

## **ESTRATEGIA PIRENAICA para LA NOCHE (E-PLN)**

*Documento de conclusiones elaborado por el partenariado del Proyecto POCTEFA EFA233/16 PLN Pirineos La Nuit. Estrategia pirenaica para la protección y mejora de las condiciones del medio nocturno*

## **STRATEGIE PYRENEENNE pour LA NUIT (S-PLN)**

*Document de conclusions préparé par le partenariat du Projet POCTEFA EFA233/16 PLN Pyrénées La Nuit. Stratégie pyrénéenne pour la protection et l'amélioration des conditions de l'environnement nocturne*

**Pamplona / Bagnères de Bigorre / Balaguer / Mauroux**

*mayo de 2022 – mai 2022*

[Navarra Impulsa cultura, deporte y ocio / Planetario de Pamplona \(NICDO / PdP\)](#)

[Asociación A Ciel Ouvert \(ACO\)](#)

[Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement Bigorre-Pyrénées \(CPIE 65\)](#)

[Syndicat Mixte pour la Valorisation Touristique du Pic du Midi \(SMVTPM\)](#)

[Consell Comarcal de la Noguera \(CCN\)](#)

[Gestión Ambiental de Navarra – Nafarroako Ingurumen Kudeaketa \(GAN-NIK\)](#)

# TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION .....	3
2. ÉTAT ACTUEL DE LA POLLUTION LUMINEUSE .....	6
3. CONCLUSIONS DES TRAVAUX RÉALISÉS DANS PLN .....	9
3.1. Étude sur le plan astronomique .....	9
3.2. Études biologiques .....	12
3.3. Travaux de diffusion .....	15
4. REGLEMENTATIONS EN VIGUEUR SUR LE TERRITOIRE .....	19
4.1. Documentation de l'Union Européenne .....	19
4.2. La législation en France .....	20
4.3. La législation en Espagne .....	21
5. OBJECTIFS DU E-PLN .....	24
5.1. Axe n°1 : Information .....	26
5.2. Axe n° 2 : Action .....	26
5.3. Axe n° 3 : Réglementation .....	27
6. ALIGNEMENT AVEC L'EPICC .....	30
7. MANUEL DE BONNES PRATIQUES POUR L'ÉCLAIRAGE .....	33
7.1. Type de lumière .....	34
7.2. Quantité de lumière .....	35
7.3. Contrôle des surfaces directement éclairées .....	36
7.4. Contrôle des horaires .....	36
Remerciements .....	38

## 1. INTRODUCTION

L'électrification du monde qui a commencé au début du siècle dernier a entraîné d'énormes changements dans la société. Difficile d'imaginer, de nos jours, notre vie quotidienne sans électricité puisque, pratiquement à toute heure, notre activité et notre bien-être en dépendent. L'électricité a été le substrat qui a permis à la société d'évoluer, en un peu plus d'un siècle, bien plus que pendant le reste de l'histoire de notre espèce. Cette électrification était une conséquence du processus d'industrialisation qui avait commencé un siècle plus tôt, basé sur la combustion du charbon et du pétrole. Il y a cent ans, personne ne s'inquiétait des conséquences de cette combustion à grande échelle de combustibles fossiles, et leur utilisation s'est poursuivie à un rythme accéléré à mesure que la richesse des pays les plus industrialisés augmentait. Le même processus se répète maintenant avec la lumière artificielle. Il y a un demi-siècle, presque personne ne parlait des conséquences de l'introduction de la lumière artificielle dans l'environnement nocturne. Elle était perçue, et l'est encore aujourd'hui, comme un symbole du développement et de la prospérité de notre société. Cela doit nécessairement changer car les photons visibles que nous produisons dans les lampes, tout comme les composés issus de la combustion du charbon et du pétrole, sont des polluants pour la planète. Au fur et à mesure que la science étudie les effets de la disparition de l'obscurité naturelle de la nuit, son impact sur la planète devient de plus en plus clair.

Avec l'électrification, la lumière artificielle est entrée dans nos foyers et dans les rues de nos villes et, du fait de son utilisation incontrôlée, nous avons maintenant une pollution lumineuse.

La nuit fait partie du cycle naturel de la Terre et elle se définit, principalement, par l'obscurité. Il est paradoxal que, le cycle jour/nuit étant le plus important dans la nature et l'obscurité étant le facteur qui définit les conditions naturelles pendant la moitié du temps sur notre planète, si peu d'attention ait été accordée à son état et aux conséquences de sa perturbation. Cela change peu à peu. Lors de la dernière édition du congrès de [\*l'Union internationale pour la conservation de la nature UICN\*](#), qui s'est tenu à Marseille du 3 au 11 septembre 2021, la motion [\*084 - Prendre des mesures pour réduire la pollution lumineuse\*](#) a été approuvée, dans laquelle sont proposées les mesures nécessaires pour préserver l'obscurité naturelle de la nuit. Il est important de souligner que l'UICN est un organe consultatif des Nations

Unies et que de nombreux États tiennent compte de ses études et recommandations lors de la conception de leurs réglementations et protocoles d'action.

La luminosité ambiante à midi par une journée d'été claire est d'environ neuf ordres de grandeur supérieure à celle de minuit dans l'environnement naturel avec un ciel clair sans lune. Cela signifie que, dans des conditions naturelles, il peut y avoir un milliard de fois plus de lumière le jour que la nuit. Les espèces qui peuplent la Terre se sont adaptées à ce cycle lumière/obscurité et l'évolution a favorisé celles qui en tirent de meilleurs rendements. Certaines espèces profitent de la lumière du soleil, d'autres profitent de l'obscurité et certaines sont plus actives en période de changement, c'est-à-dire au crépuscule.

Bien que le système de vision des êtres humains nous permette de fonctionner avec une certaine aisance la nuit, nous sommes essentiellement une espèce diurne. Notre sens le plus développé, la vue, fonctionne à pleine capacité pendant la journée. C'est pourquoi nous avons développé des technologies pour nous fournir de la lumière artificielle la nuit, modifiant les conditions naturelles à notre avantage et, dans la plupart des cas, au détriment des autres espèces. Nous devons en être conscients lorsque nous décidons d'éclairer des espaces extérieurs car, on le sait, l'altération de l'environnement et ses effets sur les espèces et les écosystèmes ont également de grands effets néfastes sur nous.

Le projet **Pyrénées La Nuit. La stratégie pyrénéenne pour la protection et l'amélioration de la qualité de l'environnement nocturne** (PLN) a pour but de s'attaquer au problème de la pollution lumineuse dans l'espace pyrénéen. Pour ce faire, nous avons conçu des actions autour de trois axes principaux : la science, la diffusion et la stratégie. Le PLN a été créé par une équipe transfrontalière composée d'entités dont l'activité relève d'un de ces domaines de part et d'autre des Pyrénées : **GAN-NIK, CPIE65, SMVTPM, ACO, CCN et NICDO** (Chef de file).

Le plan d'action du projet a été conçu pour acquérir sa propre expérience en matière de pollution lumineuse, centrée sur le territoire pyrénéen. L'idée est de confronter ces informations aux études scientifiques, réglementaires et sociales menées depuis plusieurs décennies dans d'autres parties du monde. Les résultats obtenus sont parfaitement alignés sur la situation et les tendances actuelles dans le reste de la planète.

La partie scientifique de PLN (axe 3) a travaillé dans deux domaines : astro et bio. Les actions scientifiques dans le domaine astronomique incluent la modélisation 3D de la propagation de la lumière dans les Pyrénées appliquée à trois points spécifiques : la Sierra del Montsec à Lérida, le Pic du Midi de Bigorre dans les Hautes-Pyrénées et à la frontière franco-espagnole à Larra, en Navarre. Quatre types de mesures de l'obscurité du ciel nocturne ont également été réalisées : fixes, ponctuelles, mobiles et participatives à l'aide de photomètres spécialisés (TESS-W, SQM, TAS), de spectrophotomètres, de systèmes d'appareils photo numériques DSLR (SQC, Nikon D850+Sigma 8mm) et d'applications pour dispositifs portables.

Les études des effets de la lumière artificielle sur les espèces (domaine biologique) ont porté sur les macrolépidoptères nocturnes des Pyrénées occidentales (dont *Graellsia isabellae* et *Proserpinus proserpina*, toutes deux des espèces de l'annexe II de la directive habitats) et sur différentes espèces de chauves-souris présentes sur les deux versants des Pyrénées.

Les résultats de ces études ont été présentés lors de différents congrès scientifiques, l'un d'eux, ALAN-2021, s'est tenu dans un format mixte présentiel/virtuel à Lérida et a été organisé par le Parc Astronomique du Montsec en tant qu'une des actions du PLN. Le directeur scientifique du PAM ainsi que le responsable de la production et de la pédagogie du Planétarium de Pampelune faisaient partie du comité d'organisation de l'ALAN2021 (et de la version réduite de l'e-ALAN2020) en représentation du PLN.

Dans le domaine de la diffusion (axe 4) du PLN, il est clair que le contrôle de la lumière artificielle la nuit

est une question complexe qui doit être abordée sous différents angles. La population montre volonté et inquiétude pour le respect de l'environnement, mais cette sensibilité ne se traduit généralement pas dans une attitude active à changer les habitudes qui ont conduit à la situation actuelle d'urgence climatique. En ce qui concerne l'éclairage, les critères de la population font particulièrement défaut. L'éclairage est encore considéré comme une ressource inoffensive pour l'environnement, très apprécié par la population, et les installations d'éclairage inutiles, surdimensionnées ou très polluantes sont rarement remises en question. Nous devons continuer à progresser dans la sensibilisation de la société à l'utilisation appropriée de la lumière pendant les heures nocturnes, en faisant en sorte que la population comprenne que la lumière artificielle, tout en étant une ressource nécessaire dans nos vies, est en même temps un polluant pour l'environnement. L'urgence climatique déclarée par l'Union européenne doit avoir des conséquences non seulement sur la décarbonisation de notre économie, mais aussi sur le recyclage, la réparation et la réutilisation des produits que nous fabriquons, sur l'utilisation durable des moyens de transport ou sur l'épuration des eaux et le recyclage des déchets. Nous devons également prendre en compte tout ce qui a trait à la production et à l'utilisation des photons artificiels que nous émettons chaque nuit. De plus, la production de ces photons artificiels par les lampadaires nécessite de l'énergie électrique laquelle est générée par des ressources énergétiques qui ne sont pas toujours renouvelables.

Afin d'élaborer ce rapport, et dans le cadre de la stratégie PLN (axe 5), nous avons tenu compte des résultats des études scientifiques et de l'expérience des actions de diffusion réalisées dans les axes 3 et 4. Ces informations sont pertinentes pour la définition des recommandations techniques, des plans d'action, des plans d'aide, etc. qui constitueront une stratégie de protection de l'obscurité naturelle de la nuit pyrénéenne.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il semble pertinent de réfléchir au concept même de pollution lumineuse. On en parle beaucoup dans ce rapport et, paradoxalement, ce n'est pas un concept simple à définir. La première activité du [Guide Didactique](#) associée au documentaire du planétarium [Pyrénées la Nuit](#) fait précisément référence à cette définition. Cette activité présente différentes définitions de la pollution lumineuse qui apparaissent dans les lois, les règlements et sont utilisées par les organisations et les entités. Au sein du partenariat PLN, nous pensons que la définition utilisée sur le site [web](#) du Réseau espagnol d'études sur la pollution lumineuse (l'altération de l'obscurité naturelle de l'environnement nocturne causée par l'émission de lumière artificielle) est appropriée, mais nous aimerions souligner une petite nuance. L'apparition, dans nos ciels étoilés, de constellations de satellites destinés à fournir internet dans le monde entier, devient une nouvelle source évidente de pollution lumineuse, du moins en termes d'altération d'une partie du paysage nocturne. Cependant, la lumière que nous recevons de ces satellites n'est pas artificielle, elle est la réflexion de la lumière du soleil. Il s'agit d'un cas évident de pollution lumineuse produite par la lumière naturelle. Par conséquent, la définition ne doit pas tant se concentrer sur l'origine artificielle de la lumière, mais sur le fait que c'est l'homme qui participe à l'émission de celle-ci dans l'environnement nocturne. Par conséquent, la définition proposée par le partenariat Pyrénées La Nuit pour ce terme est la suivante :

***La pollution lumineuse est l'altération de l'obscurité naturelle de l'environnement nocturne par l'émission artificielle de lumière.***

## 2. ÉTAT ACTUEL DE LA POLLUTION LUMINEUSE

Au cours des 20 dernières années, une nouvelle ligne de recherche s'est ouverte dans différentes branches de la science, en raison de l'augmentation irrésistible de la pollution lumineuse. Mais malgré le fait que depuis les années 1970 les conséquences de l'éclairage artificiel avaient déjà été signalées dans des domaines aussi divers que l'ornithologie, la reproduction de certaines espèces de tortues ou l'astronomie, il a fallu attendre le tournant du XXI<sup>e</sup> siècle pour que la communauté scientifique commence à étudier systématiquement les effets collatéraux de la lumière artificielle la nuit.

L'apparition d'œuvres pionnières comme celles de Longcore-Rich et Cinzano-Falchi-Elvidge, parmi tant d'autres, ont établi les bases de l'étude de la pollution lumineuse et de ses conséquences. Actuellement, le nombre d'études liées à la pollution lumineuse est si important qu'il est difficile de les suivre à l'échelle mondiale. Il existe des réseaux nationaux et internationaux où les connaissances sont partagées, où il existe une étroite collaboration. Des actions de recherche sur le plan informatif, législatif, éducatif, social ou scientifique sont proposées. Le cadre associatif a joué un rôle déterminant dans le développement de ce mouvement de défense de la nuit. C'est le domaine de l'astronomie, et en particulier celui lié à la défense des ciels noirs et du droit à la lumière des étoiles, l'un des plus actifs en ce moment. En témoignent les actions promues par des organisations dans ce domaine telles que l'[International Dark Sky Association](#) (IDA) et la [Fundación Starlight](#), qui sont parrainées par des personnalités pour la protection du territoire en référence à la pollution lumineuse.

