al., 2002; Rodríguez et al., 2012). Lorsqu'ils quittent le nid pour leur premier vol vers la mer, ils le font de nuit et s'orientent grâce à la lumière qui naturellement leur indique la direction de la mer en réfléchissant la lueur de la lune et des étoiles. De nombreux jeunes sont ainsi attirés par les sources de lumière artificielle terrestre et tombent au sol, ce qui entraîne une forte mortalité (Le Corre et al., 2002). C'est le cas par exemple du Puffin de Scopoli (*Calonectris diomedea*) dans les Canaries (Espagne) (Rodríguez et al., 2012) ou dans les Açores (Portugal) (Fontaine et al., 2011) dont la population est vulnérable à l'extinction et dont la mortalité des jeunes induite par la pollution lumineuse fait partie des causes de ce déclin (Fontaine et al., 2011).

## 1.2 Impacts de la pollution lumineuse sur les rythmes biologiques des oiseaux

Au-delà du rôle de la lumière dans l'orientation chez les oiseaux, celle-ci est également fondamentale pour le bon fonctionnement de plusieurs **mécanismes physiologiques**, en particulier dans la **régulation des cycles biologiques**. L'information lumineuse est captée par trois structures différentes chez les oiseaux : la rétine, la glande pinéale et l'hypothalamus (Dominoni, 2015). Ces trois structures interagissent dans des boucles de rétroaction qui contrôlent les **rythmes circadiens**<sup>1</sup>. La glande pinéale contient ses propres photorécepteurs, qui, lorsqu'ils sont stimulés par la lumière, induisent un blocage de la production de mélatonine. La nuit, à l'inverse, cette hormone est libérée, ce qui apporte une information supplémentaire pour synchroniser l'horloge circadienne de l'hypothalamus. La lumière est ainsi le plus puissant signal pour synchroniser les rythmes biologiques circadiens et circannuels<sup>2</sup> endogènes<sup>3</sup> avec les conditions extérieures (Dominoni, 2015).

La modification des rythmes journaliers est l'un des effets physiologiques les plus documentés de la pollution lumineuse (Dominoni, 2015). **L'activité territoriale de chant est ainsi plus précoce** le matin chez certaines espèces lorsqu'elles sont exposées à une lumière artificielle nocturne. De plus, cet effet est d'autant plus important que l'intensité lumineuse est élevée (Miller, 2006). La pollution lumineuse perturbe la perception de l'aube et les mâles commencent leur activité matinale plus tôt. Une étude diachronique conduite en 1929 puis répétée en 2003 sur le même site en Virginie (États-Unis), a ainsi mis en évidence que le chœur de l'aube pour le Merle d'Amérique (*Turdus migratorius*) intervient 49 minutes plus tôt en 2003 par rapport aux mesures de 1929, alors qu'en parallèle l'éclairage nocturne s'est développé très fortement (Miller, 2006, figure 3). Ce phénomène est confirmé par des études en laboratoire sur des merles noirs qui avancent leur période d'activité matinal de

plus d'une heure trente lorsqu'ils sont exposés à des éclairages comparables à une pollution lumineuse *in situ* (0.3 lux ; Dominoni, 2013). Cette **modification comportementale** est plus fortement marquée chez les espèces qui ont une activité vocale naturellement proche de l'aube tels que la Mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*) (de Jong et al., 2017) ou le Rougegorge familier (*Erithacus rubecula*) (Da Silva et al., 2015). Les espèces dont l'activité vocale est plus tardive dans la journée sont moins sensibles à ce phénomène (Da Silva et al., 2015). Néanmoins, cela ne signifie pas que d'autres activités plus difficiles à détecter ne sont pas décalées pour autant chez ces espèces.



Rouge-gorge familier ©Daniel Godinou

Ces modifications du comportement journalier s'accompagnent également d'**effets sur le sommeil** de ces espèces, qui est réduit en cas d'exposition à une lumière artificielle (Schlicht et al., 2015). Des femelles mésanges charbonnières (*Parus major*) ont ainsi été observées la nuit dans des nichoirs expérimentaux installés dans le milieu naturel avec présence ou non d'un éclairage nocturne (Raap et al., 2015). Celles exposées à une lumière artificielle dormaient moins que le groupe contrôle et sortaient du nichoir plus tôt le matin. De manière similaire, une étude sur des paons (*Pavo cristatus*) a mis en évidence que les individus exposés à une pollution lumineuse ont une activité de vigilance plus importante pendant la nuit que ceux exposés à une nuit noire et que, par conséquent, ils passent moins de temps à dormir (Yorzinski et al., 2015).

Au-delà du décalage du rythme circadien, d'autres études ont également mis en évidence un décalage phénologique chez certaines espèces (c'est-à-dire une modification du cycle biologique annuel),

notamment une **reproduction plus précoce** au printemps pour les oiseaux exposés à une lumière artificielle nocturne. Ainsi, la période d'activité vocale (mesurée par la présence du chœur de l'aube) est déclenchée plus tôt au printemps chez des individus exposés à la pollution lumineuse (Da Silva et al., 2015). Ce décalage a probablement des conséquences sur la reproduction (Kempenaers et al., 2010) bien qu'elles soient difficiles à quantifier pour le moment (Da Silva et al., 2015). De la même manière, **la période de mue peut également être décalée** et intervenir plus précocement au printemps chez les individus exposés à une lumière artificielle en conditions contrôlées (Dominoni et al., 2013).



Merle noir ©Daniel Godinou

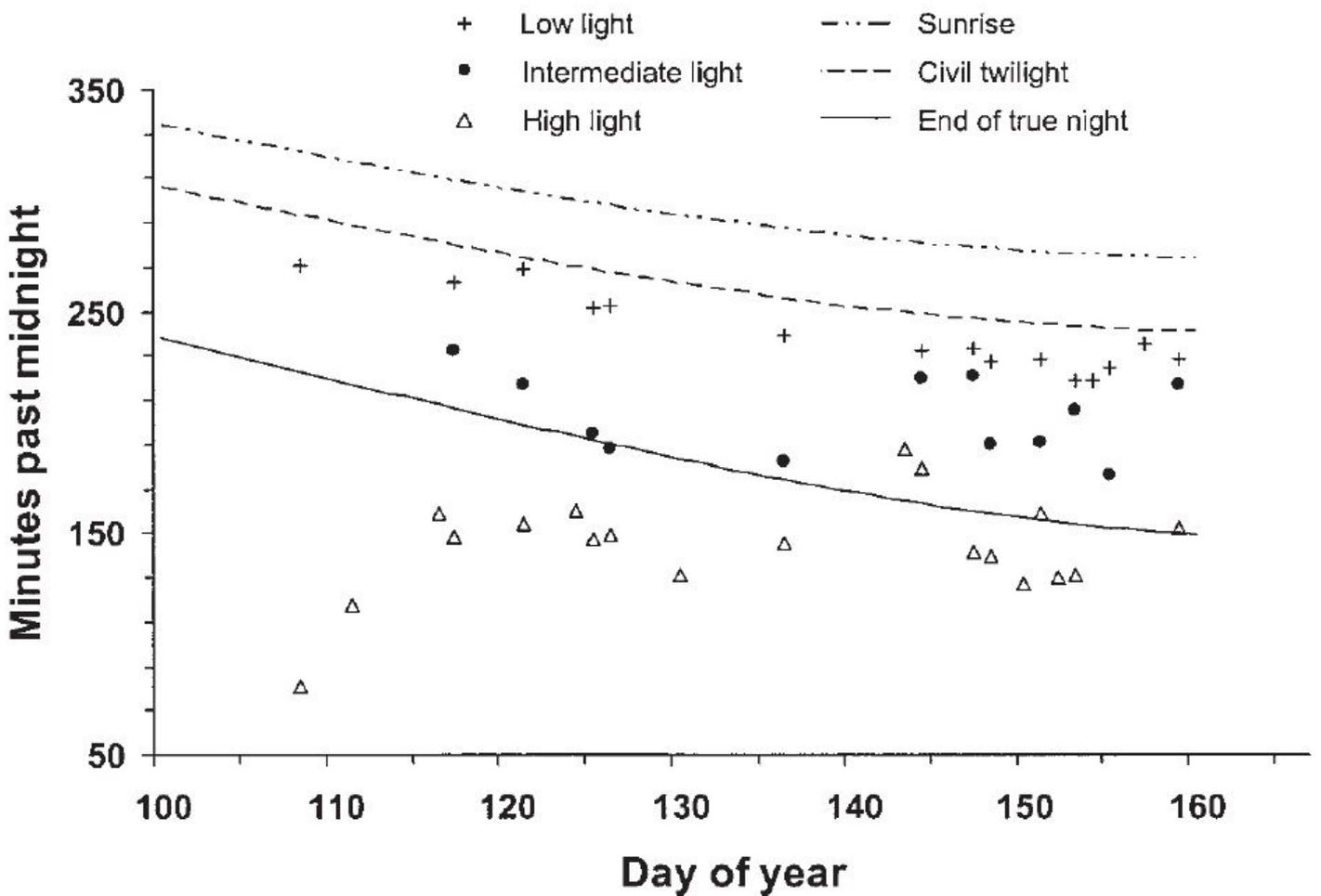


Figure 3 : Horaires du début du chant matinal du Merle d'Amérique à Lyon Park, Arlington (Virginie, États-Unis) et horaires de début du chœur matinal pour cette même espèce en 1929 (points noirs) et en 2003 (croix noires) en fonction du jour de l'année. Les lignes représentent de haut en bas le lever du soleil, le crépuscule civil et le crépuscule astronomique.

Les modifications physiologiques induites par la pollution lumineuse sur les oiseaux peuvent être illustrées par l'étude sur des merles noirs de Dominoni et ses collègues (2013). La première partie de leur étude consiste à attacher pendant une semaine des petits capteurs de lumière sur le dos d'oiseaux sauvages vivant soit en forêt soit dans un environnement urbain, pour mesurer l'intensité de la lumière auxquels les merles sont exposés dans la nature. Les individus en milieu urbain étaient ainsi exposés à des intensités moyennes de 0,3 lux, ce qui correspond à une intensité 20 fois plus faible qu'à proximité immédiate des lampadaires de la zone d'étude. Pour les individus forestiers, le niveau de lumière n'était pas détectable par les enregistreurs utilisés. Des oiseaux captifs ont ensuite été exposés pendant une année à des

conditions de luminosité nocturne comparables à celles observées pour les oiseaux sauvages forestiers (nuits noires – 0,0001 lux) ou urbains (lumière faible - 0,3 lux). Les oiseaux exposés à la faible lumière ont développés leur système reproducteur en moyenne 26 jours plus tôt que ceux exposés à des nuits noires (mesuré par la taille des testicules et le taux de testostérone dans le plasma). Ils ont également initié leur mue 22 jours plus tôt en moyenne. Enfin, l'activité de chant matinal est plus précoce le matin au printemps, ils peuvent ainsi chanter jusqu'à près de deux heures avant le lever du soleil en avril-mai alors que ceux exposés à des nuits noires commencent environ 30 minutes avant le lever du soleil sur cette période.

## Notes de bas de page :

**1/ Les rythmes circadiens** concernent les processus biologiques ayant une périodicité de 24 h, c'est le cas par exemple des cycles de sommeil et d'éveil.

**2/ Les rythmes circannuels** concernent les processus biologiques ayant une périodicité annuelle, c'est le cas par exemple des cycles de reproduction, de mues ou de migration chez les oiseaux.

**3/ Les rythmes biologiques** sont produits par des horloges biologiques internes qui fonctionnent même sans stimulus externes, cependant en conditions naturelles, ils se resynchronisent constamment sur le cycle solaire grâce à la captation de la lumière.

## I.3 Impacts de la pollution lumineuse sur la sélection d'habitat des oiseaux

Du fait de son rôle majeur dans la vision et dans de nombreux processus physiologiques comme cela a été développé précédemment, la lumière artificielle nocturne agit également comme un paramètre environnemental qui peut avoir un **effet attractif ou répulsif** chez certaines espèces. Par conséquent, la pollution lumineuse a un rôle sur la **sélection d'habitat** de ces espèces. Des études ont ainsi mis en évidence des effets de ce type à une échelle locale, notamment sur l'exploitation de zones d'alimentation chez les limicoles côtiers. Certaines espèces utilisent ainsi préférentiellement les vasières exposées à la pollution lumineuse (Dwyer et al., 2013; Santos et al., 2010), ce qui leur permet une **recherche alimentaire plus efficace** (Santos et al., 2010). Cette attraction concerne les espèces qui détectent leurs proies visuellement, alors que celles qui utilisent le sens du toucher ne sélectionnent pas leurs secteurs d'alimentation nocturnes en fonction du niveau d'éclairage (Santos et al., 2010). Les conséquences de cette modification de la sélection d'habitat nocturne chez les limicoles liée à l'éclairage artificiel peut être considérable, notamment dans les estuaires proches de zones urbaines ou industrielles. Dans ces zones, l'éclairage artificiel est probablement un des facteurs majeurs de la sélection d'habitat chez les limicoles (Santos et al., 2010). Néanmoins, **ces études ne permettent pas de conclure à un rôle positif ou négatif sur la population de ces espèces** (Santos et al., 2010). En effet, cette concentration nocturne dans les zones les plus éclairées pourrait les exposer à des niveaux plus élevés de pollution, de dérangement ou de prédation (Santos et al., 2010). Un autre exemple de modification de la sélection d'habitat a été mis en évidence chez deux espèces de rapaces nocturnes au sud du Portugal, à savoir le Hibou Moyen-duc (*Asio otus*) et le Hibou des marais (*Asio flammeus*). Des individus de ces deux espèces ont été observés chassant des passereaux en migration nocturne dans une zone éclairée artificiellement (Canário et al., 2012). Ces individus semblaient profiter des meilleures conditions de détection ainsi que de la

concentration des passereaux pour chasser. De la même manière que pour les limicoles côtiers, il reste difficile de qualifier et de quantifier l'impact à l'échelle des populations pour ces espèces.



Barge à queue noire ©Daniel Godinou

A l'inverse de ces deux exemples d'un effet attractif, une étude a mis en évidence un **effet d'évitement par rapport à l'éclairage** du réseau routier pour la Barge à queue noire (*Limosa limosa*) lorsqu'elle s'installe pour nicher (Molenaar et al., 2000 dans Rich and Longcore, 2005). Cet évitement se mesure jusqu'à plusieurs centaines de mètres (Molenaar et al., 2000 dans Rich and Longcore, 2005). Il pourrait induire une **perte d'habitat** pour les espèces qui présentent le même comportement dans les zones soumises à une large pollution lumineuse. Un autre cas publié concerne l'Engoulevent d'Europe (*Caprimulgus europaeus*), un insectivore nocturne qui possède une rétine spécialement adaptée à la vie en quasi obscurité. Pour comprendre son déclin dans le Valais (Suisse), malgré la mise en place de mesures de conservation, Sierro et Erhardt (2019) ont quantifié la ressource alimentaire et le niveau de pollution lumineuse sur des zones occupées et abandonnées par l'espèce. Ils ont ainsi mis en évidence que la quantité de grands papillons nocturnes n'avait pas changé depuis les 30 dernières années et que la quantité de petits papillons avait même augmenté sur l'ensemble des sites étudiés. En revanche, le niveau d'éclairage artificiel nocturne est entre deux et cinq fois plus important sur les sites abandonnés que sur les sites où l'espèce niche encore aujourd'hui (Sierro et Erhardt 2019, figure 4). Ils

concluent de ces résultats que **la forte augmentation de l'éclairage artificiel nocturne semble être une des causes majeures du déclin de l'Engoulevent d'Europe dans le Valais** (Suisse).