En Espagne Cel Fosc, Association contre la Pollution Lumineuse ([Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica](#)) et en France l'[Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes](#) (AMPCEN) sont des associations spécifiques pour la défense de la nuit. De nombreuses organisations dans le domaine de l'astronomie, aussi bien d'amateurs que de professionnels, allouent des ressources et des efforts à la protection des ciels étoilés, y compris l'[Union astronomique internationale](#) elle-même, qui a la [Commission B7](#) pour la protection des observatoires actuels et futurs et qui promeut la réunion **Dark and Quiet Skies** dont la [deuxième édition](#) s'est tenue en 2021 à La Palma. Ces dernières années, avec le développement de l'activité scientifique liée à la lumière artificielle, sont

apparus des réseaux, des forums, des congrès et des rencontres professionnelles de chercheurs. Les études issues de domaines très différents sont partagées et conçues, ainsi que des stratégies de toutes sortes pour une meilleure connaissance du phénomène, de ses conséquences ainsi que pour son contrôle. Des exemples de ces initiatives sont le Réseau espagnol d'études sur la pollution lumineuse ([Red Española de Estudios sobre Contaminación Lumínica](#)) (REECL), la conférence Lumière artificielle la nuit ([Artificial Light at Night](#)) (ALAN), le réseau [Loss of the Night](#) (LoNNe), la conférence Pollution lumineuse : théorie, modélisation et mesures [Light Pollution: Theory, Modelling and Measurements](#) (LPTMM) ou encore le Symposium européen pour la protection du ciel nocturne ([European Symposium for the Protection of the Night Sky](#)), qui a déjà fêté cette année sa quinzième édition.

Malgré la structuration progressive d'un mouvement général de défense de la nuit, la vérité est que la pollution lumineuse n'a cessé de croître ces dernières années. On estime actuellement qu'elle progresse à un rythme annuel supérieur à 2 %, ce qui a pour effet de rendre les photons artificiels l'un des polluants les plus incontrôlés.

L'avènement de l'éclairage basé sur des émetteurs à semi-conducteurs, principalement des LED, est en train de modifier le paysage de l'éclairage dans le monde. Cette nouvelle technologie présente des avantages par rapport aux lampes à décharge traditionnelles et ouvre de nouvelles possibilités d'utilisation intelligente de la lumière. L'amélioration de l'efficacité et des systèmes de contrôle peut permettre des économies d'énergie significatives et une utilisation optimale de la lumière produite, mais cela ne sera possible que si les fabricants, les installateurs, les administrations et les utilisateurs comprennent le caractère polluant de la lumière la nuit. C'est précisément dans le domaine de la sensibilisation de la population qu'il y a encore beaucoup de chemin à faire. La pollution lumineuse est considérée par beaucoup comme un problème pour les astronomes, qui se plaignent qu'elle nous empêche de contempler les étoiles. Bien sûr, ce problème existe, il est réel et a son importance, mais il n'est pas la seule conséquence de la pollution lumineuse mais, pour la plupart des gens, c'est la seule dont ils sont conscients et c'est d'ailleurs celle qui les touche le moins.

Les recherches effectuées sur les effets de la lumière artificielle dans les domaines de l'environnement, de la santé, de la physique et de la psychologie montrent bien son importance. Une multitude d'effets sur les animaux et les plantes ont été décrits, altérant des écosystèmes complexes et variés et conduisant même à l'extinction d'espèces. Des altérations hormonales ainsi que leurs conséquences sur la santé humaine induites par l'exposition de notre organisme à la lumière artificielle ont été décrites. Des travaux intensifs sont menés pour surveiller et modéliser la propagation de la lumière dans l'atmosphère et nous disposons déjà d'une estimation de l'état actuel et de l'évolution prévisible de la pollution lumineuse dans le monde. Des progrès sont également réalisés dans la compréhension de notre relation avec la lumière et avec l'obscurité de la nuit en termes de sentiments de sécurité personnels et collectifs.

Ce corpus de connaissances qui s'est constitué pendant plus de deux décennies est essentiel afin d'orienter les politiques liées à l'éclairage nocturne vers des pratiques plus raisonnables et durables, en harmonie avec l'environnement, notre santé et notre sécurité. Les intérêts économiques liés à l'industrie de l'éclairage, bien que légitimes dans de nombreux cas, ne peuvent primer sur les preuves fournies par la science. Les administrations doivent garantir des pratiques qui préservent le bien commun basées sur les informations scientifiques disponibles. Cela inclut le respect de l'environnement, de la santé, de la culture et du bien-être de notre société.

Cependant, la pollution lumineuse continue d'augmenter sans que l'on puisse la contrôler efficacement. Ni la législation, ni la technologie, ni les pratiques des professionnels de l'éclairage, des organismes de gestion de l'éclairage et des citoyens ne conduisent à une diminution de la lumière artificielle la nuit. En

fait, c'est tout le contraire. Comme indiqué plus haut, on estime que la pollution lumineuse augmente de plus de 2 % par an dans le monde, malgré la mise en place progressive de nouveaux luminaires à LED qui permettent de contrôler avec précision les zones éclairées ainsi que l'intensité lumineuse. Au cours des 25 dernières années, la pollution lumineuse [a augmenté de 49 %](#) et plus de 60 % de la population européenne ne peut voir la Voie lactée depuis son lieu de résidence. Le [nouvel atlas mondial de la luminosité du ciel](#), réalisé suite à la publication de [l'article](#) dans la revue Science en 2016, reflète la situation globale de la planète. La comparaison avec les [données publiées en 2001](#) par la même équipe de chercheurs indique le rythme actuel auquel nous faisons disparaître l'obscurité de la nuit.

En France, comme nous le verrons plus loin, des mesures ont été prises qui laissent entrevoir un changement de tendance vers un éclairage plus intelligent, plus respectueux de l'environnement. Cependant, en Espagne, non seulement cette tendance n'est pas appréciée, mais il semble que l'on insiste à continuer à augmenter la lumière nocturne. Au moment de la rédaction du présent rapport, nous sommes dans l'attente de l'entrée en vigueur du projet ([Proyecto de Real Decreto que aprueba el Reglamento de ahorro y eficiencia energética y reducción de la contaminación lumínica de instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias](#)) relatif à l'économie d'énergie, à l'efficacité ainsi qu'à la réduction de la pollution lumineuse des installations d'éclairage extérieur et aux instructions techniques complémentaires de la part des ministères de l'industrie, du commerce et du tourisme ainsi que le ministère de la Transition écologique et de l'enjeu démographique. Les organisations de défense de la nuit en Espagne, coordonnées par le Réseau espagnol d'études de la pollution lumineuse, ont analysé le projet en profondeur et ont dressé une liste complète d'allégations, ce qui se traduit dans la pratique par une nouvelle rédaction du PRD. Plusieurs forums ont envoyé des propositions au ministère [parmi lesquels le partenariat PLN](#) qui a activement participé à la rédaction du document. Nous espérons que les propositions présentées seront prises en considération comme une étape nécessaire pour la décontamination légère et progressive de la nuit espagnole.

Suite à l'énorme augmentation du prix de l'électricité en Espagne et dans le reste de l'Europe, de nombreuses municipalités ont envisagé la possibilité d'éteindre, ou du moins de réduire considérablement, la puissance de leur éclairage public. Comme le démontre [ce récent article de Sánchez de Miguel, A. et Martín Ruiz, S.](#), il est difficile de savoir avec exactitude le coût énergétique de l'éclairage public en Espagne et, par conséquent, l'impact que celui-ci a sur les budgets des entités publiques. Il faudrait se pencher sur ce problème de transparence institutionnelle afin que les citoyens puissent évaluer avec des données réelles si l'intérêt du maintien du modèle d'éclairage actuel est conforme à l'effort budgétaire qu'il requiert.

Une des particularités à prendre en compte lorsque l'on parle d'éclairage et de pollution lumineuse se réfère à la bonne utilisation de la lumière. Comme détaillé dans une [étude récente du professeur Salvador Bará](#), un seul photon réfléchi, parmi 22 millions, par des surfaces éclairées est utile à la vision. Cette valeur est atteinte en supposant une installation d'éclairage parfaite du point de vue de *l'utilance*, c'est-à-dire une installation dans laquelle toute la lumière émise atteint la surface à éclairer. Au vu de ces données, il semble surtout important de consacrer des efforts à la délimitation de la zone couverte par la lumière des lampadaires et à limiter son intensité ainsi que sa durée de son fonctionnement.

Pour avoir un aperçu de l'état actuel de la science liée à la pollution lumineuse, nous vous recommandons de consulter le document : « [Artificial Light at Night : State of the Science 2022](#) » publié par [l'International Dark-Sky Association](#) pendant la préparation de ce document (mai 2022).

### 3. CONCLUSIONS DES TRAVAUX RÉALISÉS À PLN

Les deux premiers axes qui composent le PLN, c'est-à-dire les actions scientifiques et informatives, ont été considérés comme une étape préalable nécessaire à la rédaction de ce document des conclusions, lequel se matérialise par la **Stratégie Pyrénéenne pour la Nuit (E-PLN)**.

Dans le cadre de la recherche scientifique, deux types d'études ont été réalisées : du point de vue de l'astronomie et de l'effet sur la faune indigène (macrolépidoptères et chauves-souris).

#### 3.1. Étude sur le plan astronomique.

**3.1.1 La modélisation 3D.** Des simulations ont été réalisées basées sur le logiciel Illumina, du professeur Martin Aubé, dans trois endroits pertinents des Pyrénées : la « Sierra del Montsec », le Pic du Midi de Bigorre et au village de Larra à la frontière franco-espagnole en Navarre.

Dans les trois cas, la présence de lumière artificielle à l'horizon a été vérifiée (en particulier au Pic du Midi compte tenu de sa situation géographique particulière).

La modélisation du Montsec de la part des scientifiques de l'Institut des sciences du cosmos (ICC-UB-IECC) a donné lieu à un [article scientifique](#) et à une [présentation](#) lors d'un congrès. Les conclusions de ces rapports se trouvent dans ce document. En guise de résumé, nous pouvons conclure que :

- Sur les trois sites étudiés, le ciel ne présente pas de niveaux de pollution lumineuse supérieurs à 30°.
- Sur les trois sites, et plus particulièrement depuis le Pic du Midi en raison de son emplacement particulier, on peut voir et mesurer la présence de la lumière artificielle des villes voisines et les halos lumineux des villes les plus éloignées.
- La plus grande contribution à la pollution lumineuse du ciel provient des villes moyennes (entre 10 000 et 20 000 habitants) situées entre 20 et 30 kilomètres des points étudiés.

Au vu de ces résultats, il convient d'être particulièrement vigilant quant à l'évolution de l'éclairage dans ces localités, mais aussi quant aux décisions prises en la matière dans les grandes villes. Le passage à un éclairage LED blanc peut entraîner une diminution de l'émission dans les directions les plus problématiques (horizontale et vers l'hémisphère supérieur), mais la composante bleue de cette lumière générera davantage de halos lumineux susceptibles d'affecter la qualité du ciel dans ces endroits reculés. Dans les Pyrénées, il existe deux observatoires astronomiques professionnels, le Pic du Midi et le Montsec, dont les emplacements ont été précisément choisis pour leurs caractéristiques atmosphériques extraordinaires. Il est important de tenir compte de la manière dont les politiques d'éclairage des grandes villes et des villes pyrénéennes affecteront ces sites. Grâce à cette modélisation 3D, il est possible d'étudier l'effet sur le ciel de ces sites emblématiques lorsqu'un changement général de luminaires est effectué dans une ville. En raison de leur contribution à la pollution lumineuse dans le ciel de ces lieux, il est particulièrement recommandé de contrôler l'éclairage des villes suivantes :

- **Zone de Montsec** : Balaguer, Tremp y Lleida. En raison de leur importance générale, il faut aussi considérer la zone métropolitaine de Barcelone, les villes de Alfarrás et de Almacelles ainsi que les villes de Tamarite de Litera, Binéfar, Monzón et Barbastro en Aragon.
- **Pic du Midi** : Lourdes, Bagnères de Bigorre et Tarbes.  
La grande dispersion de l'occupation humaine du territoire en France fait qu'il existe presque un continuum de lumière visible depuis le Pic. Le halo lumineux de Toulouse combiné à la lumière des villes voisines pourrait poser un problème pour le ciel de cet observatoire s'il continue à se développer.
- **Larra** : Oloron Sainte-Marie, Pau et son agglomération ainsi qu'Arette et Jaca sont les villes qui contribuent le plus à la pollution lumineuse du ciel. Cependant, bien qu'elle ne soit pas reflétée dans le modèle, la présence de la lumière de Pampelune et de sa région, de la côte basque (de Saint Sébastien à Bayonne) et de la lumière combinée de Tarbes, Bedous, Lourdes et Argelès-Gazost est également évidente.

**3.1.2 Mesures fixes.** Des photomètres TESS-W ont été installés sur différents points des Pyrénées et bien que dans certains cas leur installation ait été compliquée, des séries de données très intéressantes ont été obtenues ([Voir l'ANNEXE I du Rapport pour le renouvellement de la certification DTS-VdR](#)).

Il convient de souligner les mesures effectuées par la ligne de photomètres allant du planétarium de Pampelune jusqu'au bâtiment El Ferial à Larra. Nous avons essayé d'installer un photomètre tous les 10 kilomètres environ, entre les deux endroits, et bien que certains d'entre eux n'aient jamais fonctionné, nous avons pu mesurer la dégradation de l'obscurité à partir du point le plus élevé du ciel, le zénith, à l'approche de la capitale de la Navarre.

Des photomètres ont également été installés à Baztan (bergerie Esquisaroi) et à Ordesa (refuge de Goriz) lesquels sont à une même distance de l'emplacement du photomètre de Larra c'est-à-dire environ 60 kilomètres. Cette deuxième ligne de photomètres donne des résultats assez intéressants :

- Augmentation des nuages au fur et à mesure que nous nous déplaçons vers l'ouest.
- Un ciel moins obscur à Baztan en raison de sa proximité avec la côte basque laquelle est densément peuplée.

- Des valeurs d'obscurité plus faibles à Goriz qu'à Larra en raison d'une plus grande altitude. Goriz se trouve à 2200 m et Larra à 1600 m d'altitude. L'extinction atmosphérique est donc plus faible à Goriz qu'à Larra.

En comparant les données de toutes les stations de mesure, nous trouvons les valeurs les plus élevées d'obscurité zénithale à la chaîne de montagnes du Montsec, ce qui n'est pas surprenant étant donné les conditions atmosphériques très particulières de cet endroit.