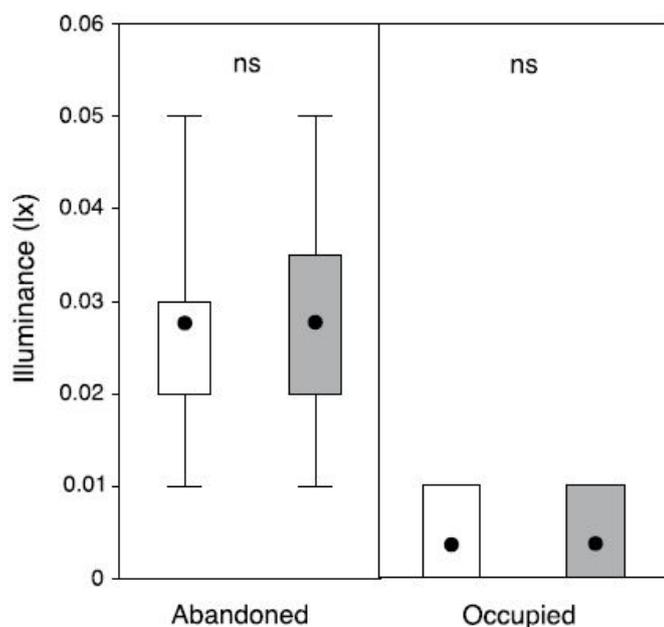


Figure 4 : Mesures d'émissions lumineuses sur les sites abandonnés et toujours occupés par l'Engoulevent d'Europe en période de reproduction en 2015 (blanc) et en 2016 (gris). Les valeurs extrêmes ne sont pas indiquées sur la figure. Le premier quartile et la valeur médiane sont superposés pour les deux catégories sur le graphique. Les valeurs d'émissions lumineuses sur les sites abandonnés sont plus faibles que sur les sites occupés  $p < 0.0001$ , Mann-Whitney U test, Sierro et Erhardt 2019.

A une échelle plus large, une étude basée sur la technologie radar a mis en évidence que **la pollution lumineuse a un effet sur la sélection des habitats utilisés en haltes migratoires** (McLaren et al., 2018). Les oiseaux feraient escale en plus grand nombre dans les zones exposées à une pollution lumineuse plus importante. Ce résultat est confirmé par une autre méthode à partir de données issues de la science participative à l'échelle de l'Amérique du Nord (La Sorte et al., 2017). Cette étude met en évidence des abondances supérieures pour 40 espèces forestières pendant les périodes de migration dans les zones exposées à la pollution lumineuse, à la fois dans les zones urbaines et en dehors (La Sorte et al., 2017). A l'inverse, hors périodes de migration, les abondances sont plus faibles dans les zones exposées à un éclairage artificiel. **Ces résultats concernent tout particulièrement les jeunes** qui entreprennent leur première migration à l'automne (La Sorte et al., 2017). Les effets de cette modification à large échelle du choix des sites de halte est encore difficile à évaluer, cependant, plusieurs hypothèses peuvent être avancées. Tout d'abord, les zones de haltes ainsi sélectionnées ont une couverture forestière plus réduite, ce qui implique une nourriture moins abondante réduisant ainsi la capacité des oiseaux à reconstituer leurs réserves énergétiques (McLaren et al., 2018). De plus, cela pourrait rendre plus difficile la recherche d'une zone favorable pour passer la journée, induisant une dépense supplémentaire en temps et en énergie (McLaren et al., 2018). Enfin, cela les expose aussi à des risques plus importants de mortalité liés à des collisions avec les bâtiments, les véhicules ou à une prédation par les chats ou les chiens (McLaren et al., 2018).

## 1.4 Analyse des enjeux concernant l'impact de la pollution lumineuse sur l'avifaune de la Gironde

Les impacts de la pollution lumineuse sur l'avifaune en Gironde sont difficilement quantifiables en l'état actuel des connaissances. Cependant, nous pouvons mettre en évidence deux éléments qui tendent à faire penser que le département est tout particulièrement concerné par le sujet. Tout d'abord, **le territoire girondin est caractérisé par des niveaux élevés d'éclairage artificiel nocturne**, en lien avec les zones densément peuplées et les infrastructures industrielles. C'est le cas notamment pour Bordeaux Métropole, le pourtour du Bassin d'Arcachon et le long des principaux cours d'eau et de l'estuaire (figure 5).

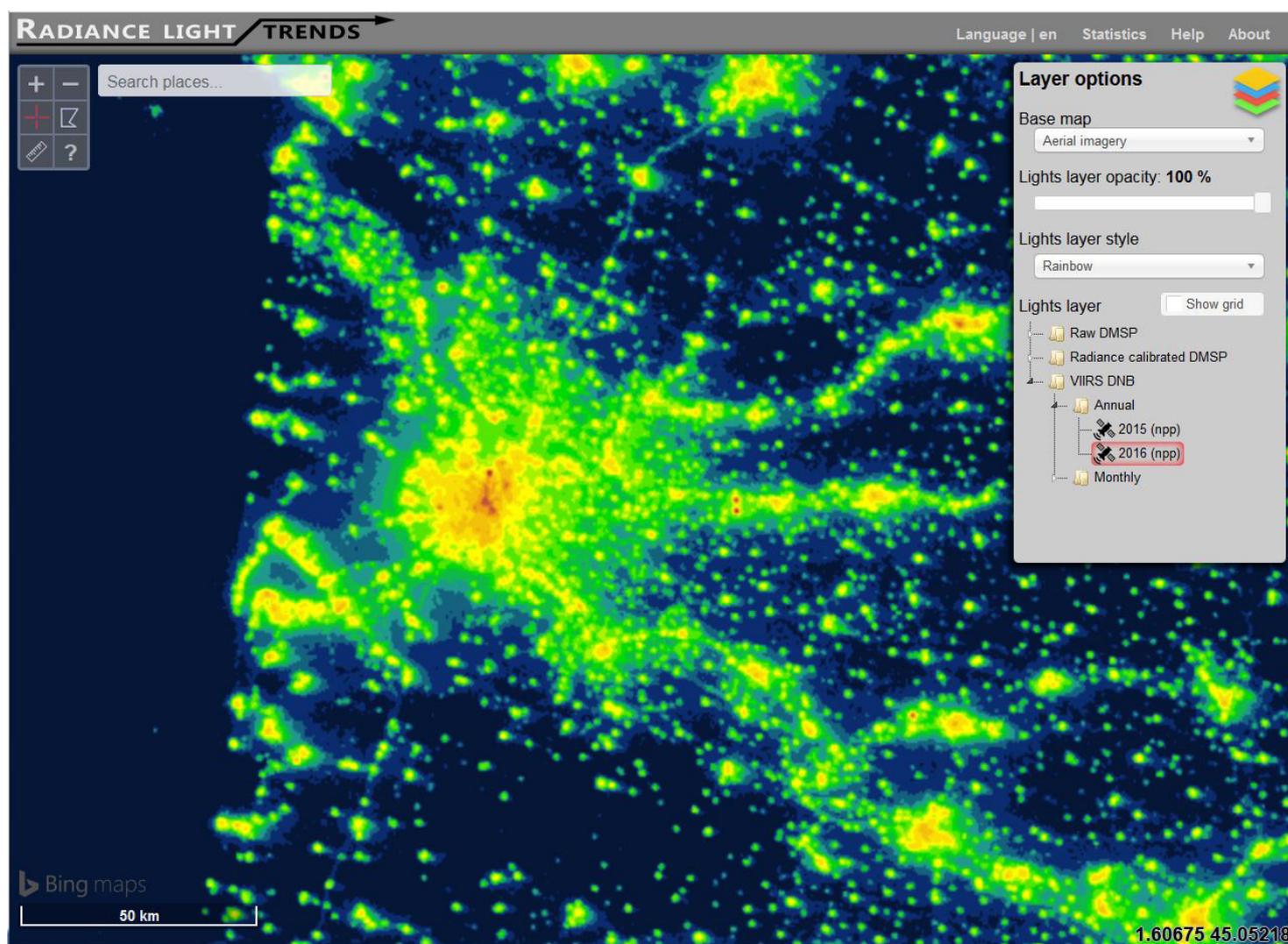


Figure 5 : Carte de l'intensité de lumière artificielle mesurée par satellite pour le département de la Gironde. Les zones noires correspondent aux zones les moins lumineuses et les zones rouges correspondent aux zones qui émettent les plus forts niveaux de pollution lumineuse visible depuis le ciel. Bordeaux Métropole, le pourtour du Bassin d'Arcachon et les bords des cours d'eau principaux sont les zones les plus anthropisées et celles qui présentent les émissions lumineuses nocturnes les plus importantes. Source : <https://lighttrends.lightpollutionmap.info>

En parallèle, le département est un **lieu de vie ou de transit pour plusieurs centaines d'espèces d'oiseaux**. La synthèse bibliographique présentée précédemment met bien en évidence que les impacts de l'éclairage artificiel nocturne concernent plusieurs aspects de la biologie des oiseaux et que probablement, toutes les espèces sont impactées à des degrés divers. Néanmoins, il existe encore de nombreuses lacunes dans la compréhension et la quantification des impacts sur l'avifaune. Malgré ces restrictions, il reste néanmoins possible de mettre en évidence plusieurs groupes d'espèces qui sont probablement concernés localement par la pollution lumineuse.

Tout d'abord, les espèces qui ont une activité strictement ou principalement nocturne. Le groupe le plus évident au premier abord est sans doute celui des **rapaces nocturnes**, qui regroupe à l'échelle du département l'Effraie des clochers (*Tyto alba*), la Chouette hulotte (*Strix aluco*), le Hibou moyen-duc, la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*), le Petit-duc scops (*Otus scops*) et le Hibou des marais. Ce groupe est ainsi présent sur l'ensemble du territoire départemental, bien que certaines espèces soient très localisées. Un

autre oiseau emblématique des nuits girondines est l'**Engoulevent d'Europe** qui est largement présent dans les matrices forestières, en particulier sur le plateau landais. Une famille plus localisée qui est aussi très largement nocturne est celle des **Rallidés**, c'est le cas notamment du Râle d'eau (*Rallus aquaticus*), de la Marouette ponctuée (*Porzana porzana*) et de la Gallinule poule-d'eau (*Gallinula chloropus*). La famille des **Ardéidés** comprend également des espèces majoritairement actives la nuit, tels que le Bihoreau gris (*Nycticorax nycticorax*), le Blongios nain (*Ixobrychus minutus*), le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*) et le Héron pourpré (*Ardea purpurea*). Dans les espèces qui ont une activité à la fois diurne et nocturne, on retrouve des **Anatidés**, on peut citer notamment le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), le Canard siffleur (*Mareca penelope*), le Canard pilet (*Anas acuta*), la Sarcelle d'hiver (*Anas crecca*), le Fuligule milouin (*Aythya ferina*) et le Fuligule morillon (*Aythya fuligula*). De la même manière de nombreux **Limicoles** sont actifs de nuit comme de jour tels que le Bécasseau maubèche (*Calidris canutus*), le Bécasseau variable (*Calidris alpina*), la Bécassine des marais (*Gallinago gallinago*), la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) ou la Barge rousse



(*Limosa lapponica*). On peut citer également la famille des **Procellariidés**, oiseaux pélagiques nichant sur les côtes, qui sont partiellement nocturnes, en particulier pendant la période de reproduction. Bien qu'il n'existe plus de colonie connue en Gironde de ces espèces, le Puffin cendré (*Calonectris borealis*) nichait sur la côte au sud d'Arcachon à la fin des années 2000. Les espèces présentes en Gironde de l'ordre très diversifié des **Passereaux** sont quasi exclusivement diurnes hors période de migration, on peut néanmoins noter le cas du Rossignol philomèle (*Luscinia megarhynchos*) qui chante la nuit. Cet inventaire permet de mettre en évidence que l'ensemble du territoire départemental est fréquenté par des oiseaux ayant une activité nocturne, on peut souligner cependant que **les espèces spécialistes de zones humides (Rallidés, Ardéidés, Anatidés et Limicoles) sont nombreuses à avoir une activité nocturne.**



Bihoreau Gris ©Hubert Huguenot

Pour ces espèces nocturnes, les ressources bibliographiques qui évaluent l'impact positif ou négatif de la pollution lumineuse sont relativement rares. Pour les rapaces nocturnes, certaines espèces (Hibou moyen-duc et Hibou des marais) peuvent utiliser l'éclairage artificiel nocturne pour chasser des passereaux en migration (Canário et al., 2012). Cependant, l'impact de la pollution lumineuse sur ces espèces reste encore largement méconnu. En ce qui concerne l'Engoulevent d'Europe, l'impact négatif de l'éclairage artificiel sur les zones de reproduction a été mis en évidence dans un contexte suisse (Sierro and Erhardt, 2019). Il est fortement probable que cet effet concerne également les populations locales en périphérie des agglomérations, bien que le sujet n'ait pas encore été investigué. Pour les Rallidés, les Anatidés et les Ardéidés, aucun travail n'a été identifié dans la littérature hors période de migration. Il est

donc trop tôt pour caractériser l'impact de la pollution lumineuse pour ces espèces. Cependant, ces espèces sont liées aux zones humides et fréquentent ainsi en Gironde des zones particulièrement concernées par l'éclairage artificiel nocturne (Bassin d'Arcachon et zones humides alluviales de l'estuaire et des principaux cours d'eau du département). Pour les limicoles, plusieurs travaux existent, ils ont mis en évidence d'une part que certaines espèces utilisent les zones éclairées pour faciliter la recherche alimentaire nocturne (Dwyer et al., 2013; Santos et al., 2010), sans que les conséquences à l'échelle populationnelle ne soit qualifiées. En période de reproduction, il a été mis en évidence que certaines espèces évitent les zones trop éclairées pour nidifier (Molenaar et al., 2000 dans Rich and Longcore, 2005). Il est ainsi possible que cet effet répulsif pour la reproduction existe également chez d'autres espèces de limicoles nichant notamment sur le Bassin d'Arcachon ou sur les bords de l'estuaire.

Au-delà de ces espèces ayant une activité exclusivement ou largement nocturne, **de nombreuses espèces migrent la nuit** même si elles sont strictement diurnes pour leurs autres activités. La Gironde est traversée par le couloir de migration Est-Atlantique qui concerne des millions d'oiseaux de plusieurs centaines d'espèces. Ils traversent ainsi le ciel girondin deux fois par an entre leurs zones de reproduction du Nord de l'Europe jusqu'en Sibérie arctique et leurs quartiers d'hivernage dans la péninsule ibérique ou en Afrique. La majorité de ces espèces migrent de nuit et il est vraisemblable que des phénomènes de désorientation similaires à ceux observés par ailleurs existent localement, bien qu'ils n'aient pas été quantifiés jusqu'à présent. Grâce aux données sur ces espèces en halte diurne ou via l'écoute de leurs cris de contact en vol, il est possible de se faire une idée des voies de passage préférentielles pour de nombreuses espèces. Ainsi, on peut mettre en évidence que **la côte atlantique est une zone de flux migratoire** préférentielle pour de nombreuses espèces. Néanmoins, à l'échelle départementale, **l'ensemble du territoire est concerné par des flux importants d'oiseaux en migration** (figure 6 ; Nilsson et al., 2019 ; Atlas des oiseaux migrateurs et hivernants en Aquitaine (à paraître)). Malgré ces quelques éléments, il reste encore de très nombreuses lacunes de connaissances à combler pour être capable de cartographier finement le flux migratoire à cette échelle.