**3.1.3 Mesures Mobiles.** Nous avons profité des audits sur la qualité du ciel qui ont été réalisés pour les processus de certification, puis des travaux de Hector Linares pour sa thèse de doctorat ainsi que des actions régulières du Parc astronomique du Montsec pour effectuer des mesures mobiles de l'obscurité du ciel. Il s'agit d'itinéraires effectués avec un véhicule pourvu d'un photomètre SQM coordonné à un appareil GPS. Ce système permet d'avoir des cartes de l'obscurité du ciel des lieux visités.

Les résultats dans les vallées de Roncal et de Salazar qui se trouvent dans les Pyrénées navarrais occidentaux et que l'on peut voir en [annexe IV du rapport de renouvellement de la certification DT Starlight vallée du Roncal](#) montrent des valeurs d'obscurité très importantes entre les différents villages. Mais en même temps, dans certains villages tels que Ochagavía, on trouve un excès de lumière blanche provenant du nouvel éclairage LED, lequel n'est absolument pas approprié pour ce territoire pyrénéen.

Dans le [rapport technique](#) réalisé en 2017 par la société [Lumínica Ambiental](#) dans le but d'obtenir la certification de destination touristique Starlight Valle de Roncal, on peut également trouver des mesures mobiles effectuées le long des itinéraires de la vallée.

**3.1.4 Mesures Ponctuelles.** Comme cela a été mentionné dans la partie correspondante à la modélisation 3D, nous avons profité de la nuit de travail en Navarre pour effectuer des mesures spécifiques de l'ensemble du ciel à l'aide du photomètre TAS récemment développé. Les mesures étaient cohérentes avec les données de la Sky Quality Camera utilisée pour calibrer le modèle 3D ([voir l'annexe III du rapport pour le renouvellement de la certification DT Starlight Valle de Roncal](#))

Des mesures avec TAS ont également été effectuées à plusieurs endroits en Navarre. Ces mesures complètent les données des compteurs fixes puisqu'elles permettent de caractériser tout l'horizon.

Finalement des milliers d'images all-sky ont été obtenues en de nombreux endroits des Pyrénées pour la réalisation du documentaire full-dome « Pyrénées la Nuit ». Ces images peuvent être utilisées pour mesurer la luminosité du fond de ciel, de la même manière qu'avec le SQC. Les conclusions des informations contenues dans ces images, en attendant la possibilité de les traiter à des fins scientifiques, sont présentées dans la partie informative.

**3.1.5 Mesures participatives.** Les partenaires du PLN ont participé à plusieurs conférences publiques pour mesurer la pollution lumineuse dans le ciel. Certaines ont été convoquées par les partenaires eux-mêmes et pour d'autres, nous avons rejoint des campagnes existantes telles que Globe at Night et Night Watchmen. Les résultats de ces mesures sont exploités par des équipes scientifiques internationales car il faut une grande quantité de données pour réaliser des études statistiques fiables. L'objectif principal de ce type d'action est la diffusion puis la sensibilisation des citoyens.

## 3.2 Études Biologiques

**3.2.1. Macrolépidoptères nocturnes.** Les études astronomiques qui mesurent la quantité, la couleur et la direction de la lumière artificielle présente dans le ciel ont de l'importance pour certaines espèces sensibles à ces paramètres. Ce sont des mesures globales qui tiennent compte de la contribution de la lumière d'une ou de plusieurs communes à l'aspect du ciel nocturne. Pour les espèces qui développent leur vie dans des environnements associés aux forêts et autres zones dans lesquelles la quantité de lumière dans le ciel n'est pas un facteur déterminant, ce sont les sources lumineuses locales qui ont le plus d'influence. C'est le cas des insectes, largement oubliés la nuit, mais d'une importance décisive dans des processus aussi vitaux que la pollinisation des plantes. Des études de PLN liées aux effets de la lumière artificielle sur les insectes ont été développées par le GAN-NIK. On trouvera le rapport de l'étude [ici](#) ainsi que le résumé.

L'étude analyse l'attraction qu'exerce sur les populations de macrolépidoptères nocturnes les différents types d'éclairages installés dans les villages des Pyrénées et des pré-Pyrénées occidentaux.

Les principales conclusions tirées de cette étude sont les suivantes :

- Il faut considérer l'ALAN (en anglais Artificial Light At Night) comme une menace générale pour l'environnement.
- Les lampes à vapeur de mercure (VM) sont celles qui ont le plus d'impact sur les macrolépidoptères nocturnes.
- Les lampes aux halogénures métalliques céramiques (HMC) ont un impact similaire à celui des lampes VM.
- Les lampes à vapeur de sodium à haute pression (VSAP) affectent significativement à moins d'individus de moins d'espèces de macrolépidoptères que les lampes VM et HMC. Cependant, il est clair que la lumière des lampes VSAP affecte *G. isabellae*.
- Les lampes à LED blanches ont une grande variabilité sur l'attrait des espèces étudiées et leur installation ne pourrait donc PAS réduire de façon significative l'impact sur les lépidoptères et en particulier sur *G. isabellae*.
- **Les lampes PC-Ambre n'ont produit AUCUNE capture documentée de *G. isabellae*.**

Les résultats de cette étude pourraient être largement généralisés à tous les insectes volants nocturnes, comme cela a été confirmé dans le cas des scarabées. Des études récentes ([Boyes et al., 2020](#)) ont montré qu'il existe une forte corrélation entre les captures de papillons nocturnes et d'autres insectes nocturnes (du moins ceux avec phototaxie).

La principale conclusion de cette étude est donc claire :

**Les populations situées en milieu naturel devraient disposer d'un éclairage PC-Ambre dans les rues et utiliser le minimum de puissance possible.**

**Éteindre l'éclairage** pendant la saison de pollinisation et durant les heures ou les moments où la présence de piétons dans les rues est minimale s'impose comme une action souhaitable, tant d'un point de vue environnemental qu'économique.

L'installation de **boutons poussoirs pour l'allumage temporisé** des lampadaires dans ces communes serait une action fortement conseillée.

Une extension de cette étude, se référant à la distribution de *G. Isabellae* dans d'autres zones de la région de Navarre, et qui inclut également la caractérisation de l'éclairage dans les villes voisines, est en phase d'analyse des résultats au moment de la rédaction de ce rapport.

**3.2.2. Les chauves-souris en Navarre.** Les études « *Évaluation de la sensibilité et de la réponse des différentes espèces de chauves-souris aux sources d'éclairage urbain dans les Pyrénées de Navarre* » réalisés par Juan Tomás Alcalde, Xavier Puig Montserrat et Iñaki Martínez pour le compte de GAN-NIK analysent l'impact d'ALAN sur les chauves-souris. Le rapport de ces travaux peut être consulté [ici](#).

On y analyse l'impact des sources ponctuelles de lumière sur les espèces de chauves-souris présentes dans les Pyrénées occidentales. Il a été constaté que des espèces différentes se comportent différemment à la lumière, mais, en outre, la même espèce peut réagir différemment si la zone éclairée est un abri, une zone de chasse ou de passage.

[Voigt et al. \(2018\)](#) ont fait le bilan de ces travaux et ont conclu trois types de comportement des chauves-souris face à la lumière artificielle : réaction adverse, neutre et opportuniste. L'effet indésirable est observé chez les espèces qui évitent ou réduisent leur activité dans les zones éclairées. La réponse neutre signifie que la chauve-souris n'est pas influencée par la présence de lumière artificielle. Une réaction opportuniste se produit lorsque la chauve-souris est attirée par les zones éclairées.

Lorsque l'on considère l'activité de chasse de ces mammifères par rapport à la lumière artificielle, il faut tenir compte de l'effet de celle-ci sur les insectes, car nombre d'entre eux sont attirés par les sources lumineuses.

Compte tenu des données globales recueillies par les enregistreurs à ultrasons situés à côté des lampadaires, les zones éclairées montrent une activité beaucoup plus élevée (128 vols/heure d'enregistrement) que les zones sombres (10 v/h). En d'autres termes, certaines espèces opportunistes sont attirées par les lampadaires et concentrent leur activité aux environs. Il y a 6 espèces ou couple d'espèces dans ce groupe : *E. serotinus*, *N. leisleri*, *P. kuhlii*/*P. nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*/*M. schreibersii* et *T. teniotis*. En revanche, au moins 2 espèces ainsi que celles appartenant à deux autres genres montrent une aversion pour les zones à éclairage artificiel, et leur activité est significativement plus élevée dans les zones sombres : *B. barbastellus*, *H. savii*, et les chauves-souris des genres *Myotis* et *Plecotus*. Le reste d'espèces ou groupes d'espèces identifiés n'ont pas montré de réaction significative d'attraction ou de rejet envers les zones à éclairage artificiel, mais on ne peut affirmer que ce soit une réaction neutre, car cela peut également être dû à des données insuffisantes. Ces résultats sont généralement en concordance avec ceux compilés par Voigt et al. (2018).

Quant à l'effet produit par chaque type de lumière, l'attraction de certaines chauves-souris vers les zones éclairées artificiellement a été vérifiée pour les cinq classes d'émission étudiées : VM, HMC, VSAP, LED blanche et LED ambre. Cependant, l'effet est différent selon les espèces et les types de lumière. Les espèces du genre *Pipistrellus* sont attirées par tous les types de lumière, tandis que la chauve-souris des jardins (*E. serotinus*) n'est attirée que par les lampes MT. Cependant, il est possible que ces données soient liées à l'échantillon obtenu, car les espèces du genre *Pipistrellus* ont, en général, de grandes populations et pour cette raison, ce sont elles qui ont fourni le plus grand nombre de données.

Finalement, on a constaté que l'éclairage artificiel utilisé dans les villages des Pyrénées de

Navarre (lampes VM, HMC, VSAP, LED blanche et LED ambre) interfère à l'activité normale des chauves-souris. Cela favorise probablement certaines espèces opportunistes, qui trouvent une plus grande abondance de proies concentrées près des lampadaires, mais nuit à d'autres qui fuient les zones éclairées. Ces endroits peuvent créer un « effet de vide » [Eisenbeis 2006 \(pp 281-304\)](#) , [Verovnik et al. 2015](#) en éliminant les insectes-proies des zones sombres, altérant la disponibilité naturelle de nourriture dans l'environnement. Les LED blanches et les LED ambres, de plus en plus utilisées pour remplacer d'autres sources lumineuses, semblent avoir moins d'effet sur le comportement des papillons [Pawson y Bader, 2014](#) et par conséquent sur l'activité des chauves-souris, comme le démontre cette étude. Mais cela ne veut pas dire qu'elles ne provoquent pas d'affection : une influence significative de ce type de lampes a été observée sur au moins 5 espèces ou couples d'espèces. En Angleterre, il a été constaté que même les zones éclairées par des LED blanches de faible intensité sont évitées par certaines espèces comme le petit fer à cheval, *R. hipposideros*, et peuvent constituer de véritables barrières qui isolent les populations ou réduisent leurs zones de dispersion et de recherche de nourriture [Stone et al., 2015](#)).

[Spoelstra et al. \(2017\)](#) ont observé qu'aux alentours de lumières de couleur rougeâtre, aussi bien les espèces de chauves-souris opportunistes (*Pipistrellus sp.*) que celles adverses à la lumière (*Myotis sp.* et *Plecotus sp.*) présentent un comportement similaire à celui enregistré dans des conditions d'obscurité.

Étant donné ces résultats, l'étude montre que différentes **espèces de chauves-souris sont affectées par la présence de lumière artificielle dans l'environnement nocturne**, aussi bien par attraction (au moins 6 espèces ou paires d'espèces) que par répulsion (au moins 2 espèces et aussi celles appartenant à 2 genres).

Bien que la lumière LED semble affecter dans une moindre mesure les espèces sensibles à la lumière, **nous avons observé une influence significative des lampes LED sur au moins 5 espèces ou couples d'espèces de chauves-souris.**

Il est donc conseillé de **limiter l'utilisation de la lumière artificielle pendant les heures de la nuit aux moments et aux endroits strictement nécessaires** afin de minimiser l'effet sur les populations de chauves-souris.

**3.2.3. Les chauves-souris dans le Parc National des Pyrénées.** Les travaux « *Etude de la tolérance de deux espèces (Petit Rhinolophe et Grand Rhinolophe) et d'un groupe d'espèces (genre Myotis) à la pollution lumineuse* » réalisés par les techniciens du Conservatoire d'espaces naturels Midi-Pyrénées et du CPIE-65 font l'étude du comportement de ces chauves-souris en fonction du degré de lumière artificielle présente dans le ciel nocturne. Le rapport de cette étude peut être consulté [ici](#) et l'affiche présentée au congrès e-ALAN2021 organisé dans le cadre du projet PLN, [ici](#).

L'étude a été réalisée dans la partie Hautes-Pyrénées du PNP, dans des zones non aménagées situées à une altitude intermédiaire, principalement dans ces quatre sites : Aure, Luz, Cauterets et Azun. Dans un premier temps, une grille a été créée avec un total de 22 375 carrés de 250x250 mètres. Chaque élément de la grille a été caractérisé par trois paramètres qui permettent la création d'un code définissant la qualité de chacun d'entre eux. Les paramètres pris en compte sont les suivants :

- U (urbanisation) : degré d'urbanisation de l'élément

- F (Forêts) : degré d'occupation forestière de l'élément.
- L (Luminosité) : degré de luminosité du ciel.

Afin de refléter la relation connue de ces chauves-souris avec les zones humides, la distance de chaque carré à l'eau a également été évaluée. Et afin de répondre au fait que les chauves-souris n'ont généralement pas leurs habitats en hauteur, le maillage initial a été limité aux carrés situés en dessous de 1 500 m.

De cette manière, le maillage où choisir les points d'étude a été réduit à 30% de celui initial, soit à 6 417 carrés (environ 400 kilomètres carrés). L'écoute a été réalisée entre 2018 et 2019 par le personnel du PNP et du CPIE65 sur un total de 268 points avec pour objectif principal de déterminer s'il existe un niveau minimum de qualité du ciel à partir duquel l'activité de ces chauves-souris est réduite. L'étude porte sur les espèces *Petit Rhinolophe*, *Grand Rhinolophe* et le genre *Murin*.