## Averaged Nocturnal Avian Migration Traffic

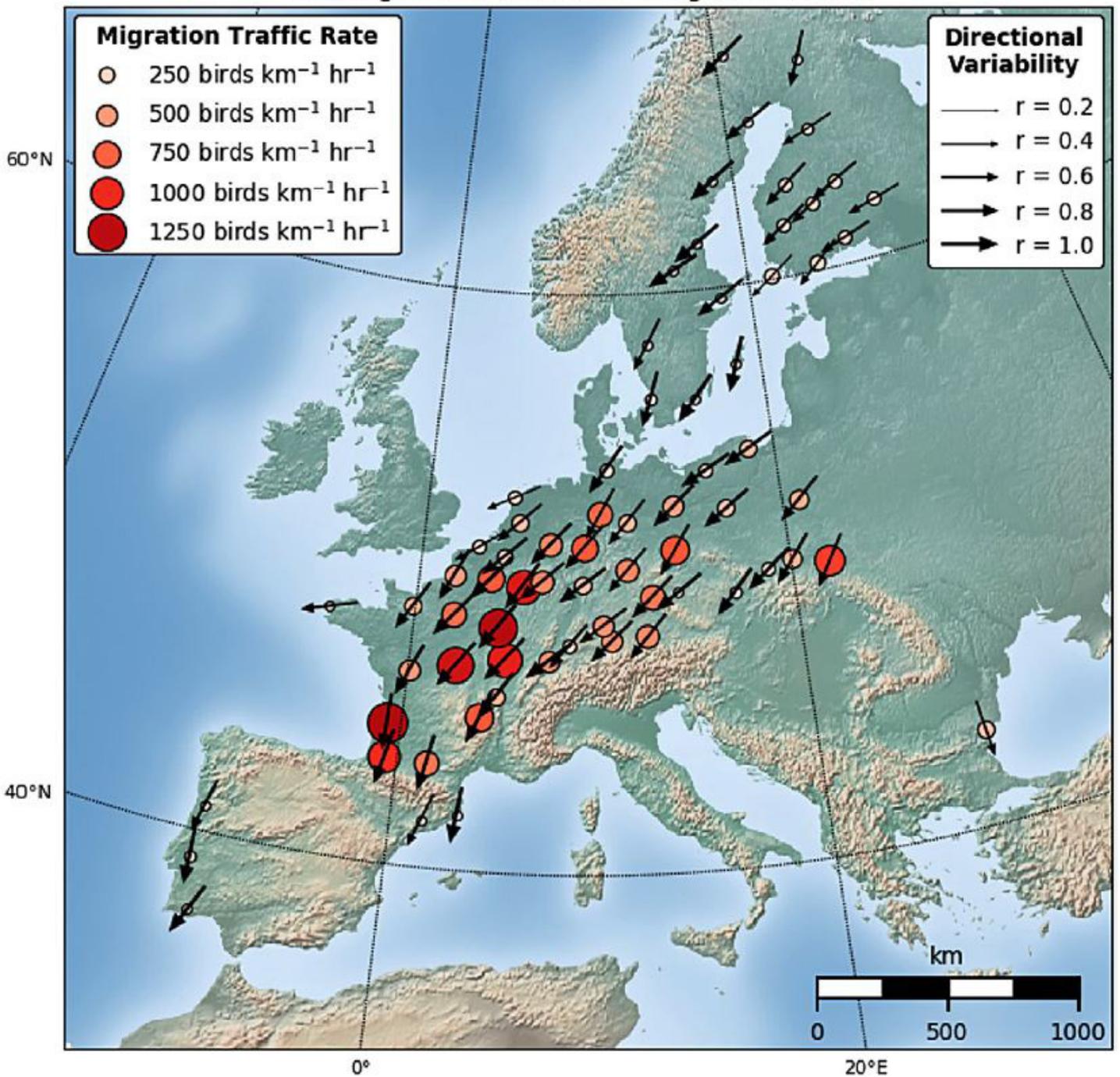


Figure 6 : Carte de l'intensité migratoire en Europe à l'automne. Les flèches noires indiquent le sens moyen des vols détectés, la couleur et la taille des disques sont représentatifs de l'intensité du flux d'oiseau détecté par les dispositifs radars. Le disque rouge foncé de grande taille correspondant au radar positionné en Gironde indique la présence d'un flux migratoire d'intensité maximale pendant la nuit de la période de mesure (19 septembre – 8 octobre 2016) par rapport aux autres sites suivis en Europe, Nilsson et al., 2019.

Enfin, l'éclairage artificiel nocturne induit des **perturbations dans la détection des cycles jour-nuit**, ce qui a un impact sur les rythmes biologiques circadiens et circannuels des individus (chapitre 1.2). Ainsi, c'est potentiellement toutes les espèces d'oiseau du département qui sont impactées par

la pollution lumineuse à des degrés divers. Dans ce cadre, les espèces qui fréquentent les zones urbaines et leurs périphéries sont probablement les plus concernées. C'est le cas notamment des espèces qui nichent sur le bâti ou celles qui fréquentent assidûment les parcs urbains par exemple.

# II. Etat des lieux de la prise en compte de la pollution lumineuse

La pollution lumineuse est définie par les **dégradations** occasionnées sur **l'environnement nocturne** par la présence de lumière **artificielle**. Si elle est directement identifiable de par l'éclairage public, généralement routier, elle n'en est pas moins privée notamment avec les vitrines, enseignes lumineuses et éclairages de parking.

Ce chapitre vise à formuler l'évolution de la relation entre l'humain et la lumière nocturne pour mieux cerner les moyens d'agir sur la pollution lumineuse.

## II.1 Historique

**L'éclairage public nocturne est instauré au XVIIIe siècle à Paris dans l'idée de sécuriser la ville.**

Au XIXe siècle, il s'étend rapidement à l'échelle nationale sous l'impulsion technologique permise par le gaz. L'efficacité développée mène à **l'usage de la nuit éclairée** comme une nouvelle temporalité permettant de prolonger la journée.

Après la première guerre mondiale, le développement du réseau électrique permet l'évolution et la généralisation de l'éclairage public. Le développement massif de l'automobile, l'étalement urbain et un faible coût de l'électricité mènent à une **intensification de l'éclairage nocturne**. La lumière est alors un gage de sécurité des biens et des personnes, permettant de mettre en relief le **progrès technologique**.

Les **astronomes** sont les premiers à parler de pollution lumineuse dans les années 1970. Cela va donner lieu à des confrontations entre les éclairagistes prônant la sécurité et des astronomes perdant l'accès à leur outil de travail principal : le ciel étoilé.

Ce face à face se systématisait et ne permettait pas un consensus laissant place à une implication de la sphère politique.

Parallèlement, les villes vont s'approprier l'outil « lumière artificielle » afin de **mettre en valeur** leur patrimoine et promouvoir une **amélioration du cadre de vie** en prolongeant le temps d'activité urbaine.

Les années 2000 vont amener les écologistes et les médecins à soulever les **effets perturbateurs** de la lumière artificielle sur les **comportements** et les **rythmes biologiques** animaux et humains. Les questions de sécurité sanitaire vont finalement être étudiées par les instances politiques et des mesures réglementaires vont voir le jour.



## II.2 Réglementation

La première initiative législative à l'encontre de la pollution lumineuse provient de l'Europe. En 2004, la **norme européenne EN13201** est mise au point. Cependant, celle-ci n'établit que des **moyennes**, à la vue des pratiques contemporaines et non des normes. Elle n'établit ni guide de bonne conduite ni limite d'éclairage mais vise principalement à engager un regard sur les économies d'énergie possibles. L'atteinte de cette moyenne n'est pas obligatoire mais ce texte souligne tout de même la responsabilité de l'administration locale dans le respect d'un éclairage acceptable.

En France, la loi **Grenelle II** (loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement) est le premier texte à poser les bases d'une surveillance de la pollution lumineuse vis à vis de la **santé**, du **gaspillage énergétique** et de **l'observation astronomique**. Cependant, elle ne prévoit aucune norme et l'appréciation reste subjective puisqu'elle porte sur une notion « acceptable » qui n'est pas la même pour tous.

En 2012, en application au Grenelle, l'État s'attaque aux nuisances lumineuses exercées par la publicité avec le **décret n°2012-118 du 30 janvier 2012** relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux préenseignes. Ce dernier fixe des durées d'éclairage maximales, imposant une extinction totale entre 1 et 6 heures du matin.

En 2015, la **loi n° 2015-992 du 17 août 2015** relative à la transition énergétique pour la croissance verte prévoit une réflexion sur le parc d'éclairage public, notamment lorsque de nouvelles installations voient le jour : elles doivent respecter une éthique en termes **d'économie d'énergie**.

Il faudra attendre la **loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages** pour inscrire au Code de l'Environnement, la notion de « paysage nocturne ». Ce dernier est alors inscrit comme une **ressource naturelle à protéger**. Les nuisances sur le milieu marin y sont reconnues et la mise en valeur paysagère se voit imposer une réflexion systématique autour des nuisances qu'elle pourrait engendrer.



À partir du 1<sup>er</sup> juillet 2013,  
les bureaux, façades et bâtiments  
économisent leur électricité.



developpement-durable.gouv.fr

Affiche de la campagne de communication suite au décret n°2012-118 du 30 janvier 2012 © developpementdurable.gouv.fr



Communication suite à l'arrêté ministériel du 27 décembre 2018 © Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie

En 2017, trois associations (FNE<sup>1</sup>, FRAPNA<sup>2</sup> et ANPCEN<sup>3</sup>) s'associent pour porter au Conseil d'État l'inefficacité des mesures prises par le gouvernement français pour pallier aux nuisances causées par l'éclairage nocturne, qui statue le 28 mars 2018 en faveur des associations et donne un délai de 9 mois à la France pour faire appliquer les mesures prévues par le Grenelle.

Le 27 décembre 2018, l'arrêté ministériel relatif à la **prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses**, fixe des limites à l'éclairage nocturne, notamment en termes de **durée d'éclairement** en fonction des lieux d'utilisation.

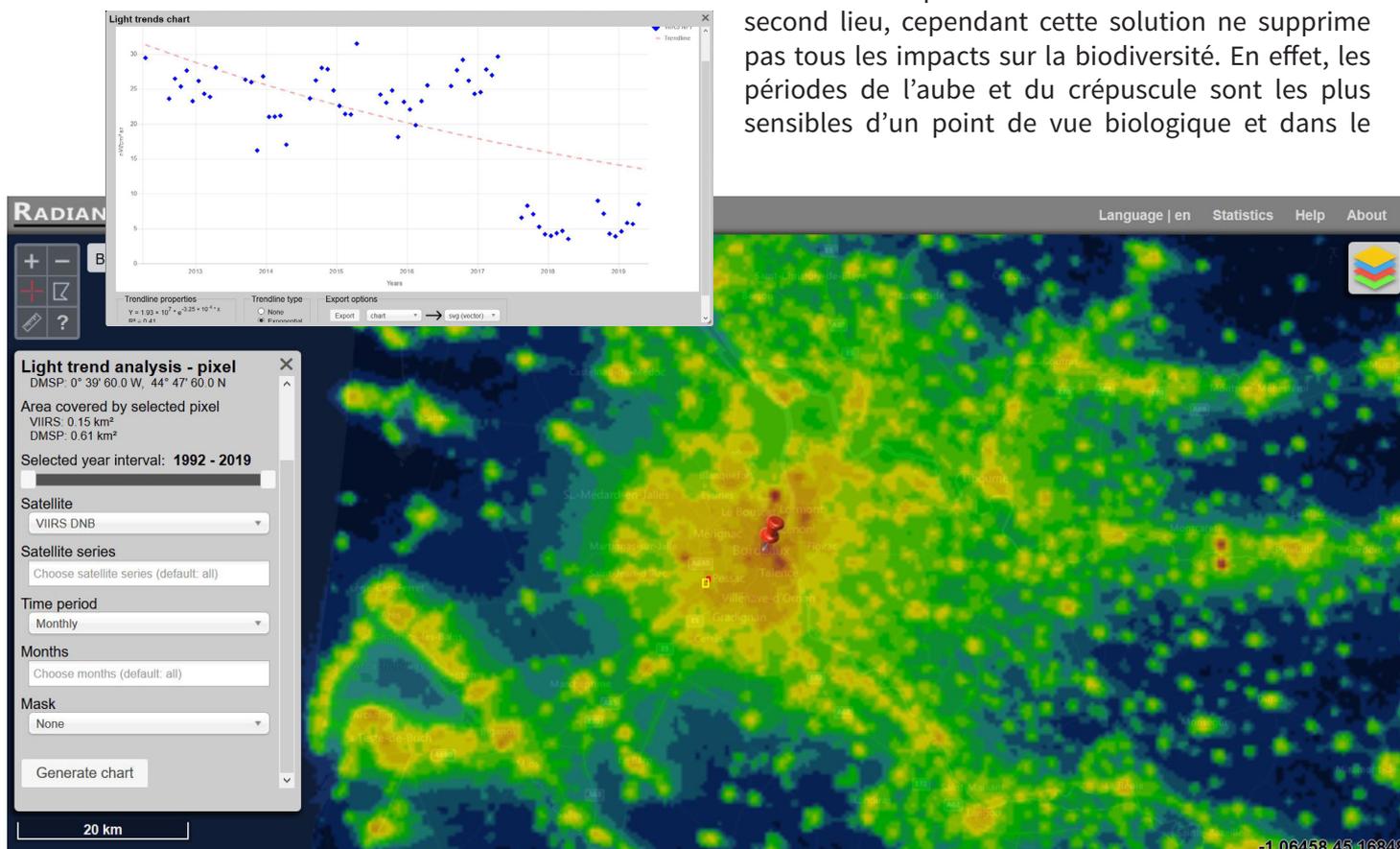
Aujourd'hui, l'ANPCEN se mobilise toujours autour du sujet de la pollution lumineuse en alertant sur l'inexistence de décret d'application aux lois acquises, à la seule exception de la publicité, et en rappelant l'absence de contrôle au respect de ces lois, autant dans le milieu privé que public.

## II.3 Application sur le territoire girondin

L'outil Radiance Light Trends permet la retranscription des mesures de lumière prises pendant la nuit, sur toute la surface du globe. Il permet de voir, par exemple, de manière nette, l'engagement de la Ville de Pessac en matière d'extinction à partir de juin 2017.



Depuis 2015, les communes de la Métropole de Bordeaux se mobilisent contre la pollution lumineuse en procédant à l'extinction de leur circonscription au cœur de la nuit, lorsque les transports en commun ne circulent plus. On peut compter entre autre, le Taillan-médoc, Pessac, Talence, Mérignac, Blanquefort, Eysines, le Haillan, Bègles et plus récemment Villenave d'Ornon ou Saint-Médard-en-Jalles. Si cette initiative est bienvenue, le moteur de ces actions tourne principalement autour des économies générées. Le bénéfice retiré par la biodiversité est souvent cité en second lieu, cependant cette solution ne supprime pas tous les impacts sur la biodiversité. En effet, les périodes de l'aube et du crépuscule sont les plus sensibles d'un point de vue biologique et dans le



Carte et tableau des données exprimée par Radiance Light Trends pour une recherche ciblée sur la commune de Pessac © Radiance Light Trends

cas présent, où les extinctions sont principalement réalisées entre 1h et 5h du matin, elles restent toujours exposées à l'éclairage artificiel.

Un projet d'étude sur les impacts de la pollution lumineuse sur la vallée de la Pimpine, dans l'Entre-Deux-Mers, a été initié par l'Observatoire départemental pour la Biodiversité Nocturne. Elle est la seule de cette envergure menée sur le territoire girondin.



En 2017, Bordeaux tirait la dernière place de la liste des 13 plus grandes villes de France étudiées par l'ANPCEN pour l'application de l'arrêté d'extinction de 2013. En effet, l'association a recensé 70% de sites non conformes. Cela concerne les enseignes et commerces éclairés pendant leur inactivité. L'ANPCEN dénonçait alors un manque de contrôle qui tient aux municipalités.

## Notes de bas de page :

**1/FNE** : France Nature Environnement est une fédération française d'associations de protection de la nature et de l'environnement créée en 1968 qui représente 3500 associations locales à travers la métropole et l'Outre-mer.

**2/FRAPNA** : Fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature est devenue FNE AURA France Nature Environnement en Auvergne-Rhône-Alpes en 2019. Il s'agit d'une association de protection de l'environnement sur la région Auvergne-Rhône-Alpes créée en 1971.

**3/ANPCEN** : Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne est une association, ouverte en 1999 sous le nom Association nationale pour la protection du ciel nocturne, œuvrant pour la préservation de la qualité de la nuit et de l'environnement nocturne.



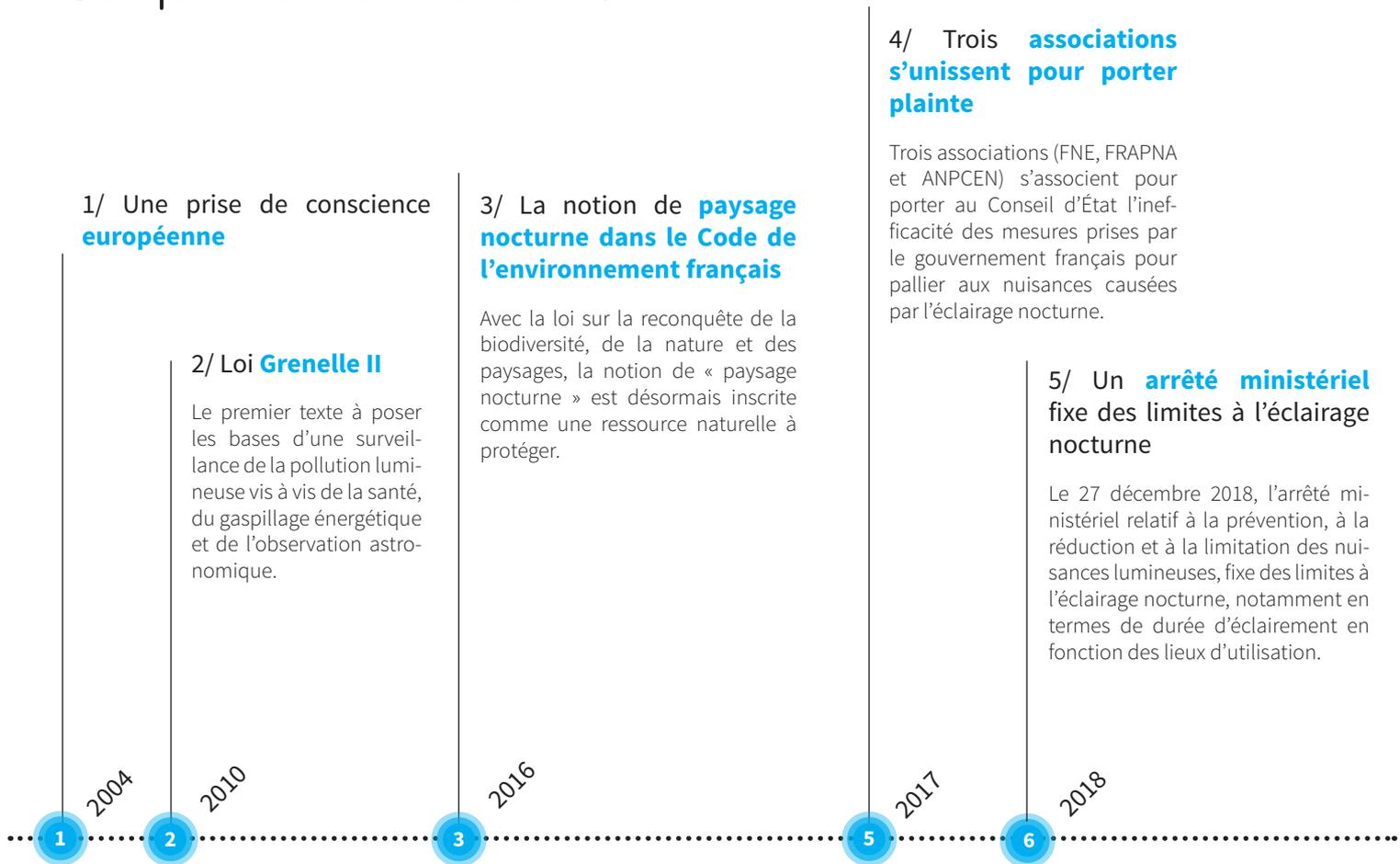
## Conclusion

Depuis le début des années 2000, les pratiques des différents acteurs fractionnent l'usage de la nuit :

- Les **collectivités** s'activent autour de plans lumière visant à changer leur politique en termes d'économie d'énergie et d'impact environnemental,
- Le monde du **tourisme** encourage de véritables spectacles lumineux pour mettre en valeur centres-villes et monuments patrimoniaux,
- Les **éclairagistes** prônent l'efficacité et se concentrent sur la consommation énergétique pour valoriser l'attention portée à l'environnement mais n'envisagent pas les autres impacts sur la nature, à commencer par la biodiversité,
- Les associations d'**astronomie** se révoltent contre la perte de l'objet principal de leur travail : le ciel étoilé,
- Les professionnels exerçant dans les **zones d'activités commerciales**, sur-éclairent leurs parkings vides, soucieux du fonctionnement de leur matériel de vidéo surveillance,
- Les spécialistes de la **santé** et les **écologues** travaillent encore sur la quantification des impacts biologiques de la lumière artificielle sur les populations humaines et les espèces sauvages.

Au milieu de ces conflits, se dégage un « **usage de la nuit** » propre à chacun. Derrière la volonté de sécurité et d'esthétisme, se cache encore la notion d'extraire l'Homme à sa condition animale, à ses peurs. Pourtant, la nuit est aussi identifiée comme un moment social animé par la fête et le plaisir ou à un symbole fort de liberté, opposé au « jour » de travail.

## Ce que l'on en retient :



# Fiche action 1 :

## Techniques

## d'éclairage

L'utilisation de l'éclairage nocturne est à son apogée dans les années 70 à 80 en France. Les installations lumineuses sont conçues dans une approche **esthétique** et non en termes **d'efficacité**. Ainsi, les candélabres<sup>1</sup> boules vont voir le jour à cette période.

Si l'extinction totale n'est pas une mesure que tous les acteurs sont prêts à mettre en place, les nouvelles technologies permettent aujourd'hui une réduction des pertes énergétiques et un rendement supérieur. En combinant ces avancées, il est possible de réduire la pollution lumineuse.

Des indicateurs permettent de s'assurer de l'Utilisation Rationnelle de l'Energie<sup>2</sup> et d'agir directement sur les causes de la pollution lumineuse :

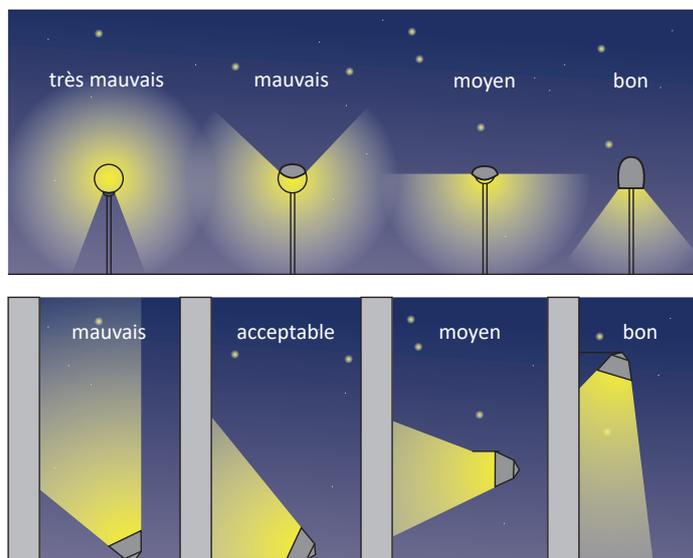
- La **temporalité** de l'éclairage : c'est à dire le temps durant lequel la lumière reste allumée. Il est possible de limiter l'impact de l'éclairage en adaptant ce facteur en fonction des usages des lieux éclairés et en tenant compte du rythme journalier (horaire du dernier train par exemple) et de la saisonnalité (notamment les périodes de reproduction et de migration des animaux). Ce paramètre joue donc sur **l'allumage et l'extinction** de l'éclairage et peut être régulé par plusieurs processus : l'extinction totale raccordée ou non à un interrupteur crépusculaire (horloge pro-

grammée), la gradation de l'intensité lumineuse, des détecteurs de présence couplés à une minuterie, du matériel de télégestion.

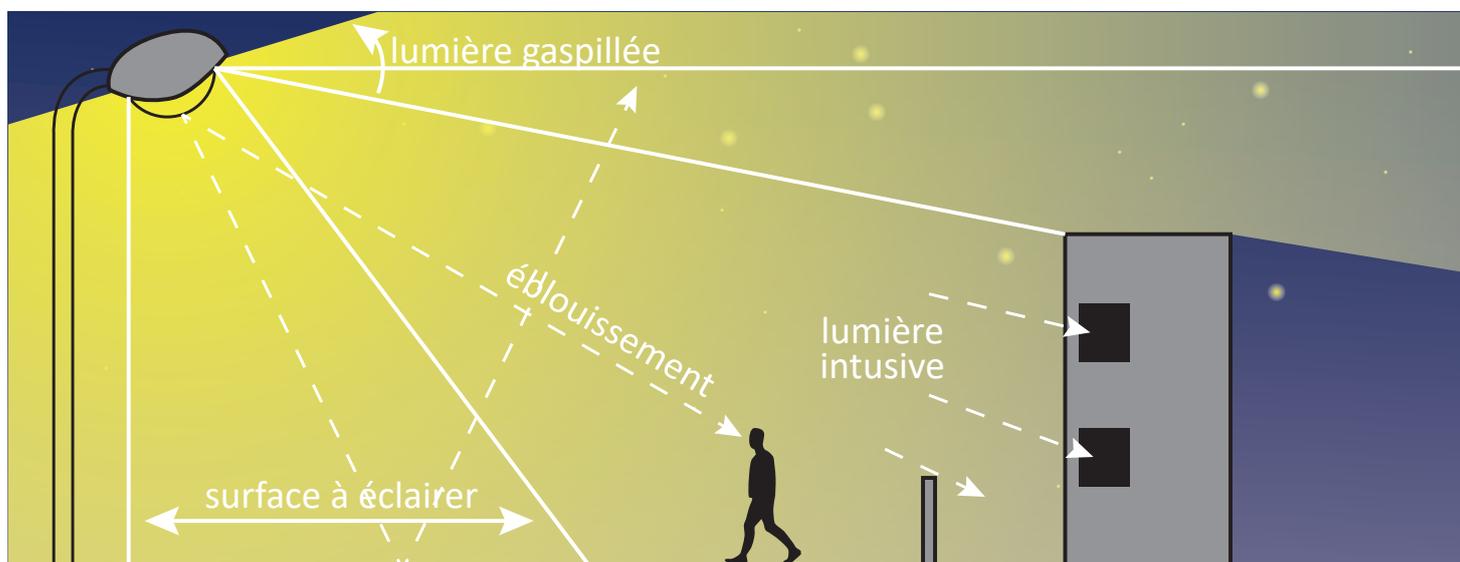
- Le **halo lumineux** : c'est le composant spatial de la pollution lumineuse. Il est dépendant de plusieurs facteurs dont l'orientation et la **forme** de la source de lumière.

La lumière la plus néfaste est celle qui est gaspillée en étant envoyée directement vers le ciel. Du point de vue de l'utilisateur, il convient aussi de rappeler que les notions d'**éblouissement**<sup>3</sup> et de **lumière intrusive**<sup>4</sup> sont, elles aussi, induites par la direction de la lumière.

La quantité de lumière gaspillée peut être calculée par la formule ULOR<sup>5</sup>. Cette perte peut être limitée, en premier lieu, par la **forme des candélabres**.

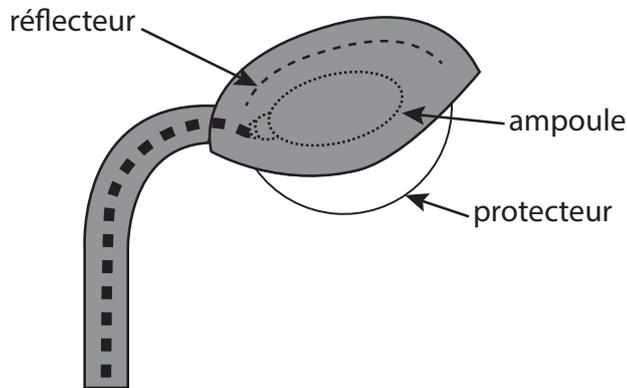


© LPO Aquitaine



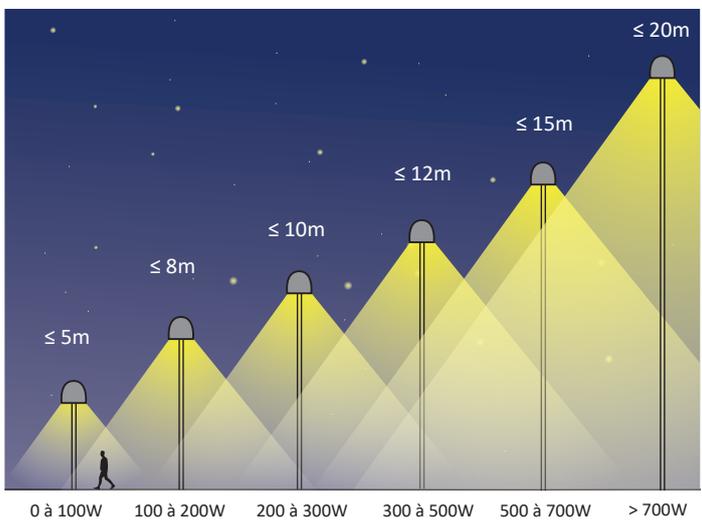
© LPO Aquitaine

De plus, l'**entretien** de ce matériel joue aussi un rôle important dans son efficacité : protecteur (cache transparent protégeant l'ampoule) en bon état et cristallin et réflecteur (fond du luminaire réfléchissant qui redirige la lumière de l'ampoule vers le sol) en bon état.



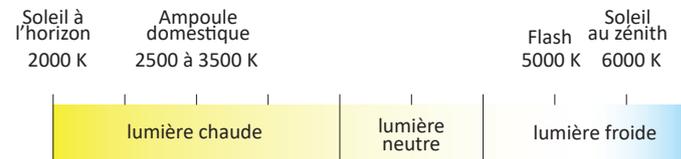
Ensuite, la **hauteur du mat** demande à être pensée en fonction de la puissance de la source lumineuse afin de limiter les déperditions d'éclairage.

Et finalement, il s'agit de limiter la réflexion par le sol en agissant sur la surabondance d'éclairage (développé plus bas) et en adaptant le niveau lumineux aux besoins et usages.



- Le **spectre lumineux** : il concerne la couleur et la température de la lumière, d'un point de vue physique, cela correspond aux longueurs d'ondes qui la constituent. Une lumière bleue est perçue plus efficace qu'une lumière orangée. Cependant, elle suscite plus d'éblouissement et plus la lumière tend vers les ultraviolets (donc vers des longueurs d'ondes faibles),

plus elle attire d'insectes. Cela impacte donc directement le comportement des animaux qui s'en nourrissent (chauves-souris par exemple). Aussi, l'impact de la lumière bleue a été constaté sur la santé humaine, rendant les personnes exposées plus sensibles aux insomnies et à la dépression.