Après un traitement statistique complet des données recueillies et en tenant compte de toutes les variables ci-dessus, l'étude aboutit aux conclusions suivantes :

- La présence d'individus de l'espèce Grand Rhinolophe diminue dans les endroits avec un ciel plus lumineux que 19,3 mag/arcsec<sup>2</sup> alors que leur pic d'activité s'estompe à partir de 19,6.
- Les individus de l'espèce Petit Rhinolophe ne semblent pas touchés par la présence de pollution lumineuse dans le ciel. Du moins, cette étude ne l'a pas démontré.
- Les individus du genre Murin ont des comportements similaires à ceux de l'espèce Grand Rhinolophe. Dans ce cas, la probabilité de présence diminue en dessous de 0,5 dans les endroits avec un ciel plus lumineux que 19,1 mag/arcsec<sup>2</sup>

Ces résultats permettent de conclure que, dans le Parc National des Pyrénées, **le ciel ne devrait pas avoir une luminosité d'origine artificielle supérieure à une valeur comprise entre 19,1 et 19,6 mag/arcsec<sup>2</sup>.**

Afin de mieux affiner cette fourchette minimale de qualité du ciel, les auteurs recommandent un travail bibliographique supplémentaire afin de comparer les résultats présentés ici avec ceux obtenus par d'autres études.

L'étude des autres variables locales qui touchent à la biologie de ces chauves-souris (surface forestière, distance à l'eau, etc.) permet de conclure **qu'il est important de maintenir en priorité les conditions naturelles d'obscurité nocturne dans les zones boisées, les prairies et les abords des cours d'eau, notamment dans le fond des vallées.**

### 3.3 Travaux de diffusion

Le travail de sensibilisation à la pollution lumineuse produit des résultats intéressants qui nous aident à trouver la manière la plus appropriée de transmettre le message. L'interaction avec le public cible permet de comprendre l'état actuel de la relation de la population avec la lumière, en particulier les préjugés, les craintes et, en général, la valeur accordée à la préservation de l'obscurité naturelle de la nuit. D'autre part, l'acquisition de matériel audiovisuel pour la production des documentaires apporte une vision du phénomène qui complète celle des résultats scientifiques.

**3.3.1 Documentaire Fulldome « Pyrénées la Nuit ».** La réalisation de ce documentaire du planétarium nous a permis de passer de nombreuses nuits à photographier les étoiles dans les

Pyrénées. Compte tenu de la nature des photographies, il a fallu passer toute la nuit à côté de l'appareil photo avec un objectif *all sky*, le temps d'exécuter les time-lapses programmés et d'effectuer les changements de batteries nécessaires. Cela nous a permis de vivre la nuit étoilée dans certains des plus beaux endroits des Pyrénées tels que le Pas de Roland, le Col de Pombie, Larra, Ordesa, le lac de Llosas, le Pic du Midi de Bigorre, la forêt d'Oza, la montagne du Montsec ou le Col d'Albere [parmi tant d'autres](#). Au cours des périodes de quatre heures qu'il a fallu pour terminer chaque série de 480 clichés d'exposition de 25 secondes (2 par minute), notre système visuel s'est complètement adapté à l'obscurité. Dans ces conditions, on voit que nous sommes parfaitement capables de percevoir l'environnement éclairé uniquement par la lumière des étoiles ; on peut même se déplacer entre les grosses pierres d'une rivière pyrénéenne sans l'aide de lumière artificielle. Dans ces conditions, on assiste aussi à l'incapacité d'apprécier les couleurs, puisque les premières et les dernières lueurs du crépuscule se confondent avec les halos de lumière des villes lointaines qui peuplent les horizons pyrénéens. Sur les photographies, les deux lumières se distinguent clairement puisque la lumière artificielle a une teinte beaucoup plus orangée bien différente de la couleur bleutée de la lumière crépusculaire et de l'aube.

La différence de luminosité est bien évidente entre les endroits situés en hauteur, d'où l'on peut voir toute la ligne d'horizon, et ceux qui se trouvent au fond des vallées, où les montagnes font barrière aux dômes de lumière. La nuit est plus intense et l'obscurité plus complète dans les vallées que sur les sommets, surtout à l'intérieur des forêts de hêtres en été, où même la lumière des étoiles est bloquée par les arbres.

Dans ces endroits reculés les sensations sont très particulières. Le sens de l'ouïe, qui pendant la journée aide notre principale source d'information qui est la vue, acquiert une importance particulière en fournissant des informations utiles sur le milieu.

Dans les villes, l'enregistrement de séquences à 360° avec un regard porté sur la lumière révèle l'énorme dispersion de celle-ci présente dans nos rues, non seulement due à l'éclairage général, mais aussi à celui émis par les écrans publicitaires, les feux de circulation, l'illumination décorative et commerciale, les maisons, les véhicules, etc. La somme de toutes ces émissions lumineuses constitue le halo visible depuis les sommets pyrénéens.

**3.3.2 L'observation des étoiles.** Les activités d'observation des étoiles permettent un contact très direct avec le public. Au fur et à mesure que nous visualisons les constellations et que nous racontons leurs histoires, les gens adaptent leur vision à l'obscurité et constatent qu'ils peuvent voir raisonnablement bien dans ces conditions alors qu'ils ne pouvaient rien voir auparavant. Avec la vue adaptée aux conditions d'obscurité naturelle, on peut apprécier la pollution lumineuse présente dans le ciel notamment à l'horizon, ce qui permet d'identifier les populations par la taille et l'intensité de leurs halos lumineux. Beaucoup de gens découvrent ce fait pour la première fois lors de ces séances d'observation des étoiles.

Le sentiment transmis par le public qui participe à ces séances d'observation est que les halos lumineux sont une conséquence inévitable du progrès et, dans certains cas, on décèle une certaine fierté quand la taille de la voute lumineuse de leur cité est supérieure à d'autres. Cette vision de la pollution lumineuse et de son élimination en tant qu'indice du progrès de notre société, est l'un des concepts les plus ancrés et les plus complexes à aborder. Ce changement de mentalité ne sera possible que par l'éducation et la diffusion constante des conséquences de l'élimination de l'obscurité naturelle de la nuit.

Lors de ces activités on perçoit que la plupart des gens ne sont jamais en contact avec l'obscurité. Tout au long de leur vie, pendant qu'ils sont actifs, ils sont entourés de niveaux de lumière si élevés que leur système de vision nocturne ne se déclenche à peine. Par conséquent, ils ne sont pas conscients de leur propre capacité à voir dans l'obscurité et, en partie à cause de cela, ils la craignent. Faire l'expérience du processus d'adaptation à l'obscurité et être conscient des capacités et des limites de notre système de vision est important afin d'établir une nouvelle relation avec la lumière durant les heures nocturnes.

Après l'observation des étoiles, le retour à des conditions d'éclairage normales nécessite à nouveau un processus d'adaptation. Les premières sensations d'excès de lumière sont désagréables, mais notre système visuel s'adapte plus rapidement à la lumière qu'à l'obscurité, ce qui fait que nous nous sentons vite à l'aise avec des niveaux de lumière dont nous n'avons pas vraiment besoin.

**3.3.3 Sessions de divulgation et de sensibilisation.** Lors des entretiens avec le grand public que nous avons menés tout au long du projet (et pendant de nombreuses années auparavant), nous voyons que la majorité des gens comprennent la pollution lumineuse comme un problème pour les astronomes. C'est en partie logique, puisque beaucoup de ceux qui y participent sont des astronomes. S'il est vrai que la pollution lumineuse est un problème majeur pour l'astronomie, il est encore plus vrai qu'il existe d'autres conséquences qui n'ont rien à voir avec les étoiles et qui sont importantes pour la plupart des gens.

Il est vrai que les effets sur l'environnement naturel et sur la santé humaine sont largement méconnus par la majorité de la population, et même par la communauté scientifique jusqu'à une date relativement récente. C'est pourquoi beaucoup se méfient de ce type de discours durant ces sessions lorsqu'il s'agit de parler de ces autres conséquences, surtout si c'est un astronome qui le dit. Pour parler de la lumière artificielle et de l'environnement, il faut des communicateurs issus du domaine de la biologie, pour parler des effets de la pollution lumineuse sur la santé, il faut des communicateurs issus du domaine médical, pour parler des solutions techniques permettant de réduire ou de limiter la pollution lumineuse dans une installation, il faut des communicateurs issus du domaine technique (ingénierie), pour parler des solutions législatives, il faut des législateurs et, enfin, pour parler des processus physiques à l'origine de la pollution lumineuse, de sa propagation et de ses effets sur la vision du ciel, il faut des physiciens et des astronomes.

Des professionnels d'autres domaines se joignent peu à peu à nous, mais il est vrai que les astronomes sont encore une majorité parmi ceux qui divulguent la pollution lumineuse. Il est donc difficile de dissocier ce problème des étoiles.

Et comme si cela ne suffisait pas, nous constatons encore une grande résistance à assimiler l'importance de contrôler la lumière que nous mettons en jeu la nuit. La cause en est le sentiment de sécurité procuré par l'éclairage. Nous pensons que les rues éclairées sont plus sûres que les rues sombres, et c'est vrai lorsque la plupart des espaces publics sont éclairés. Mais la lumière ne rend pas nos villes ou nos routes plus sûres, peu importe à quel point ce sentiment reste ancré dans nos cerveaux. Dans les villes où il a été décidé d'éteindre l'éclairage, le taux de criminalité a diminué. Cette affirmation n'est pas un sentiment, c'est un fait.

Nos sensations, mais aussi, souvent emportées par elles, nos opinions, ne comprennent pas les données. La plupart des gens ne veulent pas renoncer à avoir de la lumière dans les rues à toute heure de la nuit, même si la plupart du temps ils n'en profitent pas et n'ont aucune intention

de le faire. C'est une priorité pour beaucoup que les rues soient éclairées. La sauvegarde de notre sentiment de sécurité est plus importante que ce que disent les astronomes.

La disparition des paysages nocturnes naturels, ainsi que des espèces qui dépendent de l'obscurité de la nuit et puis les effets sur notre propre santé d'une utilisation incontrôlée de la lumière, tout cela ne sera pas résolu sans un débat sérieux et approfondi sur l'ensemble de ce phénomène. Et lors ce débat, tous les acteurs de la société sont nécessaires dans la recherche de solutions y compris les astronomes, mais pas seulement les astronomes.

**3.3.4 Rencontres avec des groupes de professionnels.** Ce qui a été dit dans la section précédente se reflète également dans les réunions que nous avons tenues depuis des années avec des techniciens et des responsables de l'administration. Mais également avec des professionnels dans le domaine de l'éclairage. Pour eux, dès le départ, le problème de la pollution lumineuse se résout en mettant les lampadaires pointés vers le bas. Ainsi, la lumière n'est plus envoyée dans le ciel et il n'y a plus de pollution lumineuse. Rien n'est plus éloigné de la réalité, mais c'est toujours le point de vue de départ de ceux que nous rencontrons pour la première fois. Et c'est ainsi depuis plus de 20 ans.

Cependant il est certain que la lumière atteint également le ciel lorsqu'elle se reflète sur les surfaces à éclairer. Mais ce n'est pas le plus important. Lorsqu'un lampadaire éclaire le lit d'une rivière, il produit une pollution lumineuse. La lumière qui est directement renvoyée vers une montagne, une forêt, une prairie, la mer ou la fenêtre de votre maison, produit également une pollution lumineuse. De plus, et dans tous ces cas, la lumière ne produit aucun bienfait ni ne contribue à augmenter notre sentiment de sécurité, bien au contraire, elle est néfaste.

Les professionnels de l'éclairage se doivent de diriger le changement vers un éclairage de qualité. Ce sont eux qui doivent proposer des systèmes intelligents. Des systèmes qui placent la lumière au bon endroit avec la quantité et la qualité nécessaires à la fonction qu'elle doit remplir. Il faut vaincre une fois pour toutes le système traditionnel d'éclairage par inondation de la même manière que l'on a vaincu l'irrigation par inondation dans l'agriculture, en raison de son inefficacité.

Une plus grande quantité de lumière ce n'est pas mieux, c'est plus cher, plus énergivore et plus polluant. Il faut que plus de professionnels, plus de gestionnaires publics et privés et plus de citoyens aient cette nouvelle sensibilité envers l'importance de protéger l'obscurité.

## 4. REGLEMENTATIONS EN VIGUEUR SUR LE TERRITOIRE

En termes de législation, les attitudes vis-à-vis de la pollution lumineuse en général et de l'éclairage public en particulier sont très différentes selon les diverses administrations compétentes en la matière dans la région des Pyrénées. En France, il existe une loi générale valable pour tout le pays et dont l'application dans les différents territoires est assurée par les Syndicats Mixtes de l'Énergie. En Espagne, il existe une réglementation ayant rang de Décret Royal qui s'applique dans l'ensemble du pays. De plus, les Communautés autonomes peuvent légiférer sur leur territoire (comme l'ont fait la Catalogne et la Navarre) mais ce sont les municipalités qui exécutent la plupart de l'éclairage nocturne par le biais des ordonnances correspondantes.

L'Union européenne, pour sa part, publie des directives et des recommandations qui servent généralement de guide tant aux professionnels du secteur de l'éclairage qu'aux techniciens des administrations qui rédigent les normes

### 4.1 Documentation de l'Union Européenne

Comme il apparaît dans cette section, [sur le site](#) Web du Réseau espagnol d'études sur la pollution lumineuse, nous pouvons organiser la documentation de l'Union européenne en trois catégories :

#### Stratégie sur la Biodiversité

Sur proposition de la Commission européenne, le Parlement européen a adopté en session plénière la Résolution du Parlement européen, du 9 juin 2021, sur la "Stratégie de l'UE sur la biodiversité d'ici 2030 : réintégrer la nature dans nos vies", qui sera la base de l'évolution future de la législation européenne dans ce domaine.

Les textes complets en espagnol et en français se trouvent sur ces liens : [espagnol](#) y en [français](#).

#### Critères des contrats publics écologiques

La Commission européenne a élaboré des orientations à l'intention des administrations des pays de

l'UE pour l'inclusion de critères environnementaux clairs et vérifiables pour les produits et services dans les processus de contrats publics écologiques. Dans le cas de l'éclairage public, les critères des contrats incluent la pollution lumineuse. Le projet d'élaboration de critères dans ce domaine a été coordonné par le Centre commun de recherche de la Commission européenne de 2016 à 2019.

LE DOCUMENT DE TRAVAIL DES SERVICES DE LA COMMISSION qui inclut les Critères pour les contrats publics écologiques de l'UE pour l'éclairage des routes et des feux est disponible ici en [espagnol](#) et en [français](#).