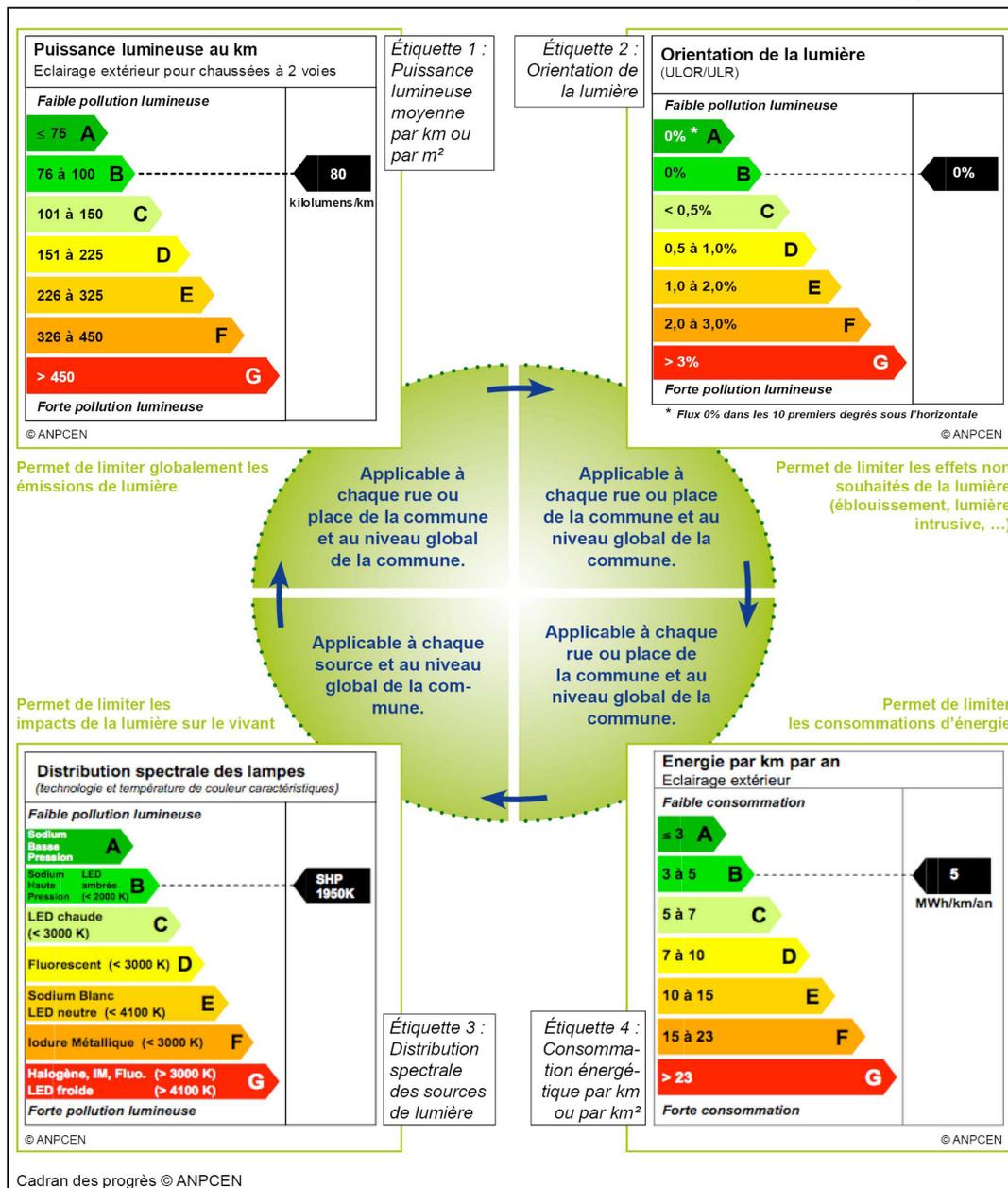


- La **surabondance** d'éclairage : il peut être quantifié par nombre de lumens<sup>6</sup> produits par le dispositif d'éclairage. Plus son intensité est forte, plus nous discernons nettement les obstacles. Cependant, cela influe aussi une réflexion de la lumière par le sol et entraîne des déperditions de lumière. Il convient donc d'adapter ce **flux lumineux** en fonction des usages des lieux dans lesquels ils s'inscrivent. Il peut, par exemple, être calculé en fonction de la largeur de la route à éclairer, du mode de transport emprunté (les voitures bénéficient déjà d'un éclairage individuel) ou peut être modulé : augmentation du flux lumineux produit à l'approche d'un usager (passage de veilleuse à un éclairage plus soutenu).

- La **quantité d'énergie utilisée** : cela concerne principalement l'économie d'énergie. En effet, la consommation de l'éclairage est induite par le type de matériel choisi. Le ballast<sup>7</sup> est le composant électrique à prendre en compte pour cela. La durée de vie et la consommation du composant doivent être étudiées en premier lieu pour limiter les pertes énergétiques. En fonction du budget disposé, deux types de Ballasts existent : conventionnels ferromagnétiques ou électroniques. Les Ballasts électroniques présentent un rendement énergétique supérieur de 20% en moyenne mais son coût à l'achat est aussi plus élevé.

L'ANPCEN recommande les normes illustrées page suivante.

Bien-sûr, le cycle de vie des matériaux est aussi à prendre en compte dans une démarche de développement durable. La plupart des parcs ont été installés il y a plus de 20 ans. Leur rénovation est une occasion de les remplacer par un matériel plus vertueux et plus économique. La capacité de recyclage doit aussi être considérée dans le choix du nouveau matériel. En effet, néons et lampes basse



Recommandations en matière de mise en place ou de rénovation de l'éclairage public © ANPCEN

consommation (LBC ou fluocompactes) contiennent des déchets dangereux comme le mercure. Au contraire, la poudre fluorescente, l'aluminium et le verre peuvent être recyclés, à condition de connaître les circuits adaptés : tous les centres de recyclage ne sont pas équipés pour cela. Le site internet Recyclum<sup>8</sup> a été conçu pour accompagner les usagers dans ce processus.

Les associations de protection de l'environnement nocturne se rejoignent sur un fait : le meilleur moyen de limiter la pollution lumineuse reste l'extinction de l'éclairage nocturne, à minima, temporaire. Cependant, la notion de responsabilité dans la

sécurité des biens et des personnes, qui revient souvent à la collectivité locale, se matérialise en un compromis : une réponse technique qui prend en compte des paramètres tels que la durée, l'orientation, la composition spectrale, l'intensité et le nombre des sources lumineuses.

Si l'efficacité technologique est connue, elle n'a pas systématiquement donné lieu à une réduction des coûts et de la consommation d'énergie des communes. A l'inverse, le budget récupéré dans l'efficacité technologique est directement réinvesti dans un éclairage plus fort ou une multiplication des sources lumineuses.

# Perspectives d'application

Les administrations locales ont un travail d'**évaluation** de leur parc et une **révision** complète du **matériel** existant à mener. Si l'extinction partielle commence à se généraliser, notamment au cœur de la nuit (1 h-5 h) pour la Métropole de Bordeaux, elle ne peut pas supprimer la pollution lumineuse engendrée par un matériel vétuste et par un éclairage au crépuscule et à l'aube de zones sensibles pour la biodiversité.

Certaines communes ont déjà fait des démarches pour le remplacer. Cependant, cela ne donne pas toujours lieu à des mesures en adéquation avec les besoins réels du lieu et reporte même parfois le problème vers un sur-éclairage lié à un trop grand nombre de sources de lumière ou un flux lumineux trop important. Le **sur-éclairage** est un facteur important dans le phénomène de halo lumineux. Il est à l'origine des impacts sur l'orientation des oiseaux en période de migration. Il est donc important de réussir à concilier le besoin humain avec la préservation de la biodiversité.

Le rôle des longueurs d'onde est aussi à considérer dans l'impact sur la faune, notamment chez les chauves-souris et les insectes. Le remplacement des ampoules à lumière bleue ou blanche (supérieure à 4000 K) par une lumière plus ambrée (moins de 3000 K) réduit déjà l'impact de l'éclairage nocturne sur la biodiversité. Pour les oiseaux, en revanche,

les études sur le sujet ne permettent pas encore de conclure sur les longueurs d'ondes à privilégier. Néanmoins, les dispositifs de signalisation clignotant perturbent nettement moins les oiseaux migrateurs que des dispositifs équivalents à lumière fixe.

La modulation de la temporalité d'éclairage est un facteur important. L'éclairage artificiel nocturne interfère avec la perception des heures de lever et coucher du soleil, ce qui a un impact direct sur le rythme de vie des animaux. Pour limiter l'impact sur la faune, les horaires d'éclairage peuvent être adaptés pour prendre en compte les espèces présentes et leur usage du lieu (alimentation, reproduction, repos, etc.).

L'extinction pourrait aussi être réfléchiée en fonction de la météo : évitant alors les éblouissements en cas de pluie (pour les humains comme pour les rapaces nocturnes) ou de dérouté en cas de brouillard, notamment chez les espèces migratrices. Le conditionnement de l'éclairage en fonction de la météo a déjà été expérimenté dans un autre cadre sur la Ville de Glasgow au Royaume-Uni pour redynamiser le quartier de Castlemilk. Ici, les tours d'habitation changent de couleur en fonction de la température, de la nature des vents. Ce procédé peut être détourné dans l'intérêt de la biodiversité.

## Notes de bas de page :

**1/Candélabre** : lampadaire, réverbère.

**2/Utilisation Rationnelle de l'Énergie (URE)** : démarche inscrite dans le Développement Durable, visant à limiter l'impact environnemental et économiser l'énergie

**3/Eblouissement** : perturbation de la visibilité des usagers par une mauvaise orientation des rayons lumineux

**4/Lumière intrusive** : se dit de l'éclairage collectif (routier, parking, etc) pénétrant un habitat individuel : jardin, maison, etc.

**5/ULOR** : Upward Light Output Ratio, pourcentage de flux direct dirigé vers l'hémisphère supérieur

**6/Lumen** : unité de mesure du flux lumineux. C'est une unité photométrique fondée sur la perception humaine de la lumière à l'aide de la fonction d'efficacité lumineuse spectrale.

**7/Ballast** : composant électrique stabilisant le courant (alternatif ou continu) dans les lampes et permet donc de moduler leur puissance (Watts).

**8/Recyclum** : <https://www.recyclum.com/equipement/eclairage/>

**9/Rythme circadien** : rythme biologique d'une durée de 24 h. Il est donc soumis à l'alternance jour/nuit et, pour les animaux, à une période d'éveil et de sommeil.

# Fiche action 2 :

## Cartographie des installations d'éclairage et aménagement du territoire

La répartition des points lumineux est une donnée dont les communes ne bénéficient pas toujours. En effet, les éclairagistes référencent des plans internes pour la mise en place des parcs mais ils ne sont pas toujours demandés et/ou transmis à l'administration locale. Pourtant, il s'agit d'une donnée essentielle dans la limitation des nuisances lumineuses.

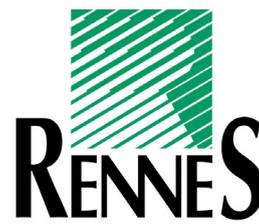
La cartographie de chaque **point d'éclairage** en prenant en compte leur intensité rend possible l'identification des zones sur-éclairées. Aussi, la connaissance de la répartition spatiale des sources lumineuses permet de réviser leur utilité vis-à-vis de l'usage des lieux. Cette réflexion peut avoir lieu à différentes échelles.

Deux outils existent déjà au sein des collectivités : le **Plan lumière** et le **Schéma Directeur d'Aménagement Lumière (SDAL)**.

Le Plan lumière est un document technique stratégique de référence qui vise à orienter la **répartition de la lumière sur un territoire**. Il a pour objectif de **structurer la circulation et l'esthétique de la ville** en valorisant des lieux et des voies dans une intégration paysagère.

Le SDAL reprend les mêmes objectifs que le Plan lumière. Il insiste sur une identité **esthétique** du lieu. Il entre dans le détail des **matériels utilisés** (type de lumière, couleur, luminaire). Ce document sert de base à l'**élaboration de projets d'urbanisme**. Il peut être mis en place à l'échelle d'une ville mais aussi d'une ZAC<sup>1</sup>, d'un quartier ou d'un site.

*La Ville de Rennes a lancé un appel d'offre pour construire un SDAL à l'échelle de la ville en 2010. Cette réflexion a conduit à concilier la répartition et la temporalité d'éclairage de la ville avec les besoins des habitants. En effet, les échanges avec la population ont démontré l'utilité de la lumière pour la circulation piétonne. Aussi, le plan lumière de la ville s'accorde temporellement avec les horaires des transports en commun (métro) : extinction de 1 h à 5 h les lundis, mardis, mercredis et dimanches et de 2 h à 5 h les jeudis, vendredis et samedis, les derniers métros étant respectivement à 0h45 et 1h45. Ici, le rythme d'éclairage repose sur des horaires déjà existants pour les réseaux de transport.*



Cependant, ces outils ne présentent aucune réflexion autour de l'impact sur la santé humaine et la biodiversité.

L'identification d'une «trame noire», en complément des trames vertes et bleues qui sont entrées dans les PLU de toutes les communes, sont des perspectives qui commencent à être prises en compte par les collectivités. Dans une recherche de la préservation de la biodiversité, ces trois trames sont mêmes complémentaires et gagnent à être associées dans l'identification de **couloirs de circulation de la faune sauvage**. En effet, la lumière présente une **action fragmentante des habitats** pour certaines espèces qui se refusent à emprunter les zones éclairées et les cantonne à des territoires alors réduits.

*La Métropole de Lille a établi une trame noire pour la rénovation de son éclairage. Le projet Luciole<sup>2</sup> a établi une carte précise du centre-ville et de l'emplacement des sources de lumière publique. À cela, a été ajoutée une carte précise des déplacements des chauves-souris. L'étude conjointe de ces deux facteurs a permis une adaptation complète de couloirs écologiques pour la circulation des chauves-souris lucifuge<sup>3</sup>. Ainsi, le parc de la Citadelle, lieu central de la présence des animaux, est éteint et l'accès à la voie bleue que forme la Deûle est libéré par un éclairage moindre à ses alentours comme il est possible de le voir sur la carte.*





*L'intérieur du parc a vu ses luminaires changer pour des candélabres orientant la lumière strictement verticalement vers le sol et des ampoules diffusant de la lumière jaune sans UV. Son extinction est aussi fixée à minuit.*

*Aux alentours, la sécurité des déplacements humains n'est pas oubliée avec la mise en place de matériel adapté : allumage à la demande par détection infrarouge ou de mouvement, extinction par minuteur, ajustement des puissances d'éclairage (intensification graduelle et veilleuses) ainsi qu'un remplacement de tout le matériel vétuste (réseaux d'alimentation, candélabres, ballasts). L'heure de fin d'éclairage est fixée à 1h à l'extérieur du parc.*

## Notes de bas de page :

**1/ZAC** : Zone d'Aménagement Concertée

**2/Luciole** : Lumière Citadine Optimisée pour L'Environnement

**3/Lucifuge** : qui fuit la lumière.

## Perspectives d'application

Comme expliqué précédemment, l'extinction entre 1 et 5h du matin ne permet pas aux animaux diurnes comme nocturnes de bénéficier d'un rythme circadien naturel. Une extinction totale est nécessaire pour assurer une meilleure protection de la faune sauvage.

Il est concédé un besoin d'éclairage pour certains lieux, cependant, une **cartographie du territoire en fonction de besoins d'éclairage** par degré de nécessité permettrait déjà d'identifier des lieux d'extinction potentiel. A laquelle peut s'ajouter une cartographie de circulation de la faune (oiseaux migrateurs, par exemple) ou une liste d'espèces à enjeux par commune et par milieu, et la carte des trames vertes et bleues identifiées dans les PLU.

En étudiant ces différentes strates, il est tout à fait possible de construire une **trame noire** vertueuse.

Des **modèles de SDAL ou de Plan lumière** peuvent être imaginés renforçant la prise en compte de l'activité et la présence de la biodiversité, voire établir un tel document à l'échelle du département entier.