### La science pour les politiques environnementales

Science for Environment Policy est un service de la direction générale de l'environnement de la Commission européenne pour aider les responsables qui formulent les politiques à se tenir au courant des derniers résultats de la recherche environnementale, lesquels sont nécessaires pour concevoir, mettre en œuvre et réglementer des politiques efficaces.

Les fiches suivantes ont été publiées (en anglais) à propos de la pollution lumineuse :

- [Street lighting affects insect biodiversity](#) (juillet 2012)
- [Artificial light at night—the impact on plants and ecology](#) (mai 2016)
- [Moth behaviour disrupted by street lighting, may affect pollination](#) (septembre 2016)
- [Switching to LED street lighting could alter urban bat behaviour](#) (novembre 2016)
- [Nocturnal use of LEDs negatively affects freshwater microorganisms, Germany](#) (janvier 2019)
- [The 'Dark Ecological Network': strategically tackling light pollution for biodiversity and people](#) (octobre 2021) on y fait mention de ce projet des Pyrénées la Nuit.

## 4.2 La législation en France

Le texte normatif qui régleme l'éclairage dans le pays a été approuvé par l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. La version mise à jour le 2 janvier 2020 est disponible [ici](#).

Il s'agit d'une simple loi composée de neuf articles à partir de laquelle on peut souligner les points suivants :

- Une limite maximale est établie sur la quantité de lumière dans les rues.
- Les heures maximales de fonctionnement sont établies
- La température de couleur maximale de la lumière émise par les lampes est déterminée
- La proportion maximale de lumière sur l'horizontale (<1% en général) et la répartition du flux dans l'hémisphère inférieur (supérieure à 95% dans le  $3\pi/2$  sr autour de la verticale, c'est-à-dire dans le demi-cône égal à  $75.5^\circ$ )

Dans tous les cas, il s'agit explicitement de valeurs maximales, ce qui permet un éclairage plus respectueux de l'environnement et moins polluant pour les propriétaires des installations.

Pour une liste plus complète de la législation sur l'environnement nocturne, y compris celle liée à la pollution lumineuse et à l'éclairage, nous vous conseillons la rubrique « [Législation, Réglementation et normes](#) » sur le site de l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne ([ANPCEN](#)).

### 4.3 La législation en Espagne

L'éclairage extérieur est réglementé en Espagne par des arrêtés sous forme de Décret Royal, mais son application est soumise à au moins deux lois nationales et coordonnée avec la réglementation électrotechnique de basse tension, également publiée sous forme de Décret Royal.

#### Cadre législatif général

- [Ley 7/1985](#) du 2 avril, elle réglemente les bases du régime local où la compétence municipale est établie en matière de protection contre la pollution lumineuse ainsi que la prestation du service d'éclairage public.
- [Ley 34/2007](#), du 15 de novembre, sur la qualité de l'air et la protection de l'atmosphère.
- [Reglamento electrotécnico de baja tensión e ITC](#). Dernière modification le 16 mars 2022.

#### Règlementation spécifique sur l'éclairage

La norme de base qui réglemente l'éclairage en Espagne est le : [règlement sur l'efficacité énergétique des installations d'éclairage extérieur et ses instructions techniques complémentaires EA-01 à EA-07](#) publié le 19 de novembre 2008 en forme de Décret Royal 1890/2008. Par la suite, le [Guide Technique pour l'application de ce règlement](#) ainsi que les [exigences techniques requises pour les luminaires à technologie LED](#) ont été publiés qui étendent la loi RD 1890/2008 aux installations à technologie LED. Afin de compléter cette norme de base, [l'ordonnance circulaire 36/2015](#) du 24 février a également été publiée, sur les critères à appliquer à l'éclairage des routes à ciel ouvert et sur les tunnels établissant les routes du Réseau National qu'il faut illuminer et le niveau de lumière de celles-ci.

Le ministère de l'Industrie, du Commerce et du Tourisme, avec la collaboration du ministère de la Transition écologique et du Défi démographique, a présenté, pour exposition publique, [le projet de modification du décret royal 1890/2008](#). La date limite de présentation des allégations était du 21 juillet au 30 septembre 2021. Le Réseau espagnol d'études sur la pollution lumineuse a présenté un [texte révisé](#), plus progressiste et avancé, à l'élaboration duquel ont également participé des membres du partenariat Pyrénées la Nuit. A la date de rédaction de ce rapport, nous n'avons aucune nouvelle sur le processus dans lequel ce projet d'arrêté royal est actuellement en cours de traitement.

#### Règlementation spécifique pour les observatoires de l'Institut d'astrophysique des îles Canaries

En raison de l'importance de préserver les conditions du ciel de l'observatoire Roque de los Muchachos sur l'île de La Palma et de l'observatoire Izaña à Tenerife, le gouvernement espagnol a rédigé sa propre législation pour ces lieux.

- [Loi 31/1988](#), du 31 octobre, sur la protection de la qualité astronomique des observatoires de l'Institut d'astrophysique des îles Canaries.
- [Décret Royal 243/1992](#), du 13 mars, qui approuve le règlement de la loi 31/1988, du 31 octobre, sur la protection de la qualité astronomique des observatoires de l'Institut d'astrophysique des îles Canaries – modifié par [Décret Royal 580/2017](#), du 12 juin.

Pour bien l'interpréter il faut tenir compte des éléments suivants :

[Catalogue des spécifications techniques applicables aux installations d'éclairage extérieur et soumises à la loi 31/1988](#) Catalogue des spécifications techniques applicables aux installations d'éclairage

extérieur et soumises à la loi 31/1988 créée par l'Office technique pour la protection de la qualité du ciel (OTPC) de l'Institut d'astrophysique des îles Canaries.

## Réglementation pour l'évaluation de l'impact sur l'environnement

Deux lois et une résolution du Conseil des ministres régissent la réglementation pour évaluer l'impact sur l'environnement en Espagne :

- [Loi 42/2007](#), du 13 décembre, sur le Patrimoine naturel et la Biodiversité. Elle inclut l'obligation d'évaluer tout projet ayant un impact sur le Réseau Natura 2000
- [Loi 21/2013](#), du 9 décembre, sur l'évaluation environnementale. Elle inclut les émissions lumineuses dans l'Étude de l'Impact sur l'Environnement.
- [Resolución de 6 de marzo de 2017](#), de la Direction générale de la Qualité et de l'Évaluation environnementale en milieu naturel, par laquelle l'accord du Conseil des ministres du 24 février 2017 est publié approuvant les critères directeurs pour l'inclusion des taxons et des populations dans le Catalogue espagnol des espèces en danger. Elle inclut la pollution lumineuse dans la liste des menaces.

## Règlement des Communautés Autonomes dans le territoire des Pyrénées

Seules deux communautés autonomes ont légiféré sur l'éclairage public en vue de préserver les conditions naturelles de la nuit : la Catalogne et la Navarre. Les parlements du Pays basque et d'Aragon ont mené des enquêtes sur cette question mais cela ne s'est pas concrétisé par des initiatives législatives parlementaires.

**Réglementation en Catalogne** : La [Loi 6/2001](#), du 31 mai, sur la gestion de l'éclairage pour la protection de l'environnement nocturne a été la première d'une communauté autonome approuvée en Espagne. Après un processus de rédaction assez compliqué, le [décret 190/2015](#), du 25 août 2015, a été publié, mettant en œuvre la loi 6/2001, du 31 mai, sur la gestion de l'éclairage ambiant pour la protection de l'environnement nocturne. Il stipule les détails de l'application de cette loi. Cette réglementation était, au moment de son approbation, l'une des plus avancées en matière de prévention de la pollution lumineuse.

**Réglementation en Navarre** : en vigueur depuis le 1er avril 2022, la [loi forale 4/2022](#), du 22 mars, sur le changement climatique et la transition énergétique, dans sa disposition d'abrogation unique, point 2, établit :

« Les dispositions suivantes sont expressément abrogées :

- *Loi forale 10/2005, du 9 novembre, sur la gestion de l'éclairage pour la protection de l'environnement.*
- *Décret Foral 199/2007, du 17 septembre, qui approuve le Règlement pour le développement de la Loi Forale 10/2005, du 9 novembre, sur la gestion de l'éclairage pour la protection de l'environnement.*

Ces normes abrogées présentaient des caractéristiques similaires à la loi catalane, quoique le règlement qui l'a développé n'était pas aussi élaboré que dans le cas catalan. En ce qui concerne l'éclairage extérieur, la nouvelle loi forale 4/2022 fait référence à la réglementation nationale et établit certaines conditions spécifiques à la Navarre dans les articles suivants :

Article 14 : Investissements finançables, point 1.E.b).

Article 43 : Efficacité énergétique de l'éclairage extérieur.

Article 77 : Audits énergétiques dans les administrations publiques, point c).

Article 78 - Plans d'action dans le domaine de l'énergie visant à réduire la dépendance des combustibles fossiles, point 2 a).

### Normes locales. Ordonnances municipales

Les cités espagnoles sont chargées de fournir le service d'éclairage, lequel est régi par toutes les réglementations de niveau supérieur, mais qui est matérialisé par des normes qui leur sont propres. Toutes les municipalités n'ont pas forcément rédigé ces normes, cependant celles qui disposent d'un système d'éclairage d'une certaine importance et complexité le font. Les ordonnances municipales de certaines villes espagnoles dont l'éclairage touche les Pyrénées peuvent être consultées ici :

**Girona** : [ordonnance pour la prévention de la pollution lumineuse et l'éclairage extérieur](#).

**Barcelone** : L'ordonnance municipale qui régit l'éclairage de la ville ne semble pas facile à trouver sur le web. On y trouve des [informations sur l'écologie, l'urbanisme, les infrastructures et la mobilité](#).

**Lleida** : l'ordonnance sur l'éclairage n'est pas disponible sur le web. On trouve [l'ordonnance du paysage de Lerida](#) dans laquelle l'éclairage ornemental et la pollution lumineuse sont mentionnés. La dernière révision [ici](#).

**Zaragosse** : [Normes techniques municipales pour les installations de l'éclairage public](#).

**Huesca** : Non disponible sur le web.

**Logroño**: Non disponible sur le web

**Pampelune**: Non disponible sur le web

**Saint Sébastien**: Non disponible sur le web

Il est vrai que, malgré toutes les réglementations sur l'éclairage, la pollution lumineuse continue d'augmenter en Espagne à un rythme insoutenable. L'expérience montre qu'il est nécessaire d'aller au-delà du cadre réglementaire si l'on veut parvenir à une véritable maîtrise de ce type de pollution.

## 5. OBJECTIFS DU E-PLN

La Stratégie Pyrénéenne pour la Nuit vise à souligner l'importance de préserver un patrimoine naturel spécifique de notre planète : l'obscurité naturelle de la nuit.

Comme nous l'avons dit dans ce document, la dégradation de l'obscurité nocturne est en constante augmentation dans le monde entier. L'émergence de technologies plus efficaces dans la production de lumière artificielle, comme les dispositifs à semi-conducteurs électroluminescents ou les LED, loin de constituer une amélioration pour l'environnement nocturne, permet au contraire ce que l'on appelle "l'effet rebond". Elles ne produisent aucune économie d'énergie et augmentent le rendement lumineux. En d'autres termes, l'amélioration de l'efficacité est utilisée, non pas pour consommer moins d'énergie, mais pour produire plus de lumière. En outre, ces appareils qui ont la capacité de s'allumer et de s'éteindre immédiatement ainsi qu'une énorme versatilité dans le contrôle de la lumière qu'ils émettent, sont utilisés pratiquement aux mêmes fins que les anciennes lampes à décharge qu'ils remplacent : ils restent allumés toute la nuit et leur flux ne diminue à moitié que pendant l'horaire réduit. Pour un contrôle précis de la luminosité des lampes LED il faut des composants électroniques et des logiciels qui ne sont pas très abordables. La réduction de la puissance émise par les lampes permet non seulement de réaliser d'importantes économies d'argent pour les propriétaires des installations, mais aussi de prolonger la durée utile des lampes. Ces deux faits sont à l'avantage des propriétaires des installations, le plus souvent des administrations, et ils devraient en tenir compte lors de l'élaboration des cahiers des charges qui régissent l'attribution des marchés pour ce type de système.