# Fiche action 3 : Sociologie, prise en compte des besoins des usagers, consultation publique

La **sécurité des biens et des personnes** est le premier argument amené avec l'éclairage nocturne. En 2015, une enquête a été menée par l'entreprise de sondages Ipsos pour le Syndicat de l'éclairage<sup>1</sup> sur le sujet. L'étude a révélé une corrélation nette entre le **sentiment** de sécurité et l'éclairage. Cependant, elle a montré qu'il n'existait aucune statistique garantissant cette relation. L'Observatoire de la sécurité présente un équilibre de points positifs et négatifs, comme l'encouragement du tapage nocturne par exemple, face à l'éclairage nocturne.

Finalement, les acteurs militant de longue date pour la défense de la nuit sont aussi ses principaux usagers : les astronomes et les habitants proches des points lumineux. Cependant, ceux-ci ont rarement été consultés dans la mise en place ou même la suppression de ces infrastructures.

*Suite à un vol de matériel, une portion de l'autoroute A15 n'a plus été éclairée. Cette expérience involontaire a mis en évidence que les bénéfices présumés de l'éclairage concernant la sécurité routière n'étaient pas assurés. En effet, les agents de la Direction Interdépartementale des routes d'Île-de-France ont constaté une baisse de la vitesse des automobilistes et de fait, une baisse de 30% du nombre des accidents nocturnes. Après deux ans d'étude, il a été décidé de ne pas remettre en fonctionnement l'éclairage de la portion. Cependant, aucune consultation de la population n'a été mise en place et ces mêmes agents se sont étonnés de ne pas recevoir de réclamation.*

Depuis quelques années, les projets d'urbanisme intègrent le paysage, dont le paysage nocturne, dans leurs projets. Dans la démarche des consultations publiques exigées dans les aménagements urbains, l'éclairage nocturne fait son apparition dans les **demandes d'avis à la population**.

La Métropole de Lille a entamé en 2004, un renouvellement de son parc d'éclairage public dans une démarche globale visant efficacité, longévité, respect de biodiversité, amélioration du cadre de vie et attractivité du territoire. Un axe important de la mise en œuvre de ce projet reposait sur la concertation avec les usagers. L'implication des habitants s'est opérée par quartier. Le plan lumière élaboré a été présenté et discuté avec chaque quartier et plusieurs marches nocturnes ont été organisées afin de recueillir les ressentis des acteurs et adapter les aménagements au plus juste.



**MÉTROPOLE**  
EUROPÉENNE DE LILLE

De la même manière, la Ville de Rennes a soutenu une étude de deux ans pour concevoir son plan d'éclairage avec ses habitants. Des réunions et des marches nocturnes ont aussi été organisées pour permettre des échanges et une sensibilisation autour de ce sujet. Le but étant d'échanger sur les attentes et les besoins des habitants et de permettre une explication des choix effectués, voir trouver une adaptation du projet aux remarques des usagers.



Ces deux retours d'expériences ont démontré une **discussion** possible entre les décideurs des plans lumières (élus, urbanistes, éclairagistes) et des usagers de la nuit (locaux, commerçants). Cette participation basée sur l'échange permet aussi d'instaurer le respect des aménagements, **limitant le vandalisme** et encourageant la **longévité du programme**.

Notes de bas de page :

**1/Syndicat de l'éclairage** : syndicat professionnel (loi du 21 mars 1884) des fabricants de lampes, de matériels d'éclairage pour l'intérieur et pour l'extérieur, luminaires, candélabres, auxiliaires électriques et électroniques, systèmes de commandes et de gestion de l'éclairage et services associés.

## Perspectives d'application

Les collectivités font mesure d'exemple pour leurs administrés, et ont un rôle important dans la **sensibilisation** et l'**information** de leurs citoyens. Ces actions peuvent être déléguées localement sous forme associative : organisations d'astronomie, comités de surveillance du cadre de vie, associations de protection de l'environnement peuvent ainsi être associés à cette démarche.

La sensibilisation des usagers passe par une éducation aux problématiques rencontrées. Cependant, le meilleur moyen de mobilisation est l'**implication**.

La mairie de Villenave d'Ornon a rapporté un dispositif mis en place lors des mesures pour l'extinction au cœur de la nuit. Une phase de test a été instaurée. Le recueil des avis de la population a ensuite été réalisé par formulaire informatique en ligne pour décider de l'élection de cette mesure de manière définitive.

Les riverains sont actifs dans la **défense de leur cadre de vie**. Les initiatives locales sont souvent l'origine des mobilisations plus étendues et donnent parfois lieu à la création d'associations. En systématisant la **participation** des habitants aux réflexions sur l'éclairage nocturne, les aménagements s'en trouvent plus **adaptés** et ne génèrent pas d'incivilité. La population est concernée par la **consommation d'énergie** de par sa contribution en termes d'impôts. Aussi, la biodiversité étant une **préoccupation mondiale** et un **capital commun**, l'aspect **durable** de l'utilisation de l'éclairage nocturne est aussi une question importante.

Une étude sociologique à l'échelle du territoire girondin peut être imaginée pour connaître précisément l'appréciation des citoyens au sujet de l'éclairage public et de la pollution lumineuse et développer un projet de sensibilisation à l'environnement nocturne.



# Fiche action 4 :

## Education à l'environnement

L'implication de la population face à la pollution lumineuse a été précurseur sur les décisions politiques qui n'ont démarré qu'à la suite du Grenelle de l'Environnement. Les astronomes, professionnels et amateurs ont été les premiers à **alerter et sensibiliser**. Depuis quelques années, afin de permettre une prise de conscience collective, tous les acteurs se mobilisent dans leur champ d'action. Ainsi, de plus en plus de citoyens viennent à s'intéresser aux problèmes que posent l'éclairage nocturne par plusieurs biais : cela les touche **financièrement, écologiquement, culturellement** mais aussi d'un point de vue **sanitaire**.

L'astronomie est tout d'abord une science ancestrale dont l'Homme a encore beaucoup à apprendre. Elle est aussi l'expression du voyage à l'infini et du rêve, nourrissant légendes et symbolique. L'observation des étoiles et une activité accessible qui motive une partie importante de la population. C'est pourquoi, les plus anciens moteurs de la lutte contre la pollution lumineuse sont les associations d'astronomie.

Depuis 1991, sont animées chaque année en été, des **Nuits des Étoiles**. Événement astronomique, il est d'abord axé sur l'observation du ciel nocturne. La pollution lumineuse est sous-jacente à la qualité des observations et devient un sujet central de la sensibilisation du public.

De la même manière, le **Jour de la Nuit** est une opération de sensibilisation à la pollution lumineuse, à la protection de la biodiversité nocturne et du ciel étoilé qui a lieu le deuxième week-end d'octobre, tous les ans depuis 2009. Il se décline localement en balades, observations, conférences, sorties nature (712 événements en 2018 à l'échelle nationale), etc.



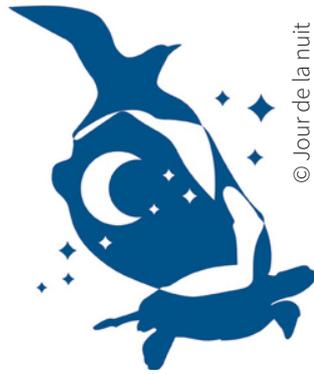
© Agir Pour l'Environnement

L'intégration des problèmes écologiques que posent l'éclairage nocturne est plus récente. Intégrée aux événements astronomiques et labels existants comme le Jour de la Nuit, les Villes et Villages Étoilés ou les Réserves de Ciel Étoilé, la protection de la **biodiversité** devient peu à peu le **moteur de la mobilisation**.



© LPO Aquitaine

Depuis maintenant 11 ans, le Parc national de la Réunion a mis en place un vaste programme de sensibilisation joint à l'extinction massive de l'éclairage nocturne durant un mois par an afin de préserver les populations de pétrels et de tortues marines : les nuits sans lumière. Les pétrels sont des oiseaux pélagiques (qui vivent en haute mer) dont certaines espèces comme le Pétrel de Barau, nichent sur l'Île de la Réunion. Les jeunes pétrels effectuent leur premier envol de nuit, et sont désorientés par la lumière ce qui induit une forte mortalité. Les tortues, quant à elles, fuient les plages exposées à l'éclairage pour pondre.



© Jour de la nuit

Une grande campagne de communication sensibilise aux économies et aux bienfaits de l'extinction nocturne. Parallèlement, un programme dense d'animations et d'événements permet au grand public de redécouvrir la nuit et de mettre en place des actions concrètes. Des ressources sont d'ailleurs librement diffusées sur un site internet dédié<sup>1</sup> pour pousser les acteurs de toute échelle, privés et publics, à se mobiliser.

Le nombre de partenaires ne cesse d'augmenter depuis la création de cette initiative qui vise à la mobilisation collective.

Les **sciences participatives** sont également un moyen de sensibilisation ludique et engagé. La participation permet alors de replacer le grand public dans son rôle d'acteur, de se sentir concerné.

Noé Conservation<sup>2</sup> propose un observatoire de la Biodiversité de la nuit où chacun peut participer à l'enquête « Insectes et Ciel étoilé ». Il s'agit d'un programme visant à identifier les papillons de nuit et autres espèces nocturnes impactées par la pollution lumineuse. Cela combine une évaluation de la perception des étoiles et l'identification des principaux insectes nocturnes. L'expérience se décline à tout âge et ne demande qu'à être découverte, même par les néophytes.



© Noé conservation

## Notes de bas de page :

1/<http://www.nuitssanslumiere.re/>

2/**Noé Conservation** est une association de protection de la biodiversité en France et à l'international.



Aidez-nous à protéger la biodiversité

## Perspectives d'application

Une partie du grand public a conscience des impacts négatifs de la lumière artificielle nocturne. En revanche, une autre est encore attachée à la perception de **sécurité** associée à la lumière, bien que dans les faits une suppression de l'éclairage soit associée à une baisse de l'accidentologie et du tapage nocturne d'après les retours d'expérience. Les actions de sensibilisation s'appuient sur la **défense du patrimoine naturel** liée à l'astronomie et à la biodiversité. Or cette population demande à être **rassurée** et accompagnée dans l'assurance de **sécurité** dans le noir. Cela pourrait être un axe de développement dans les échanges entre **concepteurs** d'un éclairage vertueux et ses **usagers**.

# Fiche action 5 : Professionnels, élus, aménageurs

Si le grand public participe activement à ces évènements, l'ANPCEN développe depuis plusieurs années des outils à destination des collectivités. C'est le cas du label « **Villes et villages étoilés** » créé en 2009. Au moyen d'un concours, il vise à valoriser les démarches soucieuses des impacts sur la **biodiversité** et les **paysages nocturnes**, sur le **sommeil** et la **santé** des habitants, des économies d'énergie, de la limitation des **gaz à effet de serre** induits, de l'**éco-conception** et du **recyclage** du matériel utilisé, ainsi que de la capacité d'**observation du ciel nocturne**.

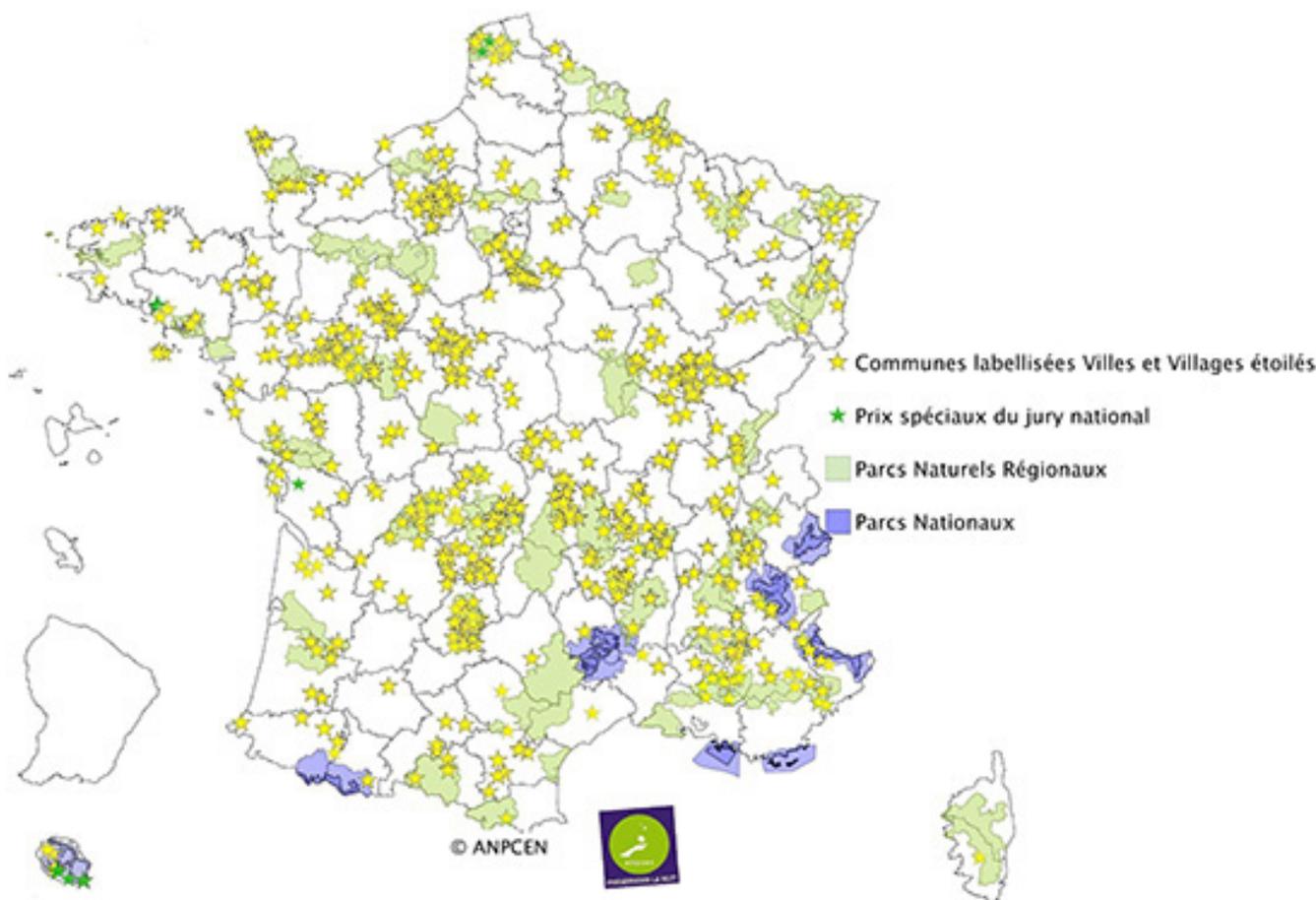
L'acquisition du label n'est pas définitif, il est remis en question chaque année en fonction de l'évolution des pratiques de la commune.

En 2018, ce sont 374 villes et villages qui ont été labellisés.



À une autre échelle, depuis 2009, l'UNESCO soutient le label « **Réserve Internationale de Ciel Étoilé** » initié par l'International Dark-Sky Association<sup>1</sup>. Il s'agit d'un programme valorisant les lieux dont la qualité de la nuit est jugée exceptionnelle. D'abord calquée sur la présence d'observatoire astronomique, il s'étend de plus en plus à des Réserves Naturelles, se combinant alors aux intérêts environnementaux de la biodiversité.

Par ce soutien, l'UNESCO entend rapprocher la protection du ciel nocturne de la notion de patrimoine commun à préserver et valoriser au niveau scientifique, culturel et environnemental.



La première Réserve de Ciel Étoilé en France a été labellisée en 2013. Il s'agit du Pic du Midi de Bigorre. Cet observatoire astronomique bénéficie d'une activité et d'une situation géographique le préservant de l'impact lumineux et le fixant au cœur du Parc National des Pyrénées. Les Réserves de Ciel Étoilé protègent la nuit comme patrimoine naturel et culturel. Ici, le lieu se prête totalement à l'objectif.