Au vu de l'expérience accumulée tout au long de ce projet et depuis les plus de 20 ans que nous travaillons dans les domaines liés à la pollution lumineuse, il est clair qu'il existe un manque général de connaissances en la matière et, dans certains secteurs de la population, un manque d'intérêt envers ce problème. Par conséquent, dans le but de faire des progrès et ne pas arriver trop tard pour inverser certaines de ses conséquences, il faut des actions dans différents domaines visant un public cible spécifique avec des messages clairs et adaptés à chacun d'eux. Les domaines que nous considérons nécessaires afin d'aborder le problème de la pollution lumineuse de manière globale sont les suivants :

- **La recherche scientifique** pour bien caractériser le phénomène dans toute son ampleur, bien connaître toutes les conséquences qui en dérivent et pouvoir ainsi prévoir les solutions optimales à chaque cas. Il faut favoriser la création et la continuité d'équipes scientifiques afin d'étudier la pollution lumineuse dans les différents domaines de connaissance : les effets sur la santé humaine, le comportement et la santé des différentes espèces (plantes, tortues, oiseaux, insectes, poissons, coraux, mammifères, etc. ), les écosystèmes (relation entre différentes espèces), la sécurité et le sentiment de sécurité des gens, la recherche scientifique de l'univers par les professionnels et les amateurs d'astronomie, les équipes scientifiques et techniques qui développent de nouvelles solutions dans le secteur de l'éclairage, etc.
- **L'éducation** à la citoyenneté présente et future. La relation avec l'obscurité naturelle de la nuit doit être considérée comme une des options de formation du système éducatif, en particulier dans le domaine des expériences parascolaires telles que les excursions, les camps et les séjours en dehors des lieux habituels des garçons et des filles. Les expériences personnelles à un âge précoce sont un facteur déterminant dans l'éducation. Des actions de recherche adaptées aux niveaux collège et lycée peuvent également contribuer à introduire la nécessité de préserver l'obscurité naturelle de la nuit dans ces derniers cycles de formation pré-universitaire. Le [guide didactique](#) associé au documentaire du planétarium Pyrénées la Nuit est un exemple d'activités pouvant être proposées à ce type d'étudiant.
- **La diffusion** afin de sensibiliser le public : les utilisateurs de l'éclairage nocturne, les propriétaires publics et privés ainsi que les professionnels de l'éclairage. C'est une des clés pour aborder le problème car celui-ci ne sera pas résolu tant les citoyens n'accepteront pas qu'il existe. Actuellement, la population en général est très peu sensibilisée à l'utilisation de la lumière, aussi bien dans les espaces publics que privés. Il est frappant de constater que même si le changement climatique est l'un des problèmes majeurs des citoyens, cette préoccupation ne s'applique pas à la consommation d'énergie produite par la lumière la nuit. Au-delà de la grande méconnaissance générale des conséquences de la pollution lumineuse, il convient au moins d'être plus attentif au surcoût énergétique et économique généré par l'utilisation inutile de la lumière.
- **La formation de professionnels** pour la mise en place de bonnes pratiques dans le domaine de l'éclairage, en tenant compte des options offertes par les nouvelles technologies. Des progrès significatifs sont réalisés dans ce domaine dans le cadre de la formation continue des professionnels du secteur. Cependant, il existe des secteurs dans lesquels les options les plus simples du point de vue commercial et de l'exécution prévalent sur les plus adaptées au milieu où les luminaires sont installés. Il est habituel de transférer les mêmes critères des zones d'occupation urbaine intenses vers les petites villes rurales, ce qui produit des effets très néfastes sur l'environnement. Un plan de formation global pour les entreprises d'installation est nécessaire, en particulier pour celles dont le champ d'action est les populations rurales.
- **La réglementation** afin d'assurer le respect des principes qui ont été accordés, à propos d'un éclairage responsable, entre toutes les parties concernées : les scientifiques, les installateurs, les fabricants, les promoteurs, les éducateurs, les ONG, l'administration et les politiques. Ce périmètre réglementaire couvre deux domaines principaux : la législation applicable au secteur de l'éclairage et la gestion des aides publiques allouées à la fourniture de ce service. Dans les deux cas, il faut prêter attention aux particularités de chaque environnement et aux conséquences de l'introduction de la lumière la nuit. La réglementation doit répondre aux exigences de la société et aux défis qui se posent sans cesse dans un monde en constante évolution.

Trois axes thématiques sont proposés pour le développement de la stratégie pyrénéenne pour la nuit :

### **Axe n°1 : Information**

En termes de connaissance du phénomène et de ses conséquences, tout ce qui touche à la recherche est inclus, tant d'un point de vue scientifique que sociologique. Les objectifs de l'E-PLN dans ce domaine sont les suivants :

- OE1-1.** Établir les Pyrénées en tant que lieu de référence pour l'étude de la propagation de la pollution lumineuse. Nous utiliserons pour cela l'expérience et les installations de lieux emblématiques tels que le Pic du Midi, le « Parc Astronomique du Montsec » y el Planétarium de Pampelune.
- OE1-2.** Créer des lignes de recherche sur la situation des écosystèmes, des espèces pyrénéennes ainsi que de celles qui s'approchent ou traversent les Pyrénées en rapport avec la pollution lumineuse.
- OE1-3.** Créer des lignes d'étude sociologique sur la relation de la population avec la lumière et avec l'obscurité dans les différents centres urbains du milieu pyrénéen (aussi bien dans les milieux naturels que dans les grandes villes).
- OE1-4.** Créer une *Carte de la Lumière dans les Pyrénées* pour étudier les utilisations actuelles de l'éclairage nocturne. Il nous faudra des mesures nocturnes effectuées depuis le ciel et depuis des satellites.
- OE1-5.** Classer les lieux où la dégradation de l'environnement nocturne est plus intense et a un plus grand effet sur le milieu ambiant.

Tel que nous l'avons mentionné ci-dessus, nous pensons qu'il est important de connaître le phénomène ainsi que ses conséquences et de le transmettre à la société et, plus précisément, aux groupes qui sont concernés. Les objectifs de l'E-PLN dans la diffusion des informations sont :

- OE1-6.** La création d'un programme d'activités éducatives transfrontalières avec des contenus intégrant les valeurs de la nuit.
- OE1-7.** La création d'un programme de formation intelligent et respectueux de l'environnement nocturne, destiné aux professionnels du secteur de l'éclairage, les techniciens et les gestionnaires municipaux et régionaux.
- OE1-8.** Création d'une ligne d'activités divulgatrices destinées à la population et axées sur l'importance de préserver la nuit. Cette ligne doit inclure d'autres aspects de la pollution lumineuse et non seulement celui lié à l'astronomie et au ciel étoilé. L'environnement, la sécurité publique, la santé des personnes ou la consommation d'énergie, entre autres, doivent faire partie du contenu de cette campagne de diffusion. Cette ligne comprend des activités telles que la production de documentaires et de matériel graphique, des séries de conférences, des excursions et des promenades nocturnes en groupe, des ateliers, des colloques, des conférences, etc.

### **Axe n° 2 : Action**

La décontamination lumineuse des Pyrénées ne se fera que si des actions sont articulées sur les sources lumineuses qui la produisent. La solution globale prendra sans doute des années et elle nécessitera un grand consensus entre tous les acteurs impliqués mais aussi la collaboration des administrations qui se trouvent en dehors du territoire pyrénéen. À court terme, et au début du processus, l'E-PLN projette les objectifs suivants pour le plan d'action :

- OE2-1.** Élaboration d'un plan d'action pour les communes situées dans des zones particulièrement

sensibles à la pollution lumineuse.

- OE2-2.** Création d'une ligne préférentielle d'aide à la rénovation de l'éclairage de ces lieux avec des critères environnementaux.
- OE2-3.** Création de modèles de documentation officielle pour les spécifications et les contrats liés à l'éclairage.
- OE2-4.** Exécution d'un plan global de changement d'éclairage dans des municipalités sélectionnées avec une attention particulière à la perception sociale de l'initiative et à l'évolution des sensations, des opinions et des données objectives après le changement.
- OE2-5.** Création d'un label propre pour la catégorisation des points lumineux en fonction de leur conformité pour leur installation dans les différents territoires pyrénéens.

L'objectif à long terme est d'avoir un éclairage et une utilisation de la lumière pendant la nuit qui permettent aux Pyrénées de revenir à un état d'obscurité naturelle, sans pour autant nuire à l'illumination des rues des villes, lorsque cela est nécessaire.

### Axe n° 3 : Réglementation

Tel que nous l'avons vu ci-dessus, il existe actuellement une grande différence entre les réglementations au nord et au sud des Pyrénées. Étant donné que la lumière ne connaît pas de frontières administratives et que ses effets s'étendent à l'ensemble des Pyrénées, nous pensons qu'il est important d'harmoniser la législation applicable à l'ensemble du territoire pyrénéen.

Il est évident que, pour qu'une législation serve les intérêts de la population et soit appliquée efficacement, elle doit naître d'un consensus entre les parties concernées par la matière à légiférer. Dans le cas de l'éclairage public nous sommes tous concernés. C'est pourquoi il est si important de baser les objectifs de cet axe 3 sur les conclusions tirées des processus de l'axe 2. Parallèlement, la réglementation doit pouvoir recueillir les recommandations qui émanent des études scientifiques de l'axe 1.

#### Principes directeurs pour la réglementation de la lutte contre la pollution lumineuse.

Nous pensons qu'il est important de définir les lignes directrices qui devraient régir les réglementations avancées pour un contrôle efficace de la pollution lumineuse, car il s'agit d'un problème transversal qui affecte de multiples domaines et dont les conséquences dépassent les frontières municipales. Selon l'état actuel de la science et de la technologie, un contrôle et une réduction efficaces de la pollution lumineuse doivent être basés sur les principes suivants :

- **Approche intégrale.** La pollution lumineuse doit être abordée avec une approche globale visant la protection de l'environnement et de la biodiversité, l'ergonomie visuelle, la réduction de la consommation totale d'énergie, la promotion de la santé publique, l'amélioration de la sécurité routière, la conservation et l'enrichissement du patrimoine culturel. Le coût total des nouvelles installations doit également être évalué, y compris les empreintes carbone de la fabrication et du recyclage des nouveaux éléments et de ceux qui sont enlevés.
- **Intégrer la perspective de genre dans la sensation de sécurité.** La perception de sécurité et les craintes associées à l'obscurité est bien différente chez les femmes. Le regard féminin doit être pris en compte lors de la conception d'une régulation utile afin de résoudre les problèmes dérivés de ces sensations lesquelles conditionnent le comportement de plus de la moitié de la population.
- **Inter-territorialité.** Les photons ne connaissent pas de frontières et les effets de la pollution lumineuse

se font sentir parfois à des dizaines voire des centaines de kilomètres loin des sources. La planification des émissions lumineuses doit tenir compte non seulement des effets polluants qu'elles provoquent dans l'environnement le plus proche, mais aussi de ceux qu'elles génèrent sur de longues distances.

- **Gestion de la lumière artificielle durant la nuit en tant qu'agent polluant.** Sont considérés comme agents polluants les particules de matériaux et celles d'énergie produites par l'activité humaine qui sont présents dans l'environnement en quantités ou concentrations supérieures à celles naturelles. Ils causent, ou sont considérés comme pouvant raisonnablement causer, des dommages aux êtres vivants, y compris les humains. L'altération de la perception des valeurs du patrimoine culturel matériel et immatériel est aussi considérée comme une nouvelle forme de pollution.

La lumière artificielle durant la nuit est une ressource non seulement utile mais essentielle à la vie moderne. Mais elle est aussi, comme tant d'autres ressources utiles, un exemple d'agent polluant classique qui répond pleinement aux exigences indiquées au paragraphe précédent. Même lors d'une installation d'éclairage idéale et techniquement parfaite, les yeux de chaque utilisateur captent moins d'un photon sur les vingt millions de photons réfléchis par le trottoir et les façades. Le reste des particules de lumière se retrouvent dans des endroits indésirables. Toute la lumière artificielle n'atteint pas la destination pour laquelle elle a été produite, c'est-à-dire la rétine des personnes qui veulent voir. La lumière artificielle la nuit est, non seulement une ressource essentielle, mais aussi un agent polluant, et c'est ainsi qu'elle doit être gérée.

- **Utilisation de la moindre quantité de lumière.** La lumière artificielle nocturne étant un agent polluant, elle doit être utilisée selon le principe des émissions minimales (As Low As Reasonably Achievable). L'option générale par défaut doit être l'absence d'éclairage. La nécessité de nouvelles installations et leurs niveaux d'éclairage doivent être justifiés, et non à l'inverse.
- **Utilisation d'indicateurs d'effets finaux.** Les effets négatifs de la pollution lumineuse sont décrits par des indicateurs d'effets finaux, tels que, entre autres, la luminosité artificielle du ciel, l'irradiance spectrale à laquelle est soumise une certaine zone naturelle, l'éblouissement, l'illumination sur les fenêtres des maisons ou l'exposition des personnes à la lumière de certaines bandes spectrales.
- **Contrôle de l'effet cumulé de toutes les installations.** La gravité de la pollution lumineuse à chaque endroit dépend de la quantité totale de lumière artificielle qui y est présente, et celle-ci est à son tour donnée par la somme de celle produite par toutes les installations qui l'affectent. Le contrôle efficace de la pollution lumineuse ne peut se faire en s'intéressant simplement à l'effet produit par une installation spécifique, mais plutôt à l'effet cumulé dû à l'ensemble d'entre elles et qui doit être évalué conjointement. Maintenir les niveaux de pollution lumineuse dans des limites acceptables implique nécessairement de garder les émissions lumineuses totales en dessous des limites maximales, lesquelles dépendent de ce qui précède.
- **Contrôle de l'effet cumulé de tous les types d'éclairage.** Le cumul des effets indiqués au paragraphe précédent est produit par l'action conjointe de tous les types de lumières qui affectent un lieu donné (par exemple, la façade d'un immeuble d'habitation) y compris l'illumination publique et ornementale ainsi que toutes autres sources lumineuses installées sur des terrains publics ou privés, ou dans les intérieurs dont les émissions atteignent l'extérieur, y compris l'éclairage commercial et industriel, les fenêtres des bâtiments résidentiels, et autres, ainsi que les enseignes et publicités lumineuses et l'illumination festive en tout genre. Lors de l'évaluation du dépassement ou non des niveaux maximaux admissibles de pollution lumineuse, l'effet combiné de tous les types d'éclairage doit être pris en considération.
- **Planification à long terme.** Afin de maintenir les niveaux de pollution lumineuse dans des limites

raisonnables il faut physiquement ne pas dépasser certaines barrières maximales d'émission. Les Administrations publiques compétentes en la matière sur chaque territoire doivent gérer, au moyen d'une planification à long terme, les émissions disponibles. La répartition des quantités maximales d'émission lumineuse, entre les unités territoriales chargées de leur gestion, doit se faire en tenant compte des critères de durabilité environnementale et sociale, tout en accordant une attention particulière aux besoins des différentes communautés et secteurs sociaux.

- **Surveillance des niveaux de pollution.** Les niveaux de pollution lumineuse doivent être contrôlés en permanence par le biais d'une instrumentation adéquate, au même titre que le suivi des niveaux sonores ou de la concentration d'autres polluants atmosphériques (gaz et particules de matériaux). Des exemples de variables pertinentes sont la luminosité du ciel nocturne dans des bandes photométriques standard, le reflet au sol dans des bandes photométriques d'intérêt écologique ou le nombre total de lumens émis dans la région bleue du spectre.
- **Responsabilité.** Les propriétaires des installations et les Administrations Publiques chargées de les superviser doivent être clairement identifiés, ainsi que les mécanismes disponibles pour assurer le respect des dispositions réglementaires.
- **Transparence et information publique.** Les informations à propos des niveaux de pollution lumineuse doivent être accessibles aux citoyens, à la communauté des chercheurs et aux acteurs sociaux concernés, au même titre et par les mêmes moyens que les renseignements sur les autres paramètres de la qualité de l'environnement.

Avec ces principes recteurs, les objectifs en matière de législation du E-PLN peuvent être fixés en obtenant un consensus général sur le territoire et celui-ci aboutir à l'accord d'un texte commun sur l'éclairage nocturne.

**OE3-1. Rédaction d'une étude juridique complète sur la réglementation en vigueur dans les Pyrénées en matière d'éclairage nocturne.** Il faudra identifier les éléments communs, les différentiels et inclure les recommandations de l'Union Européenne et de la [Commission Internationale de l'Eclairage](#) (CIE).

**OE3-2. Création d'un groupe de travail transfrontalier et pluridisciplinaire pour l'élaboration d'une proposition de réglementation spécifique aux territoires pyrénéens** répondant aux besoins identifiés dans les études menées au PLN et autres. Le groupe de travail initial devrait être composé de représentants des différents secteurs liés à l'éclairage : fabricants, installateurs, techniciens de l'environnement, techniciens de l'administration, techniciens des services d'éclairage et de sécurité civile... et bien sûr, des astronomes.

**OE3-3.** Initier le processus de négociation avec les États, les communautés/régions autonomes et les élus municipaux pour établir l'intérêt et la portée accordés, qui doteront le territoire pyrénéen d'une réglementation commune en matière d'éclairage, juridiquement viable et utile pour l'environnement.

**OE3-4.** Créer un texte d'ordonnance municipale basé sur les conclusions des actions pilotes (4ème objectif de l'Axe 2 : **OE2-4**) qui puisse servir de modèle aux actions futures dans les communes pyrénéennes.

## 6. ALIGNEMENT AVEC L'EPiCC

Sur la page web de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique ([OPCC](#)) de la Communauté de Travail des Pyrénées ([CTP](#)), on peut télécharger le document de la Stratégie Pyrénéenne pour le Changement Climatique ([EPiCC](#)). Dans le texte récapitulatif en guise d'introduction, il est écrit :

*« Les Pyrénées sont une biorégion de montagne particulièrement vulnérable aux effets du changement climatique. Les zones de montagne, en général, sont des endroits où l'on trouve une grande diversité d'écosystèmes, et malheureusement, où la température annuelle moyenne augmente plus rapidement que la moyenne mondiale. Le changement climatique a un impact majeur sur les systèmes biophysiques et socio-économiques, tels que la flore, la faune, les ressources en eau, l'énergie, le tourisme ou l'agro-pastoralisme.*

*C'est pourquoi il est urgent de mettre en œuvre des politiques climatiques et les sept territoires pyrénéens de France, d'Espagne et d'Andorre disposent d'orientations spécifiques à cet égard. Toutefois, la plupart d'entre eux ne tiennent pas compte de deux facteurs de différenciation : l'approche transfrontalière et le caractère spécifique de montagne. La stratégie pyrénéenne du changement climatique EPiCC fournit un cadre complémentaire aux stratégies existantes qui tient compte de ces deux éléments caractéristiques.*

*L'EPiCC a été construite et développée grâce à la coopération et à la contribution d'une centaine de personnes issues des sphères socio-économiques, politiques et scientifiques. Cette stratégie vise à prendre en compte toutes les contributions pertinentes des sept territoires frontaliers. Ce document a été élaboré entre juin 2020 et septembre 2021, grâce à un processus inclusif et participatif qui a enrichi l'EPiCC des suggestions et des avis représentatifs de la majorité des acteurs pyrénéens. Les bases de cette nouvelle stratégie transfrontalière pour les Pyrénées en matière de changement climatique sont résumées ci-après. »*

L'E-PLN partage avec l'EPiCC l'identification d'un besoin spécifique du territoire pyrénéen dans les matières qu'ils traitent : la protection de la nuit en premier lieu puis les actions contre le changement climatique en second. Étant donné que le changement climatique est le problème le plus complexe et,

peut-être, celui qui a les plus grandes conséquences pour notre civilisation, nous pouvons comprendre l'E-PLN comme étant une petite branche de l'EPiCC avec laquelle il partage les principes et les objectifs. Cependant, l'existence d'éléments différentiels pour la protection de l'obscurité naturelle de la nuit justifie l'élaboration spécifique de ce document stratégique.

*Les bases de la nouvelle stratégie transfrontalière de lutte contre le changement climatique dans les Pyrénées peuvent être regroupées selon les éléments suivants :*

- **UNE VISION pour 2050** : en 2050 les Pyrénées seront un territoire résistant aux effets du changement climatique.
- **5 PRINCIPES FONDAMENTAUX** qui font référence à la coopération transfrontalière ; à la génération et au transfert de connaissances, aux actions innovantes, aux actions en synergie avec d'autres stratégies, et à la visibilité des Pyrénées en Europe et dans le monde.
- **5 OBJECTIFS STRATÉGIQUES** liés au développement des connaissances, à la gestion durable de la biodiversité et des ressources naturelles, à la contribution à la transition écologique et juste, à la gestion cohérente du territoire au regard des risques liés au changement climatique, et à la contribution à une gouvernance qui favorise l'échange de connaissances, la coopération et la coordination.
- Une stratégie qui s'organise autour de **5 SYSTEMES** et **15 DEFIS** et qui sera mise en œuvre au travers de plans d'action à échéance 2030 et 2050.
- **L'EPiCC repose sur un nouveau système de gouvernance**, particulièrement important pour la réalisation des objectifs et des progrès proposés, un système dynamique capable de promouvoir la coordination horizontale avec d'autres politiques sectorielles (liées au changement climatique), la coordination verticale (avec les stratégies et les politiques définies au niveau des États et de l'Europe et les accords mondiaux) et territoriale (avec les stratégies régionales et locales). En même temps, la gouvernance de l'EPiCC doit intégrer la grande diversité des acteurs et entités scientifiques, économiques, sociales et politiques des Pyrénées et permettre de tisser des relations qui s'adaptent à tout moment aux besoins et aux changements requis par un avenir incertain.

L'E-PLN peut aider à atteindre le premier grand défi de l'EPiCC : la résistance aux effets du changement climatique d'ici 2050. Il serait souhaitable, et c'est faisable, que d'ici 15 ans l'état d'obscurité des Pyrénées se soit amélioré substantiellement à la suite de la mise en œuvre des politiques proposées dans cette stratégie. Si cela est fait d'ici 2040, la consommation d'énergie dérivée de l'éclairage aura considérablement diminuée puisqu'une utilisation optimisée de la lumière sera effectuée. Si quelque chose est bien clair au cours de ces années d'études et d'actions en faveur de l'obscurité de la nuit, c'est que les politiques efficaces de contrôle de la pollution lumineuse produisent d'importantes économies d'énergie. Mais par contre, si le but de la politique d'éclairage nocturne est l'économie d'énergie et l'efficacité, à court terme la pollution lumineuse monte en flèche (car on produit plus de lumière avec moins d'énergie) et, en peu de temps, l'effet rebond bien connu apparaît, ce qui conduit les municipalités à augmenter la surface éclairée et sa puissance, et qui se traduit par une consommation énergétique totale plus élevée.

On trouve également dans E-PLN les 5 principes fondateurs de l'EPiCC en tant qu'éléments de base pour parvenir à une relation durable, utile et efficace entre l'obscurité naturelle de la nuit et la présence nécessaire de lumière artificielle dans les espaces qui le requièrent.

La coopération transfrontalière est essentielle au contrôle de la pollution lumineuse car la propagation de la lumière dans l'atmosphère ne connaît pas de frontières. La génération et le transfert de connaissances apparaissent explicitement dans l'E-PLN à travers les objectifs de l'Axe 1 : Information (OE1-1 à OE1-8).

Les actions innovantes apparaissent également explicitement dans l'Axe 2 : Action (objectifs SO2-1 à SO2-5). La prise en compte de ce point 6 de l'E-PLN montre déjà les synergies de cette stratégie avec l'EPiCC et de nouvelles opportunités de collaboration avec d'autres projets apparaissent, notamment ceux à caractère environnemental qui affectent les espèces et les écosystèmes (objectifs de l'Axe 1 : Information, OE1-2 à OE1-4). Enfin, le premier des objectifs de l'Axe 1 : Information, renvoie spécifiquement au principe fondamental de l'EPiCC sur la visibilité des Pyrénées en Europe et dans le Monde.

Concernant les 5 objectifs stratégiques déclarés dans l'EPiCC, force est de constater que les trois axes définis dans cet E-PLN : Information, Action et Réglementation, y sont parfaitement alignés. Il ne peut en être autrement, puisque les deux documents poursuivent un objectif commun, une vision qui met l'accent sur le respect de l'environnement et l'utilisation durable et raisonnable des ressources naturelles, car le progrès de la société est inévitablement lié à notre milieu ambiant, dans ce cas les Pyrénées.

Dans l'EPiCC nous abordons 5 systèmes et 15 enjeux pour faire face au changement climatique dans les Pyrénées. Une structure d'organisation différente pourrait être créée pour relever le défi de la lutte contre la pollution lumineuse, mais il est également possible de tirer parti de la même approche systémique, avec ses nuances et singularités, proposée dans l'EPiCC pour l'E-PLN.

Les deux enjeux liés au Système 1 le climat peuvent être directement assumés par cet E-PLN, comme cela a déjà été dit à travers les objectifs OE1-1 et OE1-4 de l'Axe 1 : Information. Ce Système 1. Climat de l'EPiCC peut être associé à la notion de densité de photons artificiels présents dans l'atmosphère à un instant donné, puisque toutes les sources lumineuses contribuent à celle-ci quel que soit l'appareil qui l'émet, l'emplacement ou la fonction pour laquelle il a été installé. Le deuxième défi : profiter des réseaux internationaux pour rendre visible la vulnérabilité des montagnes face au changement climatique, serait adapté au cas de la lumière avec le titre : Profiter des réseaux internationaux pour rendre visible les particularités des Pyrénées face à la pollution lumineuse. Dans ce défi, on mettrait l'accent sur la grande différence qui existe entre les versants nord et sud de l'environnement pyrénéen due à l'orographie très diverse du terrain. De ce fait, la lumière de nombreuses villes françaises est visible directement depuis les sommets, ce qui est beaucoup moins courant sur les versants sud en raison de la présence de multiples systèmes pré-pyrénéens.

En référence au système 2. *Espaces naturels résilients*, l'enjeu 4 est directement exploitable : *Lutter contre la perte progressive de biodiversité due à la pollution lumineuse*. Les autres défis sont typiques du changement climatique. Dans ce dispositif 2. l'E-PLN ajouterait un nouvel enjeu lié aux espèces qui traversent ou s'approchent temporairement des Pyrénées : s'assurer que leur transit ne soit pas altéré par la pollution lumineuse.

Les systèmes 3. *Économie de montagne adaptée* et 4. *Population et territoire* sont valables du point de vue de l'E-PLN avec un regard jeté sur les possibilités offertes par l'astro-tourisme en particulier et le tourisme écologique en général.

Enfin, en matière de gouvernance, l'expérience nous a démontré que l'existence d'un bureau technique dédié à la lutte contre la pollution lumineuse est indispensable. Quelque chose de semblable à l'OPCC, mais ayant une dimension adaptée à ses fonctions, et qui pourrait s'appeler *l'Observatoire Pyrénéen de la Pollution Lumineuse OPCL*, pour garder une cohérence avec ce qui existe déjà.

## 7. MANUEL DE BONNES PRATIQUES POUR L'ÉCLAIRAGE

Le document de travail des services de la Commission Européenne qui définit les [Critères pour les contrats publics écologiques de l'UE pour l'éclairage des routes et des feux de signalisation](#), énonce de façon très claire et à plusieurs reprises le principe qui doit régir l'éclairage extérieur :

**Durant la nuit, il faut utiliser le niveau de lumière le plus bas possible** (en anglais : *ALARA, As Low As Reasonably Achievable*)

Le concept est hérité de l'exposition à la radioactivité (rayonnements ionisants) où on traite systématiquement avec les doses maximales de rayonnement acceptables d'un point de vue sanitaire. C'est la première fois qu'un document d'une telle portée identifie l'exposition à la lumière avec les effets qu'elle peut provoquer dans l'environnement et dans les organismes. De toute évidence, la lumière des réverbères a une fonction visuelle pour l'homme qui, contrairement à la radioactivité, la rend utile afin de prolonger l'activité nocturne de nos populations. Parallèlement, la disparition de l'obscurité naturelle de la nuit a des effets néfastes qui obligent à minimiser l'émission de lumière et donc à tenir compte du principe ALARA.

L'éclairage étant un service relié à une installation électrique préalable et dépendant d'elle, il est indispensable de connaître l'état de ce câblage et de tous les éléments qui la composent. Il faut connaître l'installation électrique à laquelle le système va être relié avant d'effectuer des travaux d'illumination. A cette fin, il est recommandé de réaliser un audit électrique comme étape préalable à l'étude, la conception et la réalisation de l'installation d'éclairage. En Navarre, cette documentation est déjà exigée pour pouvoir accéder aux subventions publiques pour la rénovation de l'éclairage.

Quant au système d'éclairage lui-même, avant de proposer la rénovation d'une installation en service, il convient de faire quelques considérations préalables qui nous renseigneront sur l'opportunité ou non de l'opération. En de nombreuses occasions, il suffit de remplacer la puissance des lampes pour réaliser d'importantes économies d'énergie ainsi qu'une réduction de la pollution lumineuse. C'est le cas de la mairie de Madrid, qui a remplacé les lampes à sodium à haute pression de 250 W par d'autres de 150 dans

de nombreuses rues du centre de la capitale, réduisant ainsi l'éblouissement du halo de lumière de la ville avec un investissement minimum et profitant au maximum de l'installation qui était, et est toujours, en parfait état. Le coût énergétique des nouvelles installations et le recyclage des installations obsolètes doivent également être inclus dans les émissions totales qui contribuent au changement climatique.

C'est le cas inverse que l'on observe dans certaines communes des Pyrénées, avec des installations d'éclairage obsolètes et en mauvais état comprenant des lampes à vapeur de mercure très usées, à très faible efficacité lumineuse et, comme le démontrent toutes les études, qui sont très nocives pour les espèces nocturnes. Ces installations doivent être en priorité dans tous les plans de rénovation de l'éclairage y compris les subventions publiques.

Avec ces principes généraux à propos de l'utilisation efficace de la lumière et l'état des installations actuelles, nous pouvons dresser une liste de bonnes pratiques en matière d'éclairage nocturne.

## 7.1. Type de lumière

Le critère général préconisé par le partenariat PLN est d'utiliser une **lumière chaude** la nuit. On entend par « lumière chaude » celle qui possède une composante minimale de lumière bleue, la plus nocive pour l'environnement nocturne.