La notion de pollution lumineuse est largement assimilée à l'éclairage public. Cependant, il ne faut pas oublier qu'une part de la pollution lumineuse est aussi produite par les enseignes lumineuses professionnelles. Ces acteurs ne sont pas visés par les labels et reconnaissances actuelles. Seules les subventions mises en place dans le cadre d'économies d'énergie se prêtent parfois aux circonstances. Cette tranche de la population est peu sensibilisée malgré le **décret n°2012-118 du 30 janvier 2012** relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux pré-enseignes.

C'est dans ce cadre que s'est mobilisé le Clan du Néon. Association militante, elle lutte contre «la pollution lumineuse et une publicité indésirable». Pour ce faire, des actions pacifiques d'extinction d'enseignes et de vitrines qui consistent à débrancher l'alimentation des enseignes pendant la fermeture des commerces sont menées à travers la France depuis 2007.

La modification d'un parc d'éclairage complet n'est pas accessible à tous les acteurs concernés. En effet, les coûts engendrés par la rénovation sont importants et l'adaptation d'un plan lumière demande des compétences en termes d'urbanisme, de sociologie et d'écologie dont une collectivité ne dispose pas toujours en interne. Cependant, les économies engendrées par une installation plus vertueuse peuvent permettre d'amortir le coût d'une telle entreprise.

Il existe aussi des solutions financières sous forme

de subventions. Si elles ne concernent pas encore la préservation de la biodiversité, elles répondent aux économies d'énergie qui sont compatibles avec les autres objectifs que l'on peut se fixer, dont le respect du vivant.

L'ADEME<sup>2</sup> propose, régionalement, un soutien aux collectivités pour les études d'aide à la décision concernant l'éclairage. Cela comprend un cahier des charges, un suivi technique et un financement des études effectuées dans ce cadre.

Dans l'optique des économies d'énergie et du développement urbain durable, le FEDER<sup>3</sup> peut, lui aussi, accompagner les initiatives locales au moyen d'une subvention.

Plus localement, le **Syndicat Départemental d'Énergie Électrique de la Gironde** propose sa compétence en tant que **maîtrise d'ouvrage** et **maintenance** des installations pour accompagner les communes dans leurs démarches sur leurs parcs d'éclairage. Il présente aussi une aide financière pour les travaux de rénovation des parcs et visant la réduction de la consommation d'énergie.



L'**extinction** reste le meilleur moyen d'opérer des **économies notables**. Il est aussi possible, dans un souci de sécurité, de remplacer des sources de lumière dispensables par des réflecteurs et des matériaux réfléchissants, notamment pour la circulation routière à l'extérieur des zones urbaines.

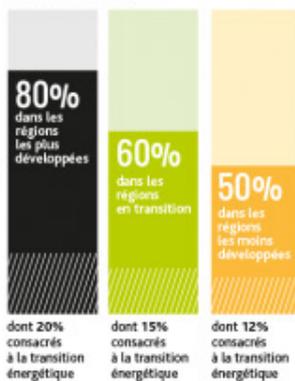
Instrument de la politique européenne de cohésion économique, sociale et territoriale, le fonds européen de développement régional (FEDER) a pour vocation de renforcer la cohésion économique, sociale et territoriale dans l'Union européenne en soutenant le développement équilibré de ses régions.



Les interventions du FEDER doivent notamment se concentrer sur 4 thématiques

1. Renforcer la recherche, le développement technologique et l'innovation  
1,5 milliard d'€ \*
2. Améliorer l'accès aux technologies de l'information et de la communication (TIC), leur utilisation et leur qualité  
1 milliard d'€ \*
3. Renforcer la compétitivité des PME  
1,6 milliard d'€ \*
4. Soutenir la transition vers une économie à faibles émissions de CO<sub>2</sub> dans tous les secteurs  
1,7 milliard d'€ \*

à hauteur de :



\* Chiffres indicatifs de l'Accord de Partenariat au 8 août 2014

Une attention particulière est portée aux spécificités territoriales

- Pallier les problèmes économiques, environnementaux et sociaux des territoires urbains et œuvrer pour un développement urbain durable
- Pallier les problèmes économiques, environnementaux et sociaux des territoires ruraux
- Accompagner les zones présentant un handicap géographique naturel (régions insulaires, montagneuses ou peu peuplées)
- Compenser les surcoûts liés à l'éloignement des régions ultraperiphériques

## Perspectives d'application

Les outils d'aide à la gestion de l'éclairage nocturne pour les collectivités sont les plus nombreux (labels, audits, subventions), loin devant ceux proposés aux professionnels ou aux particuliers. Néanmoins, les équipes effectives dans l'installation et l'entretien des installations ne sont pas toujours formées et sensibilisées aux facteurs collatéraux à leur activité. À ce sujet, l'ANPCEN et l'ADEME sont deux organisations fortes de leur expérience qui proposent déjà leur aide à plusieurs niveaux : aide à la décision, audit, suivi, formation...

Outre cette réponse technique, une sensibilisation et un dialogue sont à instaurer autour de la nécessité de réduire l'éclairage inutile dans les zones commerciales et industrielles et de comprendre cette habitude d'éclairer jour et nuit afin d'y proposer des alternatives. Un **guide de pratiques d'éclairage en faveur de la biodiversité** et définissant clairement les enjeux de la pollution lumineuse permettrait aux acteurs de se projeter de manière concrète dans les actions qui leurs sont accessibles, et de se sentir concerné par la problématique. Des conférences ou des formations sont aussi à envisager pour sensibiliser à l'impact sur la biodiversité.

Notes de bas de page :

**1/International Dark-sky Association** est une organisation associative fondée en 1988 pour préserver l'environnement nocturne et le ciel étoilé.



**2/ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

**3/FEDER** : Fonds Européens de Développement Régional

# Fiche action 6 :

## Tourisme et événementiel

La mise en lumière des villes et des monuments s'est développée sous des formes techniques (techniques d'éclairage, innovation du matériel) et artistiques (spectacles lumineux). Deux types d'éclairage sont à identifier dans la mise en valeur du patrimoine : l'éclairage pérenne et l'éclairage événementiel.

L'**éclairage pérenne** concerne les installations en fonctionnement tout au long de l'année. Il concerne généralement des circuits de déambulation et le patrimoine bâti de la ville qui sont pris en charge par des urbanistes ou des architectes.

*C'est le cas par exemple la Ville de Bordeaux avec la mise en lumière des quais et de la Place de la Bourse. L'éclairage des quais de la rive gauche de la Garonne a été réfléchi lors de la réhabilitation et l'aménagement complet de cette partie de la ville. Il vise à magnifier ce quartier peu touristique jusqu'alors et pousser les citoyens comme les touristes à profiter des lieux plus longtemps.*

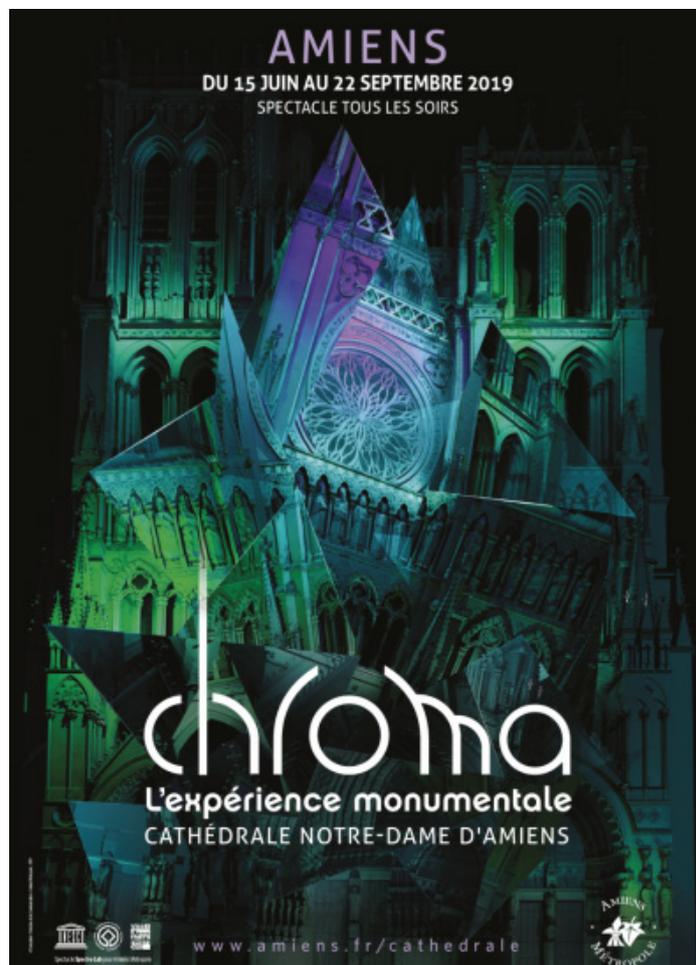
Les premières installations de mises en valeur patrimoniales pérennes ont consisté en l'utilisation de spots posés, voire encastrés, au pied des murs de façade, éclairant vers le ciel, donnant alors un aspect gigantesque au bâti choisi qui se découpe sur le paysage.

L'**éclairage événementiel** est tourné vers des fêtes, des événements ou une saison touristique. Il est alors pensé comme une forme d'expression artistique et prend une forme de spectacle, souvent associé à des effets sonores.

*L'un des plus vieux projets français de ce type est la « cathédrale en couleurs » sur la Notre-Dame d'Amiens. Si l'intention première était de fêter la fin des travaux de restauration de l'édifice en 1999, le gain touristique acquis a motivé la répétition du spectacle. L'attractivité a été calculée à partir de l'occupation hôtelière.*

*Ici, la façade de la cathédrale est animée par une lumière colorée, proposant initialement une restitution des découvertes archéologiques suite aux travaux en termes*

*de pigmentation des statues présentes sur les portails. Depuis, la production artistique est régulièrement mise à jour pour fidéliser un public toujours croissant. L'animation est maintenant accessible tous les soirs de l'été et autour des fêtes de fin d'année.*



©Ville d'Amiens

L'amélioration technologique de la rétroprojection permet de plus en plus de spectacle à l'image de la Ville d'Amiens : la Ville de Pau met en lumière son château, la Ville de Bourges ponctue une déambulation nocturne de scènes illuminées, Chartres fait resplendir son patrimoine historique.

Les événements annuels peuvent être inscrits au SDAL de la commune. Cela permet de programmer et réfléchir ces mises en lumière en adéquation avec les lieux dans lesquels ils se déroulent.

Le **tourisme** a encouragé le développement d'une mise en lumière du **patrimoine bâti** avec les retombées économiques qu'elle amène. Cependant, les **formations professionnelles et initiales** proposées dans les domaines urbanistique, architectural et artistique n'abordent que superficiellement

l'intégration environnementale sur des questions autres qu'esthétiques. Les aspects écologiques sont abordés via l'économie d'énergie et le recyclage des matériaux utilisés mais la biodiversité n'est pas prise en considération.

Parallèlement, des manifestations motivées dans l'engagement en faveur de la nature et écoresponsables, demandent parfois une reconnaissance des démarches mises en place. Actuellement, aucun label ou cahier des charges n'existent dans le domaine événementiel.



©Thong Vo on Unsplash

## Perspectives d'application

L'éclairage pérenne du patrimoine bâti est confronté aux mêmes exigences que l'éclairage public classique nécessaire pour la circulation. Pour rappel de la fiche 1, l'éclairage direct vers le ciel reste le plus néfaste en termes de pollution lumineuse. Une **révision des techniques et du matériel d'éclairage** est à envisager. Aussi, l'éclairage pérenne peut se saisonnaliser : si l'activité touristique se concentre sur la période estivale, l'utilisation de lumière peut se cantonner à la période nécessaire. Là encore, l'usage et la durée d'utilisation du lieu permettent de réfléchir les heures d'extinctions et les solutions techniques pertinentes (veilleuses, détecteurs de mouvement, etc.). Il est même possible d'imaginer l'allumage comme la ponctuation d'un parcours pédagogique ou culturel.

A considérer que les bâtiments éclairés sont principalement des édifices historiques disposant de composantes en faveur de la présence de la biodiversité en termes d'habitat : cavités dans les murs

en pierre, accès aux combles, etc. Éclairer ces lieux est source de dérangement conséquent pour la **faune sauvage nichant dans le bâti**. Plus encore, **l'éclairage des arbres, lieux de repos privilégiés des oiseaux, ampute des animaux de leur territoire de vie**.

La pollution lumineuse liée à l'éclairage événementiel ne peut pas être mesurée de la même manière. La ponctualité des manifestations en restreignent les impacts. Cependant, les spectacles sont privilégiés en période estivale, ce qui correspond aussi à la fin de la période de reproduction et à l'envol de nombre d'oiseaux. L'impact sur la biodiversité est donc à considérer en fonction des espèces présentes sur le site impacté.

La conception d'un cahier des charges ou d'un guide pratique des réflexes à avoir dans la conception d'un événement lumineux vis-à-vis de la faune est un moyen de sensibiliser les acteurs organisateurs et les urbanistes concernés par les mises en lumière.

# Fiche action 7 : Amélioration des connaissances sur la migration nocturne en Gironde et des impacts de la pollution lumineuse sur les oiseaux migrateurs

Comme nous l'avons vu, les migrateurs nocturnes sont tout particulièrement sensibles à l'exposition à la lumière artificielle nocturne des zones qu'ils survolent (Cabrera-Cruz et al., 2018; Rich and Longcore, 2005; Van Doren et al., 2017).

Bien que le département soit connu pour être sur un couloir de migration majeur, les principales données d'oiseaux en migration active concernent les oiseaux qui migrent de jour tels que les rapaces, les cigognes ou les grues cendrées (*Grus grus*).

Concernant la migration nocturne, les informations sont encore très parcellaires. Les observations d'oiseaux en haltes sont les indices principaux dont nous disposons aujourd'hui. Il serait possible d'acquérir des informations nouvelles pour être capable de cartographier plus finement les zones d'enjeux prioritaires pour réduire l'impact de la pollution lumineuse sur la migration des oiseaux. Plusieurs pistes sont envisageables, chacune apportant un élément supplémentaire nécessaire pour avoir une vision globale du sujet. Les oiseaux en migration peuvent être détectés par le biais de l'**enregistrement de leurs cris de contacts** lorsqu'ils volent. Il est ainsi possible d'identifier les espèces qui survolent une zone. Des enregistrements en continu réalisés pendant les périodes de migration avec une identification des cris *a posteriori* donnent ainsi des informations



Tribute in Light ©Sacha T'Sas on Unsplash

précieuses sur l'identité des espèces qui survolent une zone la nuit. Les **technologies radars** sont également des outils adaptés au suivi des flux de migrateurs nocturnes. Ils sont capables d'échantillonner des zones plus larges (de quelques centaines de mètres à quelques dizaines de kilomètres selon les technologies) que l'échantillonnage sonore et d'avoir une mesure du flux d'oiseau. En revanche ils ne permettent pas, dans la plupart des cas, d'identifier les espèces en question. Afin d'évaluer l'impact de la pollution lumineuse sur les oiseaux migrateurs nocturnes à l'échelle du tissu urbain il serait également possible de déployer un **protocole de collecte des cadavres d'oiseaux** pour évaluer si il existe une mortalité nocturne du fait de la collision avec des bâtiments éclairés. Les sites de forte mortalité ainsi identifiés pourraient dans un second temps faire l'objet de préconisations pour réduire le risque de collision nocturne.