La meilleure description de chaque type de lumière est son spectre, c'est-à-dire la quantité d'énergie qu'elle contient à chaque longueur d'onde. Ce concept a peu d'utilité pratique lorsqu'il s'agit de décrire, de manière simple, le type de lumière produite par une lampe. Pour cette raison, certains paramètres sont généralement utilisés pour se faire une idée de l'apparence de cette lumière. La plus utilisée est la **température de couleur corrélée** (CCT), qui indique la température en Kelvin du corps noir dont la lumière a la couleur la plus proche. Malgré le fait que la grande majorité des lampes sur le marché ne produisent pas de lumière suivant les principes du corps noir, ce paramètre est toujours utilisé. Cette température de couleur nous renseigne, approximativement, sur la quantité de composante bleue que porte la lumière de la lampe. Ainsi, nous disons que :

**Les luminaires qui émettent une lumière supérieure à 3000 K ne conviennent pas à l'éclairage d'espaces extérieurs à usage général.**

Bien que son utilisation ne se soit pas encore très répandue, nous considérons beaucoup plus utile et précis l'indice **G** ([Indice G, \(here in English\)](#)) qui mesure la quantité de lumière bleue émise par une lampe par unité de lumière visible totale émise. De cette manière, la valeur de G est d'autant plus élevée que la quantité de lumière bleue émise par la lampe est faible. La Commission européenne, dans sa publication Green Public Procurement of Road Lighting, recommande l'utilisation de l'**indice spectral G** pour quantifier et limiter la quantité de lumière bleue. En utilisant le G-Index, le partenariat PLN conclut que :

**Le critère pour choisir la lumière la plus appropriée la nuit dans les espaces extérieurs à usage général est  $G \geq 1,5$ .**

Il existe sur le marché différentes LED étiquetées avec le même CCT, mais qui donnent des valeurs différentes de l'*indice G*. Concrètement, toutes les LED étiquetées avec CCT 3 000K ne répondent pas au critère  $G \geq 1,5$ , mais il en existe sur le marché LED 3 000 K qui sont conformes. Étant donné que la composante bleue de la lumière est celle qui a le plus d'effets sur la santé et l'environnement, nous pensons que le critère *G Index* devrait prévaloir sur celui du CCT, puisque G indique la proportion de lumière bleue sur la lumière visible totale émise

Ce critère général d'utilisation doit être adapté aux espaces et situations dans lesquels les luminaires sont installés. Ce n'est pas pareil d'avoir à éclairer une rue centrale d'une grande ville, à une heure de forte fréquentation nocturne, qu'une ville de moins de 100 habitants, située dans un environnement à haute valeur écologique dans les Pyrénées. Les critères d'éclairage dans les deux cas doivent être adaptés aux besoins réels d'utilisation et à l'impact environnemental qu'ils engendrent.

En ce qui concerne le type de lumière, si nous classons le territoire dans les zones E1 à E4, comme le fait la réglementation espagnole, nous pensons qu'un point de départ peut être la proposition suivante :

Zona lumineuse	Description (RD 1890/2006)	Indice G	Exemples de lampes existant sur le marché répondant au critère :
E1	<b>Zones à ambiances ou paysages sombres</b> : Observatoires astronomiques de catégorie internationale, parcs nationaux, espaces d'intérêt naturel, zones de protection spéciale (Réseau Natura, zones de protection des oiseaux, etc.), où les routes ne sont pas éclairées.	$\geq 3,5$	LED IGPCAM: $G=6,4 / CCT=1726K$ LED pc_ambre: $G=5,1 / CCT=1728K$ LED ATP_Nichia_PCamber: $G=4,5 / CCT=1724K$ LED ATP_CREE_PCamber: $G=5,1 / CCT=1936K$ LED PC ambre RONCAL2: $G=5,2 / CCT 1727K$ VSBP: $G=3,8 / CCT=1834K$
E2	<b>Zones à brillance ou à faible clarté</b> : zones périurbaines ou à la périphérie des villes, terrains non bâtis, zones rurales et secteurs généralement situés en dehors des zones urbaines résidentielles ou industrielles, où les routes sont éclairées.	$\geq 2,0$	LED pc_ambre: $G=5,1 / CCT=1728K$ VSAP: $G=2,2 / CCT=2010K$ LED: $G=2,1 / CCT=2244K$ LED 2200K IBIL2: $G=2,3 / CCT 2200K$
E3	<b>Zones à brillance ou luminosité moyenne</b> : Zones résidentielles urbaines où les voies de circulation (routes et trottoirs) sont éclairées.	$\geq 1,5$	LED 2200K IBIL2: $G=2,3 / CCT 2200K$ VSAP: $G=2,2 / CCT=2010K$ LSPDD LED 3000: $G=1,6 / CCT=2929K$ LSPDD LED 3000b: $G=1,51 / CCT=2948K$ LED IG 3000: $G=1,56 / CCT=3017K$
E4	<b>Zones à brillance ou forte luminosité</b> : centres urbains, zones résidentielles, secteurs commerciaux et de loisir ayant une forte activité durant les heures nocturnes.	$\geq 1,5$	LED 2200K IBIL2: $G=2,3 / CCT 2200K$ VSAP: $G=2,2 / CCT=2010K$ LSPDD LED 3000: $G=1,6 / CCT=2929K$ LSPDD LED 3000b: $G=1,51 / CCT=2948K$ LED IG 3000: $G=1,56 / CCT=3017K$

Ce tableau ne tient pas compte des besoins spécifiques des centres astronomiques professionnels situés dans les Pyrénées (Pic du Midi et Sierra del Montsec). Pour eux, il est important de limiter la largeur de bande de la lumière émise dans les endroits proches. Les astronomes de ces observatoires présenteront leurs besoins, en s'appuyant sur l'expérience d'autres collègues de centres similaires tels que l'observatoire de Roque de los Muchachos, Calar Alto, Haute-Provence, etc.

## 7.2. Quantité de lumière

La quantité de lumière émise par les lampadaires est directement liée à la consommation d'énergie. Plus de lumière signifie donc plus de consommation, plus de dépenses et plus de pollution lumineuse. C'est pour cette raison qu'il faut contrôler l'intensité lumineuse de l'éclairage pendant les

heures de la nuit, comme le reflète le principe **ALARA** ci-dessus.

La proposition des niveaux d'éclairage maximum pour les différents types de routes faite par ce partenariat se trouve dans le [document d'allégations au PRD éclairage ITC-EA-02 pages 27 à 42](#). Valeurs correspondantes à l'éclairage routier, aux illuminations spéciales, ornementales, de surveillance et de sécurité nocturne, signaux et panneaux lumineux, festifs, de Noël et aéronautique. Les niveaux maximaux d'éblouissement dans l'éclairage public fonctionnel et ambiant sont également spécifiés ainsi que dans d'autres installations.

### 7.3. Contrôle des surfaces directement éclairées

En règle générale pour les luminaires dédiés à l'éclairage nocturne, nous recommandons d'appliquer les instructions incluses dans la [loi de la République française](#) :

*« La proportion maximale de lumière sur l'horizontale doit être inférieure à 1% du total émis par le luminaire (en général) et la répartition du flux dans l'hémisphère inférieur doit être telle que plus de 95% doivent être inclus dans le  $3\pi/2$  sr autour de la verticale, c'est-à-dire dans le cône avec un demi-angle égal à  $75,5^\circ$ . De cette façon, on évite l'émission d'une quantité importante de lumière dans les directions les plus polluantes et produisant le plus d'éblouissement, comme celles proches de l'horizontale ».*

Chaque lampadaire ou système d'éclairage doit avoir sa zone d'influence bien définie, c'est-à-dire les surfaces auxquelles il prétend envoyer la lumière directement. Si les conditions de conception du luminaire ne sont pas suffisantes pour l'éviter, des visières, des pare-lumière ou autres éléments nécessaires seront installés afin d'éviter la lumière directe sur les fenêtres des bâtiments, les rivières, les zones humides, les forêts, les plages, la mer, les champs agricoles, etc.

Étant donné que la lumière réfléchiée par les surfaces éclairées inonde tout le milieu ambiant, il est très important de pouvoir contrôler jusqu'où va la lumière directe des luminaires. Ce facteur, ainsi que le contrôle du type de lumière, de l'intensité (niveaux) et des heures d'utilisation, sont les clés d'un éclairage correct, c'est-à-dire qu'il est utile aux fins pour lesquelles il a été installé et pour en même temps minimiser la pollution lumineuse qu'il produit inévitablement.

### 7.4. Contrôle des horaires

Parmi les 4000 heures par an pendant lesquelles l'éclairage est allumé, une grande partie de ce temps il n'y a personne dans la rue pour en profiter. L'occupation des rues pendant les nuits qui finissent en semaine est très faible et, dans de nombreuses villes des zones rurales également pendant les jours fériés. C'est pour cette raison que l'on réduit le flux émis par les lampadaires à partir d'une certaine heure la nuit.

L'arrivée des installations à LED présente un avantage important par rapport aux lampes à décharge traditionnelles : elles permettent un allumage instantané et un contrôle très précis de la quantité de lumière qu'elles produisent. Tirer parti de ces propriétés des LED peut aider à contrôler la pollution lumineuse sans nuire au service.

Ces dernières années, l'association française [ANPCEN](#) a créé la marque [Villes et Villages Étoilés](#), qui certifie les collectivités et territoires impliqués dans l'amélioration de la qualité de l'environnement nocturne, aussi bien pour les personnes que pour la biodiversité. On y propose la réduction de la pollution lumineuse, de la consommation d'énergie, du coût de la facture d'électricité ainsi que la sensibilisation des habitants aux différents aspects de la pollution lumineuse. Certaines municipalités adhérant à cette initiative décident même d'éteindre complètement l'éclairage pendant les heures

centrales de la nuit. Cela a du sens, car dans de nombreux endroits, l'occupation de la rue est minime et maintenir l'éclairage ne rapporte aucune utilité. L'installation d'interrupteurs temporisés, ou de détecteurs de présence pour allumer les luminaires LED à la demande pourrait même être envisagée. De cette façon, un service d'éclairage opérationnel serait garanti, mais il ne serait utilisé qu'en cas de besoin.

La réduction du flux pendant les heures centrales de la nuit est une pratique qui doit s'appliquer à toutes les installations d'éclairage, quelle que soit leur puissance. Dans les communes rurales, celui-ci devrait être réduit de plus de 50% et il faudrait ouvrir la possibilité d'une extinction totale si la commune en fait la demande.

Les études environnementales doivent établir les moments particulièrement sensibles du point de vue des effets de la lumière artificielle sur les espèces. Par exemple, les études de PLN à propos des effets sur les macrolépidoptères nocturnes, cités ci-dessus dans ce document, recommandent tout spécialement de réduire la puissance des lampadaires durant les mois où les papillons de nuit sont les plus actifs. Dans tous les endroits où la présence de *Graellsia isabellae* a été répertoriée, les municipalités devraient limiter un maximum leur éclairage pendant les mois de mai et juin. Il en va de même avec le [vol des éphémères en été](#) ou avec les périodes de passage des oiseaux migrateurs dans les Pyrénées, aussi bien au printemps qu'en automne.

En ce qui concerne l'éclairage ornemental, la législation de Navarre ([loi Foral 4/2022](#), du 22 mars, sur le changement climatique et la transition énergétique) dans son article 43 : Efficacité énergétique dans l'éclairage extérieur, point 8 déclare :

*Tous les éclairages décoratifs, publicitaires et commerciaux doivent rester éteints pendant la période de la nuit où l'activité diminue. Sauf exceptions et en cas de force majeure, le début de cet horaire réduit ne pourra excéder minuit. Les exceptions seront déterminées par voie réglementaire par le département compétent en matière d'énergie.*

Nous sommes d'accord avec ce critère mais pas quant à la dernière phrase. Il nous semble que les exceptions à éteindre l'illumination ornementale pendant les heures de flux réduit devraient être approuvées par le département qui s'occupe de l'environnement et non pas par celui de l'énergie.

L'éclairage des enseignes, affiches, publicités ainsi que les écrans publicitaires à base de sources lumineuses à semi-conducteurs, l'éclairage des vitrines, le mobilier urbain et les petits édifices tels que les abribus, etc. - exception faite des panneaux de signalisation et des annonces liées à une fonction spécifique - méritent une mention spéciale. Pour l'ensemble d'entre eux, du crépuscule du soir au crépuscule du matin, l'illumination des enseignes et des publicités ne peut excéder le double de la luminance moyenne du milieu environnant à un instant donné (celui du ciel ou celui de la façade sur laquelle ils sont installés, le cas échéant). Cette luminance sera estimée dans une zone angulaire non supérieure à un stéradian. A cet effet, les enseignes et publicités lumineuses peuvent être équipées de systèmes élémentaires de contrôle de l'illumination basés sur des photodiodes qui détectent la lumière ambiante dans les directions indiquées.

De jour comme de nuit, les enseignes et publicités lumineuses installées à l'intérieur des bâtiments, mais dont la lumière atteint l'extérieur, ne peuvent avoir une luminance supérieure au double de celle de la façade du bâtiment dans lequel elles sont implantées.

Toutes les annonces publicitaires devront assurer durant les heures nocturnes que leur luminance D65 équivalente dans la bande mélanopique (CIE S 026/E:2018) ne dépasse pas 4% de la valeur correspondant à celle de l'émission blanche.

## Remerciements

Le partenariat Pyrénées La Nuit remercie vivement les personnes suivantes pour leur participation à la rédaction de ce document et de son contenu détaillé :

- Salvador Bará, Université de Santiago de Compostela.
- Jaime Zamorano, Université Complutense de Madrid
- Alejandro Sánchez de Miguel, Université Complutense de Madrid
- Beatriz Iraburu, Kaizen-Eureka
- David Galadí Enríquez, Centre Astronomique Hispano-Allemand de Calar Alto, Almería
- Susana Malón, Lumínica Ambiental
- Josep María Ollé, Cel Fosc, Association contre la pollution lumineuse
- Carlos Herranz, Colegio Oficial de Físicos de España
- Javier Díaz Castro, Bureau Technique pour la Protection du Ciel des Canaries
- Martin Pawley, Agrupación Astronómica Coruñesa Ío
- Anna Almécija, Cel Fosc, Association contre la pollution lumineuse
- Nicolas Bourgeois, Réserve Internationale de Ciel Étoilé, Pic du Midi
- Mari Carmen Martínez, CNAI.