# Fiche action 8 : Evaluation de l'impact de la pollution lumineuse sur les populations locales d'Engoulevent d'Europe

Parmi les oiseaux nocturnes nichant en Gironde, l'Engoulevent d'Europe semble désertier les zones de nidification lorsqu'ils sont exposés à des niveaux trop élevés de pollution lumineuse (Sierro and Erhardt, 2019).

En Gironde, il est ainsi possible qu'une partie des habitats potentiels pour cette espèce soient sujets à des niveaux de pollution lumineuse trop élevés. Une **étude sur la sélection d'habitat de l'Engoulevent d'Europe** dans le contexte girondin pourrait permettre d'évaluer l'impact local de la pollution lumineuse sur les populations de cette espèce. Pour ce faire, la **densité de population** serait mesurée sur un **gradient d'éclairage artificiel nocturne** afin de quantifier les niveaux d'exposition qui induisent un évitement par l'espèce. Ces résultats expérimentaux serviraient également de base à une évaluation de la surface d'habitat dégradé à l'échelle du territoire en comparant avec un modèle de distribution de l'espèce. Une étude de ce type pourrait s'appuyer utilement sur des protocoles de **sciences citoyennes** afin d'une part, de faciliter la collecte de données sur l'espèce à grande échelle et d'autre part, de sensibiliser une part croissante de la population aux conséquences environnementales de l'éclairage artificiel nocturne.





Bihoreau Gris © Mathieu Sannier

## Fiche action 9 : Evaluation de l'impact de la pollution lumineuse sur les oiseaux de zones humides en Gironde

Comme nous l'avons vu précédemment, de nombreuses espèces de zones humides ont une activité nocturne (Anatidés, Limicoles, Ardéidés et Rallidés), et les effets de la lumière artificielle sur ces espèces restent encore largement méconnus.

La Gironde possède un patrimoine important de **zones humides**, notamment sur le pourtour du Bassin d'Arcachon ou dans les vallées alluviales des principaux cours d'eau. Ces zones sont souvent situées à proximité de zones anthropisées, source de pollution lumineuse. Le déploiement d'un projet de recherche sur ces sites apparaît donc pertinent pour améliorer la compréhension de l'impact de l'éclairage artificiel nocturne sur la biologie de ces espèces. Dans un premier temps, un **inventaire cartographique** serait utile pour quantifier les **niveaux de pollution lumineuse** auxquels sont exposées les zones humides et mettre en relation ces informations avec les cortèges d'espèces qui fréquentent ces habitats à partir des données issues de la **science participative** (Faune-Aquitaine). Ce travail préalable pourra servir de base dans un second temps à une étude plus spécifique selon les résultats qui émergeront de cet état des lieux.

# Fiche action 10 : Evaluation de l'impact de la pollution lumineuse sur les oiseaux communs et sensibilisation des collégiens

La pollution lumineuse modifie la perception des transitions jour-nuit chez les oiseaux, ce qui entraîne des modifications de leurs cycles biologiques (durée du sommeil, période de reproduction, etc.). Ainsi l'ensemble de l'avifaune diurne et nocturne du département est concerné par les impacts de la pollution lumineuse et tout particulièrement les populations urbaines.

Pour mettre en évidence localement ces impacts, une étude pourrait être déployée sur des **sites gérés par le département de la Gironde** tels que les collèges. Une action concrète sur les dispositifs d'éclairages serait possible ainsi qu'une participation des collégiens. Plusieurs éléments pourraient être mesurés et mis en lien avec les niveaux de pollution lumineuse. La **phénologie d'activité de chant matinale** du Rougegorge familier (*Erithacus rubecula*) à l'automne par exemple, qui est un des seuls oiseaux à avoir un comportement territorial à cette période de l'année ce qui rend son identification plus aisée par des néophytes. Des dispositifs expérimentaux pourraient également être installés tels que des **nichoirs équipés d'une caméra**. L'analyse des vidéos ainsi obtenues apporterait des informations précises pour suivre les **comportements des oiseaux pendant la période de reproduction** en fonction du niveau d'exposition à l'éclairage artificiel nocturne. Une participation des classes à l'étude est un bon moyen de **sensibiliser** les collégiens et de les **impliquer** dans un projet de prise en compte des impacts des activités humaines sur la biodiversité.



# Bibliographie

## Références pour la synthèse bibliographique

Adams, C.A., Blumenthal, A., Fernández-Juricic, E., Bayne, E., St. Clair, C.C., 2019. Effect of anthropogenic light on bird movement, habitat selection, and distribution: a systematic map protocol. *Environ. Evid.* 8, 13. <https://doi.org/10.1186/s13750-019-0155-5>

Berthold, P., 1879. *Bird Migration: A General Survey*. Oxford University Press.

Bruderer, B., 2002. Störung nachtllich ziehender Vogel durch kunstliches Lichtquellen.

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. *Sci. Rep.* 8, 3261. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21577-6>

Canário, F., Hespanhol Leitão, A., Tomé, R., 2012. Predation Attempts by Short-eared and Long-eared Owls on Migrating Songbirds Attracted to Artificial Lights. *J. Raptor Res.* 46, 232–234. <https://doi.org/10.3356/JRR-11-15.1>

Da Silva, A., Valcu, M., Kempenaers, B., 2015. Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 370, 20140126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0126>

De Jong, M., Caro, S.P., Gienapp, P., Spoelstra, K., Visser, M.E., 2017. Early Birds by Light at Night: Effects of Light Color and Intensity on Daily Activity Patterns in Blue Tits. *J. Biol. Rhythms* 32, 323–333. <https://doi.org/10.1177/0748730417719168>

Dominoni, D., Quetting, M., Partecke, J., 2013. Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 280, 20123017. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.3017>

Dominoni, D.M., 2015. The effects of light pollution on biological rhythms of birds: an integrated, mechanistic perspective. *J. Ornithol.* 156, 409–418. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1196-3>

Dwyer, R.G., Bearhop, S., Campbell, H.A., Bryant, D.M., 2013. Shedding light on light: benefits of anthropogenic illumination to a nocturnally foraging shorebird. *J. Anim. Ecol.* 82, 478–485. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12012>

Evans, W.R., Akashi, Y., Altman, N.S., Manville, A.M., 2007. Response of night-migrating songbirds in cloud to colored and flashing light. *North Am. Birds* 60, 476–488.

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C.C.M., Elvidge, C.D., Baugh, K., Portnov, B.A., Rybnikova, N.A., Furgoni, R., 2016. The new world atlas of artificial night sky brightness. *Sci. Adv.* 2, e1600377. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>

Fontaine, R., Gimenez, O., Bried, J., 2011. The impact of introduced predators, light-induced mortality of fledglings and poaching on the dynamics of the Cory's shearwater (*Calonectris diomedea*) population from the Azores, northeastern subtropical Atlantic. *Biol. Conserv.* 144, 1998–2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.04.022>

Gehring, J., Kerlinger, P., Manville, A.M., 2009. Communication towers, lights, and birds: successful methods of reducing the frequency of avian collisions. *Ecol. Appl.* 19, 505–514. <https://doi.org/10.1890/07-1708.1>

Jones, J., Francis, C.M., 2003. The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. *J. Avian Biol.* 34, 328–333. <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2003.03183.x>

Kempenaers, B., Borgström, P., Loës, P., Schlicht, E., Valcu, M., 2010. Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Curr. Biol.* 20, 1735–1739. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.08.028>

Kumlien, L., 1888. Observations on Bird Migration at Milwaukee. *The Auk* 5, 325–328. <https://doi.org/10.2307/4067340>

Kyba, C.C.M., Kuester, T., Sánchez de Miguel, A., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., Bennie, J., Elvidge, C.D., Gaston, K.J., Guanter, L., 2017. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Sci. Adv.* 3, e1701528. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528>

La Sorte, F.A., Fink, D., Buler, J.J., Farnsworth, A.,

- Cabrera-Cruz, S.A., 2017. Seasonal associations with urban light pollution for nocturnally migrating bird populations. *Glob. Change Biol.* 23, 4609–4619. <https://doi.org/10.1111/gcb.13792>
- Le Corre, M., Ollivier, A., Ribes, S., Jouventin, P., 2002. Light-induced mortality of petrels: a 4-year study from Réunion Island (Indian Ocean). *Biol. Conserv.* 105, 93–102. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00207-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00207-5)
- Longcore, T., Rich, C., Gauthreaux, S.A., 2008. HEIGHT, GUY WIRES, AND STEADY-BURNING LIGHTS INCREASE HAZARD OF COMMUNICATION TOWERS TO NOCTURNAL MIGRANTS: A REVIEW AND META-ANALYSIS. *The Auk* 125, 485–492. <https://doi.org/10.1525/auk.2008.06253>
- Longcore, T., Rich, C., Mineau, P., MacDonald, B., Bert, D.G., Sullivan, L.M., Mutrie, E., Gauthreaux, S.A., Avery, M.L., Crawford, R.L., Manville, A.M., Travis, E.R., Drake, D., 2013. Avian mortality at communication towers in the United States and Canada: which species, how many, and where? *Biol. Conserv.* 158, 410–419. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.019>
- McLaren, J.D., Buler, J.J., Schreckengost, T., Smolinsky, J.A., Boone, M., Emiel van Loon, E., Dawson, D.K., Walters, E.L., 2018. Artificial light at night confounds broad-scale habitat use by migrating birds. *Ecol. Lett.* 21, 356–364. <https://doi.org/10.1111/ele.12902>
- Miller, M.W., 2006. Apparent Effects of Light Pollution on Singing Behavior of American Robins. *The Condor* 108, 130. [https://doi.org/10.1650/0010-5422\(2006\)108\[0130:AEOLPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1650/0010-5422(2006)108[0130:AEOLPO]2.0.CO;2)
- Nilsson, C., Dokter, A.M., Verlinden, L., Shamoun Baranes, J., Schmid, B., Desmet, P., Bauer, S., Chapman, J., Alves, J.A., Stepanian, P.M., Sapir, N., Wainwright, C., Boos, M., Górska, A., Menz, M.H.M., Rodrigues, P., Leijnse, H., Zehindjiev, P., Brabant, R., Haase, G., Weisshaupt, N., Ciach, M., Liechti, F., 2019. Revealing patterns of nocturnal migration using the European weather radar network. *Ecography* 42, 876–886. <https://doi.org/10.1111/ecog.04003>
- Poot, H., Ens, B.J., de Vries, H., Donners, M.A.H., Wernand, M.R., Marquenie, J.M., 2008. Green Light for Nocturnally Migrating Birds. *Ecol. Soc.* 13, art47. <https://doi.org/10.5751/ES-02720-130247>
- Raap, T., Pinxten, R., Eens, M., 2015. Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Sci. Rep.* 5, 13557. <https://doi.org/10.1038/srep13557>
- Rich, C., Longcore, T., 2005. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, None ed. ed. Island Press, Washington, DC.
- Rodríguez, A., Rodríguez, B., Curbelo, Á.J., Pérez, A., Marrero, S., Negro, J.J., 2012. Factors affecting mortality of shearwaters stranded by light pollution: Mortality of shearwaters attracted by light pollution. *Anim. Conserv.* 15, 519–526. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2012.00544.x>
- Santos, C.D., Miranda, A.C., Granadeiro, J.P., Lourenço, P.M., Saraiva, S., Palmeirim, J.M., 2010. Effects of artificial illumination on the nocturnal foraging of waders. *Acta Oecologica* 36, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.11.008>
- Schlicht, L., Valcu, M., Kempenaers, B., 2015. Spatial patterns of extra-pair paternity: beyond paternity gains and losses. *J. Anim. Ecol.* 84, 518–531. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12293>
- Sierro, A., Erhardt, A., 2019. Light pollution hampers recolonization of revitalised European Nightjar habitats in the Valais (Swiss Alps). *J. Ornithol.* 160, 749–761. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01659-6>
- Van Doren, B.M., Horton, K.G., Dokter, A.M., Klinck, H., Elbin, S.B., Farnsworth, A., 2017. High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 11175–11180. <https://doi.org/10.1073/pnas.1708574114>
- Wiltschko, R., Stapput, K., Thalau, P., Wiltschko, W., 2010. Directional orientation of birds by the magnetic field under different light conditions. *J. R. Soc. Interface* 7. <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0367>. focus
- Yorzinski, J.L., Chisholm, S., Byerley, S.D., Coy, J.R., Aziz, A., Wolf, J.A., Gnerlich, A.C., 2015. Artificial light pollution increases nocturnal vigilance in peahens. *PeerJ* 3, e1174. <https://doi.org/10.7717/peerj.1174>

# Références pour l'état des lieux de la prise en compte de la pollution lumineuse

Hélène Foglar, 2013. Trop d'éclairage nuit, éclairer mieux pour économiser l'énergie, protéger la biodiversité, garantir une meilleure qualité de vie, préserver le ciel nocturne ; Guide pratique réalisé par la Fédération Rhône-Alpes de reotection de la nature en partenariat avec l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne avec la participation technique de l'ADEME.

Territoire d'énergie Gironde, 2019. Les services du SDEEG : l'éclairage public.

NROPAC, IDDR. Guide BBP, Les Fiches techniques : Eclairage urbain responsable.

Diagademe, ADEME, 2012. Guide à la rédaction d'un cahier des charges, Diagnostic de l'éclairage public.

Sandra Mallet, 2011. Paysage-lumière et environnement urbain nocturne. Cairn.info pour ERES.

Eohs-Poly'gones, 2003. Fiche synthèse : 15 années d'expériences du plan lumière, rétrospective lyonnaise et perspectives.

Citelum, EDF, 2016. Eclairage intelligent : SDAL - Schéma Directeur d'Aménagement Lumière.

Bruxelles Environnement, 2011. Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables : Réduire l'impact environnemental de l'éclairage public.

Noé Conservation, Charte de l'éclairage durable, guide d'accompagnement pour les collectivités locales.

L'agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, 2017. L'éclairage urbain : l'aménagement nocturne des espaces publics métropolitains.

Stéphane Carrara, Mairie de Lille, Victor Grandchamp, Cofely Ineo, groupe GDF SUEZ. Plan lumière.

Le courrier des maires et des élus locaux, cahier n°2,

novembre 2017, N°317. Concevoir et utiliser l'éclairage en préservant l'environnement nocturne.

Romain Sordello, Olivier Jupille, Eloïse Deutsch, Sébastien Vauclair, Léa Salmon-Legagneur, Jean-Baptiste Faure, 2018. Trame noire : un sujet qui «monte» dans les territoires. Cairn.info pour ERES.

ANPCEN, 2007. Dossier : la pollution lumineuse, origines, causes, conséquences, comment lutter.

Horticulture et Paysage, mars 2015. Eclairage et Lumières, Une trame noire, en complément des trames vertes et bleues.

Samuel Challéat, 2014. La pollution lumineuse : passer de la définition d'un problème à sa prise en compte technique. HAL, archives ouvertes.fr.

Samuel Challéat. Recueil «Ne plus avoir peur de la nuit», Approche géographique de la pollution lumineuse en France.

Samuel Challéat, Pierre-Olivier Dupuy, Dany Lapostolle, Rémi Bénos, Johan Milian, Thomas Poméon, 2018. Des nuits blanches sous un ciel noir? La protection de la nuit, nouvelle préoccupation des territoires. HAL, archives ouvertes.fr.

Samuel Challéat, Dany Lapostolle, 2015. (Ré)concilier éclairage urbain et environnement nocturne : les enjeux d'un controverse sociotechnique. Natures Sciences Sociétés, EDP Sciences.

Romain Sordello, Sylvie Vanpeene, Clémentaine Azam, Christian Kerbirou, Isabelle Le Viol, Thomas Le Tallec, 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? Rapport SPN, MNHN.

Jean-Philippe Siblet, 2008. Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité, synthèse bibliographique. Rapport SPN, MNHN.

Atout France et LUCI, 2012. Concevoir la lumière comme un levier de développement touristique. Marketing touristique, collection «Rendez-vous en ville».